

The background features a large, light green silhouette of a dragonfly on the right side. On the left side, there are several light green footprints arranged in a vertical line, suggesting a path or journey.

Luontojalanjälki, Vantaa

Luontojalanjälki-hanke
Toukokuu 2024, Sitowise

Sisällysluettelo

Käsitteet ja määritelmät	3	4. Vantaan luontojalanjälki	12	Lähdeluettelo	31
1. Johdanto	5	4.1. Sähkö	19	Liite 1. Lähtötiedot ja lähteet	32
2. Luontojalanjälki	6	4.2. Kaukolämpö	20	Liite 2. Lyhyt ja pitkä aikaväli (LC-Impact)	33
3. Laskentamenetelmä	7	4.3. Erillislämmitys	21	Liite 3. Luontojalanjäljen yksiköt ja määritelmät	34
3.1. Tietokannat ja vaikutustenarvioinnin menetelmät	8	4.4. Muu öljy ja polttoaineet	22	Liite 4. Laskentatulosten vertailutaulukko	35
3.2. Järjestelmämallit cut-off ja APOS	9	4.5. Liikenteen polttoaineet	23	Liite 5. Oletukset ja epävarmuudet	36
3.3. Laskennan rajaus ja datalähteet	10	4.6. Rakentaminen	24		
3.4. Laskenta ja PDF	11	4.7. Elintarvikkeet	25		
		5. Kuntaorganisaation hankintojen luontojalanjälki	27		

Raportti on laadittu osana Sitowisen keväällä 2024 toteuttamaa luontojalanjälki-hanketta.

Hankkeeseen osallistuivat Espoo, Helsinki, Kangasala, Kauniainen, Liminka, Lohja, Pori, Riihimäki, Seinäjoki, Tampere, Turku, Vantaa ja Ylöjärvi.

Sitowise: Emma Liljeström, Juha Seppälä, Milla Lehikoinen, Satu Himanen, Elina Leinonen, Sanni Mallat, Titta Taavitsainen

Käsitteet ja määritelmät (1/2)

Ajuri	Luontohaitan suora aiheuttaja, kuten maan- ja vedenkäyttö, luonnonvarojen suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saasteet tai haitalliset vieraslajit.	Ecoinvent	Kansainvälinen tietokanta (v3.10), joka sisältää yli 20 000 elinkaaritietoaineistoa, jotka tarjoavat mahdollisuuden vaikutustenarvioinnille esim. ilmastonmuutoksen, toksisuuden ja maan- ja vedenkäytön osalta.
APOS	Järjestelmämalli, jossa vastuu jätteistä (taakka) jaetaan tuottajien ja myöhempien käyttäjien kesken.	Ekosysteemi	Luonnoltaan verraten yhtenäisen alueen eliöiden ja elottomien ympäristökijöiden muodostama toiminnallinen kokonaisuus. Siihen sisältyvät niin luonnon elolliset kuin elottomatkin kohteet tietyllä rajatulla alueella.
CML, 2001	Elinkaariarvioinnin menetelmä, joka tarjoaa mahdollisuuden arvioida ilmastovaikutusten lisäksi esimerkiksi rehevöitymistä, ionisaatiosäteilyä, vesiympäristön toksisuutta, maankäyttöä ja toksisuutta ihmisille.	Ekosysteemipalvelu	Luonnon tarjoamia aineellisia ja aineettomia palveluja. Ekosysteemipalvelut voidaan jakaa neljään luokkaan: tuotanto-, ylläpito-, sääntely- ja kulttuuripalveluihin.
Cut-off	Järjestelmämalli, jossa vastuu jätteistä on tuottajalla ja kierrätettävät tuotteet saatavilla luontoa kuormittamatta.	EXIOBASE	Ympäristölaajennettu monialueellinen panos-tuotostietokanta. Tietokantaa hyödynnetään kulutuksen aiheuttaman suoran ajurin arvioimiseksi.
Eco-Indicator 99 (H.A)	Elinkaariarvioinnin menetelmä, joka tarjoaa mahdollisuuden mitata erilaisia ympäristövaikutuksia tuottaen lopputuloksena yhden tuloksen.		

