



LAHDEN KAUPUNGIN HANKINTOJEN LUONTOJALANJÄLKI

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Ympäristötekniikan diplomityö

Kiertotalouden maisteriohjelma

2024

Laura Vartiainen

Tarkastajat: Professori Ville Uusitalo

Nuorempi tutkija, DI, Jasmine Savallampi

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin energijärjestelmien tiedekunta

Ympäristötekniikka

Laura Vartiainen

Lahden kaupungin hankintojen luontojalanjälki

Ympäristötekniikan diplomityö

2024

78 sivua, 7 kuvaa, 1 taulukko ja 2 liitettä

Tarkastajat: Professori Ville Uusitalo ja Nuorempi tutkija Jasmine Savallampi

Avainsanat: luontojalanjälki, biodiversiteetti, luontohaitta, Lahti, kaupunki, hankinnat

Luonnon monimuotoisuus heikkenee ihmisen toiminnan seurauksena nyt nopeammin kuin koskaan aiemmin ihmiskunnan historiassa, ja kiireellisiä toimenpiteitä luontokadon pysäyttämiseksi tarvitaan kaikilta toimijoilta. Ensimmäinen askel luontovaikutusten pienentämiseksi on niiden mittaaminen. Tässä tutkimuksessa laskettiin luontojalanjälki Lahden kaupunkiorganisaation vuoden 2023 hankinnoille. Luontojalanjälki laskettiin maaekosysteemeille maankäyttö- ja ilmastonmuutosvaikutusluokkien perusteella. Lisäksi selvitettiin, mitkä hankintakategoriat aiheuttivat suurimman luontojalanjäljen ja kuinka luontojalanjälki globaalisti jakautuu. Tutkimuksessa yhdistettiin Lahden kaupungin hankinnat globaaleista kauppasetietokannoista saatavaan tietoon eri tuotteiden ja tuotekategorioiden aiheuttamasta maankäytöstä ja kasvihuonekaasupäästöistä. Luontohaitan suuruus määritettiin kertomalla ajurin määrä LC-IMPACT:n ja Schererin ym. (2023) luontohaitan kertoimilla.

Lahden kaupungin hankintojen luontojalanjälki vuonna 2023 oli 262 nPDF. Suurimman luontojalanjäljen aiheuttivat lämmitys (57 nPDF), sähkö (45 nPDF), elintarvikkeet (36 nPDF) ja investointeihin liittyvät palvelut (34 nPDF). Luontojalanjäljestä 34 % johtui maankäytöstä ja 66 % ilmastonmuutoksesta. Maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä suurin osa kohdistui Suomeen (17 nPDF). Seuraavaksi suurimmat luontojalanjäljet kohdistuivat Singaporeen (4,3 nPDF), Costa Ricaan (4,3 nPDF), Guatemalaan (4,2 nPDF) ja Brasiliaan (4 nPDF). Tulosten perusteella kaupunki voi kohdistaa tavoitteitaan ja toimenpiteitään luontojalanjäljen kannalta olennaisiin asioihin. Luontojalanjäljen pienentämisessä ensisijaista on vähentää kulutusta kaikkialla, missä se on mahdollista. Toiseksi aiheutettua haittaa on pyrittävä minimoimaan korvaamalla hankintoja vähemmän luontoa kuormittavilla vaihtoehdoilla saman tuotekategorian sisällä. Vasta viimeisenä jo syntyneet haitat on pyrittävä kompensoimaan joko paikan päällä tai muualla.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Environmental Technology

Laura Vartiainen

The Biodiversity Footprint of the City of Lahti's purchases

Master's thesis

2024

78 pages, 7 figures, 1 table and 2 appendices

Examiners: Professor Ville Uusitalo and Junior researcher Jasmine Savallampi

Keywords: biodiversity footprint, biodiversity, biodiversity impacts, Lahti, city, purchases

Due to human behavior, biodiversity is now declining faster than ever in human history. Urgent actions to prevent biodiversity loss are needed from all actors. The first step to minimize the impacts on nature is to measure them. In this study the biodiversity footprint of the City of Lahti's annual purchases was calculated for terrestrial ecosystems based on land use and climate change impact categories. Furthermore, the study identified which product categories contributed the most to the footprint and determined how the footprint is distributed globally. The calculation was based on the volume of the city's purchases, which was combined with information on land use and climate change derived from global input-output databases. The amount of drivers was then multiplied with the characterization factors of LC-IMPACT and Scherer et al. (2023) to determine the extent of biodiversity impacts.

The biodiversity footprint of Lahti's purchases in 2023 was 262 nPDF. The biggest contribution to the footprint were caused by heating (57 nPDF), electricity (45 nPDF), food (36 nPDF) and investment-related services (34 nPDF). Land use accounted for 34 % and climate change for 66 % of the biodiversity footprint. Most of the land-use-related biodiversity loss was caused in Finland (17 nPDF), Singapore (4,3 nPDF), Costa Rica (4,3 nPDF), Guatemala (4,2 nPDF) and Brazil (4 nPDF). Based on the results, the city can target its goals and actions toward the most relevant issues. To reduce their biodiversity impacts, the city should primarily focus on reducing consumption, secondly minimize the impacts by choosing products with smaller impacts, and only then compensate the caused impacts, either on place or elsewhere.

KIITOKSET

Ensinnäkin haluaisin kiittää Villeä ja Jasminea arvokkaasta ohjauksestanne ja tuestanne tämän diplomityön teon aikana. Kiitos, kun jaoitte tietotaitoanne tämän tutkimuksen toteuttamiseksi. Lisäksi haluan kiittää Lahden kaupunkia, erityisesti Hanna Mattilaa ja Saana Blåbergia, tämän mielenkiintoisen tutkimusaiheen mahdollistamisesta ja hyvästä yhteistyöstä koko projektin ajan. Kiitos myös Päijät-Hämeen Ateriapalveluille osallistumisestanne tähän tutkimukseen.

Kiitoksensa ansaitsevat myös opiskelijatoverit, joiden kanssa on vaihdettu ajatuksia luontojalanjälkiteeman ympärillä sekä perhe ja ystävät, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua tämän prosessin ajan.

Jyväskylässä 27.8.2024

Laura Vartiainen

LYHENNELUETTELO

BKT	bruttokansantuote
CH ₄	metaani
CO ₂	hiilidioksidi
GLAM	global guidance for life cycle impact assessment
HFC	fluorihilivedyt
LCA	elinkaariarviointi (life cycle assessment)
N ₂ O	dityppioksidi
nPDF	nano PDF (PDF*10 ⁹)
PDF	potentially disappeared fraction of species (luontohaitan yksikkö)
PDF*y	PDF yli ajan
PFC	perfluoratut yhdisteet
SF ₆	rikkiheksafluoridi

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	10
2	Teoreettinen viitekehys	13
2.1	Luonnon monimuotoisuus ja sen heikkeneminen.....	13
2.2	Luontokadon ajurit.....	16
2.2.1	Maankäyttö	16
2.2.2	Ilmastonmuutos.....	18
2.3	Kansainvälisen kaupan yhteys luontokatoon.....	19
2.4	Luontokadon pysäyttäminen.....	22
2.5	Luontojalanjäljen laskenta	24
2.5.1	Luontokadon indikaattorit.....	25
2.5.2	Luontojalanjäljen laskentamenetelmät	27
2.6	Tampereen kaupungin luontojalanjälki	29
3	Aineisto ja menetelmä	31
3.1	Lähtötiedot ja rajaukset.....	31
3.2	Hankintojen luontojalanjäljen laskenta.....	32
3.2.1	Kirjanpidon valinta	32
3.2.2	Menetelmän ja tietolähteiden valinta	32
3.2.3	Kirjanpidon kategorioiden ja hintojen harmonisointi.....	40
3.2.4	Luontojalanjäljen laskenta	41
3.3	Elintarvikkeiden luontojalanjäljen laskenta.....	42
4	Tulokset	44
4.1	Hankintojen luontojalanjälki.....	45
4.2	Elintarvikkeiden luontojalanjälki.....	47
4.3	Luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti.....	49
5	Pohdinta.....	53

5.1	Tulosten tulkinta ja vertailu aiempaan tutkimukseen	53
5.2	Vertailu Tampereen kaupungin luontojalanjälkeen	56
5.3	Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet	58
5.4	Ehdotuksia luontojalanjäljen pienentämiseen.....	63
6	Johtopäätökset	66
	Lähteet	69

Liitteet

Liite 1. Pääkirjatilit ja niitä vastaavat EXIOBASE-kategoriat

Liite 2. Hankintahinnat ja luontojalanjäljet pääkirjatileittäin

1 Johdanto

Luonto ja sen tuottamat hyödykkeet, niin sanotut ekosysteemipalvelut, ovat ihmisen olemassaolon ja hyvän elämisen laadun kannalta välttämättömiä (IPBES, 2019, 10). Lisäksi yli puolet maailman talouden tuotannosta on riippuvaista luonnosta (WEF, 2023, 31). Tuottaakseen näitä välttämättömiä hyödykkeitä luonto tarvitsee biodiversiteettiä (Mace ym., 2012), eli lajien sisäistä ja välistä monimuotoisuutta sekä ekosysteemien monimuotoisuutta (IPBES, 2019, 10). Biodiversiteetti kuitenkin heikkenee nyt nopeammin kuin koskaan aiemmin ihmiskunnan historiassa muun muassa maankäytön muutosten, ilmastonmuutoksen, saastumisen, vieraslajien ja luonnonvarojen suoran ylikulutuksen seurauksena. Näiden muutosten taustalla ovat ennen kaikkea yhteiskunnan arvot ja ihmisten käyttäytyminen. Ruoan, energian ja materiaalien kulutus kasvaa jatkuvasti, mikä heikentää luonnon kykyä tuottaa ekosysteemipalveluita tulevaisuudessa. (IPBES, 2019, 10.) Maailman talousfoorumi onkin listannut luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen ja ekosysteemien romahtamisen kolmanneksi merkittävimmäksi maailmanlaajuiseksi uhaksi ihmiskunnalle seuraavien kymmenen vuoden aikana (WEF, 2024, 11). Ekosysteemien romahtaminen aiheuttaa laajalle ulottuvia sosiaalisia ja taloudellisia seurauksia, jotka uhkaavat ihmisen elämää, terveyttä ja hyvinvointia. Näitä ovat esimerkiksi ruokaturvan heikkeneminen, vesipula, tartuntatautien leviäminen, elinkeinojen tuhoutuminen ja elinalueiden tuhoutuminen esimerkiksi tulvien ja merenpinnan nousun seurauksena. (WEF, 2023, 31.)

Vuoden 2022 luontokokouksessa Montrealissa muodostettiin maailmanlaajuinen luonnon monimuotoisuuskehys, jonka tarkoituksena on saada hallitukset sekä paikallis- ja aluehallinnot tekemään kiireellisiä toimenpiteitä luontokadon pysäyttämiseksi ja luonnon elpymisen käynnistämiseksi. Tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä luonto on elpymisuralla, luontoa suojellaan ja käytetään kestävästi ja sen tarjoamat hyödyt jaetaan oikeudenmukaisesti ja tasapuolisesti. (Ympäristöministeriö, 2022, 4–5.) Suomi on yhdessä yli 190 muun maan kanssa sitoutunut näihin tavoitteisiin, ja myös kaupungeilla on tärkeä rooli luonnon monimuotoisuuden vahvistamisessa. Luontoposiitiivisuudella tarkoitetaan sitä, että toiminnan luonnolle tuottamat hyödyt ylittävät sen aiheuttamat haitat. Huomioimalla luontoposiitiivisuuden suunnittelussa, rakentamisessa ja johtamisessa kaupungit voivat vaikuttaa

luontokatoon merkittävästi. Myös Lahden kaupungin päämääränä on luontokadon pysäyttäminen ja luontoposiitivisuus. (Kangas, 2023.)

Luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen ennustetaan kuitenkin useissa skenaarioissa jatkuvan muun muassa väestönkasvun, kestäättömän tuotannon ja kulutustottumusten myötä, eikä luonnon suojelemiseksi asetettuja tavoitteita voida nykyisillä toimintatavoilla saavuttaa. Sen sijaan vaaditaan kiireellisiä, rakenteelliseen muutokseen tähtääviä toimia yhteisesti kaikilta toimijoilta. (IPBES, 2019, 14.) Ensimmäinen askel haittojen vähentämiseen ja välttämiseen on haittojen selvittäminen. Kansainvälisen kaupan ja matkustamisen myötä kulutus Suomessa aiheuttaa luontokatoa globaalisti. Siispä sen lisäksi, että huolehditaan luonnon monimuotoisuudesta Suomessa, on otettava huomioon suomalaisen kulutuksen aiheuttamat ulkoistetut luontohaitat muualla maailmassa. Organisaatioiden talouskirjanpitoon ja kansainvälisiin tietokantoihin perustuvan laskennan avulla voidaan selvittää organisaation globaali luontojalanjälki eli se, kuinka suuren luontohaitan organisaatio aiheuttaa ja mihin päin maailmaa se kohdistuu. (Ketola ym., 2022, 8.) Kaupunkien luontojalanjäljen laskenta on vielä suhteellisen tuoretta, ja Lahti onkin Tampereen kaupungin ohella ensimmäisiä kaupunkeja Suomessa, joka laskee oman luontojalanjälkensä (Pokkinen ym., 2024, 10).

Tämän tutkimuksen tavoitteena on toteuttaa laskenta Lahden kaupunkiorganisaation globaalille luontojalanjäljelle. Työssä lasketaan globaali sukupuuttopotentiali PDF-yksikössä (Potentially Disappeared Fraction of species) Lahden kaupungin vuoden 2023 hankinnoille. Laskenta toteutetaan maaekosysteemeille ja siinä huomioidaan luontokadon ajureista maankäyttö ja ilmastonmuutos. Hankintojen osalta tarkastelu perustuu hankintoihin käytettyyn rahamäärään sektoreittain, ja luontokadon ajurit ja niiden maantieteellinen sijainti määritetään EXIOBASE-tietokantaa hyödyntäen. Kun luontokadon ajurien määrät ja sijainnit ovat selvillä, lasketaan luontohaitan suuruus ilmastonmuutoksen osalta LC-IMPACT-menettelyn karakterisointikertoimia hyödyntäen. Maankäytön osalta puolestaan sovelletaan Schererin ym. (2023a) GLAM-projektissa määrittämiä karakterisointikertoimia. Tuloslaskelmaan kirjattujen hankintojen lisäksi lasketaan tarkempi luontojalanjälki ruoalle hyödyntäen Päijät-Hämeen ateriapalveluiden tietoja eri ruoka-aineiden vuotuisista määristä (kg). Ruoan osalta luontojalanjäljen laskennassa hyödynnetään Järviön ym. (2024) määrittämiä kertoimia maankäytölle ja ilmastonmuutokselle.

Tutkimus pyrkii vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mikä on Lahden kaupungin hankintojen luontojalanjälki maankäytön ja ilmastonmuutoksen perusteella?
- Mitkä hankintakategoriat vaikuttavat Lahden kaupungin luontojalanjälkeen eniten?
- Miten maankäytön aiheuttama luontojalanjälki globaalisti jakautuu?

Tutkimuksen tavoitteena on auttaa Lahden kaupunkia ymmärtämään, kuinka suuret kaupungin aiheuttamat luontovaikutukset ovat ja mistä tekijöistä ne muodostuvat. Tiedon perusteella Lahden kaupungin on helpompi asettaa tavoitteita ja suunnitella toimenpiteitä luontovaikutusten pienentämiseksi.

Tutkielma koostuu johdannon lisäksi viidestä pääluvusta. Teoriaosassa, luvussa kaksi, käsitellään tarkemmin luonnon monimuotoisuutta, sen heikkenemistä ja globaalien hankintojen roolia monimuotoisuuden heikkenemiseen. Luvussa kolme esitellään tutkimuksen aineisto ja menetelmä, minkä jälkeen luvussa neljä esitetään tutkimuksen tulokset. Luvussa viisi pohditaan tulosten merkitystä tarkemmin ja verrataan niitä aikaisempaan tutkimukseen sekä tarkastellaan tutkimukseen liittyviä rajoituksia ja esitetään niiden pohjalta suosituksia jatkotutkimusaiheista. Luvussa pohditaan myös keinoja, joilla Lahden kaupunki voi pienentää omia luontovaikutuksiaan. Lopuksi, luvussa 6, esitetään vielä johtopäätökset.

2 Teoreettinen viitekehys

Tässä luvussa syvennyttään tutkimuksen kannalta keskeisiin käsitteisiin, kuten luonnon monimuotoisuuteen ja luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen eli luontokatoon (luku 2.1) sekä luontokadon taustalla vaikuttaviin ajureihin (luku 2.2). Luvussa 2.3 käsitellään kansainvälisen kaupan roolia luontokadon taustalla ja luvussa 2.4 esitellään tarvittavia toimenpiteitä luontokadon pysäyttämiseksi. Luku 2.5 käsittelee luontojalanjäljen eli jonkin tuotteen tai organisaation aiheuttaman luontohaitan laskentaa yleisellä tasolla. Tässä tutkimuksessa käytetyt menetelmät luontojalanjäljen laskemiseksi esitellään tarkemmin luvussa 3. Viimeisenä, luvussa 2.6 esitellään tämän tutkimuksen lähimmän vastineen eli Tampereen kaupungin luontojalanjälkilaskennan tuloksia.

2.1 Luonnon monimuotoisuus ja sen heikkeneminen

”Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti on elämä sen kaikissa eri ilmenemismuodoissa” (Ketola ym., 2022, 3). Luonnon monimuotoisuus on välttämätöntä myös ihmisen olemassaolon ja hyvinvoinnin kannalta, sillä se tarjoaa kaikki elämän perusedellytykset niin sanottujen ekosysteemipalveluiden kautta. Nämä luonnon tarjoamat palvelut ja tuotteet voidaan jakaa kolmeen luokkaan: säätely- ja ylläpitopalvelut, tuotantopalvelut sekä kulttuuripalvelut. Säätely- ja ylläpitopalveluihin kuuluvat esimerkiksi ilmaston ja ilmanlaadun, veden laadun sekä myrskyjen ja tulvien säätely. Tuotantopalveluja taas ovat erilaiset luonnon tuottamat materiaaliset hyödykkeet, kuten ruoka, energia ja lääkkeet. Luonto parantaa myös ihmisen henkistä ja fyysistä terveyttä kulttuuripalveluiden kautta, sillä luonnonympäristöt ovat paikkoja rauhoittumiseen, innostumiseen ja oppimiseen. Ekosysteemipalveluiden tuottamat hyödykkeet muodostuvat biofyysisten prosessien ja ekologisten vuorovaikutussuhteiden yhteistuotantona ja inhimillinen pääoma, kuten tieto, infrastruktuuri, talous ja teknologia, toimii niiden välittäjänä. (IPBES, 2019, 22; Ketola ym., 2022, 3.)

Luonnon monimuotoisuus kuitenkin heikkenee ihmisen toiminnan seurauksena nopeasti. Globaalien mittareiden perusteella ekosysteemien laatu ja kunto on heikentynyt keskimäärin 47 % arvioituihin luonnollisiin vertailukohtiin verrattuna, ja monet ekosysteemeistä jatkavat ennusteiden mukaan heikkenemistä vähintään 4 % vuosikymmenessä. Globaali

sukupuuttoaste on jo jopa satoja kertoja suurempi kuin viimeisten 10 miljoonan vuoden aikana keskimäärin. 1500-luvun jälkeen vähintään 680 selkärankaista lajia on kuollut sukupuuttoon ihmisen toiminnan vuoksi, ja sukupuuttouhka lisääntyy kiihtyvällä tahdilla. Sukupuuttouhasta suurin osa on ilmaantunut viimeisten 40 vuoden aikana. Tällä hetkellä arvioituista 8 miljoonasta eläin- ja kasvilajista miljoonaa uhkaa sukupuutto. Pahiten uhattuina ovat sammakkoeläimet, joista yli 40 % on sukupuuttouhan alla. Seuraavana tulevat merinisäkkäät, riuttoja muodostavat korallit, hait ja haidensukuiset eläimet, joista noin kolmannesta uhkaa sukupuutto. Määrällisesti suurin sukupuutto uhkaa kuitenkin hyönteisiä, sillä niitä on maailman 8 miljoonasta eläin- ja kasvilajista noin 75 %. Näistä 10 % on uhanalaisia. (IPBES, 2019, 24.)

Monimuotoisuuden heikkeneminen ei näy ainoastaan lajien määrän vähenemisenä, vaan myös lajien sisäinen eli geneettinen monimuotoisuus heikkenee. Paikallisten variaatioiden ja rotujen määrä lajien sisällä on vähentynyt huomattavasti, mikä heikentää lajien kykyä sopeutua muuttuviin ympäristöihin. Tämä on kriittistä muun muassa ruokaturvan kannalta. Lajin piirteet määrittävät sitä, kuinka hyvin laji selviytyy ihmisen muovaamassa elinympäristössä. Suuret, hitaasti kasvavat ja tiettyyn ympäristöön erikoistuneet lajit, kuten useat petoeläimet, katoavat monilta alueilta. Toiset lajit päinvastoin runsastuvat uudenaikaisessa ympäristössä ja leviävät maailmanlaajuisesti vieden elintilaa muilta lajeilta. (IPBES, 2019, 25, 27.)

Monimuotoisuus ei myöskään jakaudu maapallolla tasaisesti, vaan lajien ja niiden variaatioiden määrä vaihtelee eri alueilla. Niin sanotut avainbiodiversiteettialueet (key biodiversity areas, KBAs) ovat globaalin luonnon monimuotoisuuden kannalta kriittisiä alueita. Niillä on kohonnut riski lajien sukupuuttoon tai ekosysteemien romahtamiseen tai harvinaisia, kyseiselle alueelle spesifejä lajeja. Avainbiodiversiteettialueet voivat olla myös ekologisesti koskemattomia tai korvaamattomia tai lajin keskeisten biologisten prosessien kuten pesinnän kannalta olennaisia alueita. Globaalisti avainbiodiversiteettialueita on tunnistettu yli 16 000. (Sun ym., 2022a, 9003.) Lukumääräisesti eniten näitä alueita on pinta-alaltaan suurissa maissa ja alueilla, kuten Alaskassa, Brasiliassa, Grönlannissa, Kiinassa, Venäjällä ja Yhdysvalloissa, mutta lajikato taas on runsainta usein pienemmissä, mutta lajirikkaissa maissa, kuten Ecuadorissa, Madagaskarilla, Kolumbiassa, Australiassa tai Meksikossa (Sun ym., 2022b, 9, 14).

Monimuotoisuuden jakautuessa maapallolle epätasaisesti myös ihmisen toiminnan vaikutukset monimuotoisuuteen vaihtelevat alueittain. Ihmisen toiminnan aiheuttamat muutokset alueen monimuotoisuuteen riippuvat alkuperäisten lajien häiriönsietokyvystä sekä nettotasapainosta alkuperäisten lajien häviämisen ja ekosysteemiin tulevien vieraslajien välillä. Ihmisen muokkaamat alueetkin voivat olla lajistoltaan runsaita, mutta niiden koostumus poikkeaa usein huomattavasti luonnontilasta. Arvioiden mukaan paikallisissa maaekosysteemeissä luonnollisesti ilmenevät lajit ovat menettäneet 20 % alkuperäisestä runsaudestaan, ja kotoperäisten lajien osalta osuus on vieläkin suurempi. Erityisen haitallisia vieraslajit ovat saarilla ja muilla alueilla, joilla kotoperäisten lajien osuus on merkittävä. (IPBES, 2019, 27.)

Ekologinen ylikulutus on tilanne, jossa ekosysteemipalveluita kulutetaan nopeammin kuin ne kykenevät uudistumaan (Galli ym., 2014, 124). Tämä paitsi kaventaa villien lajien elinmahdollisuuksia (Galli ym., 2014, 124), uhkaa myös ihmisen terveyttä ja hyvinvointia vaarantamalla ruoka-, vesi- ja energiaturvan (Ketola ym., 2022, 3). Ihminen on kyennyt teknologian avulla korvaamaan joitakin ekosysteemipalveluita, kuten luonnon suodattamaa pohjavettä vedenpuhdistusjärjestelmillä. Useimpia luonnon tuottamia palveluita ei kuitenkaan pystytä täysin korvaamaan teknologialla ja jotkut ovat jopa täysin korvaamattomia. Lisäksi useat teknologiset järjestelmät ovat epätäydellisiä tai taloudellisesti mahdottomia toteuttaa. (IPBES, 2019, 22.) Luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen eli luontokato onkin myös ihmisoikeus- ja turvallisuuskysymys. Luontokadon seuraukset iskevät ensimmäisenä maailman köyhimpiin ihmisiin ja luonnonvarojen hupeneminen voi johtaa lisääntyviin konflikteihin ja ympäristöpakolaisuuteen. (Ketola ym., 2022, 3.)

Vaikka hallitukset ovatkin hitaasti lisänneet luontonäkökulman huomiointia poliittisessa päätöksenteossa, ovat keinot vielä riittämättömiä luontokadon pysäyttämiseksi. Lisäksi ympäri maailmaa on yhä taloudellisia tukia ympäristön kannalta haitalliselle toiminnalle. Kokonaisuudessaan luonnon tilan heikkeneminen jatkuu kiihtyvällä tahdilla. (IPBES, 2019, 30.) Talouskasvu on yksi keskeisimpiä tekijöitä luontokadon taustalla sen johtaessa suurempaan resurssien kulutukseen ja suurempiin päästöihin (Otero ym., 2020, 2). Väestön, ostovoiman ja yksilökohtaisen kulutuksen kasvu lisäävät kaikki kysyntää luonnon tarjoamille hyödykkeille (IPBES, 2019, 37) ja johtavat luontokadon suorien ajureiden, eli maan- ja merenkäytön, lajien suoran hyödyntämisen, ilmastonmuutoksen, saastumisen ja haitallisten vieraslajien, lisääntymiseen. Luontokadon suorat ajurit esitellään tarkemmin alaluvussa 2.2.

2.2 Luontokadon ajurit

Ihmisen toiminta ja arvot vaikuttavat siihen, kuinka yhteiskunnan talous, instituutiot, hallinto tai teknologiat muodostuvat. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat siihen, kuinka ihminen käyttää luonnon tuottamia hyödykkeitä ja ekosysteemipalveluita hyväkseen. Myös konflikteilla ja epidemioilla on tässä roolinsa. (IPBES, 2019, 25.) Demografiset ja sosiokulttuuriset tekijät ovat kuitenkin merkittävimpiä vaikuttajia luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen taustalla, ja esimerkiksi Wilting ym. (2017, 3301) toteavat, että varakkuus ja ihmispopulaation tiheys ovat keskeisimmät tekijät määrittämään luontokadon vaihtelua eri maiden välillä. Nämä epäsuorat ajurit johtavat luontokadon suoriin ajureihin, jotka aiheuttavat painetta ekosysteemeille ja luonnon monimuotoisuudelle. Luontokadon suorat ajurit voidaan jakaa viiteen kategoriaan: maan- ja merenkäyttö ja sen muutos, suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saastuminen ja haitalliset vieraslajit (IPBES, 2019, 25).

Maankäytön muutokset ovat suurin uhka maaekosysteemeille (IPBES, 2019, 28) ja seurausta erityisesti maataloudesta, suuren mittakaavan metsätaloudesta ja ihmisen rakentamasta infrastruktuurista. Muutokset maankäytössä johtavat elinympäristöjen katoamiseen, pirstaloitumiseen ja muuttumiseen niin, että ne ovat joillekin lajeille elinkelvottomia. (Galli ym., 2014, 128.) Ekosysteemien suora hyödyntäminen taas on merkittävin luontokadon ajuri meriekosysteemeissä erityisesti kalastuksen vuoksi (IPBES, 2019, 28). Lajien ylikulutuksen eli liiallisen kalastuksen tai metsästyksen lisäksi myös ekosysteemipalveluiden liiallinen suora hyödyntäminen voi johtaa luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen, kun lajien elinympäristöt katoavat. Ilmastonmuutos puolestaan muokkaa elinympäristöjä niin, etteivät alkuperäiset lajit enää kykene selviytymään niissä. Saastuminen taas heikentää lajien terveyttä ja haitalliset vieraslajit vievät tilaa kotoperäisiltä lajeilta. (Galli ym., 2014, 128.) Tässä tutkielmassa tarkastellaan Lahden kaupungin luontovaikutuksia maaekosysteemeille maankäytön ja ilmastonmuutoksen kautta, joten näitä kategorioita tarkastellaan tarkemmin alaluvuissa 2.2.1 ja 2.2.2.

2.2.1 Maankäyttö

Maankäytön vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen on tutkittu useissa eri tutkimuksissa, mutta yhtä selkeää indikaattoria vaikutusten mittaamiseksi ei ole valittu. Polku

maankäytöstä luonnon monimuotoisuuden muuttumiseen on monimutkainen ja muodostuu useiden tekijöiden keskinäisestä vuorovaikutuksesta. (UNEP, 2016, C127.) Maankäytön pinta-alan lisäksi maankäytön hallinta eli esimerkiksi kastelu, lannoitteet, torjunta-aineet tai uusien lajikkeiden käyttö sekä maa-alueen maantieteellinen sijainti vaikuttavat siihen, kuinka suuret luontovaikutukset maankäytöllä on. Myös maankäytön intensiteetillä on vaikutuksensa luonnon monimuotoisuuteen. (Curran ym., 2016, 2783.) Maankäytön intensiteetti jaetaan usein kolmeen kategoriaan: minimaalinen, kevyt ja intensiivinen, ja maankäytön vaikutukset biodiversiteettiin ovat sitä suuremmat, mitä intensiivisempää maankäyttö on (Chaudhary & Brooks, 2018, 5101). Nykyisestä, maankäytön aiheuttamasta lajien määrän vähenemisestä noin neljännes selittyy Semenchuckin ym. (2022, 5) mukaan maankäytön intensiteetillä, maan muokkaamisen aiheuttaessa loput. Teoriassa lajinkato voi jopa nelinkertaistua tulevaisuudessa pelkästään maankäytön intensiteettiä lisäämällä (Semenchuk ym., 2022, 5).

Curran ym. (2016) ovat mallintaneet polkua maankäytöstä luonnon monimuotoisuuden heikkenemiseen Koellnerin ym. (2013) ja Maia de Souza'n ym. (2015) tutkimusten pohjalta. Maankäyttö ja sen hallinta aiheuttavat muutoksia maaperässä ja kasvillisuuden rakenteessa. Maaperä voi maankäytön muutosten seurauksena esimerkiksi tiivistyä tai kärsiä eroosiosta ja maaperän orgaanisen hiilen määrä voi muuttua. Kasvipeite puolestaan voi heikentyä tai muuttua, alueet pirstaloitua ja asuinlohkojen määrä vähentyä sekä elinympäristöjen heterogeenisyys kärsiä maankäytön muutosten seurauksena. Nämä muutokset maaperässä ja kasvillisuudessa taas aiheuttavat muutoksia ekosysteemeissä ja lajeissa. Ekosysteemeistä voi tulla aiempaa haavoittuvampia muutoksille ja jotkin ekosysteemityypit harvinaistuvat. Lajien osalta taas muutoksia tapahtuu niiden koostumuksessa ja runsaudessa – toiset lajit runsastuvat samalla kun toisia uhkaa sukupuutto. Erityisesti kotoperäiset lajit ovat uhattuna ja niiden määrä vähenee. Lajien sisäiset variaatiot voivat vähetä. Ekosysteemien toiminnallisuus voi muuttua ja niiden kyky tuottaa ekosysteemipalveluja heiketä. Kaikki nämä muutokset yhdessä vaikuttavat luonnon monimuotoisuuteen ja ekosysteemien laatuun. (Curran ym., 2016, 2783.)

Maan- ja merenkäyttö on globaalisti merkittävin luontokadon aiheuttaja maa- ja makean veden ekosysteemeissä ja toiseksi merkittävin meriekosysteemeissä. Maankäytön muutos on seurausta pääasiassa maataloudesta, metsätaloudesta ja kaupungistumisesta. Maatalous on näistä merkittävin, sillä yli kolmannes maapallon maapinta-alasta on varattu karjan tai

viljelyskasvien tuotantoon. Maatalousmaan lisääntymisen vaikutukset ekosysteemeihin vaihtelevat maittain. Koskemattomia ekosysteemejä on kadonnut erityisesti luontorikkaissa trooppisissa maissa muun muassa Latinalaisessa Amerikassa ja Kaakkois-Aasiassa. (IPBES, 2019, 25, 28.) Ihmisen toiminnan vaatima maankäyttö aiheuttaa usein suhteettoman suurta haittaa luonnon monimuotoisuudelle tietyillä alueilla. Esimerkiksi Sun ym. (2022a, 9003) tutkivat maankäytön ja luontokadon suhdetta avainbiodiversiteettialueilla eli luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen merkittävillä alueilla, ja totesivat, että vaikka avainbiodiversiteettialueet kattavatkin vain 7 % globaalista maankäytöstä, aiheuttaa tämä maankäyttö 12 % mahdollisesta globaalista selkärankaisten ja 16 % kasvilajien lajikadosta.

Globaalisti maankäyttö uhkaa potentiaalisesti yli 5 000 kasvi- ja 1 700 selkärankaislajia (Sun ym., 2022a, 9006). Maankäytön muutokset ovat erityisen suuri uhka kotoperäisille lajeille, joiden sietokyky muutoksille on vieraslajeja heikompi (Chaudhary & Brooks, 2019, 184). Lajit, joiden olemassaolo rajautuu maantieteellisesti vain pienelle alueelle, ovat suurimmassa vaarassa kuolla sukupuuttoon maankäytön muutosten seurauksena (Semenchuk ym., 2022, 5). Chaudharyn ja Brooks (2019, 178) mukaan yhteensä yli 900 kotoperäistä lajia uhkaa sukupuutto nykyisen globaalin maankäytön seurauksena. Näistä 62 % on sammakkoeläimiä, 20 % nisäkkäitä ja 18 % lintuja. Ruoantuotantoon tarkoitettut alueet, eli viljelysmaat ja niityt, kattavat yhdessä 63 % tästä kotoperäisiin lajeihin kohdistuneesta sukupuutouhasta. Seuraavaksi merkittävimpana on metsätalous 34 % osuudella. Kaupungistumisen merkitys on kaikkein pienin, vain 3 %. (Chaudhary & Brooks, 2019, 178.)

2.2.2 Ilmastonmuutos

Ihmisen toiminnan seurauksena ilmakehään kertyy yhä enemmän kasvihuonekaasupäästöjä, joiden seurauksena ilmakehän säteilypakotteen kapasiteetti lisääntyy. Tämän myötä suurempi osa aurinkoenergiasta pysyy ilmakehässä ja maapallon ilmasto lämpenee, mikä vaikuttaa ihmisen terveyteen ja ekosysteemeihin. (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 21.) Ilmastonmuutos on maaekosysteemeissä kolmanneksi merkittävin luontokadon ajuri maankäytön ja ekosysteemien suoran hyödyntämisen jälkeen (IPBES, 2019, 25). Tulotason kasvaessa myös ilmastonmuutoksen rooli luontokadon taustalla kasvaa, kun energiaintensiivisten tuotteiden kulutus lisääntyy (Wilting ym., 2017, 3298). Ilmaston lämpenemisen seurauksena elinolosuhteet muuttuvat nopeasti paikallisille lajeille epäsuotuisiksi ja lajien selviytyminen

riippuu niiden kyvystä sopeutua muuttuvaan ympäristöön, löytää sopivia ilmasto-olosuhteita ja levitä uusille alueille. Ilmastonmuutoksen odotetaan synnyttävän jatkossa yhteisöjä, joissa lajit elävät ennennäkemättöminä yhdistelminä. (IPBES, 2019, 39.)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat päästölähteestä riippumatta globaaleja (Verones ym., 2017, 4), ja elinympäristöt muuttuvat nyt nopeasti myös sellaisilla alueilla, joissa ihmisen toiminnan vaikutukset ovat aiemmin olleet minimaalisia, kuten tundra, taiga ja jäätiköt. Ilmastonmuutos aiheuttaa muutoksia lajien jakautumisessa maapallolla, fenologiassa, populaatioiden dynamiikoissa, lajien kokoonpanoissa sekä ekosysteemien rakenteissa. Jo lähes puolet maailman uhanalaisista maanisäkkäistä ja neljännes uhanalaisista linnuista on todennäköisesti kärsinyt ilmastonmuutoksen vaikutuksista. (IPBES, 2019, 29.)

Ilmastonmuutos ja luontokato vaikuttavat toisiinsa monimutkaisten mekaanisten linkkien ja palautejärjestelmien kautta. Sen lisäksi, että ilmastonmuutos uhkaa luonnollisia ja ihmisen muokkaamia ekosysteemejä, ovat ekosysteemit keskeisessä roolissa hiilinieluinä ja -varastoina ja täten ilmastonmuutoksen torjunnassa. Ekosysteemien heikkeneminen maankäytön ja muiden luontokadon ajureiden seurauksena on siis myös olennainen ajuri ilmastonmuutoksen taustalla. Lisäksi ilmastonmuutos heikentää ekosysteemien kykyä sopeutua muutoksiin samalla, kun ne tarvitsisivat huomattavaa sopeutumiskykyä selviytyäkseen ilmastonmuutoksesta. Ilmastonmuutoksen ja luontokadon torjunta tulisikin nähdä toisiaan tukevinä tavoitteina, ja ne molemmat pitäisi huomioida poliittisessa päätöksenteossa. (Pörtner ym., 2021, 14–15.) Esimerkiksi bioenergia tai alueiden uudelleen metsittäminen hiilinielueksi nähdään keskeisinä keinoina ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Nämä keinot perustuvat kuitenkin laajasti maankäyttöön ja voivat siten vaikuttaa negatiivisesti luonnon monimuotoisuuteen, jos monimuotoisuusnäkökulmaa ei riittävästi huomioida toimenpiteitä suunniteltaessa. (IPBES, 2019, 35; Pörtner ym., 2021, 18.)

2.3 Kansainvälisen kaupan yhteys luontokatoon

Maailman eri taloudet ovat lisääntyvissä määrin yhteydessä toisiinsa globaalien kaupankäynnin ja matkustamisen myötä. Niiden seurauksena myös luontokadon aiheuttamisesta tulee globaali ilmiö ja esimerkiksi kulutus Suomessa aiheuttaa luontokatoa ympäri maailmaa. (Ketola ym., 2022, 7.) Materiaalit, jätteet, energia ja tieto virtaavat maasta toiseen, minkä seurauksena taloudellinen hyöty kasautuu tietyille alueille, kun taas kustannukset ja

ympäristöhaitat siirtyvät toisaalle. Vähiten kehittyneet maat, jotka ovat tyypillisesti riippuvaisia runsaista luonnonvaroistaan, ovat kärsineet eniten luonnon tilan heikkenemisestä, kohdanneet eniten luonnonvaroihin liittyviä konflikteja ja toisaalta kokeneet vähiten talouskasvua. (IPBES, 2019, 30.)

Globaalissa maailmassa tuotteiden toimitusketjuista tulee yhä monimutkaisempia eikä niissä välttämättä ole näkyvyyttä sen suhteen, missä tuotteen alkuperä ja sen ympäristövaikutukset ovat (Marques ym., 2021, 239). Tuotantoprosessit ja sen vaikutukset ovat toisaalla kuin kulutus (Marques ym., 2017, 76). Kulutuksen perusteella vauraat Euroopan maat ovat vastuussa suurimmasta lajikadosta. Suurin osa Euroopan maista ja Eurooppa kokonaisuutena ovat luontokadon nettomaahantuoja eli tuontiin liittyvä luontokato on suurempaa kuin maasta vietyihin tuotteisiin sitoutunut luontokato. Merkittävä osa eurooppalaisten ympäristövaikutuksista onkin sidottu kansainväliseen kauppaan. (Koslowski ym., 2020, 1, 3.)

Erityisesti vauraissa, mutta pienissä maissa kuten Luxemburg, Belgia, Alankomaat, Malta, Japani, Etelä-Korea ja Taiwan, joissa mahdollisuudet omaan tuotantoon ovat pienemmät ja kysyntä ulkomaisille tuotteille kovaa, luontokadosta suurin osa kytkeytyy tuontiin (Wilting ym., 2017, 3301). Esimerkiksi Alankomaissa useimmilla talouden sektoreilla yli puolet luontokadosta aiheutuu toimitusketjussa ulkomailla. Eniten luontokatoa aiheuttavat sektorit, jotka käyttävät paljon maata tai energiaa. (Wilting & Van Oorschot, 2017, 194.) Globaalisti kansainvälinen kauppa vastaa keskimäärin vajaasta kolmanneksestä kasvi- ja selkärangkaiden lajien kadosta (Sun ym., 2022a, 9003), kun pinta-alaltaan suuret maat kuten Brasilia, Venäjä, Intia, Australia, Kiina ja Indonesia pystyvät tuottamaan suuremman osan kulutuksesta kotimaassa. Näissä maissa tuonnin osuus on kulutuksen luontokadosta jopa alle 15 % (Wilting ym., 2017, 3301).

Yksi keskeisimmistä tuotekategorioista luontokadon taustalla on ruoka. Globaalisti keskimäärin 40 % luontokadosta aiheutuu ruoantuotannosta (Wilting ym., 2017, 3298) ja ruoan luontovaikutukset ovat tyypillisesti euromääräiseen kulutukseen suhteutettuna suuret (Bjelle ym., 2021, 10). Ruoan toimitusketjuihin liittyvistä ympäristövaikutuksista valtaosa tulee alkutuotantovaiheessa erityisesti maankäytön muutosten, mutta myös mm. märehtijöiden aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen vuoksi (Deconinck & Toyama, 2022, 38). Eläinperäinen ruoka kattaa yli puolet ruokatuotteisiin liittyvistä luontovaikutuksista, naudanlihan ollessa merkittävin yksittäinen luontokatoa aiheuttava tuote (Sun ym., 2022a, 9008). Kasvava populaatio ja länsimaalaistuva elämäntyyli lisäävät lihan ja muiden maataloustuotteiden

kysyntää ja sitä kautta maankäyttöä ja luontokatoa entisestään (Chaudhary & Kastner, 2016, 195).

Ruoan tuotannon osalta on tyypillistä, että suurin osa tuotantoon liittyvästä maankäytöstä tapahtuu kotimaassa. Hongin ym. (2022, 597) mukaan vuosittain keskimäärin 22 % kulutetuihin maataloustuotteisiin sitoutuneesta maankäytöstä tulee muualta kuin maasta, jossa kulutus tapahtuu. Toisaalta maankäyttöön liittyvät ympäristövaikutukset ovat yleensä tuonnin osalta suuremmat kuin kotimaisella tuotannolla. Teollistuneisiin maihin tuodaan usein esimerkiksi paljon trooppisilla alueilla kasvatettavia tuotteita kuten kahvia, palmuöljyä tai sokeriruokoa, joiden luontovaikutukset ovat suuret (Chaudhary & Kastner, 2016, 195). Kotimainen lajirikkaus puolestaan on Euroopassa verrattain pientä, tuotantojärjestelmät tehokkaita ja sadot korkeita, mikä alentaa paikallisten tuotteiden luontovaikutuksia (Semenchuk ym., 2023, 1).

Myös Suomessa kulutetun ruoan ympäristövaikutuksista yhä suurempi osa tulee ulkomailta. Vuosien 1986–2011 välillä Suomeen tuotujen ulkomaisten viljelyskasvien osuus lähes tuplaantui. Erityisesti sellaisten viljelyskasvien osuus lisääntyi, joita olisi mahdollista tuottaa myös kotimaassa. Merkittävimpiä tuontituotteita vuonna 2011 maankäytön perusteella olivat soijapavut, kahvi, rapsi ja vehnä. Maan- ja vedenkäyttöön liittyvistä luontovaikutuksista jopa 93 % liittyi tuontiin Suomen kotoperäisen lajirikkauden ollessa pientä. Suurimmat maankäytön aiheuttamat ympäristövaikutukset liittyivät viljelyskasvien tuontiin Brasiliasta, Intiasta, Kolumbiasta ja Indonesiasta. Yksittäisistä kasveista suurimman luontojalanjäljen aiheuttivat kahvi, kaakao, sokeri, kumi ja soijapavut. (Sandström ym., 2017, 33, 36-37.)

Vaikka ruoka onkin merkittävin luontokadon aiheuttaja, se on myös vähiten herkkä seuraamaan tulotason muutoksia eli lisääntyvä vauraus ohjataan muihin tuotekategorioihin kuin ruokaan. Eniten tulotason muutos vaikuttaa tuonnin osuuteen kulutuksesta. (Wilting ym., 2017, 3302.) Kotitalouksissa rakentaminen, asuminen, vaatetus ja kengät ovat tulotason suhteen joustavimpia, joten näihin kategorioihin kannattaa keskittyä erityisesti, kun vauraus kehittyvillä alueilla lisääntyy (Bjelle ym., 2021, 1). Erityisesti rakentaminen on luonnon monimuotoisuuden kannalta keskeinen sektori, sillä se nojaa usein vahvasti puutavaraan. Lisäksi asunnot ja infrastruktuuri vaativat myös maapinta-alaa ja esimerkiksi teiden rakentaminen aiheuttaa elinympäristöjen pirstaloitumista. (Sun ym., 2022a, 9009.) Suomessa infrastruktuurilla onkin suhteellisen suuri luontojalanjälki sen vuoksi, että useilla luontoalueilla tie on ainoa paikallinen luontokadon aiheuttaja. (Wilting ym., 2021, 89.) Paikoin

infrastruktuuri voi tuoda kuitenkin myös hyötyjä ympäristölle tehokkuuden, innovaatioiden, muuttoliikkeen ja kaupungistumisen myötä (IPBES, 2019, 29). Suomessa myös metsäteollisuudella on merkittävä rooli luonnon monimuotoisuudelle, ja metsien käyttö kattaakin yli neljänneksen Suomen luontojalanjäljestä (Wilting ym., 2021, 89).

Kaivokset aiheuttavat usein paikallisesti paljon vastustusta, mutta globaalisti niiden merkitys luonnon monimuotoisuudelle on vain noin 1 %. Sähkön tuotanto vastaa noin 10 % globaaleista kaivostoiminnan luontovaikutuksista. Indonesia, Australia ja Uusi-Kaledonia ovat kaivostoiminnan aiheuttamien luontohaittojen kannalta keskeisiä paikkoja, sillä noin puolet maailman kaivostoimintaan liittyvästä luontokadosta tapahtuu niissä. Tärkeimpiä kaivos tuotteiden loppukäyttäjiä ovat kasvava infrastruktuuri Kiinassa sekä kotitalouksien kulutus Yhdysvalloissa. (Cabernard & Pfister, 2022, 16357.)

Kansainvälisen kaupan aiheuttama luontokato on pääasiassa sitoutunut tuotteisiin, mutta se aiheuttaa monimuotoisuuden heikentymistä myös suoraan, kun ihmisten ja tavaroiden liikuminen lentäen tai meriteitse lisäävät päästöjä ja kuljettavat haitallisia vieraslajeja paikasta toiseen (IPBES, 2019, 30). Kansainvälinen kauppa ei kuitenkaan aina ole luonnon kannalta pelkästään negatiivinen asia. Jos ruoka tai muut tuotteet tuodaan alueilta, joilla sadot ovat parempia tai tuotanto muutoin tehokkaampaa sopivampien tuotanto-olosuhteiden ansiosta, voidaan kansainvälisen kaupan avulla päästä pienempään maankäyttöön ja päästöihin tuotettua yksikköä kohden (Sandström ym., 2017, 39). Esimerkiksi Latinalaisen Amerikan ja Saharan eteläpuolisen Afrikan maissa tuonti voi vähentää ruoantuotantoon liittyviä ympäristövaikutuksia tuotannon ollessa vähemmän päästöintensiivistä muualla kuin kotimaassa. (Hong ym., 2022, 601.)

2.4 Luontokadon pysäyttäminen

Luonnon monimuotoisuuden suojelemiseksi tehdyt toimenpiteet, kuten luonnonsuojelualueiden perustaminen, ovat toistaiseksi olleet riittämättömiä globaalin luontokadon pysäyttämiseksi (Pörtner ym., 2021, 16). Luonnonvaroihin kohdistuvaa käyttöpainetta saadaan vähennettyä hillitsemällä kulutusta ja ohjaamalla sitä kestävämpiin valintoihin. Kiertotalouden avulla luonnonvarat saadaan pidettyä mahdollisimman tehokkaassa käytössä mahdollisimman pitkään, ja tuotteiden jalostusastetta nostamalla pienemmästä määrästä luonnonvaroja ja pinta-alaa saadaan tuotettua enemmän kansantaloudellista hyötyä. Luontokadon

pysäyttämisen ensimmäinen edellytys on kokonaisuheikentymättömyys, eli tilanne, jossa luonnontilan paranemat ovat vähintään yhtä suuret kuin luontohaitat. Luontokato on kuitenkin jo edennyt niin pitkälle, ettei tämä riitä, vaan tavoitteeksi on otettu niin kansallisella kuin kansainväliselläkin tasolla luonnon tilan parantaminen. (Ketola ym., 2022, 6, 8.)

Jotta luonnon tilan muutos saadaan käännettyä positiiviseksi, on luonnonvarojen ylikulutus saatava loppumaan. Luontojalanjälki on kasvanut taloutta hitaammin vuosina 1995–2015 erityisesti alhaisemman tulotason maissa (Bjelle ym., 2021, 10). Talouskasvun irtikytkeä luonnonvarojen käytöstä on siis teoriassa mahdollista. Käytännössä se vaatii kuitenkin suuria, systeemitason muutoksia talousjärjestelmässä (Otero ym., 2020, 12). Lyhyellä tähtämellä luontohaittaa aiheuttavan yhteiskuntien kehityksen loppuminen ei näytä todennäköiseltä. Aiheuttaja maksaa -periaatteen ja siihen liittyvän haittojen kompensaaation velvoittaminen ovatkin keskeisiä lyhyen tähtäimen toimenpiteitä luontokadon pysäyttämiseksi. Vaatimalla haittojen ylikompensaatiota luonnon tilaa voidaan myös parantaa. (Ketola ym., 2022, 6.)

Luonnon tilaa voidaan parantaa myös luopumalla jatkuvan talouskasvun tavoitteesta. Korkea hyvinvoinnin taso on mahdollista myös ilman talouskasvua (Otero ym., 2020, 12). Esimerkiksi ruoan osalta useat ravintorikkaimmista tuotteista ovat myös ympäristön kannalta parhaita. Siispä kompromissia ei tarvitse tehdä terveellisyyden ja ympäristöystävällisyyden välillä. (Clark ym., 2022, 9.) Keskeisintä on vähentää eläinperäisten tuotteiden osuutta ruokavaliossa. Kasvis- tai vegaaniruokavalion avulla ruoankulutukseen liittyviä luontohaittoja voidaan pienentää 37-43 %, mutta osittainenkin ruokavaliomuutos voi johtaa merkittäviin tuloksiin (Matej ym., 2024, 8). Useissa tuotekategorioissa ympäristövaikutuksia on mahdollista pienentää myös siirtymällä saman kategorian sisällä toiseen tuotteeseen (Clark ym., 2022, 9). Lisäksi kahvin ja kaakaon kulutusta vähentämällä on mahdollista saavuttaa merkittävä luontohaittojen vähennys (Matej ym., 2024, 8).

Jotta luontokato saadaan globaalisti pysäytettyä ja luonto elpymisuralle, on myös kansainvälisen kaupan aiheuttamat luontohaitat otettava huomioon toimenpiteissä (Ketola ym., 2022, 6). Toimitusketjujen tulisi olla lyhyitä ja läpinäkyviä (Plank ym., 2023, 10). Alueilla, joissa kotimainen lajirikkaus on pientä, voidaan saavuttaa merkittävä vähennys luontojalanjälkeen siirtämällä tuotanto kotimaahan. Esimerkiksi Matej ym. (2024, 8) ovat laskeneet, että siirtämällä Wienissä kulutetun ruoan tuotanto sopivien tuotteiden osalta Itävaltaan, voitaisiin luontojalanjälkeä pienentää jopa 21 %. Siirto on kuitenkin mahdollista vain, jos

eläinperäisten tuotteiden kulutusta vähennetään ja täten saadaan vapautettua lisää tilaa kotimaiselle kasvituotannolle (Matej ym., 2024, 8). Tuonnin vähentämisellä voi kuitenkin olla vaikutuksia viejämään kehitykseen etenkin köyhemmissä maissa. Jos tuontia ei haluta lähteä rajoittamaan, tulisi tuotevalinnoissa suosia esimerkiksi ympäristömerkittyjä tai sertifioituja tuotteita. (Sandström ym., 2017, 38.) Globaalien luonnonsuojelutavoitteiden kannalta keskeistä on myös tunnustaa alkuperäiskansojen oikeus maahan, siitä saatavien hyötyjen jakamiseen sekä instituutioihin, sillä niiden hallitsevat maat edustavat yli neljänneistä maailman maapinta-alasta ja sisältävät lähes 40 % suojelluista ja ekologisesti koskemattomista maa-alueista (Garnett ym., 2018, 369).

Myös julkishallinnolla, kuten kunnilla, on merkittävä rooli luontokadon torjunnassa ja luonnon monimuotoisuuden tulisikin olla keskeinen tekijä niiden päätöksenteossa. Hallinnolliset instrumentit kykenevät melko hyvin suojelemaan kuntien sisällä olevien ekosysteemien monimuotoisuutta, mutta maan rajojen ulkopuolelta hankintojen mukana tulevan luontokadon torjunta on hankalampaa. Se on kuitenkin mahdollista, mikäli biodiversiteetti otetaan yhdeksi hankintakriteeriksi kunnan hankintaohjelmaan. Monimuotoisuus tulisi huomioida myös roolijaossa: mikäli hankinnoista vastaavat henkilöt eivät ole riittävän tiivisti yhteydessä luontoasioista vastaaviin henkilöihin, jää monimuotoisuuden edistäminen helposti hankinnoista irralliseksi. Luontokadon torjunnassa on toki roolinsa myös esimerkiksi EU:lla, jonka tulisi huomioida monimuotoisuus esimerkiksi tukien myöntämisessä. Yhtenäinen EU-politiikka yhdenmukaistaisi ja selkeyttäisi myös valtioiden ja kuntien ympäristötyötä ja voisi ohjata kulutusta luonnon kannalta parempaan suuntaan. (Plank ym., 2023, 7-8, 10.)

Jotta valtiot, kunnat tai muut organisaatiot voivat pienentää luontovaikutuksiaan, tulee niiden ensin selvittää vaikutusten suuruus ja alkuperä. Kansainvälisen kaupan virroista kertoviin tietokantoihin ja organisaatioiden talouskirjanpitoon perustuva laskenta on yksi keino selvittää kulutuksen aiheuttaman luontohaitan suuruus ja se, mihin päin maailmaa se kohdistuu. Luontohaitan selvittäminen pitäisikin tehdä pakolliseksi kaikille kirjanpitovelvollisille toimijoille. (Ketola ym., 2022, 8.)

2.5 Luontojalanjäljen laskenta

Luontokadon ehkäiseminen on mahdollista vain, jos ajurit sen taustalla tunnistetaan (Koslowski ym., 2020, 1). Globaaleissa toimitusketjuissa tuotannon aiheuttamat

ympäristövaikutukset ovat kuitenkin usein erillään kulutuksesta (Marques ym., 2017, 76). Niistä myös helposti puuttuu läpinäkyvyys sen suhteen, missä tuotteen alkuperä on. Alkuperän tunnistaminen on kuitenkin tärkeää luontovaikutusten mittaamiseksi. (Marques ym., 2021, 239.) Luontojalanjälki on mittari, jonka avulla kuluttajat voivat yhdistää kulutuksensa sen aiheuttamaan haittaan luonnon monimuotoisuudelle (Koslowski ym., 2020, 1). Alati monimutkaistuvassa ja keinotekoisuvassa maailmassa on tärkeää, että päätöksenteon tueksi kyetään tarjoamaan tarkkaa, tehokasta ja tieteeseen perustuvaa informaatiota luonnon monimuotoisuudesta ja siihen kohdistuvista uhista (Galli ym., 2014, 130).

Luontojalanjäljelle ei ole vielä yhtä yhtenäistä määritelmää tai vakiintunutta laskentastandardia (Plank ym., 2023, 10). Erilaisilla ympäristöön kohdistuvaa painetta tai haittaa mittaavilla jalanjäljillä on yleensä tietyt piirteet, joiden perusteella niitä voidaan luokitella eri kategorioihin. Ensinnäkin jalanjäljellä on kaksi dimensiota: kohde eli se kenen jalanjälkeä lasketaan (valtio, organisaatio, tuote jne.) sekä tema, kuten kasvihuonekaasupäästöt (hiilijalanjälki), vesi tai maankäyttö. Teemat liittyvät yleensä joko sosioekonomisiin tekijöihin tai ympäristöön. Ympäristöön keskittyvät jalanjäljet jakautuvat vielä kahteen ryhmään, resursien käyttöä tai päästöjen suuruutta mittaaviin jalanjälkiin. Nämä jalanjäljet puolestaan voivat edelleen keskittyä joko mittaamaan vaikutuksen aiheuttajan eli esimerkiksi kulutetun veden määrää tai itse vaikutusta eli esimerkiksi veden liiallisen käytön ja vesipulan aiheuttamia haittoja ympäristölle. Luontojalanjälki on kuitenkin liian heterogeeninen, jotta sitä voisi sijoittaa suoraan mihinkään yksittäiseen kategoriaan. (Fang ym., 2016, 60.)