Käsitteet ja määritelmät (2/2)

GTP ja GWP

Global temperature potential ja *global warming potential* ovat yleisesti käytetyt mittarit kasvihuonekaasujen hiilidioksidiekvivalentiksi laskemiseksi.

GTP määrittää muutoksena maapallon keskimääräisessä pintalämpötilassa valitulla ajanjaksolla.

GWP mittaa kaasun aiheuttamaa lämmitysvaikutusta hiilidioksidiin verrattuna.

IPBES, *Intergovernmental science-policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services*

Riippumaton hallitustenvälinen tieteen ja politiikan rajapinnalla YK:n yhteydessä toimiva kansainvälinen elin. Sen jäsenenä, Suomi mukaan lukien, on yli 130 hallitusta.

IPCC 2021 vaikutusten-arviointimenetelmä

Kansainvälisen ilmastopaneelin (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) arviointimenetelmä ilmastomuutoksen vaikutusten arvioimiseksi.

LC-Impact

Tietokanta, joka tarjoaa maakohtaiset luontohaittakertoimet eri ajureille. Maakohtaiset luontohaittakertoimet tarkoittavat, että yksikkö ajuria aiheuttaa eri määrän globaalia luontohaittaa eri maissa.

Luonnon monimuotoisuus

Ekosysteemien, lajien ja geenien kirjo maailmassa tai tietyssä luontotyypissä. Se on välttämätöntä ihmisen hyvinvoinnille, sillä se tuottaa palveluja, jotka pitävät yllä talouksia ja yhteiskuntia.

Luontojalanjälki

Ihmisten, yritysten, kuntien tai valtioiden luonnolle aiheuttama kuormitus. Tämän kuormituksen mittari on luontojalanjälki. Luontojalanjälki kertoo kuinka suuri haitta toiminnasta aiheutuu luonnon monimuotoisuudelle.

PDF (*potentially disappeared fraction of species*)

Luontojalanjäljen yksikkö, joka kuvaa potentiaalista osuutta lajeista, jotka ovat vaarassa kuolla sukupuuttoon luontohaittaa aiheuttavien ajureiden seurauksena.

Suomen Luontopaneeli

Riippumaton, tieteellinen asiantuntijapaneeli, joka tukee luontopolitiikan suunnittelua ja päätöksentekoa mm. kokoamalla luonnon monimuotoisuutta koskevaa tutkimustietoa päättäjien, asiantuntijoiden ja kansalaisten hyödynnettäväksi.

1. Johdanto

Luonto, luonnon monimuotoisuus ja sen tarjoamat ekosysteemipalvelut ovat edellytys ihmisen olemassaololle ja hyvälle elämänlaadulle, sillä ihmisen hyvinvointi on riippuvaista näistä. Luonto tuottaa ihmiselle välttämättömiä hyödykkeitä, kuten ruokaa, energiaa ja lääkkeitä. Yli 75 prosenttia ihmisen ravintokasveista on riippuvaisia hyönteisten ja muiden eläinten pölytyksestä. Luonnon tarjoamille palveluille on saatavilla ainoastaan heikkoja ja huonoja korvikkeita, eikä osaa voida lainkaan korvata. [1]

Samanaikaisesti käytämme luonnonvaroja ja luonnon tuottamia palveluja enemmän kuin koskaan aikaisemmin. Luonnon kustannuksella tapahtuva ylikulutus paitsi vähentää luonnon monimuotoisuutta - geeneistä lajeihin ja ekosysteemeihin - nopeammin kuin koskaan ihmiskunnan historiassa myös heikentää luonnon kykyä tuottaa aineellisia palveluja tulevaisuudessa. [1]