2.5.1 Luontokadon indikaattorit

Ekologisesti riittävän kattavan, mutta silti helposti ymmärrettävissä olevan luonnon monimuotoisuuden mittarin kehittäminen onkin suhteellisen haasteellista (Crenna ym., 2020, 9723). Erilaisia ekologisia jalanjälkiä on käytetty laajasti mittaamaan ihmisen aiheuttamaa painetta ekosysteemeille ja niiden monimuotoisuudelle (Lazarus ym., 2015, 170). Ekologiset jalanjäljet keskittyvät kuitenkin usein mittaamaan yksittäisiä ympäristöpaineen aiheuttajia, kuten maankäyttöä, eivätkä yksinään riitä biodiversiteettivaikutusten mittaamiseen, sillä lajikirjo jakautuu maapallolle hyvin epätasaisesti (Marques ym., 2017, 75). Lisäksi muun muassa maankäytön intensiteetillä ja alueella elävien lajien haavoittuvuudella on merkitystä

sille, kuinka suuren haitan maankäyttö alueen monimuotoisuudelle aiheuttaa (Chaudhary & Brooks, 2018, 5094).

On myös ehdotettu, että koska varakkuuden kasvu lisää myös luontoon kohdistuvaa painetta, voisi bruttokansantuotetta (BKT) käyttää indikaattorina monimuotoisuuden heikkenemiselle. Käytännössä BKT on kuitenkin huono luontokadon mittari, sillä jokainen eri asioihin kulutettu euro heikentää monimuotoisuutta eri verran. BKT ei myöskään, toisin kuin monet muut monimuotoisuuden mittarit, auta hahmottamaan ylärajaa luonnonvarojen ja ekosysteemipalveluiden kulutukselle tai asettamaan niille vertailu- ja raja-arvoja. Muut luonnon monimuotoisuuden mittarit auttavat paremmin avaamaan luontokadon taustalla vaikuttavia tekijöitä ja edistävät täten monimuotoisuuden huomiointia esimerkiksi päätöksenteossa. (Galli ym., 2014, 129.)

Luontokadon mittareina käytetään usein erilaisia lajien runsautta kuvastavia indikaattoreita. Esimerkiksi Marquardt ym. (2019) ovat vertailleet maankäytön perusteella laskettuja luontojalanjälkiä eri indikaattoreilla. Tutkimukseen valittiin kolme niin sanottua alfadiversiteetti-indikaattoria (lajien keskimääräisen runsauden menetys = loss of mean species abundance, suhteellinen lajirunsaus = relative abundance ja suhteellinen lajirikkaus = relative species richness), jotka heijastavat tietyn alueen paikallista luonnon monimuotoisuutta, ja yksi gammabiodiversiteetti-indikaattori (haavoittuvuudella painotettu suhteellinen lajirikkauden menetys = vulnerability-weighted relative species richness loss), joka edustaa globaalia luonnon monimuotoisuutta. Eri alfaindikaattorit antoivat suhteellisen yhdenmukaisia tuloksia, kun taas alfa- ja gamma-indikaattoreiden välillä tulokset poikkesivat laajemmin toisistaan. (Marquardt ym., 2019, 461.)

Alfaindikaattorit esimerkiksi osoittivat luontokatoa tapahtuvan kulutuksen seurauksena useilla alueilla ympäri maailmaa, kun taas gamma-indikaattori painotti luontokatoa trooppisilla alueilla. Lisäksi alfaindikaattoreiden perusteella yhteys luontojalanjäljen ja kulutuksen välillä oli vahva, kun taas gamma-indikaattorilla laskettuna yhteys oli heikompi ja epävarma. Alfaindikaattorit myös näyttivät negatiivisen yhteyden väestötiheyden ja luontojalanjäljen välille, mitä gamma-indikaattorilla ei löytynyt. (Marquardt ym., 2019, 461.) Tutkimuksen tulokset osoittavat, että indikaattorin valinnalla voi olla olennainen merkitys laskennan lopputuloksen kannalta. Eri indikaattoria hyödyntävät tutkimukset eivät siten ole välttämättä tuloksiltaan vertailukelpoisia. Mikäli mahdollista, Marquardt ym. (2019, 461) suosittelevat

ottamaan laskentaan sekä alueellista että globaalia luontokatoa kuvastavia mittareita, jotta tuloksista saadaan mahdollisimman monipuoliset.

Tässä tutkimuksessa luontokadon indikaattorina käytetään PDF-yksikköä (potentially disappeared fraction of species) eli ”osuutta lajeista, jotka todennäköisesti häviävät (kuolevat sukupuuttoon) luontohaittaa aiheuttavien suorien ajureiden, kuten maankäytön seurauksena” (Pokkinen ym., 2024, 7). PDF voi kuvastaa paikallista tai globaalia sukupuuttopotentiaalia. Tyypillisemmin käytetään kuitenkin globaalia mittaria, sillä se kuvastaa paremmin lajikadon lopullisuutta kuin alueellinen mittari. (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1206.) PDF ei ole täydellinen mittari luontokadolle, sillä se ei huomioi useita biodiversiteetin osa-alueita, kuten geenien monimuotoisuutta, lajien hyvinvointia tai ekosysteemien toiminnallista monimuotoisuutta, jotka olisivat tärkeitä luontovaikutusten kokonaisvaltaisen ymmärtämisen kannalta (Crenna ym., 2020, 9723). Se on kuitenkin pelkkää lajien määrää huomioivia mittareita monipuolisempi, sillä se ottaa huomioon lajirikkauden lisäksi myös lajien haavoittuvuuden ja antaa suuremman painoarvon kotoperäisille lajeille (Verones ym., 2017, 2-3).

2.5.2 Luontojalanjäljen laskentamenetelmät

Luontojalanjäljen laskennassa yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat elinkaariarviointi (LCA, life cycle assessment) ja erilaisiin panos-tuotos-malleihin perustuvat menetelmät. Elinkaariarviointi tehdään yleensä tuote- tai prosessikohtaisesti, sillä laskenta on yksityiskohtaista ja vaatii paljon dataa. Elinkaariarvioinnissa nimittäin kerätään tuotteen kuluttamat resurssit ja sen aiheuttamat päästöt koko tuotteen elinkaaren ajalta, ja määritetään niiden vaikutukset ympäristöön valittujen vaikutuskategorioiden kuten ilmastonmuutos, happamoituminen, rehevöityminen, ekotoksisuus tai maan- tai veden käyttö kautta. (Marques ym., 2017, 76–77.)

Organisaatioille elinkaariarviointi on vaikeampaa, sillä ne ovat usein tekemisissä useiden tuotteiden ja prosessien kanssa. Organisaation omat operaatiot ovat usein kuitenkin vain murto-osa tuotteiden koko elinkaaresta, joten vain niihin keskittymällä saadaan liian suppea kuva tuotteiden kaikista ympäristövaikutuksista. Organisaatioiden elinkaariarviointi pyrkii huomioimaan sekä organisaation omat toiminnot, että sen aitojen ulkopuolella tapahtuvat, mutta organisaatioon ja sen tuotteisiin kytköksissä olevat toiminnot. Elinkaariarvioinnin avulla organisaatiot voivat saada päätöksen teon tueksi arvokasta tietoa muun muassa siitä, mihin toimintoihin niiden ympäristövaikutukset erityisesti liittyvät ja mihin toimintoihin

keskittymällä pystytään vähentämään kustannuksia, riskejä ja ympäristövaikutuksia. Lisäksi elinkaariarviointi voi auttaa organisaatiota raportoimaan ja viestimään toiminnastaan ja sen vaikutuksista tehokkaammin eri sidosryhmille. (Martínez Blanco ym., 2015, 20–21, 30–34.)

Panos-tuotomalleihin perustuva laskenta ei ole niin yksityiskohtaista kuin elinkaariarviointi, mutta niiden avulla luontojalanjäljen laskenta on yksinkertaisempaa ja vaatii organisaatioilta vähemmän resursseja (Moran ym., 2016, 200). Panos-tuotomallit (input-output, IO) kuvastavat taloudellisia virtoja kansantalouden eri sektoreiden välillä tiettyinä vuonna (Marques ym., 2017, 77). Monialueiset panos-tuotos-mallit (multi-regional input-output, MRIO) kuvastavat kansainvälisen kaupan virtoja (Moran ym., 2016, 193) ja ympäristölaajennetut panos-tuotostietokannat (environmentally extended input-output, EEIO) mahdollistavat kauppaan sitoutuneiden ympäristövaikutusten määrittämisen (Marques ym., 2017, 77).

Panos-tuotomallien voidaan olettaa antavan suhteellisen luotettavia tuloksia makrotalouden tasolla, mutta yksittäisten sektorien, yhtiöiden tai tuotteiden osalta epävarmuus lisääntyy (Moran ym., 2016, 192). Mallit eivät mahdollista esimerkiksi yksittäisen tuotteen yksityiskohtaista tarkastelua, vaan luvut perustuvat aina sektorikohtaisiin keskiarvoihin, ja mallit olettavat aina tiettyyn tuotokseen käytettävän samoja panoksia. Lähtödatan laadussa voi myös olla huomattavia eroja eri maiden välillä, ja mallit sisältävät aina myös oletuksia sillä täydellistä dataa kaikkialta ei välttämättä ole saatavilla. (Kitzes, 2013, 500; Moran ym., 2016, 199.) Panos-tuotosanalyysien avulla voidaan kuitenkin saada hyödyllistä tietoa toimitusketjujen ympäristövaikutuksista pääpiirteittäin, ja nähdään, mitkä sektorit tuottavat suurimmat ympäristövaikutukset ja mihin päin maailmaa vaikutukset mahdollisesti kohdistuvat. Analyysin pohjalta on helpompi ohjata jatkotutkimusta ympäristön kannalta merkittävimmille sektoreille. (Moran ym., 2016, 192.)

Panos-tuotostietokannat voivat perustua joko tuotteiden fyysisiin ominaisuuksiin (esim. FABIO) tai rahavirtoihin (esim. EXIOBASE). Fyysinen laskenta on usein tarkempaa ja luotettavampaa, ja sopii hyvin esimerkiksi ruokatuotteiden ympäristövaikutusten arviointiin, sillä niiden toimitusketjut ovat lyhyempiä. Dataa ei kuitenkaan ole välttämättä kaikista tuotteista helposti saatavilla, ja toimitusketjut voivat olla hyvinkin monivaiheisia, jolloin rahavirtoihin perustuvat tietokannat toimivat hyvänä apuna ympäristövaikutusten määrittämisessä. (Bruckner ym., 2015, 19.) Samassa tutkimuksessa voi myös yhdistellä eri tietokantoja. Esimerkiksi Sun ym. (2022a, 9011) yhdistelivät tutkimuksessaan EXIOBASE- ja FABIO-tietokantojen tietoja, mikä paransi tutkimuksen luotettavuutta maa- ja metsätalouden

ympäristövaikutusten osalta. Myös tässä tutkimuksessa sovelletaan samankaltaista integroitua viitekehystä, kun hankintojen luontojalanjälki lasketaan pääasiassa EXIOBASE:n tietojen avulla, mutta ruoan osalta laskentaa tarkennetaan FABIO:n avulla määritetyillä luontohaitan kertoimilla.

Panos-tuotomalleja ja elinkaariarviointia on mahdollista myös yhdistää luontojalanjäljen laskemiseksi. Esimerkiksi Tampereen kaupunki (Pokkinen ym., 2024) ja Jyväskylän yliopisto (El Geneidy ym., 2021) ovat soveltaneet luontojalanjäljen laskennassaan sekä ympäristölaajennettua panos-tuotosanalyysiä että elinkaariarviointia. Panos-tuotosanalyysi yhdistää talouskirjanpidossa esitetyn organisaation kulutuksen sen aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. LCA:n avulla puolestaan voidaan tarkentaa laskentaa tiettyjen kulutuskategorioiden, kuten energian tai matkustamisen osalta. (El Geneidy ym., 2023, 4.)

2.6 Tampereen kaupungin luontojalanjälki

Kotitalouksien kulutuksen luontovaikutukset ovat maankäytön ja ilmastonmuutoksen perusteella yleensä keskimäärin merkittävämpiä kuin julkisilla hankinnoilla ja investoinneilla, sillä kotitaloudet kuluttavat paljon ruokaa ja energiaa (Wilting ym., 2021, 84). Kuitenkin myös julkisilla hankinnoilla on merkitystä, sillä vuosittain Suomessa käytetään niihin lähes 50 miljardia euroa (Valtiovarainministeriö, 2023). Tampereen kaupunki on ensimmäisenä kaupunkina Suomessa laskenut oman, julkisiin hankintoihin perustuvan luontojalanjälkensä. Luontojalanjälki kuvastaa kaupungin hankintojen luonnolle aiheuttamien haittojen suuruutta ja laskettiin PDF-yksikössä, joka kuvaa osuutta lajeista, jotka todennäköisesti kuolevat sukupuuttoon luontohaitan eri ajureiden seurauksena. Luontokadon ajureista huomioitiin maankäyttö, ilmastonmuutos, saasteet ja veden käyttö. Laskenta pohjautuu El Geneidyn ym. (2023) kehittämään lähestymistapaan organisaatioiden hiili- ja luontojalanjäljen laskemiseksi. (Pokkinen ym., 2024.) Samankaltaista lähestymistapaa sovelletaan myös tässä tutkimuksessa Lahden kaupungin hankintojen osalta. Menetelmä esitellään tarkemmin luvussa 3.2.

Vuonna 2021 Tampereen kaupungin luontojalanjälki oli 557 nPDF. Vaikka lähes puolet (48 %) hankintoihin liittyvästä maankäytöstä tulee Suomesta, kohdistuu luontojalanjälki suurimmalta osin (96 %) Suomen ulkopuolelle. Eniten luontokatoa aiheutuu pienissä saarivaltioissa, kuten Guam ai São Tomé ja Príncipe, sillä niissä lajeja on pinta-alaa kohden runsaasti,

ja ne ovat erityisen herkkiä maankäytön vaikutuksille. Seuraavaksi suurin luontohaitta kohdistuu Venäjälle. Hankintojen osalta luontokadon ajureista merkittävin on ilmastonmuutos, joka aiheuttaa yli puolet (56 %) luontojalanjäljestä. Maankäytön osuus on 35 % ja saasteiden 8 %. Näissä luvuissa eivät kuitenkaan ole mukana esimerkiksi elintarvikkeet, joihin sovellettiin eri määrä ajureita. (Pokkinen ym., 2024, 24, 26, 49.)

Tuotekategorioista suurimman luontohaitan aiheutti muu käyttötalous sisältäen muun muassa rakentamisen, IT-palvelut ja laitteet, majoitus- ja matkustuspalvelut, asiantuntija- ja konsulttipalvelut, muut palvelut, alueiden ja rakennusten vuokrauksen, koneet ja kaluston, polttoaineet jne. Tämä kategoria kattoi 91 % Tampereen kaupungin hankintojen kuluista, mutta vain 50 % (281 nPDF) luontojalanjäljestä. Elintarvikkeet sen sijaan kattoivat vain 3 % kaikista hankintakuluista, mutta 22 % (125 nPDF) luontojalanjäljestä. Elintarvikkeet olivat myös luontojalanjäljeltään suurin yksittäinen kategoria, mikäli muu käyttötalous jaetaan erillisiin alakategorioihin. Elintarvikkeista punaisen lihan luontojalanjälki oli suurin 34 % osuudella, maitotuotteet seuraavana 22 % osuudella ja siipikarja kolmantena 10 % osuudella. Punaista lihaa oli kuitenkin vain 3 % ja siipikarjaa 2 % hankituista elintarvikekiloista. Maitotuotteiden osalta luontojalanjälki oli suhteessa hankintakiloihin suunnilleen samansuuruinen, sillä ne kattoivat elintarvikehankinnoista kiloina 21 %. Kalat ja merenelävät, hedelmät, marjat ja pähkinät sekä vihannekset olivat elintarvikkeista sellaisia, joiden luontojalanjälki oli suhteessa hankintakiloihin huomattavasti pienempi. Energiankulutus eli lämpö ja sähkö yhteensä aiheuttivat 21 % Tampereen kaupungin luontojalanjäljestä ja sijoitukset 5 %. Vedenkulutuksen ja jätehuollon merkitys luontohaittaan taas on Tampereen tapauksessa marginaalinen, ja ne yhteensä ovat alle prosentin kaupungin luontohaitasta. (Pokkinen ym., 2024, 24, 30–31.)

3 Aineisto ja menetelmä

Luontojalanjäljen laskenta toteutettiin tässä tutkimuksessa kahdessa vaiheessa. Ensin laskettiin luontojalanjälki Lahden kaupungin hankinnoille kirjanpitoaineiston perusteella ja sitten ruokahankinnoille hankittuihin kilogrammoihin perustuen. Tässä luvussa esitellään tutkimuksessa käytetty aineisto (luku 3.1) sekä luontojalanjäljen laskentamenetelmät (luvut 3.2–3.3).

3.1 Lähtötiedot ja rajaukset

Tässä tutkimuksessa laskettiin luontojalanjälki Lahden kaupungin kaupunkiorganisaatiolle, eli kaupunkilaisten yksityistä kuluttamista ei huomioitu laskennassa. Hankintojen luontojalanjäljen laskenta perustuu Lahden kaupungin julkisesti saatavilla olevaan ostolaskudataan vuodelta 2023 (Lahden kaupunki, 2024a). Aineisto sisältää Lahden kaupunkikonsernin yksiköiden eli Lahden kaupungin, Lahden kaupunginteatterin, Lahden kaupunginorkesterin ja Lahden tilakeskuksen (Lahden kaupunki, 2024b, 32) ostolaskut. Laskennassa on huomioitu vain kuluttilit. Tase- ja tulotilit on rajattu laskennan ulkopuolelle samoin kuin kulutileistä sellaiset, joille kirjataan veroja. Myös kotitalouksille maksetut avustukset on jätetty laskennan ulkopuolelle, sillä niiden ei katsottu olevan varsinaisia hankintoja Lahden kaupungille.

Laskennassa ei huomioitu Lahden kaupungin konserniyhteisöjä lukuun ottamatta Päijät-Hämeen Ateriapalvelut Oy:n tekemiä elintarvikehankintoja. Ateriapalvelut tarjoaa ruokaa muun muassa Lahden kaupungin kouluissa ja päiväkodeissa, sekä muissa kaupungin yksiköissä (Päijät-Hämeen Ateriapalvelut oy, 2023, 3). Ruoka on globaalisti yksi merkittävimmistä luontokadon aiheuttajista, ja nousi tuotekategorioista suurimmaksi luontokadon aiheuttajaksi myös Tampereen kaupungin laskennassa (Pokkinen ym., 2024). Pelkän kirjanpitoaineiston perusteella elintarvikkeille ei olisi pystytty tekemään riittävän tarkkaa laskentaa, minkä vuoksi laskentaa haluttiin tarkentaa Ateriapalveluilta saatavan ruokahankintadatan perusteella. Ateriapalveluiden osalta huomioitiin ainoastaan vuoden 2023 elintarvikehankinnat, eli esimerkiksi Ateriapalveluiden kuluttamat sähkö, vesi ja lämmitys jätettiin tarkastelut ulkopuolelle. Lisäksi elintarvikehankinnoista huomioitiin ainoastaan Lahden kaupungille tuotettuihin ateriapalveluihin kohdistuneet hankinnat, eli esimerkiksi Päijät-Hämeen

hyvinvointialueelle kohdistuneet hankinnat eivät olleet tarkastelussa mukana. Tutkimuksen tuloksista ei voida siis suoraan päätellä koko Päijät-Hämeen Ateriapalvelut Oy:n luontojalanjälkeä. Tarkempaa laskentaa konserniyhtiöiden osalta on syytä harkita jatkotutkimuksissa.

3.2 Hankintojen luontojalanjäljen laskenta

Hankintojen luontojalanjäljen laskennassa sovellettiin samaa talouskirjanpitoon pohjautuvaa lähestymistapaa, jota on hyödynnetty myös muun muassa Tampereen kaupungin hiili- ja luontojalanjäljen laskennassa (Pokkinen ym., 2024). Laskentaa varten tarvitaan lähtötietojen, eli kulutuksen määrän ja tyyppin, lisäksi tieto luontohaitan aiheuttajasta (luontohaitan ajuri) ja sen määrästä, luontohaitan maantieteellinen sijainti sekä tieto siitä, kuinka suuren haitan kukin luontohaitan ajuri aiheuttaa luonnon monimuotoisuudelle (Pokkinen ym., 2024, 14). Luontojalanjäljen laskenta tapahtuu viidessä vaiheessa, jotka ovat 1) (kulu)kirjanpidon valinta, 2) menetelmän ja tietolähteiden valinta, 3) tilien/kategorioiden ja hintojen harmonisointi, 4) luontojalanjäljen laskenta ja 5) tulosten tulkinta (El Geneidy ym., 2023, 3-8).

3.2.1 Kirjanpidon valinta

Laskennan perusteena hyödynnettiin Lahden kaupungin avoimesti saatavissa olevaa ostolaskudataa vuodelta 2023. Aineisto sisältää yhteensä 89 443 ostolaskuriviä 115 kirjanpidon tilille kirjattuna. Aineistossa on muun muassa tavaroiden, aineiden ja palveluiden ostoja sekä erilaisia lakisääteisiä maksuja, kuten työnantajan sosiaalivakuutusmaksuja. (Lahden kaupunki, 2024a.) Tase-, tulo- ja verotilejä sekä kotitalouksille maksettuja avustuksia ei huomioidu laskennassa, joten 37 tiliä jätettiin laskennan ulkopuolelle. Toimittajista Päijät-Hämeen Ateriapalvelut Oy jäi tarkastelun ulkopuolelle, sillä elintarvikkeiden osalta luontojalanjälki laskettiin erikseen Ateriapalveluiden ruokahankintadataan perustuen.

3.2.2 Menetelmän ja tietolähteiden valinta

Tässä tutkimuksessa luontojalanjälki laskettiin maaekosysteemeille maankäytön ja ilmastomuutoksen perusteella. Laskennan pohjana ovat erilaiset globaalit tietokannat.

Luontohaitan ajureiden suuruus ja sijainti määritettiin EXIOBASE-tietokantaa hyödyntäen. EXIOBASE:n avulla saatiin määritettyä luontokadon ajurit muodossa $m^2/€$ (maankäyttö) ja $kg/€$ (kasvihuonekaasupäästöt). Lisäksi tietokannasta saatiin tietoa siitä, kuinka maankäyttö jakautuu maantieteellisesti.

Luontokadon ajureiden perusteella laskettiin luontojalanjälki maakohtaisia luontohaittakertoimia (esim. PDF/m^2 tai PDF/kg) hyödyntäen. Maankäytön osalta hyödynnettiin Schererin ym. (2023a) GLAM-projektissa määrittämiä luontohaittakertoimia, kun taas ilmastonmuutoksen kertoimet perustuvat LC-IMPACT-menetelmään (Verones, Huijbregts, ym., 2020). Yhdistämällä panos-tuotosanalyysiin perustuvan tietokanta, kuten EXIOBASE, LC-IMPACT:n kaltaiseen luontohaitan kertoimet tarjoavaan tietokantaan pystytään saamaan hyödyllistä tietoa siitä, kuinka organisaation kulutus yhdistyy todelliseen luontohaittaan, eikä ainoastaan sen ajureihin, kuten maankäyttöön (Verones ym., 2017, 2).

Luontohaitan ajurit

Luontohaitan ajureiden, tässä tutkimuksessa maankäytön ja ilmastonmuutoksen, suuruus ja maantieteellinen sijainti määritettiin EXIOBASE-tietokannan avulla. EXIOBASE on ympäristölaajennettu monialueinen panos-tuotostietokanta (environmentally extended multi-regional input-output database, EEMRIO), jonka avulla voidaan tarkastella taloudellisten suhteiden ja niiden aiheuttamien ympäristövaikutusten monimutkaista globaalia verkostoa. Tietokantaan on koottu tietoja useista kansallisista ja kansainvälisistä tietokannoista. EXIOBASE painottuu Eurooppaan ja muihin keskeisiin talouksiin, ja sen versio 3.8.2 sisältää maakohtaista dataa 44 maasta. Lisäksi loput maista on koottu viideksi laajemmaksi maantieteelliseksi alueeksi (Afrikka, Amerikka, Aasia ja Tyynenmeren alue, Eurooppa sekä Lähi-Itä). (Stadler ym., 2018, 502–503, 505.)

Taloudellisen toiminnan ympäristölle aiheuttamaa painetta voidaan tarkastella EXIOBASE:ssa 163 toimialan ja 200 tuotekategorian osalta (Stadler ym., 2018, 502). Käytetyn EXIOBASE:n version 3.8.2 sisältämä data on vuodelta 2019 (Cilleruelo, 2023). Viimeisin alkuperäinen data kansainvälisen kaupan virroista on kuitenkin vuodelta 2011, ja sen jälkeiset vuodet perustuvat mallinnukseen talouden kehittymisestä. Lisäksi alkuperäinen, mitattu data eri vaikutuskategorioille on eri vuosilta, esimerkiksi vuodelta 2011 maankäytölle ja 2019 kasvihuonekaasupäästöille. EXIOBASE:n hinnat ovat vuoden 2019 perushintoja. (Stadler ym., 2021.)

EXIOBASE:n avulla määritettiin luontohaitan, eli maankäytön ja ilmastonmuutoksen, suuruus ja maantieteellinen sijainti. EXIOBASE tarjoaa tiedot eri tuotteille ja tuotekategorioille kulutettua euroa kohden. Sen avulla voidaan siis määrittää esimerkiksi, kuinka paljon Suomessa kulutetut IT-laitteet ja niihin liittyvät palvelut käyttävät maata eri maankäyttötyypeittäin eri puolilla maailmaa kulutettua euroa kohden ($m^2/€$). EXIOBASE:ssa maankäyttö on jaoteltuna 25 eri kategoriaan, kuten viljelysmaat eri viljelyskasveille ja rehuille, laitumet, metsätalous sekä urbaanit alueet. Ilmastonmuutoksen osalta puolestaan EXIOBASE:sta saadaan määrät CO_2 -, CH_4 -, N_2O - ja SF_6 -päästöille. Myös fluorihilivety- (HFC) ja perfluorihilivetyypäästöt (PFC) on mahdollista saada EXIOBASE:sta. Ne kuitenkin jätettiin tämän laskennan ulkopuolelle, sillä LC-IMPACT:ssa on kertoimet jokaiselle yhdisteelle erikseen ja EXIOBASE tarjoaa vain HFC- ja PFC-päästöjen kokonaismäärän, muttei erittele eri yhdisteitä tarkemmin. (Stadler ym., 2018.) Niiden merkityksen myös oletettiin olevan lopputuloksen kannalta vähäinen. Lisäksi biogeeniset hiilidioksidipäästöt on jätetty laskennan ulkopuolelle, sillä niille ei ole kerrointa LC-IMPACT:ssa.

Luontohaitta

Luontohaitan suuruuden määrittämiseksi tarvitaan luontohaittakertoimet eli karakterisointikertoimet. Karakterisointikerroin edustaa muutosta ympäristössä yhtä vaikutuksen aiheuttajan lisääntyneitä yksikköä kohden (Huijbregts ym., 2011, 3833). Se kertoo siis esimerkiksi, kuinka paljon potentiaalinen lajikato lisääntyy yhdestä kilosta kasvihuonekaasupäästöjä. Ilmastonmuutoksen osalta käytettiin LC-IMPACT-menetelmään perustuvia kertoimia. Maankäytön luontohaittakertoimina puolestaan hyödynnettiin Schererin ym. (2023a) GLAM-projektissa määrittämiä karakterisointikertoimia, sillä ne sisältävät tietoa myös maankäytön intensiteetistä ja ovat siten LC-IMPACT:n kertoimia tarkempia. Tässä tutkimuksessa luontohaitan mittarina käytetään PDF-yksikköä (potentially disappeared fraction of species), joka kuvastaa osuutta maailman lajeista, jotka ovat vaarassa kuolla sukupuuttoon haitallisen ihmistoiminnan seurauksena (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1202).

PDF voi kuvastaa joko alueellista tai globaalia lajikatoa. Tässä tutkimuksessa käytetään globaalia kerrointa, sillä se kuvastaa lajikadon lopullisuutta. Paikallinen lajikato ei välttämättä ole lopullista, sillä tietystä paikasta kadonnut laji voi kuitenkin elää jossain toisaalla. Laskennassa ekosysteemien laatua kuvaava mittari saadaan muodossa $PDF \cdot y$. Se ei tarkoita sitä, että potentiaalinen lajikato tapahtuisi tietyllä ajanjaksolla, vaan kuvastaa globaalin lajikadon riskiä ja antaa enemmän painoarvoa pitkä- kuin lyhytaikaisille interventioille. Vaikutukset

eivät yleensä ilmene ekosysteemeissä välittömästi sen kohdatessa painetta, vaan ne tapahtuvat viiveellä ja paineen kesto usein ratkaisee, toteutuvatko riskit täysimääräisinä. PDF tulee siis ymmärtää lisääntyneenä globaalien sukupuuton riskinä, joka voi toteutua, jos paine jatkuu. (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1206.)

Ilmastonmuutos

LC-IMPACT sisältää karakterisointikertoimet 11 vaikutuskategorialle: ilmastonmuutos, otsonikato, ionisoiva säteily, fotokemiallisen otsonin muodostuminen, pienhiukkasten muodostuminen, happamoituminen, rehevöityminen, toksisuus, maastressi, vesistressi ja mineraalilähteiden niukkuus. Nämä kategoriat puolestaan liittyvät yhteen tai kahteen kolmesta suojeltavasta alueesta, jotka ovat ihmisten terveys, ekosysteemien laatu ja luonnonvarat. Ekosysteemien laatu jakautuu vielä kolmeen ekosysteemyyppiin, maaekosysteemeihin, makean veden ekosysteemeihin ja meriekosysteemeihin. (Verones ym., 2020, 1202–1203.) Tässä tutkielmassa keskityttiin ainoastaan ekosysteemien laatuun ja ekosysteemyypeistä maaekosysteemeihin. Huomiodut vaikutuskategoriat olivat maankäyttö ja ilmastonmuutos, sillä niiden arvioitiin aiempien tutkimusten (esim. Pokkinen ym., 2024; Peura ym., 2023) perusteella olevan tämän tutkimuksen kannalta relevanteimpia. LC-IMPACT:ia hyödynnettiin ilmastonmuutoksen aiheuttaman luontohaitan määrittämiseen.

Ekosysteemien laatua kuvastavat karakterisointikertoimet on määritetty LC-IMPACT:ssa yhtälön 1 avulla (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1206):

$$CF = VF \cdot EF \cdot XF \cdot FF \quad (1)$$

jossa VF (vulnerability factor) on haavoittuvuuskerroin, joka muuttaa alueellisen tai paikallisen lajikadon globaaliksi (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1206). Se saa arvon väliltä 0–1 lajien uhanalaisuuden mukaan siten, että kaikkein uhanalaisimmat lajit saavat arvon yksi ja vähemmän herkät lajit alhaisempia arvoja (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 8). EF (effect factor) on vaikutuskerroin, joka kertoo tietyn vaikutuskategorian vaikutuksen ekosysteemeihin, XF (exposure factor) on altistuskerroin, joka kuvaa, kuinka laajasti ekosysteemi altistuu vaikutuksen aiheuttajalle ja FF (fate factor) on kerroin, joka ilmaisee vaikutuskategorian suuruutta. Karakterisointikertoimen mukaan EF ja VF voivat olla taksonikohtaisia tai useita taksoneja yhdistäviä. Yhdistetyt, koko ekosysteemiä edustavat kertoimet on laskettu taksoneiden painotettuna keskiarvona. Kasveilla ja eläimillä on LC-IMPACT:ssa yhtä suuri painoarvo. (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1206.)

Karakterisointikertoimet voivat LC-IMPACT:ssa olla vaikutusluokan mukaan joko alueellisia tai globaaleja. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat globaaleja riippumatta siitä, missä päin maailmaa kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat. Sen vuoksi ilmastonmuutokselle on LC-IMPACT:ssa vain globaalit karakterisointikertoimet. Ilmastonmuutoksen karakterisointikertoimet ekosysteemien laadulle on muodostettu yhtälön 2 avulla (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 22):

$$CF_{end,x,TH,AOP} = GWP_{x,TH} \cdot \partial Temp_{CO_2,TH} \cdot EF_{AOP} \quad (2)$$

Yhtälössä x viittaa kasvihuonekaasuun, esim. CO₂, TH (time horizon) on aikahorisontti ja AOP suojeltava alue, tässä maaekosysteemien laatu. Siten

- $GWP_{x,TH}$ = kunkin kasvihuonekaasun lämmityspotentiaali (global warming potential) tietyllä ajanjaksolla, esim. 100 vuotta,
- $\partial Temp_{CO_2,TH}$ = lämpötilan muutos yhtä hiilidioksidikiloa kohti tietyllä ajanjaksolla ja
- EF_{AOP} = Lämpötilan muutoksen vaikutus ekosysteemien laatuun. (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 22.)

Karakterisointikerroin kuvastaa ajan mittaan potentiaalisesti katoavien lajien osuutta yhtä kasvihuonekaasukiloa kohden ja sen yksikkö on muotoa PDF·y/kg_x (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 22). Kertoimet perustuvat olemassa olevaan kirjallisuuteen, ja siten niihin voi sisältyä epävarmuutta (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 25).

Karakterisointikerrointen määrittämiseen on LC-IMPACT:ssa kolme lähestymistapaa: marginaalinen, keskiarvoon perustuva ja lineaarinen, ja aina kun mahdollista, tarjolla on sekä marginaaliset että keskiarvokertoimet. Ilmastonmuutoksen karakterisointikerroin yhdistelee marginaalista ja keskiarvoon perustuvaa lähestymistapaa. Päästöjen vaikutus lämpötilan nousuun ($\partial Temp$) on mallinnettu marginaalimenetelmällä. Se tutkii, kuinka suuri vaikutus pienellä paineen, tässä tapauksessa kasvihuonekaasupäästöjen, lisäyksellä on, ottamalla derivaatan syy-seurauskäyrältä nykyhetkessä. Lämpötilan nousun vaikutus ekosysteemeihin taas on mallinnettu keskiarvomenetelmällä. Siinä nykyistä tilannetta verrataan luonnolliseen tilanteeseen, jossa ekosysteemiin ei ole vaikutettu ollenkaan, ja lasketaan keskiarvo tälle muutokselle. Lineaarinen menetelmä on keskiarvomenetelmän kaltainen, mutta siinä nykytilannetta ei tunneta, ja vertailuarvona käytetään 0,5:ttä. Keskiarvomenetelmä tarkastelee

suurempia muutoksia kuin marginaalinen, ja mahdollistaa siten LC-IMPACT:n yhdistämisen panos-tuotosmalleihin (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1203-1206; Verones, Huijbregts, ym., 2020, 10-11.) Koska tässä tutkimuksessa hyödynnetään panos-tuotostietokantaa, valittiin laskentaan keskiarvomenetelmään perustuva kerroin.

Käyttäjä voi LC-IMPACT:ssa valita ilmastonmuutoksen karakterisointikertoimet neljästä joukosta, jotka sisältävät arvovalintoja aikahorisontin ja sisällytettyjen vaikutusten epävarmuuden suhteen. Aikahorisontti voi olla joko lyhyt (100 vuotta) tai pitkä (1 000 vuotta). Lisäksi käyttäjä voi valita, sisällytetäänkö vaikutukset, jotka ovat kauempana ajallisesti ja joihin liittyy enemmän epävarmuutta sen suhteen, ovatko ne tietyn vaikutuskategorian aiheuttamia. Tarjolla olevat karakterisointikertoimet ovat siis: kaikki vaikutukset ja lyhyt aikaväli, kaikki vaikutukset ja pitkä aikaväli, tietyt vaikutukset ja lyhyt aikaväli sekä tietyt vaikutukset ja pitkä aikaväli. Käyttäjän olisi hyvä laskea tulokset aina useammalla kuin yhdellä, mieluiten kaikilla kertoimilla, jotta potentiaalisten vaikutusten koko kirjo tulee esille. (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 11–12.) Tässä tutkimuksessa laskenta toteutettiin lyhyen aikavälin (100 vuotta) kertoimella, joka huomioi kaikki lajit, jolloin laskenta on vertailukelpoista muiden vastaavien tutkimusten, kuten Tampereen kaupungin luontojalanjälkilaskennan (Pokkinen ym., 2024) kanssa.

Maankäyttö

Maankäytön osalta hyödynnettiin Schererin ym. (2023a) GLAM-projektissa määrittämiä uusia karakterisointikertoimia. Kertoimet ovat LC-IMPACT:n kertoimia kehittyneempiä, sillä ne huomioivat myös maankäytön intensiteetin ja elinympäristöjen pirstaloitumisen, jotka ovat kaksi viimeisintä kehitysaskelta luontovaikutusten mittaamisen saralla. Karakterisointikerrointen avulla voidaan määrittää maankäytön pinta-alakohtainen vaikutus lajien määrään. Tarjolla on kertoimet maankäytölle (land occupation) yksikössä PDF/m² ja maankäytön muutokselle (land transformation) yksikössä PDF·y/m² (Scherer ym., 2023a, A-B.) Maankäyttö tarkoittaa tilannetta, jossa maata käytetään tiettyyn tarkoitukseen, esimerkiksi viljelyyn, eikä maa pysty kehittymään takaisin kohti luonnollista tilaansa. Maankäytön muutos viittaa maan muokkaamiseen niin, että se soveltuu ajateltuun käyttötarkoitukseen, eli esimerkiksi metsän raivaamiseen pelloksi. (Verones, Huijbregts, ym., 2020, 135.) Sekä maankäytön että sen muutoksen kertoimet ilmaisevat lopulta vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen yksikössä PDF·y, kun maankäytön osalta hyödynnetään inventaariodataa, joka huomioi sekä maankäytön laajuuden, että sen keston. Aikadimensio y edustaa ekosysteemin

regeneroitumisaikaa. Dimensio y on tärkeä osa yksikköä, sillä mitä kauemmin maankäyttö kestää, sitä todennäköisempää on myös lajikato. Karakterisointikertoimet edustavatkin potentiaalista lajikatoa todellisen lajikadon sijaan. (Scherer ym., 2023a, A, G, H.)

Karakterisointikertoimet ovat saatavilla ekoalueittain, maakohtaisesti ja globaalisti. Globaalia kerrointa ei suositella käytettäväksi, sillä monimuotoisuus vaihtelee runsaasti alueittain. Ekoaluekohtaiset kertoimet kattavat 825 ekoaluetta ja tarjoavat siten yksityiskohtaisinta tietoa monimuotoisuuden heikkenemisestä. Inventaariodata on kuitenkin usein tarjolla maittain, joten myös maakohtaiset kertoimet ovat saatavilla. Myös tässä tutkielmassa hyödynnettiin maakohtaisia kertoimia, sillä EXIOBASE tarjoaa tietoa maankäytöstä maittain. Kerroimista voi myös valita alueellisen tai globaalin kertoimen. Tässä tutkielmassa käytettiin globaaleja kertoimia, sillä ne edustavat peruuttamatonta lajikatoa. Käyttäjä voi lisäksi valita keskiarvo- tai marginaalikertoimet. Marginaalisella lähestymistavalla määritetyt kertoimet voivat olla jopa kaksinkertaiset keskiarvokerroimiin verrattuna. Tämä indikoi sitä, että lisääntyvä maankäyttö kiihdyttää lajikatoa. Sopivan kertoimen valinta riippuu tutkimuksen laajuudesta. Marginaalikertoimet sopivat yleensä paremmin yksittäisten tuotteiden elinkaarivointiin, kun taas valtioiden ja muiden laajempien alueiden luontojalanjäljen laskennassa keskiarvokerroimet toimivat paremmin. (Scherer ym., 2023a, H.) Tässä tutkielmassa hyödynnettiin keskiarvoon perustuvia kertoimia.

Kertoimissa on mukana viisi lajiryhmää: kasvit, sammakkoeläimet, linnut, nisäkkäät ja matelijat. Jokaiselle lajiryhmälle on olemassa oma kerroin, ja lisäksi tarjolla on yhdistelmäkerroimet, jotka voivat olla päätöksenteon kannalta käytännöllisempiä. Tässä tutkielmassa hyödynnettiin kaikki lajit yhdistävää yhdistelmäkerrointa. Yhdistelmäkerroimissa kaikki samalla taksonomisella sijalla olevat taksonit saavat saman painoarvon. Kertoimissa huomioidaan myös viisi eri maankäyttötyyppiä (viljelysmaat, laitumet, plantaasit, hoidetut metsät ja urbaani maa) kolmella intensiteettitasolla (minimaalinen, kevyt ja intensiivinen). Eri maankäyttötyyppien intensiteettitasot on tarkemmin kuvattu taulukossa 1. Yleisesti intensiivisempi maankäyttö johtaa myös suurempaan lajikatoon. Kaikkien kerrointen osalta suuruusjärjestys ei kuitenkaan ole näin suoraviivaista. Jos tarkastellaan esimerkiksi plantaasien karakterisointikertoimia, noudattavat ne ekoalueiden tasolla normaalia intensiteetin mukaista suuruusjärjestystä. Globaaleissa kertoimissa puolestaan minimaalisen intensiteetin plantaasit saavat korkeammat kertoimet kuin kevyen tai intensiivisen. Tämä indikoi sitä, että todennäköisesti minimaalisen intensiteetin plantaaseja on enemmän alueilla, joissa lajikato on

suhteellisesti suurta, ja intensiivisemmin käytettyjä pienemmän lajikadon alueilla. (Scherer ym., 2023a, A, F, H.)

Taulukko 1 Maankäytön tyypit ja intensiteetit (Scherer ym., 2023b, S5-S6)

Tyyppi	Intensiteetti	Kuvaus
Hoidettu metsä	Minimaalinen	Häiriöt vähäisiä (esim. polku) tai vaikutukseltaan rajoitettuja (esim. ekologisesti vain vähämerkityksisen lajin metsästys)
	Kevyt	Yksi tai useampia häiriöitä vaatimattomalla intensiteetillä (esim. harvennushakkuut) tai laajuudella (esim. riistan hankinta), jotka eivät ole niin vakavia, että ekosysteemin luonne muuttuisi huomattavasti. Esikaupunkialueiden metsät kuuluvat vähintään tähän luokkaan.
	Intensiivinen	Yksi tai useampia häiriöitä, jotka muuttavat ekosysteemin luonnetta huomattavasti, esim. avohakkuut. Kaupunkialueiden metsät kuuluvat ensisijaisesti tähän luokkaan.
Plantaasi	Minimaalinen	Laajasti hoidettu tai useita lajeja sisältävä sahapuu-, hedelmä-, kahvi-, öljypalmu- tai kumiviljelmä, jossa alkuperäisiä lajeja siedetään, ja jota ei käsitellä torjunta-aineilla tai lannoitteilla, ja jota ei ole viimeisen 20 vuoden aikana avohakattu.
	Kevyt	Yksilajinen hedelmä-, kahvi- tai kumiplantaasi vähäisellä torjunta-aineiden käytöllä, sekaplantaasi merkittävällä torjunta-aineiden käytöllä tai yksilajinen öljypalmu- tai puutava- raplantaasi, jossa ei ole ollut avohakkuuta viimeisen 20 vuoden aikana.
	Intensiivinen	Yksilajinen hedelmä-, kahvi- tai kumiplantaasi merkittävällä torjunta-aineiden käytöllä, yksilajinen sahapuuplantaasi, jossa puut samanikäisiä tai yksilajinen sahapuu- tai öljypalmuplantaasi laajoilla viimeaikaisilla avohakkuilla.
Laidun	Minimaalinen	Laidun minimaalisella lannoite- ja torjunta-ainekäytöllä ja vähäisellä eläinmäärällä niin, ettei merkittävää häiriötä aiheudu ja kasvillisuuden uudelleen kasvaminen esty.
	Kevyt	Merkittävää lannoitteiden tai torjunta-aineiden käyttöä tai korkea eläintiheys niin, että merkittävää häiriötä aiheutuu ja kasvillisuuden uudelleen kasvu voi lakata.
	Intensiivinen	Merkittävää lannoitteiden tai torjunta-aineiden käyttöä ja korkea eläintiheys niin, että merkittävää häiriötä aiheutuu ja kasvillisuuden uudelleen kasvu voi lakata.
Viljelysmaa	Minimaalinen	Matalan intensiteetin maatilat, joilla usein pienet pellot, useita viljelykasvilajeja, vuoroviljelyä, vähän tai ei lainkaan

		epäorgaanisia lannoitteita ja torjunta-aineita, vähän tai ei lainkaan kyntöä, vähän tai ei lainkaan kastelua sekä vähän tai ei lainkaan koneistusta.
	Kevyt	Keskitason intensiteetin maataloutta, tyypillisesti jotain seuraavista, muttei kaikki, esiintyy: isot pellot, vuosittainen kyntö, epäorgaanisten lannoitteiden käyttö, torjunta-aineiden käyttö, kastelu, ei vuoroviljelyä, toimintoja koneistettu, yksilajisuus. Luomuviljelmät usein asettuvat tähän kategoriaan.
	Intensiivinen	Korkean intensiteetin yksilajista viljelyä, jossa useita seuraavista esiintyy: suuret pellot, vuosittainen kyntö, epäorgaanisten lannoitteiden käyttö, torjunta-aineiden käyttö, kastelu, ei vuoroviljelyä ja koneistettuja toimintoja.
Urbaani maa	Minimaalinen	Laajat hoidetut viheralueet, kylät.
	Kevyt	Esikaupunkien viheralueet, kuten puutarhat, tai pienet hoidetut tai hoitamattomat viheralueet kaupungeissa.
	Intensiivinen	Kaupunkialue ilman merkittäviä viheralueita.

EXIOBASE:sta saadaan tieto maankäytöstä maankäyttötyypeittäin. EXIOBASE:n maankäyttötyypit eivät ole kuitenkaan samoin nimetty kuin Schererin ym. (2023a) määrittämät maankäyttötyypit ja intensiteettitasot, joten EXIOBASE:n maankäyttötyypit muutettiin vastaamaan luontohaitan kerrointen maankäyttötyyppiä ja intensiteettitasoa Schererin ym. (2021) antamien ohjeiden mukaan.

3.2.3 Kirjanpidon kategorioiden ja hintojen harmonisointi

Lahden kaupungin ostolaskudatan hinnat ovat vuoden 2023 ostajanhintoja. Ostajanhinta on se hinta, jonka ostaja tuotteesta maksaa ja se sisältää kaikki tuoteverot, tuotetukipalkkiot, kuljetusmaksut sekä alennukset (Tilastokeskus, ei pvm.-c). EXIOBASE:n hinnat puolestaan ovat perushintoja (Stadler ym., 2021), joihin tuoteverot, tukipalkkiot tai erikseen laskutetut kuljetuskustannukset eivät sisälly (Tilastokeskus, ei pvm.-d). Lisäksi OpenLCA-ohjelmassa (GreenDelta, 2024), jolla EXIOBASE:a käytettiin, hinnat ovat vuoden 2000 hintoja. Laskennan toteuttamiseksi ostolaskudatan hinnat täytyi siis harmonisoida vastaamaan EXIOBASE:n hintoja. Muutos vuoden 2023 hinnoista vuoden 2000 hintoihin tehtiin tuoteryhmäkohtaisen kuluttajahintaindeksin perusteella (Tilastokeskus, ei pvm.-a). Mikäli sopivaa tuotekategoriaa ei löytynyt, hyödynnettiin laskennassa keskimääräistä inflaatiokerrointa.

Ostajanhinta puolestaan muutettiin perushinnaksi El Geneidyn ym. (2023) määrittämien hintakorjauskerrointen avulla.

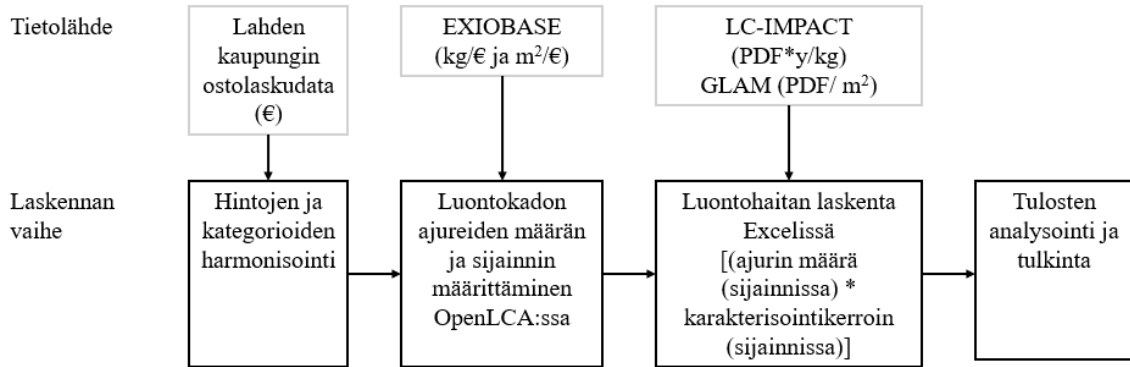
Ostolaskudatan tuotekategoriat (kirjanpidon tilit) täytyi myös muuttaa vastaamaan EXIOBASE:n tuotekategorioita. Jokaiselle kirjanpidon tilille etsittiin EXIOBASE:sta parhaiten tilin sisältöä vastaava kategoria. Joillekin, erityisesti tavaraostoja sisältäville, tileille oli EXIOBASE:ssa useita mahdollisia kategorioita. Tällöin kategoriaksi valittiin se, joka vaikutti tilille kohdistettujen laskujen toimittajien perusteella todennäköisimmin tilin sisältöä vastaavalta. Pääsääntöisesti jokaista kirjanpidon tiliä kohden valittiin siis vain yksi EXIOBASE-kategoria. Sähkön osalta tilin summa jaettiin kuitenkin kahteen kategoriaan niin, että sähkön siirrosta vastaavan Lahti Energia Sähköverkko Oy:n osuus laitettiin kategoriaan ”Transmission services of electricity. Loppuosa kyseisen tilin summasta laitettiin EXIOBASE-kategoriaan ”Electricity nec”.

Myös Jätehuoltomaksut-tilin summaa on jaettu useiden eri EXIOBASE-kategorioiden välille. Yhdyskuntajätteestä Lahden alueella kierrätetään 51 % ja jätemaista 73 % (Lahden kaupunki, 2024b, 16). EXIOBASE:sta ei löydy sopivaa kategoriaa kierrätettäville jätelajikkeille, joten ne jouduttiin jättämään tämän tarkastelun ulkopuolelle, vaikka niilläkin on olemassa jonkinlainen luontovaikutus. Jättemaiksi laskettiin tässä tutkimuksessa Salpamaa Oy:n ja L&T Teollisuuspalvelut Oy:n osuudet Jätehuoltomaksut-tilin summasta. Kierrättämättä jäävän jätemaiden osuuden oletettiin päätyvän kaatopaikalle. Loppujen jätehuoltomaksujen oletettiin muodostuvan lähinnä yhdyskuntajätteestä. Kierrättämättä jäävän yhdyskuntajätteen oletettiin päätyvän energiahyötykäyttöön. EXIOBASE:sta ei löydy suoraan kategoriaa sekajätteen poltolle, joten energiakäyttöön päätyvän jätteen osuus jaettiin tasan biojätteen, paperin ja muovin kesken, sillä näiden oletettiin olevan merkittävimmät polttoon päätyvät jätelajikkeet, ja näille jokaiselle on EXIOBASE:ssa oma kategoriansa. Taulukko tileistä ja niitä vastaavista EXIOBASE-kategorioista löytyy liitteestä 1.

3.2.4 Luontojalanjäljen laskenta

Hintojen ja kategorioiden harmonisoinnin jälkeen hinnat syötettiin OpenLCA-ohjelmaan (Versio 2.1.0; GreenDelta, 2024), jossa laskettiin tuotekategoriakohtaiset luontokadon ajureiden määrät (kg ja m²) EXIOBASE-tietokantaan pohjautuen. Tulokset vietiin Exceliin, jossa luontokadon ajurit yhdistettiin LC-IMPACT:n (PDF*y/kg) ja GLAM:n (PDF/m²)

karakterisointikertoimiin. Tuloksena saatiin luontohaitan määrä maaekosysteemeille maankäytön ja ilmastonmuutoksen perusteella. Laskennan vaiheet on koottu yhteen kuvassa 1.



Kuva 1 Laskennan vaiheet ja käytetyt tietolähteet

Maankäytön aiheuttama luontojalanjälki laskettiin yhtälön 3 avulla:

$$\sum \text{kulutus}_{\text{katgoria,maa}} (\text{€}) \times \text{maankäyttö}_{\text{katgoria,maa}} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{€}} \right) \times \text{luontohaitakerroin}_{\text{maa}} \left(\frac{\text{PDF}}{\text{m}^2} \right) \quad (3)$$

Ilmastonmuutoksen aiheuttama luontojalanjälki puolestaan laskettiin yhtälöllä 4:

$$\sum \text{kulutus}_{\text{katgoria}} (\text{€}) \times \text{kasvihuonekaasupäästö}_{\text{katgoria,kaasu}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{€}} \right) \times \text{luontohaitakerroin}_{\text{kaasu}} \left(\frac{\text{PDFy}}{\text{kg}} \right) \quad (4)$$

Kokonaisluontojalanjälki saatiin laskemalla maankäytön ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat luontojalanjäljet yhteen. Laskenta tehtiin ensin EXIOBASE-kategorioittain, minkä jälkeen tulokset jaettiin kirjanpidon tileille euromääräisen kulutuksen suhteessa. Tulosten vertailun helpottamiseksi kirjanpidon tilit pyrittiin ryhmittelemään analysointivaiheessa Tampereen kaupungin laskentaa (Pokkinen ym., 2024) vastaaviin kategorioihin.

3.3 Elintarvikkeiden luontojalanjäljen laskenta

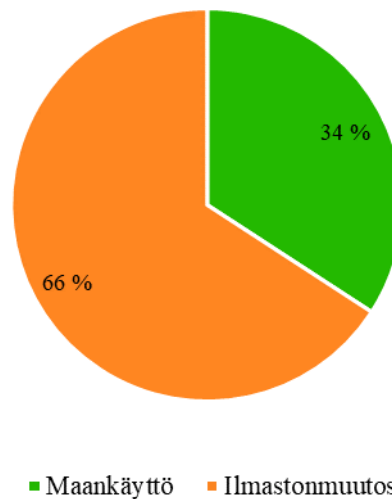
Elintarvikkeiden luontojalanjälki laskettiin Päijät-Hämeen Ateriapalvelut Oy:n ilmoittamista elintarvikehankinnoista vuodelta 2023. Aineisto sisältää tiedon tuotteista ja niiden hankintamääristä kilogrammoina sekä tuotteiden alkuperämaista. Koska EXIOBASE sisältää vain muutamia elintarvikekategorioita, hyödynnettiin elintarvikkeiden laskennassa

Järviön ym. (2024) määrittämiä luontohaitan kertoimia. Kerrointen taustalla on käytetty FA-BIO- ja FAOSTAT-tietokantoja. FABIO (food and agriculture biomass input-output model) on ruoan ja maatalouden biomassan panos-tuotosmalli. Se sisältää joukon monialueisia tarjonta-, kysyntä- ja panos-tuotostaulukoita, jotka perustuvat fyysisiin yksiköihin, kuten kilogrammoihin ja kuvastavat ruoka- ja maataloustuotteiden globaaleja kauppavirtoja. FABIO kattaa 191 maata ja 130 eri tuotetta vuosilta 1986–2013. (Bruckner ym., 2019, 11302.) FAOSTAT puolestaan ”tarjoaa pääsyn ruoka- ja maataloustietoihin 245 maasta ja alueelta ja kattaa kaikki FAO:n alueelliset ryhmittymät vuodesta 1961 viimeisimpään saatavilla olevaan vuoteen” (FAO, 2024). Järviö ym. (2024) ovat laskeneet karakterisointikertoimet useille eri luontokadon ajureille, mutta jotta laskenta pysyisi yhdenmukaisena hankintojen luontojalanjäljen laskennan kanssa, huomioitiin tässä tutkimuksessa ainoastaan ilmastonmuutos ja maankäyttö sekä maankäytön muutos. Ilmastonmuutoksen osalta kertoimet perustuvat LC-IMPACT-menetelmään, kun taas maankäytön ja maankäytön muutoksen osalta on hyödynnetty Schererin ym. (2023b) GLAM-projektissa määrittämiä kertoimia (Järviö ym., 2024).