Eliölajien sukupuutonopeus on kymmeniä tai satoja kertoja luontaista taustanopeutta suurempi. Sukupuuttouhan alla olevia eliölajeja on enemmän kuin koskaan ihmiskunnan historiassa. Uhanalaisia eläin- ja kasvilajeja arvioidaan olevan noin miljoona. [1] Suomessa jo joka yhdeksäs laji on uhanalainen ja luontotyypeistä joka toinen on uhanalainen. [2] Samanaikaisesti viljelyskasvien sadon arvo globaalisti on kolminkertaistunut ja raakapuun hakkuut ovat lisääntyneet 45 prosenttia vuodesta 1970 lähtien. Ihmisen vaikutus luontoon on ollut radikaalia. Maaympäristöstä 75 prosenttia on vakavasti muuttunut. Erityisen herkkiä ihmisen toimille ovat vanhat metsät, saari ekosysteemit ja kosteikot. Kosteikoista on hävitetty yli 85 prosenttia. Metsäala vähenee tropiikeissa ja luonnonmetsien ala kaikkialla. Puolet koralliriutoista on menetetty vuoden 1870 jälkeen. [1]

Luonnon monimuotoisuuden heikentyminen on uhka myös ilmastomuutoksen torjunnalle, sillä maa- ja meriekosysteemit sitovat 60 prosenttia ihmisen tuottamista fossiilienergian hiilipäästöistä. Maankäyttösektorin hiilinielut ovat heikentyneet myös Suomessa. Maankäyttösektorin nielut ovat Suomessa olleet vielä 2010 yli 20 miljoonaa tonnia CO₂-ekv. Sektori on 2020-luvun alussa kääntynyt noin 4,5 miljoonan tonnin CO₂-ekv päästökseen. [3]

Tärkeimmät syyt (ajurit) merkittävälle muutokselle ja luonnon nykyiselle hätätilalle ovat järjestyksessä 1) maan- ja merenkäyttö sekä käytön muutokset, 2) eliöiden suora hyödyntäminen, 3) ilmastomuutos, 4) saastuminen ja 5) vieraslajit. Tähän mennessä tehdyt toimenpiteet luonnon ja ekosysteemipalvelujen turvaamiseksi ovat olleet riittämättömiä. Kehityssuunnan kääntämiseksi tarvitaan järjestelmätason muutoksia läpi yhteiskunnan eri sektoreiden. [1]

Myös kunnilla ja kaupungeilla on mahdollisuus vaikuttaa. Useissa kunnissa onkin jo ryhdytty toimiin. Luontotyön ja luontovaikutusten kokonaisvaltaiseksi hallitsemiseksi tarvitaan lisätietoa ja mittareita. Luontohaittojen minimoimiseksi on ymmärrettävä miten erilaiset hyödykkeet ja toiminnot vaikuttavat luontoon ja luonnon monimuotoisuuteen. Toistaiseksi riittävät työkalut luontohaittojen arviointiin ovat kuitenkin puuttuneet. Luontojalan jäljen laskennalla haetaan ratkaisua tähän.

2. Luontojalanjälki

Ihmisten, yritysten, kuntien ja valtioiden toiminta kuormittaa luontoa usein eri tavoin. Tämän kuormituksen mittari on luontojalanjälki. Luontojalanjälki kertoo kuinka suuren haitan esimerkiksi kunta tai kuluttaja aiheuttaa luonnon monimuotoisuudelle. Aivan kuten hiilijalanjälki mittaa vaikutustamme ilmaston lämpenemiseen, luontojalanjälki mittaa vaikutustamme luonnon monimuotoisuuteen. Luontojalanjäljen mittaaminen on haastavaa ja kehitystyötä tehdään jatkuvasti eri puolella maailmaa. [4]

Luontojalanjäljen laskemiseksi on tunnistettava ne toimet, joilla on vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen. Luontojalanjälkeä aiheuttavat kansainvälisen paneelin IPBES:n määrittämät luontokadon viisi ajuria: 1) maan- ja merenkäyttö sekä käytön muutokset, 2) luonnonvarojen käyttö, 3) ilmastomuutos, 4) saastuminen ja 5) vieraslajit (kuva 1).

Luontojalanjälki on siis yhtä kuin näiden viiden luontoon kohdistamamme paineen summa. Kansainvälisistäkin laskentamenetelmistä yksikään laskentamenetelmä ei saa vielä kiinni kaikkia viittä ajuria. Parhaat huomioivat kolme tai neljä viidestä. Sillä pääsee kuitenkin jo erittäin pitkälle. [4]



Kuva 1: Luontojalanjälkeä aiheuttavat IPBES:n määrittämät luontokadon viisi ajuria.

3. Laskentamenetelmä

Luontojalanjäljen laskenta tapahtuu käytännössä nelivaiheisena prosessina, jossa 1) kerätään data mittauskohteen konkreettisesta toiminnasta, 2) johdetaan datasta toiminnan luonnolle kohdistamat paineet, 3) johdetaan paineista niiden vaikutus luonnon monimuotoisuuteen 4) tarkastellaan vaikutuksia eri ekosysteemihaittojen kautta (kuva 2).

Luontojalanjäljen laskenta on uusi, edelleen kehitteillä oleva asia ja laskenta sisältää epävarmuuksia. Meillä ei esimerkiksi ole kattavaa tietoa kaikesta kuntien ja kaupunkien alueella tapahtuvasta kulutuksesta. Emmekä esimerkiksi tiedä paljonko Suomessa juotu kahvi on kuormittanut luontoa tai aiheuttanut kasvihuonekaasu- tai ravinnepäästöjä sen kaikissa eri tuotantomaassa.

Gloaalien tietokantojen ansiosta on meidän kuitenkin mahdollista arvioida keskimääräistä vaikutusta. Luontojalanjälki tarjoaakin meille tietoa laskennallisesta keskiarvosta: tietyn tyyppinen toiminta tai kulutus aiheuttaa keskimäärin tällaiset luontovaikutukset tässä sijainnissa. Menetelmä tuottaa siis niin tarkan laskentatuloksen, kuin tällä hetkellä käytävissä olevan datan avulla on mahdollista. Tulevaisuudessa, jos tarkempaa dataa on saatavilla, voidaan tietokantojen keskimääräiset luvut korvata tarkoilla tiedoilla todellisesta maankäytöstä, päästöistä, jne.. [4]



Kuva 2: Luontojalanjäljen laskennan nelivaiheinen prosessi.

3.1. Tietokannat ja vaikutustenarvioinnin menetelmät

Tietokannat sisältävät aineistoja eri valtioiden ja alueiden välillä liikkuvista vienti- ja tuontivirroista sekä niiden aiheuttamien luontohaittojen ajureista toimialasektoreittain. Elinkaari-inventaariotietokannat yhdistävät syötteet kulutuksen aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin eli esim. luontohaittaa aiheuttaviin suoriin ajureihin. Näin saadaan laskettua, kuinka paljon tietyn tuotteen kulutus Suomessa aiheuttaa esim. luontohaitan suoraa ajuria, kuten vaikkapa maan- tai vedenkäyttöä tai saasteita.

Toiminnasta aiheutuvat vaikutus arvioidaan tämän jälkeen vaikutustenarviointimenetelmällä, kuten esimerkiksi luontohaitan osalta LC-Impact-tietokannan avulla. LC-Impact-tietokanta tarjoaa maakohtaiset luontohaittakertoimet eri ajureille (244 maata). Luontohaittakertoimet ovat esimerkiksi muotoa PDF*vuosi. Maakohtaiset luontohaittakertoimet tarkoittavat sitä, että yksikkö ajuria aiheuttaa eri määrän globaalia luontohaittaa eri maissa. Luontohaittakertoimet ovat tyypillisesti suurimpia luontorikkailla alueilla, kuten päiväntasaajan seuduilla. [5]

Kuntien alueellisen laskennan malli on rakennettu Ecoinvent v3.10 – elinkaari-inventaariotietokannan avulla ja vaikutustenarviointi on suoritettu luontojalanjäljen osalta LC-Impact vaikutustenarviointimenetelmällä sekä ilmastonmuutoksen osalta IPCC 2021 vaikutustenarviointimenetelmällä. Kuntaorganisaation laskennan malli on puolestaan rakennettu EXIOBASE 3.8.2 –tietokannalla ja vaikutustenarvioinnit on toteutettu Eco-Indicator 99 ja CML-2001 vaikutustenarviointimenetelmillä.