Laskennan aluksi jokaiselle yksittäiselle tuotteelle etsittiin vastaava tuotekategoria Järviön ym. (2024) listalta. Valmisruokien osalta kategoria valittiin pääraaka-aineen mukaan, mikäli tuotteen hankintamäärä oli alle 100 kg. Hankintamäärän ollessa yli 100 kg jaettiin määrä kahden tuotteen eniten sisältämän ainesosan kesken. Mahdollisuuksien mukaan jako tehtiin raaka-aineiden todellisten osuuksien perusteella. Mikäli osuudet eivät olleet tiedossa, jaettiin määrä puoliksi kategorioiden välille. Kategorioiden perusteella haettiin tuotteille luontohaitan kertoimet, ja nämä kerrottiin hankintamäärällä, jolloin saatiin laskettua luontohaitan määrä tuotekategorioille. Tuotteen luontohaitan oletettiin kohdistuvan kokonaisuudessaan Päijät-Hämeen Ateriapalveluiden tarjoaman aineiston mukaisiin tuotteiden alkuperämaihin. Joiltakin tuotteilta alkuperämaat kuitenkin puuttuivat, tai alkuperämaana oli Suomi, joka selvästi oli tuotteen valmistus- tai pakkausmaa, ja tuotteen vaikutukset todellisuudessa kohdistuvat muualle. Tällaisia tuotteita olivat esimerkiksi kahvi ja appelsiinimehu. Näiden tuotteiden osalta luontovaikutus kohdistettiin Järviön ym. (2024) datan pohjalta sellaiseen maahan, josta kyseistä tuotetta tyypillisimmin tuodaan Suomeen.

4 Tulokset

Lahden kaupunkiorganisaation hankintaperusteinen luontojalanjälki vuonna 2023 oli 2,62E-07 PDF eli 262 nPDF. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli luonnolle aiheutettu haitta jatkuu, 0,0000262 prosenttia maailman lajeista tulee todennäköisesti häviämään. Luontojalanjälki laskettiin maaekosysteemeille maankäytön ja ilmastonmuutoksen perusteella. Maankäytön osuus luontojalanjäljestä oli 34 % eli 89 nPDF ja ilmastonmuutoksen 66 % eli 172 nPDF. Maankäyttö sisältää myös maankäytön muutoksen elintarvikkeiden osalta. Luontojalanjäljen jakautuminen ajureittain on esitetty kuvassa 2.



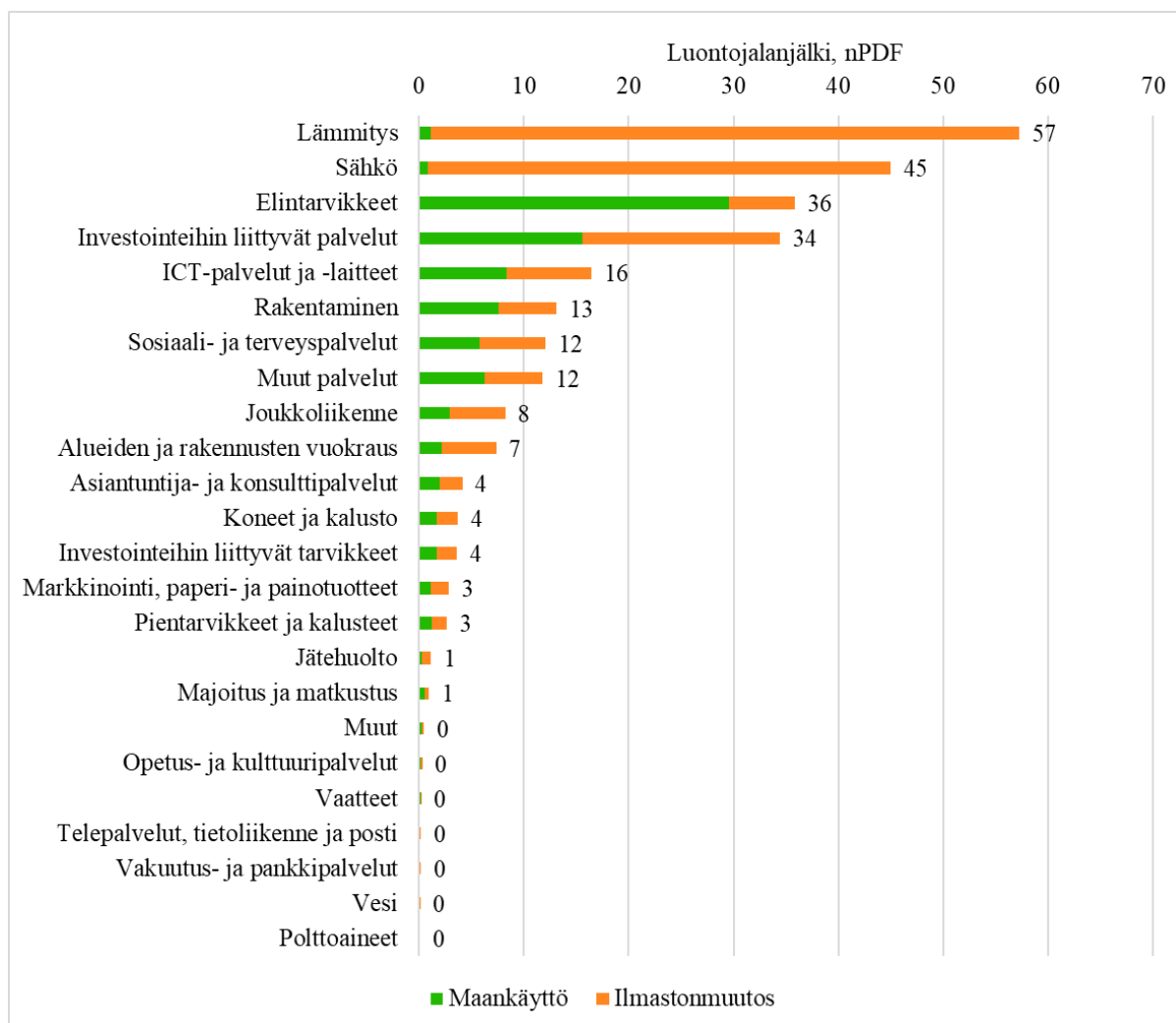
Kuva 2 Lahden kaupungin luontojalanjälki luontokadon ajureittain

Maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä merkittävin osa tuli elintarvikkeista. Ilmastonmuutoksen osalta keskeisimmät hankintakategoriat olivat puolestaan lämmitys ja sähkö. Hankintojen aiheuttamaa luontojalanjälkeä tuotekategorioittain tarkastellaan tarkemmin seuraavassa alaluvussa (4.1). Luvussa 4.2 syvennyttään elintarvikehankintojen luontojalanjälkeen ja luvussa 4.3 tarkastellaan luontojalanjäljen jakautumista globaalisti.

4.1 Hankintojen luontojalanjälki

Merkittävimmät kategoriat luontojalanjäljen kannalta olivat lämmitys, sähkö, elintarvikkeet sekä investointeihin liittyvät palvelut. Lämmityksen aiheuttama luontojalanjälki oli 57 nPDF ja sähkön 45 nPDF. Lämmön ja sähkön luontojalanjäljet ovat seurausta pääasiassa niiden tuotannon aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä. Elintarvikkeiden luontojalanjäljestä (36 nPDF) suurin osa puolestaan aiheutui maankäytöstä. Investointeihin liittyvät palvelut olivat luontojalanjäljeltään neljänneksi suurin kategoria (34 nPDF). Nämä neljä kategoriaa yhdessä vastasivat 66 % Lahden kaupungin hankintaperusteisesta luontojalanjäljestä.

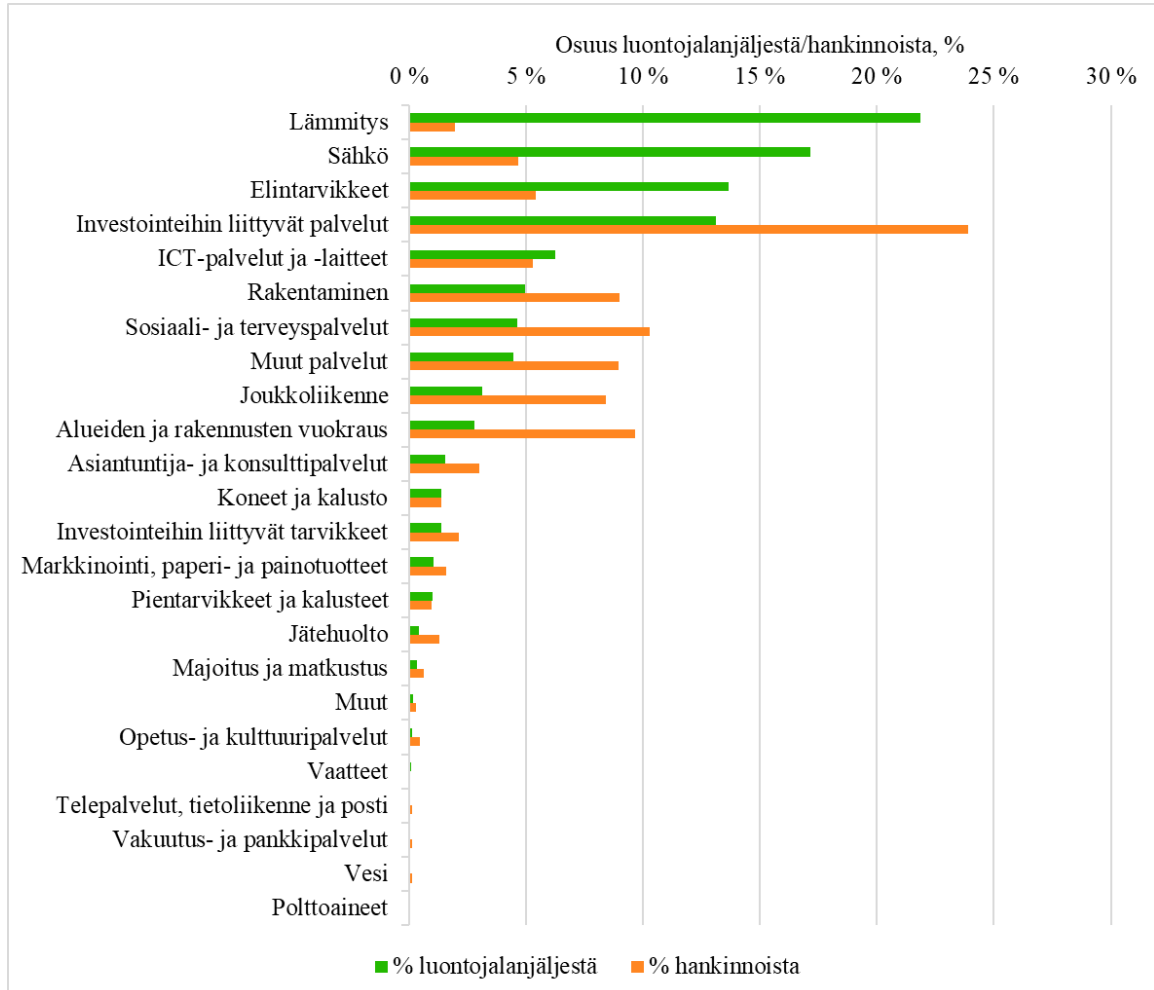
Seuraavana tulevilla kategorioilla luontojalanjälki oli jo huomattavasti pienempi, esimerkiksi viidenneksi suurimman kategorian, ICT-palveluiden ja laitteiden luontojalanjälki (16 nPDF) oli enää alle puolet neljänneksi suurimman kategorian luontojalanjäljestä. Rakentamisen, sosiaali- ja terveystarvikkeiden sekä muiden palveluiden (sisältää esimerkiksi siivous-, puhtaanapito- ja kunnossapitopalveluita sekä kulttuuri- ja liikuntapalveluita) luontojalanjäljet olivat 12–13 nPDF. Yhdeksän kategorian luontojalanjäljet saivat arvon väliltä 1-10 nPDF (joukkoliikenne, alueiden ja rakennusten vuokraus, asiantuntija- ja konsulttipalvelut, koneet ja kalusto, investointeihin liittyvät tarvikkeet, markkinointi, paperi- ja painotuotteet, pientarvikkeet ja kalusteet, jätehuolto sekä majoitus ja matkustus) ja seitsemän kategorian luontojalanjälki jäi alle yhteen nPDF:ään (muut, opetus- ja kulttuuripalvelut, vaatteet, telepalvelut, tietoliikenne ja posti, vakuutus- ja pankkipalvelut, vesi sekä polttoaineet). Luontojalanjäljen jakautuminen kategorioittain sekä kunkin kategorian luontojalanjäljen jakautuminen maankäyttö- ja ilmastonmuutosajuriin on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3 Tuotekategorioiden luontojalanjälki maankäytön ja ilmastonmuutoksen perusteella

Tuotekategorian korkea luontojalanjälki voi olla seurausta siitä, että tuotteen toimitusketjussa aiheutuu paljon päästöjä tai maankäyttöä, mikä on tilanne esimerkiksi energian ja elintarvikkeiden osalta. Lämmitys aiheutti Lahden kaupunkiorganisaation kulutusperusteisesta luontojalanjäljestä 22 % vaikka sen osuus laskennassa huomioitujen hankintojen euromäärästä oli vain 2 %. Sähkön osuus luontojalanjäljestä oli 17 % ja hankinnoista 5 % ja elintarvikkeiden osuus luontojalanjäljestä 14 % ja hankinnoista 5 %. Toisaalta tuotekategorian luontojalanjälki voi olla suuri sen suuren hankintavolyymin vuoksi. Investointeihin liittyvät palvelut olivat suurin yksittäinen hankintakategoria, kattaen 24 % tässä laskennassa huomioitujen hankintojen euromäärästä. Luontojalanjäljestä kyseisen kategorian osuus oli 13 %. Hankinnoista seuraavaksi suurimmat kategoriat olivat sosiaali- ja terveystarvikkeet ja alueiden ja rakennusten vuokraus, molemmat noin 10 % osuudella. Sosiaali- ja terveystarvikkeiden

osuus luontojalanjäljestä oli kuitenkin vain 5 % ja alueiden ja rakennusten vuokrauksen 3 %. Tuotekategorioiden osuus luontojalanjäljestä ja hankinnoista on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4 Tuotekategorioiden osuus (%) luontojalanjäljestä ja euromääräisistä hankinnoista

Tulokset on esitetty ryhmittelemällä kirjanpidon tilit samankaltaisiin kategorioihin, kuin Tampereen kaupungin luontojalanjälkilaskennassa (Pokkinen ym., 2024), jotta vertailu kaupunkien välillä olisi helpompaa. Taulukko luontojalanjäljistä kirjanpidon tileittäin löytyy liitteestä 2.

4.2 Elintarvikkeiden luontojalanjälki

Elintarvikkeille laskettiin tarkempi luontojalanjälki Päijät-Hämeen Ateriapalvelut Oy:n vuoden 2023 kilogrammoihin perustuvan hankintadatan perusteella. Kaksoislaskennan välttämiseksi Päijät-Hämeen Ateriapalvelut jätettiin ostolaskuihin perustuvan laskennan

ulkopuolelle. Muualta kuin Ateriapalveluilta tuleville elintarvikehankinnoille laskettiin luontojalanjälki EXIOBASE:n kategorian Food products nec perusteella. Niiden luontojalanjälki oli 0,6 nPDF. Elintarvikkeiden luontojalanjälki yhteensä oli 35,8 nPDF, josta Päijät-Hämeen Ateriapalveluiden osuus oli 98 % (35,2 nPDF). Tässä luvussa syvennyttäänkin nimenomaan Ateriapalveluiden kautta tuleviin elintarvikehankintoihin.

Ilmastonmuutos aiheutti hieman alle viidenneksen elintarvikkeiden luontojalanjäljestä. Suurin osa ilmastonmuutoksen aiheuttamasta luontojalanjäljestä tuli maitotuotteiden ja punaisen lihan tuotannosta, ja ilmastonmuutosajuri selittääkin noin puolet näiden kategorioiden luontojalanjäljistä. Merkittävin osa elintarvikkeiden luontojalanjäljestä johtui kuitenkin niiden vaatimasta maapinta-alasta. Maankäyttöön on elintarvikkeiden osalta laskettu sekä maankäyttö että maankäytön muutos. Maankäytön osalta tuotteen alkuperämaa vaikuttaa merkittävästi siihen, kuinka suuren sukupuuttopotentiaalin kunkin elintarvikkeen tuotanto aiheuttaa. Ruoantuotanto lajirikkailla alueilla aiheuttaa suuremman luontojalanjäljen neliometriä kohti kuin vähemmän lajirikkailla alueilla, mikä vaikutti myös tässä tutkimuksessa tiettyjen tuotekategorioiden, kuten hedelmien, marjojen ja pähkinöiden tai kahvin, teen ja kaakaon luontojalanjälkiin. Hedelmät, marjat ja pähkinät olivatkin merkittävin kategoria elintarvikkeiden luontojalanjäljen osalta. Seuraavaksi suurimmat luontojalanjäljet aiheuttivat maitotuotteet ja punainen liha. Nämä kolme kategoriaa kattoivat lähes kaksi kolmannesta elintarvikkeiden luontojalanjäljestä. Seuraavina kategorioina tulivat vihannekset, palkokasvit, kahvi, tee ja kaakao sekä viljatuotteet.

Kuten muissa hankinnoissa, myöskään elintarvikkeissa luontojalanjäljet eivät ole suoraan verrannollisia hankintamäärään. Esimerkiksi hedelmät, marjat ja pähkinät sekä punainen liha -kategorioiden osuudet elintarvikkeiden luontojalanjäljestä olivat huomattavasti suuremmat kuin niiden osuudet hankituista elintarvikekiloista. Hedelmät vaativat runsaasti maapinta-alaa, ja erityisesti trooppisilla seuduilla lajit ovat herkkiä maankäytön muutoksille. Punaisen lihan tuotanto puolestaan on suhteellisen päästöintensiivistä tuotettua lihakiloa kohti. Muun muassa maitotuotteiden ja vihannesten osalta tilanne puolestaan oli päinvastainen, ja niiden osuudet luontojalanjäljestä olivat huomattavasti niiden hankintaosuutta pienempiä.

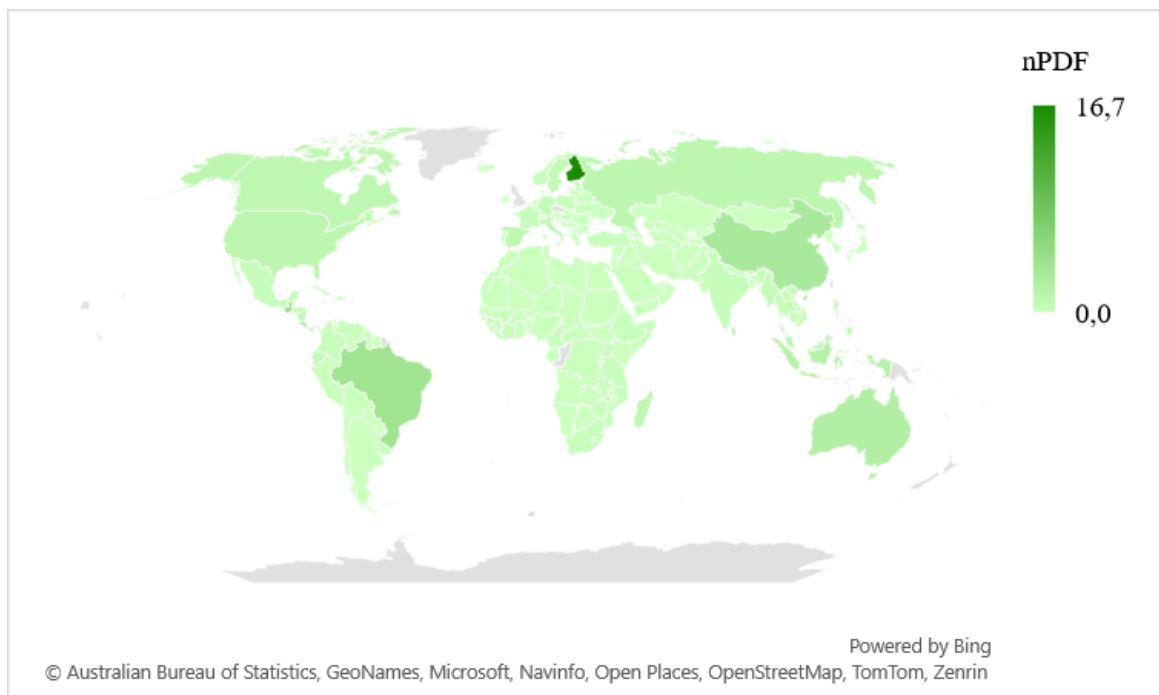
4.3 Luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti

Maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen osalta selvitettiin, mihin päin maailmaa luontojalanjälki kohdistui. Hankintojen osalta tieto perustuu EXIOBASE:n tietoihin eri tuotekategorioiden käytettyjen panosten alkuperämaista. Tiedot pohjautuvat keskiarvoihin, eivätkä siten välttämättä täysin vastaa Lahden kaupungin todellista tilannetta. Elintarvikkeiden osalta sen sijaan valtaosalle tuotteista saatiin alkuperämaa Päijät-Hämeen Ateriapalveluiden toimittamasta aineistosta. Tuotteille, joilta maa puuttui, käytettiin alkuperänä maata, josta kyseistä tuotetta eniten tuodaan Suomeen (Järviö ym., 2024). Eläinperäisten tuotteiden osalta tässä laskennassa ei pystytty huomioimaan esimerkiksi rehun alkuperämaata, vaan luontojalanjälki kohdistettiin kokonaisuudessaan lihan tai maitotuotteen alkuperämaahan. EXIOBASE:n muu maailma (rest of the world) -alueiden osalta maankäyttö jaettiin tasan sellaisten kyseiseen alueeseen kuuluvien maiden kesken, joille löytyi maankäytön luontohaittakertoimet, jotta maakohtaiset luontojalanjäljet saatiin laskettua.

Maankäytön aiheuttama luontojalanjälki oli 89 nPDF ja yksittäisistä maista suurin luontojalanjälki (17 nPDF) kohdistui Suomeen. Suomen osuutta maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä nostivat ensisijaisesti elintarvikkeet, erityisesti maitotuotteet ja punainen liha. 60 % Suomessa aiheutuvasta luontojalanjäljestä oli peräisin elintarvikkeista. Toinen merkittävä kategoria oli investointeihin liittyvät palvelut, joka kattoi lähes 18 % Suomeen kohdistuvasta luontojalanjäljestä. Suomen jälkeen seuraavaksi suurimmat luontojalanjäljet kohdistuivat Singaporeen (4,3 nPDF), Costa Ricaan (4,3 nPDF), Guatemalaan (4,2 nPDF) ja Brasiliaan (4,0 nPDF). Singaporen korkeaan luontojalanjälkeen vaikuttivat tuotekategoriasta eniten investointeihin liittyvät palvelut, rakentaminen sekä ICT-palvelut ja -laitteet. Costa Rican ja Guatemalan osalta valtaosa luontojalanjäljestä tuli elintarvikkeiden hedelmät, marjat ja pähkinät -kategoriasta. Myös Brasilian luontojalanjäljestä merkittävä osuus (1,5 nPDF) johtui elintarvikkeista, erityisesti kahvi, tee ja kaakao -kategoriasta. Lisäksi investointeihin liittyvät palvelut, rakentaminen ja ICT-palvelut ja -laitteet -kategoriat olivat kohtuullisen merkittävässä roolissa Brasilian luontojalanjäljen taustalla.

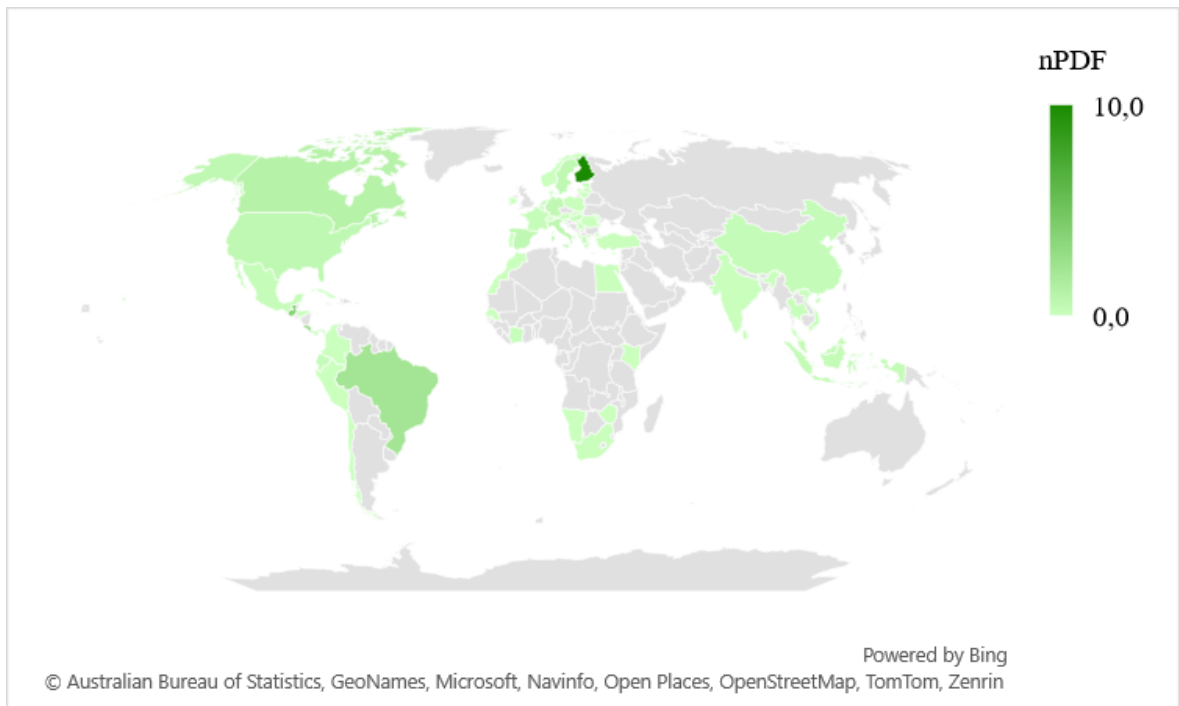
Eri maiden saamat arvot ja erot maiden välillä olivat suhteellisen pieniä. Brasilian jälkeen suurimmat luontojalanjäljet kohdistuivat Komoreille (3,6 nPDF), Kiinaan (3,1 nPDF), Australiaan (2,3 nPDF) ja Dominicalle (2,0 nPDF). Luontojalanjälki oli yli 1,0, mutta alle 2,0 nPDF seuraavissa maissa: Saint Lucia, Indonesia, Barbados, Antigua ja Barbuda, São Tomé

ja Príncipe, USA, Venäjä, Grenada, Espanja, Kanada, Malesia ja Italia. Tuloksissa siis korostuivat toisaalta pienet trooppiset saarivaltiot ja toisaalta Brasilian, Kiinan, USA:n ja Venäjän kaltaiset, pinta-alaltaan suuret valtiot. Lahden kaupungin luontojalanjälki kohdistui tämän laskennan perusteella yhteensä 186 maahan, joista 165:ssä luontojalanjälki saa arvon, joka on alle 1,0 nPDF. Maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen globaali jakautuminen kaikille hankinnoille elintarvikkeet mukaan lukien on esitetty kuvassa 5.