Kuva 3: Laskennassa huomioitujen suorien aiheuttajien luontovaikutusten arviointi eri ekosysteemeille. Kuvan lähde Peura, M. et al. [5] mukailleen.

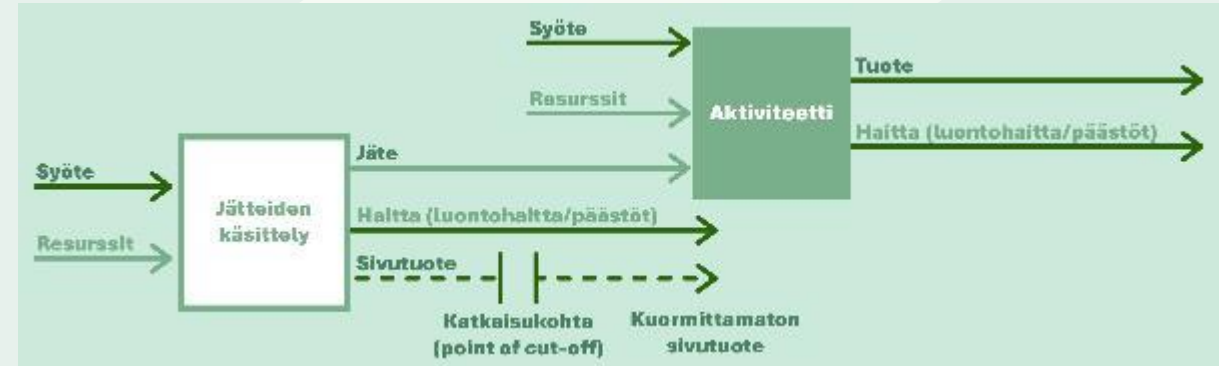
3.2. Järjestelmämallit cut-off ja APOS

Järjestelmämallit asettavat menetelmälliset säännöt toiminnan elinkaariselle arvioinnille. Järjestelmämallit voidaan jakaa cut-off- ja APOS-malleihin. Tapa, jolla jäte ja kierrätettävät materiaalit käsitellään laskennassa erottavat mallit toisistaan. [6]

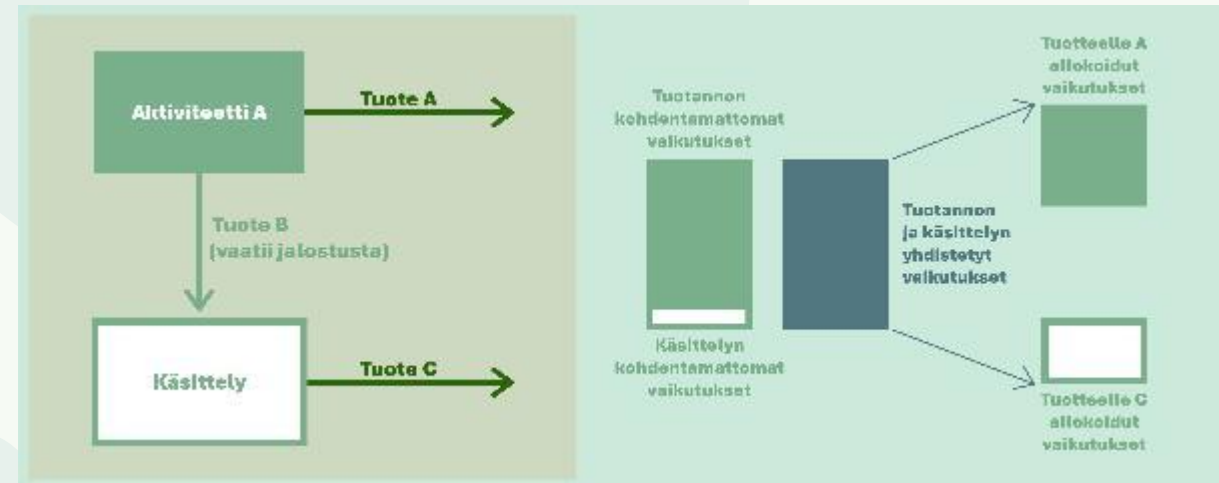
Cut off-järjestelmämalli perustuu kierrätettyyn sisältöön. Järjestelmämallissa jätteet ovat tuottajan vastuulla ("saastuttaja maksaa") ja malli kannustaa käyttämään kierrätettäviä tuotteita, jotka ovat saatavilla luontoa kuormittamatta (katkaisu) (kuva 4). [6]