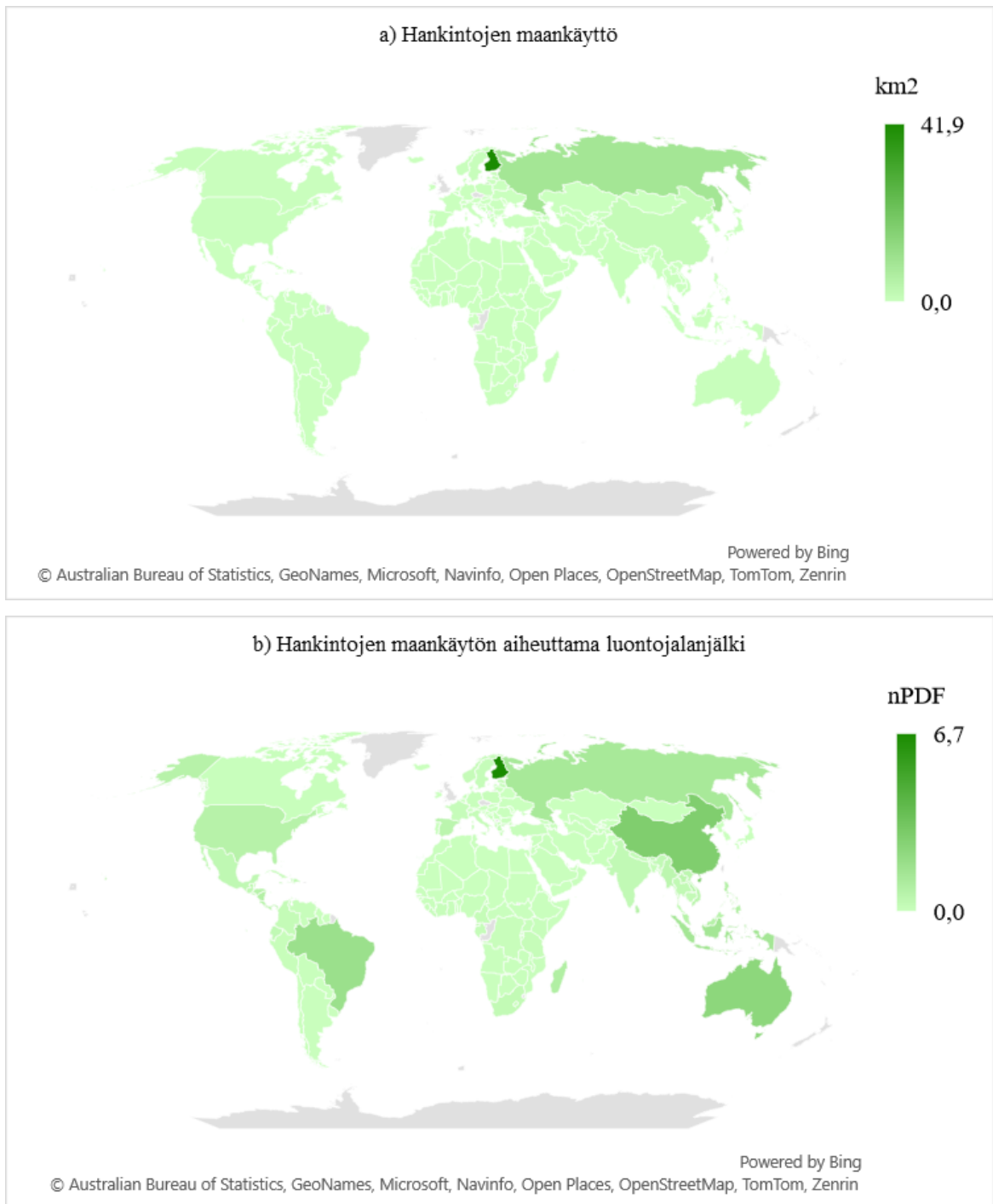
Kuva 5 Maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti

Elintarvikkeiden osalta kullekin tuotteelle käytettiin sen todellista alkuperämaata, tai alkuperämaaksi valittiin se maa, josta tuotetta tuodaan eniten Suomeen, minkä vuoksi elintarvikkeiden luontojalanjälki jakautuu huomattavasti harvempiin maihin, kuin kaikkien hankintojen luontojalanjälki. Elintarvikkeissakin suurin luontojalanjälki kohdistuu Suomeen, erityisesti jo aiemmin mainittujen eläinperäisten tuotteiden vuoksi, ja seuraavaksi suurimmat maat ovat Guatemala ja Costa Rica hedelmien sekä Brasilia kahvin vuoksi. Viidentenä elintarvikkeissa tulee Kanada, josta tuodaan Suomeen erityisesti palkokasveja. Loput elintarvikkeiden luontojalanjäljestä jakautuu 61 maan kesken. Elintarvikkeiden maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen globaali jakautuminen on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6 Elintarvikkeiden maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti

Muiden kuin elintarvikehankintojen osalta pystyttiin selvittämään sekä hankintojen aiheuttaman maankäytön että maankäyttöä seuraavan luontojalanjäljen jakautuminen maapallolle. Maankäytöstä suurin osa, 41,9 km² tuli Suomesta. Toiseksi eniten maankäyttöä, 9,1 km² kohdistui Venäjälle. Kolmantena tuli Kiina 1,4 km² maankäytöllä ja neljäntenä Viro 1,0 km² maankäytöllä. Loppujen maiden osalta maankäyttö oli alle 1 km². Myös maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä suurin osa (6,7 nPDF) kohdistui Suomeen. Tämä oli kuitenkin vain 11 % maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä, kun Suomen osuus maankäytöstä oli 67 %, mikä kuvastaa sitä, että lajirikkaus on Suomessa suhteellisen pientä. Seuraavaksi eniten luontojalanjälkeä kohdistui Singaporeen (4,3 nPDF), Komoreille (3,6 nPDF) ja Kiinaan (2,8 nPDF), vaikka maankäyttö erityisesti Singaporessa (0,06 km²) ja Komoreilla (0,02 km²) olikin hyvin vähäistä, mistä voidaan päätellä lajirikkauden olevan näissä maissa suhteellisen runsasta ja lajien erityisen herkkiä maankäytön aiheuttamille muutoksille. Muiden kuin elintarvikehankintojen maankäytön ja siitä aiheutuvan luontojalanjäljen globaali jakautuminen on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7 a) Muiden kuin elintarvikehankintojen maankäytön jakautuminen globaalisti b) muiden kuin elintarvikehankintojen maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti

5 Pohdinta

Tässä luvussa analysoidaan tutkimuksen tuloksia laajemmassa kontekstissa ja vertaillaan niitä aiempaan tutkimukseen. Lisäksi luvussa arvioidaan tulosten luotettavuutta ja pohditaan tutkimukseen liittyviä rajoituksia sekä esitetään suosituksia jatkotoimenpiteille.

5.1 Tulosten tulkinta ja vertailu aiempaan tutkimukseen

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään Lahden kaupunkiorganisaation vuoden 2023 hankintojen luontojalanjälki, sen taustalla eniten vaikuttavat kategoriat ja luontojalanjäljen maantieteellinen jakautuminen. Lahden kaupunkiorganisaation kulutusperusteinen luontojalanjälki vuonna 2023 oli $2,62E-07$ PDF eli 262 nPDF, mikä tarkoittaa, että haittaa aiheuttavan toiminnan jatkuessa 0,0000262 % maailman lajeista on vaarassa kuolla sukupuuttoon. Merkittävimmät luontohaittaa aiheuttavat kategoriat olivat lämmitys, sähkö, elintarvikkeet ja investointeihin liittyvät palvelut. Laskennassa huomioitiin maankäytön ja ilmastonmuutoksen vaikutukset maaekosysteemeihin, joten on luonnollista, että runsaasti kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttava energiantuotanto ja laajasti maapinta-alaa vaativa elintarviketuotanto nousivat keskeisiksi kategorioiksi luontojalanjäljen kannalta. Paljon maata ja energiaa kulluttavat sektorit ovat nousseet luontokadon keskeisiksi aiheuttajiksi myös aiemmissä tutkimuksissa (esim. Wilting & Van Oorschot, 2017, 194).

IPBES:n (2019, 25) mukaan maankäyttö on suurin luontokadon aiheuttaja maaekosysteemeille ja ilmastonmuutos kolmanneksi suurin. Hieman yllättäen tässä tutkimuksessa ilmastonmuutosajuri on luontojalanjäljen kannalta maankäyttöä merkittävämpi, sillä se selittää jopa 66 % Lahden kulutusperusteisesta luontojalanjäljestä. Ilmastonmuutosta aiheuttavat hankintakategorioista erityisesti lämmitys ja sähkö. Lämmityksen ja sähkön osalta euromääräiseen kulutukseen perustuva laskenta ei kuitenkaan anna välttämättä tarkinta mahdollista tulosta energian hinnan vaihteluiden vuoksi, vaikka inflaatio onkin pyritty ottamaan huomioon inflaatiokerrointen avulla. Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa Vartiainen ym. (2024) laskivatkin Lahden kaupunkiorganisaation energiankulutuksen ilmastonmuutosajurin aiheuttaman luontojalanjäljen kilowattitunteihin ja Suomen keskimääräisiin sähkön- ja lämmöntuotannon päästökertoimiin perustuen. Vaikuttaisi siltä, että fyysisiin yksiköihin

perustuva laskenta antaa merkittävästi euromääräistä laskentaa pienemmän luontojalanjäljen energialle, sillä lämmityksen luontojalanjälki pieneni 57 nPDF:stä 22 nPDF:ään ja sähkön 45:stä kuuteen. Tämä pienensi myös Lahden kaupunkiorganisaation kokonaisluontojalanjälkeä 75 nPDF ja ilmastonmuutoksen osuutta 14 prosenttiyksikköä. (Vartiainen ym., 2024, 3.)

Ruoan on todettu aikaisemmissa tutkimuksissa olevan yksi keskeisimmistä kategorioista monimuotoisuuden heikkenemisen taustalla. Tässä tutkimuksessa elintarvikkeiden osuus luontojalanjäljestä oli 14 %. Globaalisti ruoka aiheuttaa jopa 40 % luontokadosta (Wilting ym., 2017, 3298). Kaupunkiorganisaation kulutusta ei kuitenkaan voida suoraan verrata globaaliin kulutukseen. Lisäksi tässä laskennassa energian suhteellisen suuri osuus pienentää elintarvikkeiden osuutta luontojalanjäljestä. Kilowattitunteihin perustuvalla laskennalla energian osuus luontojalanjäljestä pienenee ja elintarvikkeiden suhteellinen osuus vastavasti kasvaa, sillä Vartiaisen ym. (2024, 3) laskennassa elintarvikkeiden osuus koko organisaation luontojalanjäljestä oli 19 %. Tässä tutkimuksessa elintarvikkeiden osuus luontojalanjäljestä oli myös huomattavasti suurempi kuin niiden osuus euromääräisistä hankinnoista, kuten ovat todenneet myös esim. Bjelle ym. (2021, 10). On myös huomattava, että elintarvikkeille luontohaitan ajurit on määritetty eri lähteestä kuin muille hankinnoille, millä on vaikutusta tulokseen. Mikäli nekin olisi laskettu EXIOBASE:n avulla, tulokset voisivat elintarvikkeiden osalta näyttää hyvin erilaisilta.

Elintarvikekategorian sisällä tutkimuksen tulokset olivat hiukan yllättäviä. Globaalisti eläinperäiset tuotteet aiheuttavat yli puolet ruoan aiheuttamasta luontokadosta ja naudanliha on yksittäisistä tuotteista suurin luontokadon aiheuttaja (Sun ym., 2022a, 9008). Myös organisaatioille tehdyissä luontojalanjälkilaskennoissa liha on usein merkittävimpiä luontojalanjäljen aiheuttajia (esim. Pokkinen ym., 2023, 2024). Tässä tutkimuksessa suurimman luontojalanjäljen aiheuttivat kuitenkin hedelmät, marjat ja pähkinät. Kategorian luontojalanjälki oli huomattavasti seuraavana tulevaa maitotuotteiden kategoriaa suurempi. Kategorian korkea luontojalanjälki johtuu erityisesti siitä, että trooppiset viljelykasvit saavat Järviön ym. (2024) aineistossa korkeita luontojalanjälkiarvoja varsinkin maankäytön muutoksen osalta. Kun niihin yhdistetään hedelmien suhteellisen suuri kulutus, nousee kategorian luontojalanjälki melko korkeaksi muihin kategorioihin verrattuna. Maankäytön muutoksen aiheuttama luontohaitakerroin on Järviön ym. (2024) aineistossa korkea myös muille trooppisille viljelykasveille, kuten kaakaolle ja kahville, mutta näiden kulutus Lahdessa oli vähäisempää,

joten ne eivät nousseet luontojalanjäljen osalta yhtä merkittäviksi kuin hedelmät, joiden hankintamäärät olivat suhteellisen suuret.

Punainen liha tuli elintarvikekategorioissa luontojalanjäljeltään vasta kolmantena maitotuotteiden jälkeen. Syynä eläinperäisten tuotteiden suhteessa hedelmiä alhaisemmalle luontojalanjäljelle voi olla se, että käytetyissä Järviön ym. (2024) määrittämässä luontohaitan kertoimissa on pyritty huomioimaan erityisesti Suomessa kulutetun ruoan ominaispiirteitä. Suomessa kulutetuista lihasta ja maitotuotteista suurin osa tulee Suomesta (Järviö ym., 2024) ja tuottajien mukaan suurin osa eläinten ruokinnassa käytetystä rehusta on kotimaista (esim. Valio, 2020; Atria, 2024; HKScan, 2023). Paikallisten tuotteiden luontojalanjäljet ovat Euroopassa suhteellisen alhaisia pienemmän lajirikkauden, tehokkaiden tuotantojärjestelmien ja korkeampien satojen ansiosta (Semenchuk ym., 2023, 1). Useat hedelmät puolestaan tulevat trooppisilta seuduilta, joissa monimuotoisuuskin on korkeampaa.

Myös kalatuotteiden rooli on noussut joissakin laskelmissa merkittäväksi elintarvikkeiden luontojalanjäljen osalta (esim. Pokkinen ym., 2023, 2024). Tässä tutkimuksessa kalan osuus elintarvikkeiden luontojalanjäljestä oli kuitenkin minimaalinen. Yksi syy kalan alhaiselle luontojalanjäljelle on se, etteivät Järviön ym. (2024) kertoimet antaneet kalalle ollenkaan maankäytön ja sen muutoksen luontohaitakerrointa. Kuitenkin kasvatetulle kalalle syötetään viljeltyä rehua, mikä aiheuttaa maankäyttöä ja sen muutosta, mikä olisi hyvä huomioida käytetyissä kertoimissa jatkossa. Toinen merkittävä seikka on se, että tässä laskennassa huomioitiin ainoastaan maaekosysteemit sekä luontokadon ajureista maankäyttö ja ilmastonmuutos. Kalatuotteiden kulutus vaikuttaa luonnon monimuotoisuuteen kuitenkin eniten vesiekosysteemeissä, ja esimerkiksi liikakalastuksen eli lajien suoran hyödyntämisen ajurin kautta (IPBES, 2019, 12). Lisää ajureita ja ekosysteemityyppejä tulisi siis huomioida laskennassa, jotta eri tuotekategorioiden todelliset vaikutukset tulisivat paremmin esille. Kalan osalta mielenkiintoista olisi myös vertailla esimerkiksi kasvatetun kalan ja kotimaisen järvikalan vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen, sillä esimerkiksi särkikalojen pyytämällä voi olla luonnon monimuotoisuuden kannalta jopa positiivinen vaikutus (WWF Suomi, 2018).

Tässä tutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään, kuinka maankäytön aiheuttama luontojalanjälki globaalisti jakautuu. Rikkaat Euroopan maat ovat tyypillisesti luontokadon netto-maahantuojia (Koslowski ym., 2020, 1). Myös Lahden kaupungin maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä suurin osa (81 %) tuli muualta kuin Suomesta, vaikka Suomen

osuus luontojalanjäljestä olikin yksittäisistä maista suurin. Muiden kuin elintarvikkeiden osalta saatiin tietoa myös maankäytön jakautumisesta globaalisti. 67 % hankintojen maankäytöstä tuli Suomesta, vaikka hankintojen maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä vain 11 % kohdistui Suomeen. Myös elintarvikkeiden osalta suurin osa maankäytöstä tapahtuu tavallisesti kotimaassa. Tässä tutkimuksessa elintarvikkeiden maankäytöstä ei kuitenkaan ollut tietoa, sillä luontohaitta oli käytetyissä kertoimissa mallinnettu suoraan kilogrammaa kutakin tuotetta kohden (PDF/kg). Täten välituloksena ei saatu elintarvikkeiden kulukselta aiheutuvaa maankäyttöä. Hankituista elintarvikkeistä kuitenkin noin kolme neljänestä tuli kotimaasta, joten voidaan olettaa, että Suomeen kohdistuvan maankäytön osuus on samaa luokkaa. Tämä olisi linjassa myös Hongin ym. (2022, 597) tutkimuksen kanssa, jossa todetaan, että keskimäärin 22 % elintarvikkeisiin sitoutuneesta maankäytöstä tulee muusta maasta kuin siitä, jossa tuote kulutetaan. Vaikka maahan tuotujen elintarvikkeiden osuus maankäytöstä onkin yleensä kotimaista merkittävästi pienempi, ovat tuonnin luontovaikutukset yleensä kotimaista tuotantoa suuremmat, ja niin oli myös Lahden kaupungin tapauksessa. Elintarvikkeiden maankäytön ja sen muutoksen aiheuttamasta luontojalanjäljestä reilusti yli puolet tuli Suomen ulkopuolelta.

5.2 Vertailu Tampereen kaupungin luontojalanjälkeen

Tampere on ensimmäinen kaupunki, joka on laskenut oman luontojalanjälkensä, ja onkin mielenkiintoista verrata Lahden kaupunkiorganisaation luontojalanjälkeä Tampereen kaupunkiorganisaation luontojalanjälkeen. Tampereen luontojalanjälki on laskettu vuoden 2021 hankintojen ja 2022 elintarvikehankintojen perusteella, kun taas Lahden osalta hankinnat ovat vuodelta 2023. Laskentamenetelmät olivat molemmissa tutkimuksissa hankintojen osalta hyvin samankaltaiset. Tampereen laskennassa käytettiin kuitenkin maankäytölle LC-IMPACT:n luontohaittakertoimia, kun taas tässä tutkimuksessa käytettiin Schererin ym. (2023a) kertoimia, mikä voi aiheuttaa pientä eroa maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen osalta. Lisäksi tässä tutkielmassa luontohaitta on laskettu fyysisiin yksiköihin perustuen ainoastaan elintarvikkeille, kun Tampereen kaupungin laskennassa tarkempaa laskentaa on tehty myös energialle ja vedelle. Elintarvikkeiden luontohaitan laskennassa on myös hyödynnetty eri kertoimia. Tampereen laskennassa on lisäksi huomioitu työmatkat ja sijoitukset, joita ei tässä laskennassa ole otettu mukaan. (Pokkinen ym., 2024.)

Tampereen kaupungin luontojalanjälki vuonna 2021 oli 557 nPDF (Pokkinen ym., 2024, 24) ja Lahden vuonna 2023 262 nPDF. Tampereen luontojalanjälki oli siis hieman yli kaksinkertainen Lahden luontojalanjälkeen verrattuna. Tulos on linjassa kaupunkien asukaslukujen kanssa, sillä Lahden asukasluku vuonna 2023 oli 120 700 (Lahden kaupunki, 2024c), kun taas Tampereen asukasluku vuonna 2021 oli 244 223 (Tilastokeskus, ei pvm.-b). Tampereen luontojalanjäljen kannalta merkittävimmät hankintakategoriat olivat elintarvikkeet, lämmitys, rakentaminen ja sähkö (Pokkinen ym., 2024, 25). Lista on siis hyvin samankaltainen kuin Lahden osalta, sillä voidaan olettaa, että Lahden investointeihin liittyvät palvelut -kategoriaan kuuluu myös rakentamista.

Tampereen kaupungin elintarvikkeiden luontojalanjälki (125 nPDF) vaikuttaisi kuitenkin olevan huomattavasti Lahden elintarvikehankintojen luontojalanjälkeä (36 nPDF) suurempi, myös väkilukuun suhteutettuna. Tampereella suurimmat luontojalanjäljet tulivat punaisesta lihasta ja maitotuotteista. Lahdessa nämä kategoriat olivat toiseksi (maitotuotteet) ja kolmanneksi (punainen liha) merkittävimmät kategoriat. Erot näiden kategorioiden luontojalanjäljissä kaupunkien välillä ovat kuitenkin suuret. Tampereella punainen liha aiheutti 42,6 nPDF luontojalanjäljen, kun taas Lahdessa punaisen lihan luontojalanjälki oli vain murto-osa tästä. Samankaltainen ero nähtiin kaupunkien välillä myös maitotuotteiden osalta. Valtaosassa muistakin elintarvikkeiden tuotekategorioista luontojalanjälki on Lahdessa vain murto-osa Tampereen vastaavan kategorian luontojalanjäljestä. Poikkeuksen muodostavat kuitenkin hedelmät, marjat ja pähkinät sekä kahvi, tee ja kaakao -kategoriat, joissa Lahden luontojalanjälki oli Tamperetta suurempi. (Pokkinen ym., 2024.)

Erot elintarvikkeiden luontojalanjäljissä kaupunkien välillä ovat sen verran suuria, että ne tuskin selittyvät pelkästään ruokailijoiden määrällä ja kaupunkien erilaisilla ruokalistailla, vaan käytetyillä laskentamenetelmillä on todennäköisesti vaikutusta tulokseen. Tampereen laskennassa on hyödynnetty Pooren ja Nemecekin (2018) tekemää tutkimusta eri elintarvikkeiden aiheuttamasta maankäytöstä ja kasvihuonekaasupäästöistä globaalisti sekä LC-IMPACT:n luontohaittakertoimia (Pokkinen ym., 2024, 20). Tässä tutkimuksessa puolestaan on käytetty Järviön ym. (2024) laskemia kertoimia. Ne pyrkivät ottamaan huomioon erityisesti Suomessa kulutetun ruoan ominaispiirteitä, ja voivat siten antaa alhaisemman luontojalanjäljen esimerkiksi eläinperäisille tuotteille kuin Pooren ja Nemecekin (2018) globaalit kertoimet.

Myös energian osalta käytettyjen laskentamenetelmien erot erottuvat selkeästi. Tampereen laskennassa luontohaitan ajurit on määritetty Ecoinvent-tietokantaa ja ReCiPe-menetelmää hyödyntäen (Pokkinen ym., 2024, 22) kun taas Lahdelle ajurit määritettiin EXIOBASE:n avulla. Ajureita on myös huomioitu eri määrä, sillä Lahden laskennassa ovat mukana vain maankäyttö ja ilmastonmuutos, kun taas Tampereelle luontojalanjälki on energian osalta laskettu maankäyttö, maan happamoituminen, valokemiallisten hapettumien muodostuminen, ilmastonmuutos, makean veden rehevöityminen, vedenkäyttö ja merten rehevöityminen huomioiden (Pokkinen ym., 2024, 22). Lämmityksen osalta Tampereen luontojalanjälki oli 75 nPDF ja sähkön 44 nPDF (Pokkinen ym., 2024, 24). Lahden lämmityksen luontojalanjälki oli 57 nPDF eli suhteessa asukaslukuun Tampereen luontojalanjälkeä suurempi. Sähkön luontojalanjälki Lahdessa oli 45 nPDF eli ilman asukaslukuun suhteuttamistakin suurempi kuin Tampereella, vaikka ajureitakin huomioitiin Lahdessa Tamperetta vähemmän. Tämä, sekä jo aiemmin mainittu, Lahdelle tehty uudempi laskenta osoittavat, että energian osalta laskentaa on syytä tehdä kirjanpitoon perustuvaa laskentaa yksityiskohtaisemmalla menetelmällä.

Jotta kaupunkien luontojalanjälkiä voitaisiin täydellisesti vertailla keskenään, tulisi tutkimuksessa huomioida samat hankintakategoriat molemmista kaupungeista ja laskentamenetelmien olla kaikkien kategorioiden osalta yhdenmukaiset. Tämäkin tarkastelu antaa kuitenkin osviittaa kaupunkien luontojalanjälkien suuruusluokasta, ja sen perusteella voidaan olettaa, että vaikka kaupunkien kulutus voi merkittävästikin erota toisistaan esimerkiksi käynnissä olevien investointihankkeiden vuoksi, on kaupungin asukasmäärällä kuitenkin merkittävä rooli kaupunkiorganisaation luontojalanjäljen kannalta.

5.3 Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimusaiheet

Lahden kaupungin luontojalanjäljen laskenta perustuu elintarvikkeita lukuun ottamatta EXIOBASE-tietokantaan, joka kuvastaa kansainvälisen kaupan virtoja ja siihen kytkeytyviä ympäristövaikutuksia. Kyseessä on panos-tuotostietokanta, eli sen tarjoamat tulokset ovat suhteellisen luotettavia makrotasolla, mutta yhden organisaation luontojalanjälkeä tarkastellessa epävarmuus lisääntyy. Luvut perustuvat sektorikohtaisiin keskiarvoihin, eivätkä ne siten välttämättä vastaa juuri Lahden kaupungin tekemiä hankintoja. (Moran ym., 2016, 192.) Huomioitava on myös, että käytetyn EXIOBASE:n version sisältämä data on vuodelta 2019,

ja sekin perustuu kansainvälisen kaupan virtojen osalta mallinnuksiin talouden kehittämisestä vuoden 2011 jälkeen (Cilleruelo, 2023; Stadler ym., 2021). Taloudessa on kuitenkin tapahtunut melko merkittäviäkin muutoksia vuoden 2019 jälkeen muun muassa koronaviruspandemian ja Venäjän hyökkäyssodan Ukrainaan myötä. Tulosten mukaan suhteellisen merkittävä osa Lahden kaupungin hankintojen aiheuttamasta maankäytöstä tulee Venäjältä, mutta todellisuudessa tuonti Venäjältä on vähentynyt merkittävästi hyökkäyssodan alettua (Simola, 2024). Voidaan siis olettaa, ettei vuoden 2019 dataan perustuva laskenta täysin kuvasta tämänhetkistä taloudellista tilannetta.

Laskennassa jouduttiin useassa vaiheessa harmonisoimaan eri lähteistä tulevaa dataa keskenään, mikä aiheuttaa hiukan epävarmuutta tuloksiin. Muiden kuin elintarvikehankintojen osalta hankinnat jaoteltiin kategorioihin kirjanpidon tilien perusteella. Kutakin kirjanpidon tiliä vastaamaan etsittiin sopiva kategoria EXIOBASE:sta. Kaikkien tilien osalta kategorian valinta ei kuitenkaan ollut yksiselitteistä, vaan mahdollisia kategorioita olisi ollut useampia tilin sisältäessä erityyppisiä tavaroita tai palveluita. Esimerkiksi tili aktivoidut palvelujen ostot (tuloksissa investointeihin liittyvät palvelut -kategoria) voi sisältää hyvinkin erityyppisiä palveluja suunnittelusta rakentamiseen. Jatkotutkimuksissa tilin sisältöä olisi hyvä päästä avaamaan yksityiskohtaisemmin tarkemman laskennan mahdollistamiseksi.

Myös esimerkiksi rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut -tilin kohdalla sopivia EXIOBASE-kategorioita olisi ollut useampi. Tässä tutkimuksessa käytettiin muut palvelut (Other services) -kategoriaa, sillä tili sisältää rakentamisen lisäksi myös nuohouksen ja aurauksen kaltaisia palveluita. Myös rakentamispalvelut (Construction work) olisi kuitenkin ollut mahdollinen kategoria, ja herkkyyssanalyysinä päätettiinkin laskea, kuinka paljon kyseisen kategorian valinnalla olisi ollut vaikutusta tulokseen. Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut -tilin luontojalanjälki muut palvelut -kategoriaan kohdistettuna oli 12,7 nPDF, josta maankäytön osuutta oli 7,4 nPDF ja ilmastonmuutoksen 4,3 nPDF. Rakentamispalvelut-kategoriolla laskettuna maankäytön aiheuttama luontojalanjälki olisi ollut 11,0 nPDF ja ilmastonmuutoksen 8,1 nPDF eli yhteensä 19,1 nPDF, mikä on 50 % (6,4 nPDF) suurempi kuin muut palvelut -kategoriolla laskettuna. Lahden kaupunkiorganisaation kokonaisluontojalanjälki olisi tällöin ollut 281 nPDF eli 7 % suurempi kuin nyt. Kategorian valinta voikin siis vaikuttaa tulokseen merkittävästi. Parhaaseen tulokseen päästäisiin tietenkin tarkastelemalla tilin sisältöä tarkemmin, ja valitsemalla kategoria esimerkiksi jokaiselle ostolaskulle erikseen. Tällainen tarkastelu vaatisi kuitenkin

huomattavan määrän resursseja, eikä sellaista siten ollut tämän tutkimuksen puitteissa mahdollista toteuttaa.

Harmonisointia tehtiin myös, kun kirjanpidon tilit määritettiin vastaamaan Tilastokeskuksen kuluttajahintaindeksin mukaisia kategorioita, missä voi olla samankaltaista epävarmuutta, kuin EXIOBASE-kategorioiden harmonisoinnin kanssa. Lisäksi hintojen vaihtelut voivat vaikuttaa tulokseen siitä huolimatta, että inflaatiota pyrittiin korjaamaan kuluttajahintaindeksin mukaisella kertoimella. Euroihin perustuva laskenta ei muutoinkaan välttämättä anna tarkinta mahdollista tulosta, kuten energian osalta jo aiemmin todettiin. Laskenta on kuitenkin yksinkertaisempaa, sillä aineisto on organisaatioilla jo valmiina saatavilla verrattuna siihen, että kaikkien tuotekategorioiden osalta pyrittäisiin saamaan tietoon kulutetut määrät fyysisissä yksiköissä. Jatkotutkimusta olisi kuitenkin syytä tehdä fyysisiin yksiköihin perustuen erityisesti eniten luontojalanjälkeä aiheuttavien kategorioiden osalta. Esimerkiksi sähkön ja lämmön kohdalla tarkempaa laskentaa voitaisiin tehdä Lahden kaupungin energiankulutuksen (kWh) pohjalta. Lisäksi laskenta olisi hyvä kohdentaa vastaamaan mahdollisimman tarkasti Lahden hyödyntämiä energialähteitä niin sähkön kuin lämmöntuotannonkin osalta. Myös rakentamisessa ja investoinneissa voitaisiin yksityiskohtaisemmin perehtyä esimerkiksi käytettyihin materiaaleihin ja laskea niille kulutettujen kilogrammojen perusteella tarkempaa luontojalanjälkeä.

Elintarvikkeille laskenta tehtiin kulutettuihin kilogrammoihin perustuen. Myös kategorioiden harmonisointi oli helpompaa, sillä Järviön ym. (2024) aineisto sisälsi kertoimet 673:lle elintarvikkeelle. Näihinkin kertoimiin liittyi kuitenkin omat rajoituksensa. Kertoimet perustuvat globaaleihin kauppataaseisiin, ja niiden taustalla on oletus esimerkiksi siitä, mistä maista kutakin elintarviketta tuodaan Suomeen. Laskennassa ei siis pystytty käyttämään eri kerrointa eri alkuperämaista tuleville tuotteille. Siispä esimerkiksi Suomesta ja Espanjasta tuleville tomaateille käytettiin samaa, keskiarvoon perustuvaa kerrointa. Kertoimet eivät myöskään erottele eri tuotantotapoja, eli esimerkiksi luomuviljellyille ja tavanomaisesti viljellyille tuotteille ei ole käytettävissä eri kertoimia. Tämä voi vaikuttaa laskennan tulokseen merkittävästi sellaisten tuotteiden osalta, joista Päijät-Hämeen Ateriapalvelut hankkivat valtaosan luomuna. Ateriapalveluiden kannalta voisikin olla kiinnostavaa tutkia tarkemmin eri tuotantotapojen eroja erityisesti luontojalanjälkeen eniten vaikuttavien tuotteiden osalta.

Maankäytön osalta laskennassa käytettiin maakohtaisia kertoimia, sillä tieto maankäytöstä saatiin EXIOBASE:sta maittain. Biodiversiteetti ei kuitenkaan välttämättä noudata

valtioiden rajoja, joten ekoaluekohtaiset kertoimet antaisivat tarkempia tuloksia (Crenna ym., 2020, 9723). Erityisesti pinta-alaltaan suuret maat, kuten Brasilia, ovat haaste, sillä maan sisälle mahtuu useita erilaisia ekoalueita, jotka voivat vaihdella monimuotoisuudeltaan huomattavastikin toisistaan. Maat eivät myöskään ole välttämättä keskenään täysin vertailukelpoisia, sillä korkean tulotason maista aineistoa on saatavilla enemmän runsaamman tutkimuksen ansiosta, ja niiden lajirunsaus voi siten vaikuttaa suuremmalta. (Verones ym., 2017, 6.) Ekoaluekohtaisia kertoimia on kuitenkin tämän tyyppisessä laskennassa haastavaa käyttää, ja myös maakohtaisilla kertoimilla saadaan hyödyllistä tietoa, kun pyritään selvittämään luontojalanjälkeä ylätasolla. Mikäli tulosten perusteella lähdetään kuitenkin tekemään tarkempaa laskentaa jollekin yksittäiselle tuotteelle, on ekoaluekohtaisten kerrointen käyttämistä hyvä harkita.

Tässä tutkimuksessa luonnon monimuotoisuuden indikaattorina käytettiin PDF:ää (potentially disappeared fraction of species), joka kuvastaa sitä osuutta lajeista, joka todennäköisesti kuolee sukupuuttoon, mikäli luontoa kuormittava toiminta jatkuu. Se on kuitenkin vain yksi luontokadon indikaattori, ja tulokset voisivat toisenlaisella indikaattorilla näyttää hyvin erilaisilta (Chaudhary & Brooks, 2018, 5102). Myös valitulla vaikutusarviointimenetelmällä on merkitystä. Esimerkiksi Sanyé-Mengual ym. (2023) tutkivat EU:n kotitalouksien kulutusta viidessä kulutuskategoriassa (ruoka, asuminen, liikkuminen, kodinkoneet ja kotitaloustavarat) ja kahdeksalla eri menetelmällä, jotka käyttivät hieman eri luontokadon indikaattoreja. He havaitsivat, että eri luontokadon ajureiden rooli luontojalanjäljen taustalla vaihteli huomattavastikin menetelmien välillä. Maankäyttö, ilmastonmuutos ja ekotoksisuus aiheuttivat suurimmat luontojalanjäljet, ja yleisimmin maankäyttö tai ilmastonmuutos olivat luontojalanjäljen suurimmat aiheuttajat. Kuitenkin esimerkiksi LC-IMPACT:lla maankäytön rooli oli vain 1 %, ilmastonmuutoksen 2,7 % ja ekotoksisuuden 95,2 %. (Sanyé-Mengual ym., 2023, 1199–1201.)

Edellä mainittu esimerkki osoittaa myös sen, että myös tutkimukseen valituilla luontokadon ajureilla on merkitystä. Kun Sanyé-Mengual ym. (2023, 1201) jättivät ekotoksisuuden huomioimatta LC-IMPACT:n osalta, tuli ilmastonmuutoksesta merkittävin luontokadon aiheuttaja 57 % osuudella, ja seuraavana tulivat maankäyttö 22 % ja vedenkäyttö 15 % osuuksilla. Tämänkin tutkimuksen tulokset voisivat siis näyttää hyvin erilaisilta, mikäli esimerkiksi ekotoksisuus olisi otettu laskentaan mukaan. Tutkimus kattaakin siten vain osan Lahden kaupunkiorganisaation todellisista vaikutuksista luonnon monimuotoisuuteen. Toisaalta myös

luontojalanjäljen laskentamenetelmät ovat toistaiseksi vielä melko rajallisia muiden ajureiden kuin maankäytön ja ilmastonmuutoksen osalta. Useita vaikutuskategorioita, kuten maan suolaantuminen, muovisaaste ja haitalliset vieraslajit puuttuu vielä kokonaan (Verones, Hellweg, ym., 2020, 1202). Lisäksi tieto on useiden kategorioiden osalta vielä hyvin rajallista, mikä on hyvä huomioida, mikäli kertoimia halutaan käyttää tämän tutkimuksen kaltaisissa töissä, joissa eri ajureita yhdistelemällä pyritään saamaan laskennan kohteen luontojalanjäljelle vain yksi numeerinen arvo (Borgelt ym., 2024, I). Kiinnostus luontovaikutusten mittaamista kohtaan kasvaa kuitenkin koko ajan, ja useat tahot tekevät työtä mittareiden ja menetelmien kehittämiseksi (Crenna ym., 2020, 9723). Tulevaisuudessa siis lienee todennäköistä, että yhä useampia luontokadon ajureita kyetään huomioimaan luontojalanjälkilaskelmissa.

Tämän tutkimuksen eri tuotekategorioita vertailtaessa on myös hyvä huomioida se, että maankäytön muutos huomioitiin ainoastaan elintarvikkeille, muttei muille hankinnoille. EXIOBASE:sta ei ollut saatavilla tietoa maankäytön muutoksesta, joten se jouduttiin jättämään laskennan ulkopuolelle euromääräisessä laskennassa. Elintarvikkeille maankäytön muutos haluttiin kuitenkin huomioida, sillä se vaikuttaisi aiheuttavan merkittävän osan elintarvikkeiden luontojalanjäljestä. Toisaalta maatalous on myös merkittävin maankäytön muutoksen aiheuttaja globaalisti (Winkler ym., 2021), joten siinä mielessä on perusteltua, että maankäytön muutos on huomioitu elintarvikkeille, muttei muille hankinnoille.

Sen lisäksi, että tässä tutkimuksessa rajattiin luontokadon ajurien määrä kahteen, laskenta myös rajattiin ainoastaan maaekosysteemeihin, mikä osaltaan rajoittaa Lahden kaupungin kokonaisluontovaikutuksista saatavaa käsitystä. Se voi myös vaikuttaa siihen, missä järjestyksessä eri tuotekategoriat luontojalanjälkeen vaikuttavat, kuten jo aiemmin esimerkiksi kalan osalta todettiin. Jatkotutkimuksissa olisikin hyvä ottaa myös vesiekosysteemit huomioon. Lisäksi tutkimus keskittyi ainoastaan yhteen biodiversiteetin osa-alueeseen, lajirikkauteen. Geneettinen monimuotoisuus, lajien hyvinvointi ja ekosysteemien monimuotoisuus jäävät kokonaan tarkastelun ulkopuolelle, joten tutkimus ei senkään vuoksi anna täysin kattavaa kuvaa Lahden kaupungin luontovaikutuksista. Tämä on tyypillistä myös muissa luontovaikutuksia mittaavissa tutkimuksissa (Crenna ym., 2020, 9723), sillä lajirikkaus on yleinen ja helposti ymmärrettävä mittari, jonka tuottamiseksi tarvitaan vähemmän dataa kuin biodiversiteetin muiden osa-alueiden mittaamiseksi (Scherer ym., 2023a, G).

Tiedeyhteisöltä tarvitaankin ponnistuksia sen suhteen, että myös muut biodiversiteetin osa-alueet saadaan integroitua osaksi luontojalanjäljen laskentamenetelmiä (Crenna ym., 2020, 9715).

Lahden kaupungin kannalta jatkotutkimuksessa olisi keskeistä laajentaa laskentaa kattamaan maankäytön ja ilmastonmuutoksen lisäksi muita luontokadon ajureita, ja huomioida maa-ekosysteemien lisäksi myös muut ekosysteemityypit. Lisäksi merkittävimpien hankintakategorioiden, kuten energian, investointien ja tiettyjen elintarvikkeiden osalta olisi hyvä tehdä tarkempaa laskentaa, joka helpottaisi luontojalanjäljen pienentämistoimenpiteiden kohdentamista oikeisiin kohteisiin. Laajemmassa mittakaavassa luontojalanjäljen laskentamenetelmät huomioivat biodiversiteetin vielä hyvin kapeasti pelkän lajien runsauden ja sukupuuttojen kautta, ja muiden monimuotoisuuden osa-alueiden tuominen mukaan laskentaan olisi keskeistä. Tieto useiden luontokadon ajureiden vaikutuksista monimuotoisuuteen on myös vielä rajallista, joten tutkimuskohteet eivät luontojalanjälkilaskennan saralla lopu heti kesken. Lisäksi menetelmien yhdenmukaistaminen vaatii työtä, jotta eri organisaatioita ja muita tahoja voidaan helposti vertailla keskenään.

5.4 Ehdotuksia luontojalanjäljen pienentämiseen

Vaikka tämä tutkimus ei vielä täysin pystynytkään ottamaan kaikkia luonnon monimuotoisuuden tekijöitä huomioon ja siten määrittämään kaikkia Lahden kaupungin hankintojen luontovaikutuksia täydellisen kattavasti, tarjoaa se arvokasta tietoa kaupungin päätöksenteon tueksi kahden keskeisimmän luontokadon ajurin, maankäytön ja ilmastonmuutoksen osalta. Tulosten perusteella kaupungin on helpompi määrittää, mihin hankintakategorioiden kannattaa erityisesti toimenpiteitä kohdistaa, jotta luontojalanjälkeä saadaan pienennettyä mahdollisimman paljon. Tieto luontojalanjäljen suuruudesta mahdollistaa myös mitattavissa olevien tavoitteiden asettamisen ja helpottaa toimenpiteiden vaikuttavuuden arviointia.

Luontojalanjäljen pienentämisessä olisi hyvä noudattaa niin sanottua lievennyshierarkiaa, jonka mukaan ensimmäiseksi tulisi välttää luontohaitan aiheuttamista, toiseksi minimoida toiminnan luonnolle aiheuttamat haitat ja viimeiseksi hyvittää aiheutetut haitat kompensatiolla ja ennallistamisella (Moilanen & Kotiaho, 2021, 5). Haittojen välttäminen on helpointa sellaisissa kategorioissa, joissa kulutus on suurta, kuten investoinnit, tai joissa yksikkökohmainen haitta on suurta, kuten energia ja elintarvikkeet. Investoinneissa voidaan esimerkiksi

uuden rakentamisen sijaan pyrkiä mahdollisuuksien mukaan korjaamaan vanhaa. Energian osalta kulutusta voitaisiin pyrkiä vähentämään esimerkiksi energiatehokkaammilla ratkaisuilla tai rakennusten lämpötiloja alentamalla. Muidenkin hankintojen osalta tärkeintä on miettiä, onko hankinnan tekeminen välttämätöntä, vai voitaisiinko sama tarve täyttää jo jollakin olemassa olevalla tavaralla. Muutoinkin kiertotalouden ratkaisut voivat auttaa luontokadon torjunnassa ja luonnonvarojen säästämässä.

Elintarvikkeissa haittojen vähentäminen voi olla haastavaa, sillä tarjotun ruoan on kyettävä täyttämään myös ruokailijoiden ravitsemukselliset tarpeet. Yksi keino luontojalanjäljen pienentämiseksi on kuitenkin hävikin vähentäminen. Kun hukkaan menevän ruoan osuus pienenee, voidaan hankintoja myös tehdä vähemmän. Vuonna 2023 linjastohävikin määrä oli Lahdessa vajaa 8 % elintarvikehankinnoista, mikä tarkoittaisi laskennallisesti sitä, että hävikki aiheutti keskimäärin noin 2,7 nPDF:n luontojalanjäljen. Lahden kaupungin kokonaisluontojalanjälkeen suhteutettuna hävikin osuus on siis melko pieni, mutta pienilläkin toimenpiteillä on merkitystä, kun niitä tehdään useita. Elintarvikkeiden osalta helpompi keino pienentää luontojalanjälkeä on kuitenkin korvata suuren luontojalanjäljen aiheuttavia tuotteita pienemmän luontojalanjäljen tuotteilla eli minimoida aiheutettua luontohaittaa. Esimerkiksi ei-soijapohjaisten kasviproteiinien luontojalanjälki on 28 % pienempi kuin naudanlihan ja omenoiden jopa 99,7 % pienempi kuin banaanien (Järviö ym., 2024). Lisäksi niin elintarvikkeiden kuin muidenkin tuotteiden osalta tuotteen alkuperään on hyvä kiinnittää huomiota. Kotimaassa ja muualla Euroopassa tuotettujen tuotteiden luontojalanjälki on suhteessa vaadittuun maankäyttöön alhaisempi kuin lähempänä päiväntasaajaa.

Kaikkea energiankulutustakaan ei pystytä poistamaan, joten myös energian osalta siirtymisen kestävämpiin ratkaisuihin auttaa luontojalanjäljen pienentämisessä. Laskennassa havaittiin, että ilmastonmuutos aiheuttaa suurimman osan Lahden kaupungin kuluttaman sähkön ja lämmön luontojalanjäljestä. Kaupungin ilmastotoimet voivat siis energian osalta merkittävästi vaikuttaa myös energiankulutuksen luontojalanjälkeen. Biopohjaisten energianlähteiden osalta on kuitenkin varottava, ettei niiden aiheuttama haitta maankäytön kautta ylitä niistä saatavia ilmastohyötyjä. Uusiutuvalla energialla voi olla myös muita haitallisia luontovaikutuksia, joista kaikkia ei edes vielä tiedetä. Lähtökohtaisesti ilmastonmuutoksen torjunta on kuitenkin myös luontokadon ehkäisemiseksi keskeistä, sillä ilmastonmuutoksen merkityksen luontokadon taustalla ennustetaan kasvavan merkittävästi, mikäli ilmaston lämpenemistä ei onnistuta rajoittamaan 1,5 asteeseen (WWF, ei pvm., 6).

Ensisijaista hankintojen luontojalanjäljen pienentämisessä on siis tarkastella kulutusta kriittisesti, ja vähentää sitä niiltä osin kuin se on mahdollista. Välttämättömän kulutuksen osalta on hyvä pyrkiä suosimaan tuotteita, joiden luontojalanjälki kulutettua yksikköä kohden on mahdollisimman pieni. Luontovaikutukset olisi siis hyvä sisällyttää yhtenä tekijänä kaupungin hankintakriteeristöön. Vasta, kun luontohaitan aiheuttamista on vähennetty niin paljon kuin mahdollista, jäljelle jäävät luontohaitat tulisi pyrkiä kompensoimaan joko siellä missä ne on aiheutettu tai muualla.

6 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli laskea Lahden kaupunkiorganisaation vuoden 2023 hankintojen luontojalanjälki. Lisäksi tutkimus pyrki selvittämään, mitkä hankintakategoriat aiheuttivat suurimman luontojalanjäljen ja mihin päin maailmaa luontojalanjälki kohdistuu. Lahden kaupungin hankintojen luontojalanjäljeksi saatiin 262 nPDF, josta suurimman osan aiheuttivat lämmitys (57 nPDF), sähkö (45 nPDF), elintarvikkeet (36 nPDF) ja investointeihin liittyvät palvelut (34 nPDF). Tutkimus keskittyi laskemaan Lahden kaupungin hankintojen aiheuttamaa luontohaittaa maaekosysteemeille maankäytön ja ilmastonmuutoksen perusteella. Luontojalanjäljestä 34 % johtui maankäytöstä ja 66 % ilmastonmuutoksesta. Maankäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä suurin osa (17 nPDF) kohdistui Suomeen erityisesti kotimaisten elintarvikkeiden tuotannon vuoksi. Seuraavina tulivat Singapore (4,3 nPDF), Costa Rica (4,3 nPDF), Guatemala (4,2 nPDF) ja Brasilia (4,0 nPDF).

Tulokset olivat aiemman tutkimuksen perusteella odotetun kaltaisia. Tutkimuksen tärkeimpänä vertailukohtana toimi Tampereen kaupungille tehty vastaava laskenta, ja kaupunkien luontojalanjäljet olivat kaupunkien väkilukuun suhteutettuna hyvin samansuuntaiset. Myös luontojalanjäljen kannalta keskeisimmät hankintakategoriat olivat hyvin samankaltaiset, elintarvikkeiden, energian ja rakentamisen ollessa Tampereen luontojalanjäljen suurimmat aiheuttajat. Kiinnostavaa oli kuitenkin se, että Lahden osalta elintarvikkeiden osuus luontojalanjäljestä oli huomattavasti Tamperetta pienempi, mikä ainakin osaltaan selittyy elintarvikkeiden luontojalanjäljen laskennassa käytettyjen menetelmien eroavaisuudella. Myös elintarvikekategorian sisällä tässä tutkimuksessa saatiin kiinnostavia ja hiukan poikkeavia tuloksia. Aiemmissä tutkimuksissa eläinperäisten tuotteiden, erityisesti punaisen lihan ja maitotuotteiden luontojalanjäljet ovat yleensä korkeimpia. Ne olivat kyllä kärkikolmikossa tässäkin tutkimuksessa, mutta hieman yllättäen hedelmät, marjat ja pähkinät -kategoria nousi elintarvikkeissa kaikkein suurimmaksi luontojalanjäljeltään. Taustalla vaikuttaa etenkin se, että tiettyjä hedelmiä tuodaan Suomeen paljon trooppisilta, lajirikkailta seuduilta.

Maankäyttö ja ilmastonmuutos ovat merkittävimpiä ja parhaiten tunnettuja luontokadon ajureita, minkä vuoksi tässä tutkimuksessa keskityttiin laskemaan niiden aiheuttamaa luontojalanjälkeä maaekosysteemeissä. Maankäyttö on yleisesti tunnistettu merkittävimmäksi luontokadon ajuriksi maaekosysteemeissä, ja ilmastonmuutos on merkitykseltään tällä hetkellä

vasta kolmas. Tässä tutkimuksessa ilmastonmuutos nousi kuitenkin Lahden luontojalanjäljen kannalta merkittävimmäksi ajuriksi. Maankäyttö tuli vasta toisena ja sen osuus oli lähes puolet pienempi kuin ilmastonmuutoksen. Samansuuntaisia tuloksia tuli toisaalta myös Tampereen laskennassa. Tulosta selittää erityisesti energian suuri osuus luontojalanjäljen taustalla. Myös maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen globaali jakautuminen oli odotusten mukainen. Yksittäisistä maista Suomen osuus on suurin, sillä etenkin elintarvikehankinnoista suurin osa tulee Suomesta. Toisaalta Suomen osuus luontojalanjäljestä on suhteessa hankintavolyymiin melko pieni, ja Suomen jälkeen listalla korostuvatkin trooppiset, lajirikkaat maat. Kokonaisuutena tuonnin osuus luontojalanjäljestä on myös huomattavasti kotimaista tuotantoa suurempi, mikä on todettu myös muissa eurooppalaisissa luontojalanjälkilaskennoissa.

Laskennassa käytetyt menetelmät perustuvat globaaleihin kauppataaseisiin ja siten mahdollistavat luontojalanjäljen tarkastelun vain suhteellisen karkealla tasolla tuotekategorioittain, eikä esimerkiksi kategorian sisällä pystytä vertailemaan eri tuotteita keskenään. Tutkimus vastasi kuitenkin sille asetettuihin tavoitteisiin hyvin, sillä sen avulla pystyttiin määrittämään Lahden kaupungin luontojalanjäljelle numeerinen arvo sekä tunnistamaan kaupungin luontovaikutusten kannalta merkittäviä hankintakategorioita. Tutkimuksen tulosten pohjalta Lahden kaupunki pystyykin asettamaan numeerisia, helposti seurattavia tavoitteita luontovaikutustensa pienentämiseksi ja kohdistamaan toimenpiteitä luontojalanjäljen kannalta merkittävimpiin kategorioihin.

Haittoja tulisi pyrkiä pienentämään ensisijaisesti kulutusta vähentämällä, toissijaisesti korvaamalla paljon haittaa aiheuttavia tuotteita saman kategorian sisällä luontoystävällisemmällä vaihtoehdoilla ja vasta viimeisenä kompensoimalla jo aiheutettua haittaa. Lahti voisi vähentää kulutustaan erityisesti investoinneissa, joihin käytettävät rahamäärät ovat kaupungin hankintojen suurimpia. Elintarvikkeiden osalta luontojalanjäljeltään pienempiin tuotteiden siirtyminen saman tuotekategorian sisällä on keino pienentää luontohaittaa, samoin kuin hävikin vähentäminen. Kotimaisuuden ja lähellä tuotettujen tuotteiden suosiminen kaikissa tuotekategorioissa auttaa usein pienentämään myös luontovaikutuksia. Energia oli merkittävin luontojalanjäljen aiheuttaja tässä laskennassa, ja energiankulutuksen vähentäminen, energiatehokkuuden parantaminen sekä uusiutuvien energiamuotojen suosiminen ovatkin keinoja luontojalanjäljen pienentämiseen. Energian osalta vaaditaan kuitenkin tarkempaa

laskentaa fyysisiin yksiköihin ja Lahden tosiasiasa käyttämiin energianlähteisiin pohjautuen, jotta tuloksista saadaan totuudenmukaisempia.

Luontokadon mittarina käytettiin tässä tutkimuksessa PDF:ää, joka kuvastaa sitä osuutta lajeista, joka todennäköisesti kuolee sukupuuttoon, mikäli luonnon kuormittaminen jatkuu. Jatkotutkimuksissa on syytä harkita lajirikkauden ohella myös muiden biodiversiteetin osaluokkien huomioimista, ja ottaa laskentaan mukaan maankäytön ja ilmastonmuutoksen lisäksi myös muita luontokadon ajureita ja maaekosysteemien ohella myös muita ekosysteemityyppisiä. Tällöin myös kaupungin luontovaikutuksista saadaan kattavampi kuva, ja tuloksissa voi nousta myös muita kuin tässä laskennassa jo merkittäviksi todettuja tekijöitä esiin. Lahden kaupungin kannalta kiinnostavaa voisi olla jatkossa tutkia myös kaupungin konserniyhteisöjen luontojalanjälkiä tai selvittää myös kaupunkilaisten yksityisen kulutuksen aiheuttamia luontovaikutuksia. Vielä yksityiskohtaisemman päätöksenteon tueksi lisää tietoa tarvitaan myös investoinneista. Erilaisten investointihankkeiden luontovaikutuksia voitaisiin vertailla esimerkiksi elinkaariarvioinnin avulla. Elintarvikehankinnat toteuttavaa Päijät-Hämeen Ateriapalveluita taas voisi kiinnostaa esimerkiksi erilaisten elintarvikkeiden tuotantotapojen, kuten tavanomaisen ja luomuviljelyn, vertailu.

Myös luontojalanjäljen laskentamenetelmät vaativat vielä kehittämistä, ja kehittyvätkin jatkuvasti. Esimerkiksi keinot mallintaa vieraslajien tai lajien suoran hyödyntämisen vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen ovat vielä rajalliset. Luontojalanjäljen mittarit myös ovat moninaisia, ja usein asiaan perehtymättömälle varsin monimutkaisia ymmärtää. Yhdenmuikaisten, laajasti ymmärrettyjen luonnon monimuotoisuutta ja sen heikkenemistä kuvaavien mittarien kehittäminen olisikin tärkeää, jotta luontokadosta kyettäisiin kommunikoimaan samaan tapaan kuin esimerkiksi ilmastonmuutoksesta. Jotta luontojalanjälkilaskennan menetelmiä saadaan vietyä eteenpäin ja vakiinnutettua, on tärkeää, että olemassa olevia menetelmiä testataan mahdollisimman monenlaisissa tapauksissa. Tämän tutkimuksen kaltaiset laskennat ovat siten hyödyllisiä myös menetelmiä kehittävien tutkijoiden näkökulmasta. Vaikka laskentamenetelmät vielä kehittyvätkin, eikä kaikkia ihmistoiminnan vaikutuksia luontoon välttämättä tunnustetakaan, voidaan olemassa olevan tiedon valossa kuitenkin jo tehdä paljon toimia luonnon hyvinvoinnin parantamiseksi. Sen lisäksi, että Lahden kaupunki saa tästä laskennasta suuntaviivoja omien luontotavoitteidensa asetantaan, voi Lahden kaupungin luontotyö toimia esimerkkinä ja inspiraationa myös muille kunnille niiden omassa luontotyössään.

Lähteet

Atria. (2024). *Eläinten kestävä ruokinta*. <https://www.atria.com/vastuullisuus/kestava-ruoantuotanto/elainten-kestava-ruokinta/>

Bjelle, E. L., Kuipers, K., Verones, F., & Wood, R. (2021). Trends in national biodiversity footprints of land use. *Ecological Economics*, *185*, 107059. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107059>

Borgelt, J., Dorber, M., Géron, C., Kuipers, K. J. J., Huijbregts, M. A. J., & Verones, F. (2024). What Is the Impact of Accidentally Transporting Terrestrial Alien Species? A New Life Cycle Impact Assessment Model. *Environmental Science & Technology*, *acs.est.3c08500*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08500>

Bruckner, M., Fischer, G., Tramberend, S., & Giljum, S. (2015). Measuring telecouplings in the global land system: A review and comparative evaluation of land footprint accounting methods. *Ecological Economics*, *114*, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.008>

Bruckner, M., Wood, R., Moran, D., Kuschnig, N., Wieland, H., Maus, V., & Börner, J. (2019). FABIO—The Construction of the Food and Agriculture Biomass Input–Output Model. *Environmental Science & Technology*, *53*(19), 11302–11312. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03554>

Cabernard, L., & Pfister, S. (2022). Hotspots of Mining-Related Biodiversity Loss in Global Supply Chains and the Potential for Reduction through Renewable Electricity. *Environmental Science & Technology*, *56*(22), 16357–16368. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04003>

Chaudhary, A., & Brooks, T. M. (2018). Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. *Environmental Science & Technology*, *52*(9), 5094–5104. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05570>

Chaudhary, A., & Brooks, T. M. (2019). National Consumption and Global Trade Impacts on Biodiversity. *World Development*, *121*, 178–187. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.10.012>

Chaudhary, A., & Kastner, T. (2016). Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Global Environmental Change*, 38, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.03.013>

Cilleruelo, J. (2023, elokuuta 12). *Exiobase 3.8.2 has been updated* | *openLCA.org*. <https://www.openlca.org/exiobase-3-8-2-has-been-updated/>

Clark, M., Springmann, M., Rayner, M., Scarborough, P., Hill, J., Tilman, D., Macdiarmid, J. I., Fanzo, J., Bandy, L., & Harrington, R. A. (2022). Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(33), e2120584119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2120584119>

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>

Curran, M., Maia De Souza, D., Antón, A., Teixeira, R. F. M., Michelsen, O., Vidal-Legaz, B., Sala, S., & Milà I Canals, L. (2016). How Well Does LCA Model Land Use Impacts on Biodiversity? - A Comparison with Approaches from Ecology and Conservation. *Environmental Science & Technology*, 50(6), 2782–2795. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04681>

Deconinck, K., & Toyama. (2022). Environmental Impacts Along Food Supply Chains: Methods, Findings and Evidence Gaps. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 185*, OECD Publishing, Pariisi. <https://doi.org/10.1787/48232173-en>

El Geneidy, S., Baumeister, S., Peura, M., & Kotiaho, J. (2023). *Value-transforming financial, carbon and biodiversity footprint accounting* [Dataset]. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8369650>

El Geneidy, S., Franco, D. A., Baumeister, S., Halme, P., Helimo, U., Kortetmäki, T., Latva-Hakuni, E., Mäkelä, M., Raippalinna, L.-M., Vainio, V., & Kotiaho, J. S. (2021). Jyväskylän yliopiston ilmasto- ja luontohaitat. *JYU Reports*, 1–39. <https://doi.org/10.17011/jyureports/2021/13>

Fang, K., Song, S., Heijungs, R., De Groot, S., Dong, L., Song, J., & Wiloso, E. I. (2016). The footprint's fingerprint: On the classification of the footprint family. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 23, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.002>

- FAO. (2024). *Food and agriculture data*. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Galli, A., Wackernagel, M., Iha, K., & Lazarus, E. (2014). Ecological Footprint: Implications for biodiversity. *Biological Conservation*, *173*, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.019>
- Garnett, S. T., Burgess, N. D., Fa, J. E., Fernández-Llamazares, Á., Molnár, Z., Robinson, C. J., Watson, J. E. M., Zander, K. K., Austin, B., Brondizio, E. S., Collier, N. F., Duncan, T., Ellis, E., Geyle, H., Jackson, M. V., Jonas, H., Malmer, P., McGowan, B., Sivongxay, A., & Leiper, I. (2018). A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability*, *1*(7), Article 7. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6>
- GreenDelta. (2024). *OpenLCA* [Software]. <https://openlca.org>
- HKScan. (2023). *Vuosi- ja vastuullisuusraportti 2023*. https://www.hkfoods.com/globalassets/hkscan.com/3-investors---sijoittajat/vuosi--ja-vastuullisuuskertomus/01_hkscan-vuosi-ja-vastuullisuusraportti-2023.pdf
- Hong, C., Zhao, H., Qin, Y., Burney, J. A., Pongratz, J., Hartung, K., Liu, Y., Moore, F. C., Jackson, R. B., Zhang, Q., & Davis, S. J. (2022). Land-use emissions embodied in international trade. *Science*, *376*(6593), 597–603. <https://doi.org/10.1126/science.abj1572>
- Huijbregts, M. A. J., Hellweg, S., & Hertwich, E. (2011). Do We Need a Paradigm Shift in Life Cycle Impact Assessment? *Environmental Science & Technology*, *45*(9), 3833–3834. <https://doi.org/10.1021/es200918b>
- IPBES. (2019). *The global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Summary for policymakers*. (S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondizio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, 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.), ss. 1–56). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- Järviö, N., Mazac, R., Sun, Z., Bruckner, M., Uusitalo, V., Scherer, L., Brandão, M., & Tuomisto, H. (2024). Biodiversity footprint of Finnish food consumption. *[In progress]*.

Kangas, T. (2023, kesäkuuta 15). *Luontopositiivinen Lahti on paikka, jossa ihmisen vaikutus luontoon käännetään miinukselta plussalle*. <https://www.lahti.fi/uutiset/luontopositiivinen-lahti-on-paikka-jossa-ihmisen-vaikutus-luontoon-kaannetaan-miinukselta-plussalle/>

Ketola, T., Boström, C., Bäck, J., Herzon, I., Jokimäki, J., Kallio, K. P., Kulmala, L., Laine, I., Lehikoinen, A., Nieminen, T. M., Oksanen, E., Pappila, M., Silfverberg, O., Sinkkonen, A., Sääksjärvi, I. E., & Kotiaho, J. S. (2022). Kohti luontoviisasta Suomea: Keinoja luontopositiivisuuden saavuttamiseksi. *Suomen Luontopaneelin julkaisuja 2/2022*. <https://doi.org/10.17011/jyx/SLJ/2022/2>

Kitzes, J. (2013). An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis. *Resources*, 2(4), 489–503. <https://doi.org/10.3390/resources2040489>

Koslowski, M., Moran, D. D., Tisserant, A., Veronesi, F., & Wood, R. (2020). Quantifying Europe's biodiversity footprints and the role of urbanization and income. *Global Sustainability*, 3, e1. <https://doi.org/10.1017/sus.2019.23>

Lahden kaupunki. (2024a). *Avoin data*. <https://www.lahti.fi/kaupunki-ja-paatoskenteko/strategia-ja-kehittaminen/avoin-data/>

Lahden kaupunki. (2024b). *Tilinpäätös 2023* (ss. 1–153). <https://www.lahti.fi/tiedostot/tilinpaatos-2023/>

Lahden kaupunki. (2024c, maaliskuuta 19). *Lahden väkiluku jatkaa kasvuaan vuonna 2024, pitovoima parantunut*. <https://www.epressi.com/tiedotteet/kaupungit-ja-kunnat/lahden-vaakiluku-jatkaa-kasvuaan-vuonna-2024-pitovoima-parantunut.html>

Lazarus, E., Lin, D., Martindill, J., Hardiman, J., Pitney, L., & Galli, A. (2015). Biodiversity Loss and the Ecological Footprint of Trade. *Diversity*, 7(2), 170–191. <https://doi.org/10.3390/d7020170>

Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>

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., Robuchon, M., Hellweg, S., Newbold, T., Beher, J., Bekker, S., Essl, F., Ehrlich, D., Hill, S., Jung, M., Marquardt, S., Rosa, F., Rugani, B., Suárez-Castro, A. F., Silva, A. P., Williams, D. R., Dubois, G., & Sala, S. (2021). A research perspective towards a more complete biodiversity footprint: A report from the World Biodiversity Forum. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(2), 238–243. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01846-1>

Marques, A., Verones, 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>

Martínez Blanco, J., Finkbeiner, M., & Inaba, A. (2015). *Guidance on Organizational Life Cycle Assessment*. United Nations Environment Programme. https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2015/04/o-lca_24.4.15-web.pdf

Matej, S., Kaufmann, L., Semenchuk, P., Dullinger, S., Essl, F., Haberl, H., Kalt, G., Kastner, T., Lauk, C., Krausmann, F., & Erb, K.-H. (2024). Options for reducing a city’s global biodiversity footprint – The case of food consumption in Vienna. *Journal of Cleaner Production*, 437, 140712. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140712>

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>

Moran, D., Petersone, M., & Verones, F. (2016). On the suitability of input–output analysis for calculating product-specific biodiversity footprints. *Ecological Indicators*, 60, 192–201. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.015>

Otero, I., Farrell, K. N., Pueyo, S., Kallis, G., Kehoe, L., Haberl, H., Plutzer, C., Hobson, P., García-Márquez, J., Rodríguez-Labajos, B., Martin, J., Erb, K., Schindler, S., Nielsen, J., Skorin, T., Settele, J., Essl, F., Gómez-Baggethun, E., Brotons, L., ... Pe’er, G. (2020). Biodiversity policy beyond economic growth. *Conservation Letters*, 13(4), e12713. <https://doi.org/10.1111/conl.12713>

- Peura, M., El Geneidy, S., Pokkinen, K., Vainio, V., & Kotiaho, J. S. (2023). Väliraportti: S-ryhmän luontojalanjälki. *JYU Reports*, 1–45. <https://doi.org/10.17011/jyureports/2023/20>
- Plank, C., Görg, C., Kalt, G., Kaufmann, L., Dullinger, S., & Krausmann, F. (2023). “Biomass from somewhere?” Governing the spatial mismatch of Viennese biomass consumption and its impact on biodiversity. *Land Use Policy*, 131, 106693. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106693>
- Pokkinen, K., El Geneidy, S., Peura, M., Vainio, V., & Kotiaho, J. (2023). Jyväskylän yliopiston ylioppilaskunnan hiili- ja luontojalanjälki. *JYU Reports*, 1–47. <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*, 1–82. <https://doi.org/10.17011/jyureports/2024/34>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aaq0216>
- Päijät-Hämeen Ateriapalvelut oy. (2023). *Vuosikertomus 2023*. <https://www.paijatatateria.fi/content/uploads/2024/04/Vuosikertomus-2023-Paijat-Hameen-Ateriapalvelut-oy.pdf>
- Pörtner, H.-O., Scholes, R. J., Agard, J., Archer, E., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W. L. (William), Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., ... Ngo, H. (2021). *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change (Versio 2)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4782538>
- Sandström, V., Kauppi, P. E., Scherer, L., & Kastner, T. (2017). Linking country level food supply to global land and water use and biodiversity impacts: The case of Finland. *Science of The Total Environment*, 575, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.002>
- 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. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(9), 1194–1210. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02169-7>

- Scherer, L., De Laurentiis, V., Marques, A., Michelsen, O., Alejandre, E. M., Pfister, S., Rosa, F., & Rugani, B. (2021). Linking land use inventories to biodiversity impact assessment methods. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(12), 2315–2320. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-02003-y>
- Scherer, L., Rosa, F., Sun, Z., Michelsen, O., De Laurentiis, V., Marques, A., Pfister, S., Verones, F., & Kuipers, K. J. J. (2023a). Biodiversity Impact Assessment Considering Land Use Intensities and Fragmentation. *Environmental Science & Technology*, 57(48), 19612–19623. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04191>
- Scherer, L., Rosa, F., Sun, Z., Michelsen, O., De Laurentiis, V., Marques, A., Pfister, S., Verones, F., & Kuipers, K. J. J. (2023b). Biodiversity Impact Assessment Considering Land Use Intensities and Fragmentation. Supporting information 1. *Environmental Science & Technology*, 57(48), S1–S30. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.3c04191>
- Semenchuk, P., Kalt, G., Kaufmann, L., Kastner, T., Matej, S., Bidoglio, G., Erb, K.-H., Essl, F., Haberl, H., Dullinger, S., & Krausmann, F. (2023). The global biodiversity footprint of urban consumption: A spatially explicit assessment for the city of Vienna. *Science of The Total Environment*, 861, 160576. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160576>
- Semenchuk, P., Plutzer, C., Kastner, T., Matej, S., Bidoglio, G., Erb, K.-H., Essl, F., Haberl, H., Wessely, J., Krausmann, F., & Dullinger, S. (2022). Relative effects of land conversion and land-use intensity on terrestrial vertebrate diversity. *Nature Communications*, 13(1), 615. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28245-4>
- Simola, H. (2024, marraskuuta 6). *Venäjän-kaupan romahduksella rajalliset vaikutukset Suomen teollisuuteen*. Euro ja talous. <https://www.eurojatalous.fi/fi/2024/3/venajan-kaupan-romahduksella-rajalliset-vaikutukset-suomen-teollisuuteen/>
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C., 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., ... 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* (Versio 3.8.2) [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5589597>

Sun, Z., Behrens, P., Tukker, A., Bruckner, M., & Scherer, L. (2022a). Global Human Consumption Threatens Key Biodiversity Areas. *Environmental Science & Technology*, *56*(12), 9003–9014. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00506>

Sun, Z., Behrens, P., Tukker, A., Bruckner, M., & Scherer, L. (2022b). Global Human Consumption Threatens Key Biodiversity Areas. Supporting information. *Environmental Science & Technology*, *56*(12), S1–S22. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00506>

Tilastokeskus. (ei pvm.-a). *Kuluttajahintaindeksit pääryhmittäin (2000=100, 2005=100, 2010=100, 2015=100) muuttujina Vuosi, Indeksisarja, Hyödyke ja Tiedot*. PxWeb. Noudettu 20. toukokuuta 2024, osoitteesta https://pxdata.stat.fi:443/PxWebPxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__khi/stat-fin_khi_pxt_11xr.px/

Tilastokeskus. (ei pvm.-b). *Kuntien avainluvut*. Tilastokeskus. Noudettu 27. kesäkuuta 2024, osoitteesta <https://stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html#?year=2021&active1=KU837>

Tilastokeskus. (ei pvm.-c). *Ostajanhinta*. Noudettu 20. toukokuuta 2024, osoitteesta <https://stat.fi/meta/kas/ostajanhinta.html>

Tilastokeskus. (ei pvm.-d). *Perushinta*. Noudettu 20. toukokuuta 2024, osoitteesta <https://stat.fi/meta/kas/perushinta.html>

UNEP. (2016). *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators—Volume 1.1*. <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-lcia-indicators-v-1/>

Valio. (2020, lokakuuta 7). *Lehmien talven ruoka säilötään kesällä*. Valio. <https://www.valio.fi/artikkelit/lehmien-talven-ruoka-sailotaan-kesalla/>

Valtiovarainministeriö. (2023, toukokuuta 9). *Uusi hankintakäsikirja tueksi koko julkisen sektorin hankintoihin*. <https://vm.fi/-/uusi-hankintakasikirja-tueksi-koko-julkisen-sektorin-hankintoihin>

Vartiainen, L., Uusitalo, V., Savallampi, J., & Järviö, N. (2024). *Lahden luontojalanjälki—Lahden alueperusteisen ja kaupungin hankintojen luontojalanjäljen laskentaratortti (väli-vaiheen tulokset)*. <https://www.lahti.fi/tiedostot/lahti-luontojalanjalki-valiraportti/>

Verones, F., Hellweg, S., Antón, A., Azevedo, L. B., Chaudhary, A., Cosme, N., Cucurachi, S., De Baan, L., Dong, Y., Fantke, P., Golsteijn, L., Hauschild, M., Heijungs, R., Jolliet, O., Juraske, R., Larsen, H., Laurent, A., Mutel, C. L., Margni, M., ... Huijbregts, M. A. J. (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>

Verones, F., Huijbregts, M. A. J., Azevedo, L. B., Chaudhary, A., de Baan, L., Fantke, P., Hauschild, M., Henderson, A. D., Mutel, C. L., Owsianiak, M., Pfister, S., Preiss, P., Roy, O., Scherer, L., Steinmann, Z., van Zelm, R., Dingenen, R. V., van Goethem, T., Vieira, M., & Hellweg, S. (2020). *LC-IMPACT Version 1.0. A spatially differentiated life cycle impact assessment approach*.

Verones, F., Moran, D., Stadler, K., Kanemoto, K., & Wood, R. (2017). Resource footprints and their ecosystem consequences. *Scientific Reports*, 7(1), 40743. <https://doi.org/10.1038/srep40743>

WEF. (2023). *The Global Risks Report 2023*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf

WEF. (2024). *Global Risks Report 2024*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf

Wilting, H. C., Schipper, A. M., Bakkenes, M., Meijer, J. R., & Huijbregts, M. A. J. (2017). Quantifying Biodiversity Losses Due to Human Consumption: A Global-Scale Footprint Analysis. *Environmental Science & Technology*, 51(6), 3298–3306. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05296>

Wilting, H. C., Schipper, A. M., Ivanova, O., Ivanova, D., & Huijbregts, M. A. J. (2021). Subnational greenhouse gas and land-based biodiversity footprints in the European Union. *Journal of Industrial Ecology*, 25(1), 79–94. <https://doi.org/10.1111/jiec.13042>

Wilting, H. C., & Van Oorschot, M. M. P. (2017). Quantifying biodiversity footprints of Dutch economic sectors: A global supply-chain analysis. *Journal of Cleaner Production*, 156, 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.066>

Winkler, K., Fuchs, R., Rounsevell, M., & Herold, M. (2021). Global land use changes are four times greater than previously estimated. *Nature Communications*, 12(1), 2501. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22702-2>

WWF. (ei pvm.). *Climate, Nature and our 1.5°C Future—A synthesis of IPCC and IPBES reports*. https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_climate__nature_and_our_1_5c_future_report.pdf

WWF Suomi. (2018, joulukuuta 3). *Särki ja lahna*. WWF Suomi. <https://wwf.fi/ruoka/kalao-pas/laji/sarki-ja-lahna/>

Ympäristöministeriö. (2022). *Kunming-Montrealin maailmanlaajuinen luonnon monimuotoisuuskehys*. <https://ym.fi/documents/1410903/58486706/Kunming-Montrealin+maailmanlaajuinen+luonnon+monimuotoisuuskehys.pdf/81a7c71c-10b3-16bf-1c29-553aca220e35/Kunming-Montrealin+maailmanlaajuinen+luonnon+monimuotoisuuskehys.pdf?t=1680093320061>

Liite 1. Pääkirjatilit ja niitä vastaavat EXIOBASE-kategoriat

Pääkirjatili	Pääkirjatilin nimi	EXIOBASE-kategoria
400007	Muu henkilökunta	Other services
410004	Tasausmaksu (Keva)	Public administration and defence services; compulsory social security services
411000	Muut työeläkemaksut	Public administration and defence services; compulsory social security services
415100	Työnantajan sosiaaliturvamaksut	Public administration and defence services; compulsory social security services
417000	Tapaturmavakuutusmaksut	Public administration and defence services; compulsory social security services
418000	Muut sosiaalivakuutusmaksut	Insurance and pension funding services, except compulsory social security services
430000	Asiakaspalvelujen ostot	Health and social work services
430014	Päivähoidon palvelusetelikulut	Health and social work services
434001	Konsulttipalvelut	Other business services
434002	Rahoitus- ja pankkipalvelut	Financial intermediation services, except insurance and pension funding services
434004	Työvoiman vuokraus	Other services
434006	ICT-palvelut	Computer and related services
434007	Tulkkaukspalvelut	Other business services
434008	Asiantuntijapalvelut	Research and development services
434100	Toimistopalvelut	Other business services
435000	Painatukset, ilmoitukset ja markkinointi	Printed matter and recorded media
436002	Posti- ja kuriiripalvelut	Post and telecommunication services
437000	Vakuutukset	Insurance and pension funding services, except compulsory social security services
438001	Puhdistus- ja siivouspalvelut	Other services
438003	Jätevesimaksut	Other waste for treatment: waste water treatment
438004	Jätehuoltomaksut	Inert/metal/hazardous waste for treatment: landfill
438004	Jätehuoltomaksut	Food waste for treatment: incineration
438004	Jätehuoltomaksut	Paper waste for treatment: incineration
438004	Jätehuoltomaksut	Plastic waste for treatment: incineration
438005	Pesulapalvelut	Other services
438006	Katujen ja alueiden puhtaanapitopalvelut	Other services

439000	Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	Other services
440000	Koneiden, kaluston ja laitteiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	Other services
441000	Majoitus & ravitsemispalvelut	Hotel and restaurant services
441500	Koulu- ja päiväkotitateriat	Food products nec
442000	Matkustus- ja kuljetuspalvelut	Other land transportation services
442001	Joukkoliikenteen kuljetukset	Other land transportation services
442006	Henkilöstön matkakustannukset	Other land transportation services
442007	Oppilaskuljetukset, linja-auto	Other land transportation services
442008	Oppilaskuljetukset, taksi	Other land transportation services
442009	Opetukseen liittyvät kuljetukset	Other land transportation services
442010	Muut matkustuspalvelut	Other land transportation services
443000	Sosiaali- ja terveyspalvelut	Health and social work services
444000	Koulutus- ja kulttuuripalvelut	Education services
444001	Koulutuspalvelut	Education services
444002	Kulttuuripalvelut	Recreational, cultural and sporting services
446000	Muut yhteistoimintaosuudet	Membership organisation services n.e.c.
446003	Osuudet kuntien keskusjärjestöille	Membership organisation services n.e.c.
447000	Muut palvelut	Recreational, cultural and sporting services
447001	Henkilöstön virkistystoiminta	Recreational, cultural and sporting services
448000	Aktivoidut palvelujen ostot	Other business services
450000	Toimisto- ja koulutarvikkeet	Office machinery and computers
451000	Kirjallisuus	Printed matter and recorded media
451001	Opetusvälineet	Furniture; other manufactured goods n.e.c.
451002	Esineistöihankinta	Furniture; other manufactured goods n.e.c.
452000	Elintarvikkeet	Food products nec
452001	Kertakäyttötarvikkeet	Paper and paper products
453000	Vaatteisto	Textiles
454001	Lääkkeet	Chemicals nec
454002	Hoitotarvikkeet	Medical, precision and optical instruments, watches and clocks
455000	Siivous- ja puhdistusaineet	Chemicals nec
455001	Siivous- ja puhdistustarvikkeet	Paper and paper products

455002	Puhdistusaineet ja -tarvikkeet	Chemicals nec
456000	Poltto- ja voiteluaineet	Lubricants
457001	Lämmitys	Steam and hot water supply services
457002	Sähkö	Electricity nec
457002	Sähkö	Transmission services of electricity
457003	Vesi	Collected and purified water, distribution services of water
458000	Kalusto	Furniture; other manufactured goods n.e.c.
459000	Rakennusmateriaali	Machinery and equipment n.e.c.
460000	Muu materiaali	Medical, precision and optical instruments, watches and clocks
460001	Henkilöstön merkkipäivä- ja kannustelahjat	Furniture; other manufactured goods n.e.c.
464000	Aktivoidut aineet, tarvikkeet ja tavarat	Machinery and equipment n.e.c.
474500	Työmarkkinatuen kuntaosuus	Membership organisation services n.e.c.
474900	Muut avustukset yhteisöille	Membership organisation services n.e.c.
480000	Maa- ja vesialueiden vuokrat	Real estate services
480001	Asuntojen vuokrat	Real estate services
482000	Rakennusten ja huoneistojen vuokrat	Real estate services
484000	Koneiden ja laitteiden vuokrat	Machinery and equipment n.e.c.
484001	IT-laitteiden vuokrat	Computer and related services
484002	Leasing-vuokrat	Renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods
486000	Muut vuokrat	Renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods
492002	Kokous- ja neuvottelukulut	Hotel and restaurant services
494000	Muut kulut	Other services
494001	Tekijänoikeus- yms. maksut	Other business services
499000	Aktivoidut muut kulut	Furniture; other manufactured goods n.e.c.
638000	Muut rahoituskulut	Services auxiliary to financial intermediation

Liite 2. Hankintahinnat ja luontojalanjäljet pääkirjatileittäin

Pääkirjaj-tili	Pääkirjatilin nimi	Hankintahinta	Maankäyttö (nPDF)	Ilmastonmuutos (nPDF)	Luontojalanjälki yhteensä (nPDF)
457001	Lämmitys	5 670 799,33	1,1	56,1	57,2
457002	Sähkö	13 487 629,12	0,9	44,1	44,9
452000	Elintarvikkeet	15 687 510,13	29,5	6,2	35,7
448000	Aktivoidut palvelujen ostot	69 141 592,74	15,6	18,8	34,4
434006	ICT-palvelut	11 666 711,43	7,1	6,9	14,0
439000	Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	25 443 339,00	7,4	5,3	12,7
482000	Rakennusten ja huoneistojen vuokrat	27 996 887,36	2,2	5,2	7,4
442001	Joukkoliikenteen kuljetukset	21 749 645,52	2,6	4,7	7,3
474500	Työmarkkinatuen kuntasuus	20 131 583,55	3,3	3,7	6,9
438001	Puhdistus- ja siivouspalvelut	7 527 404,11	2,7	1,9	4,6
410004	Tasausmaksu (Keva)	6 581 718,32	1,7	2,1	3,9
474900	Muut avustukset yhteisöille	10 479 031,36	1,7	1,9	3,6
464000	Aktivoidut aineet, tarvikkeet ja tavarat	5 993 083,79	1,6	1,9	3,4
484001	IT-laitteiden vuokrat	3 701 381,69	1,2	1,2	2,4
486000	Muut vuokrat	2 391 247,95	1,1	1,3	2,4
434100	Toimistopalvelut	4 222 711,98	1,0	1,1	2,1
434008	Asiantuntijapalvelut	4 222 638,63	1,0	0,9	1,9
451000	Kirjallisuus	2 807 579,43	0,7	1,0	1,7
447000	Muut palvelut	3 635 697,74	0,8	0,8	1,6
484000	Koneiden ja laitteiden vuokrat	1 501 646,96	0,5	0,6	1,1
435000	Painatukset, ilmoitukset ja markkinointi	1 826 602,34	0,4	0,7	1,1
440000	Koneiden, kaluston ja laitteiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	1 622 275,15	0,5	0,4	0,9
442008	Oppilaskuljetukset, taksi	2 204 570,29	0,3	0,5	0,7
441000	Majoitus & ravitsemis- palvelut	1 102 798,06	0,5	0,2	0,7
438004	Jätehuoltomaksut	3 481 731,84	0,1	0,5	0,7

455002	Puhdistusaineet ja -tarvikkeet	379 974,33	0,3	0,4	0,7
458000	Kalusto	670 539,95	0,3	0,3	0,6
443000	Sosiaali- ja terveystalvet	1 424 861,16	0,4	0,2	0,6
460000	Muu materiaali	915 731,73	0,2	0,3	0,6
430000	Asiakaspalvelujen ostot	1 378 261,23	0,4	0,2	0,6
450000	Toimisto- ja koulutarvikkeet	582 108,39	0,3	0,3	0,6
438003	Jätevesimaksut	322 210,76	0,1	0,4	0,5
446000	Muut yhteistoimintaosuudet	1 357 528,00	0,2	0,2	0,5
494000	Muut kulut	640 273,38	0,2	0,1	0,3
459000	Rakennusmateriaali	574 338,74	0,2	0,2	0,3
453000	Vaatteisto	148 313,71	0,1	0,1	0,2
447001	Henkilöstön virkistystoiminta	464 106,99	0,1	0,1	0,2
444001	Koulutuspalvelut	1 073 073,57	0,1	0,1	0,2
434004	Työvoiman vuokraus	351 048,06	0,1	0,1	0,2
436002	Posti- ja kuriiripalvelut	415 765,06	0,1	0,1	0,2
499000	Aktivoidut muut kulut	220 260,18	0,1	0,1	0,2
442000	Matkustus- ja kuljetuspalvelut	480 886,60	0,1	0,1	0,2
484002	Leasing-vuokrat	174 003,41	0,1	0,1	0,1
494001	Tekijänoikeus- yms. maksut	282 880,98	0,1	0,1	0,1
457003	Vesi	430 697,07	0,0	0,1	0,1
444002	Kulttuuripalvelut	276 517,73	0,1	0,1	0,1
442009	Opetukseen liittyvät kuljetukset	353 053,96	0,0	0,1	0,1
446003	Osuudet kuntien keskusjärjestöille	336 529,47	0,1	0,1	0,1
451002	Esineistöhankinta	118 132,27	0,0	0,1	0,1
441500	Koulu- ja päiväkotitateriat	42 048,20	0,1	0,0	0,1
430014	Päivähoidon palvelusetelikulut	223 169,63	0,1	0,0	0,1
456000	Poltto- ja voiteluaineet	134 859,30	0,0	0,1	0,1
442006	Henkilöstön matkakustannukset	239 733,71	0,0	0,1	0,1
434007	Tulkkaukspalvelut	155 066,76	0,0	0,0	0,1
451001	Opetusvälineet	77 917,65	0,0	0,0	0,1
437000	Vakuutukset	246 272,06	0,0	0,0	0,1

438006	Katujen ja alueiden puh- taanapito palvelut	128 730,01	0,0	0,0	0,1
417000	Tapaturmavakuutusmak- sut	111 500,65	0,0	0,0	0,1
434001	Konsulttipalvelut	130 505,43	0,0	0,0	0,1
454002	Hoitotarvikkeet	26 740,76	0,0	0,0	0,0
442007	Oppilaskuljetukset, linja- auto	47 583,66	0,0	0,0	0,0
434002	Rahoitus- ja pankkipalve- lut	25 611,70	0,0	0,0	0,0
460001	Henkilöstön merkkipäivä- ja kannustelahjat	15 196,16	0,0	0,0	0,0
415100	Työnantajan sosiaaliturva- maksut	16 605,02	0,0	0,0	0,0
454001	Lääkkeet	5 991,10	0,0	0,0	0,0
411000	Muut työeläkemaksut	14 525,28	0,0	0,0	0,0
480001	Asuntojen vuokrat	23 140,54	0,0	0,0	0,0
438005	Pesulapalvelut	5 258,73	0,0	0,0	0,0
480000	Maa- ja vesialueiden vuokrat	13 970,07	0,0	0,0	0,0
444000	Koulutus- ja kulttuuripal- velut	8 764,48	0,0	0,0	0,0
638000	Muut rahoituskulut	2 042,37	0,0	0,0	0,0
455000	Siivous- ja puhdistusai- neet	462,00	0,0	0,0	0,0
455001	Siivous- ja puhdistustar- vikkeet	546,30	0,0	0,0	0,0
492002	Kokous- ja neuvotteluku- lut	1 052,38	0,0	0,0	0,0
400007	Muu henkilökunta	700,00	0,0	0,0	0,0
452001	Kertakäyttötarvikkeet	117,28	0,0	0,0	0,0
418000	Muut sosiaalivakuutus- maksut	555,44	0,0	0,0	0,0
442010	Muut matkustuspalvelut	18,24	0,0	0,0	0,0
	Yhteensä	289 347 599,46	89,5	172,4	261,9