APOS-järjestelmämalli, eli "Allocation at the point of substitution", noudattaa lähestymistapaa, jossa vastuu jätteistä (taakka) jaetaan tuottajien ja myöhempien käyttäjien kesken, jotka hyötyvät käsittelyprosesseista käyttämällä niissä syntyviä arvokkaita tuotteita (kuva 5). [6]

Valittu järjestelmämalli saattaa vaikuttaa laskennan tuloksiin merkittävästikin, joten suositeltavaa onkin tarkastella tuloksia molempia malleja hyödyntäen, jotta voidaan varmistua niiden palvelevan laskennan tavoitteita toivotulla tavalla.



Kuva 4: Cut-off järjestelmämalli. Kuva Ecoinvent support [6] mukailen.



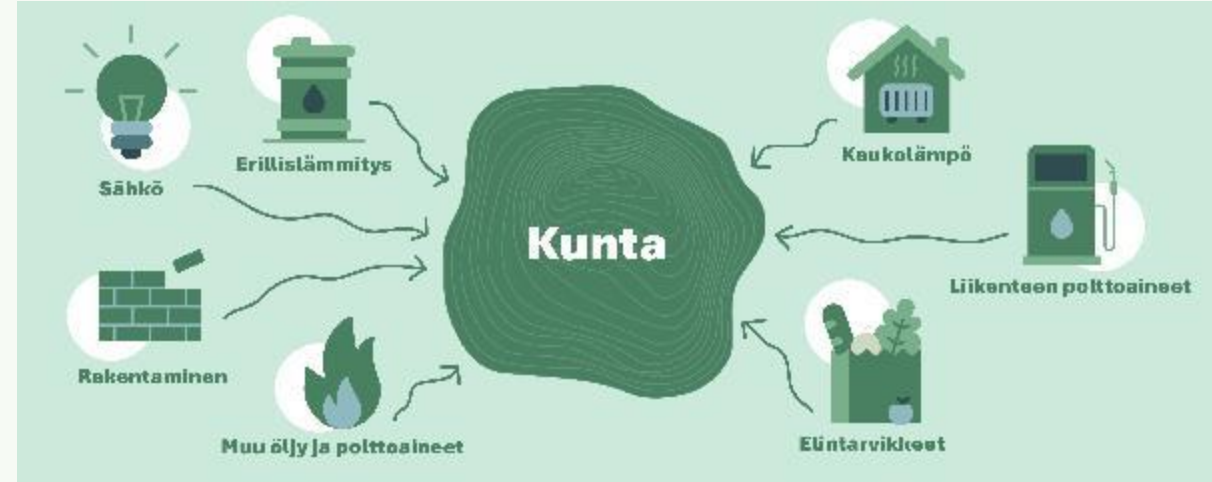
Kuva 5: APOS-järjestelmämalli. Kuva Ecoinvent support [6] mukailen.

3.3. Laskennan rajaustus ja datalähteet

Laskenta on toteutettu kahdella vaihtoehtoisella rajauksella. Toteutetut laskennat ovat osittain päällekkäisiä ja niitä tuleekin tarkastella toisistaan erillisinä laskentoina. Myös laskennoissa hyödynnetyissä menetelmissä on eroja.

Ensimmäisessä, alueellisessa laskennassa on laskettu kunnan alueella tapahtuvasta toiminnasta aiheutuva luontojalanjälki. Laskentaan sisältää kunnan alueella kulutetun sähkön, kaukolämmön, erillislämmityksen polttoaineet, muun öljyn ja muiden polttoaineiden kulutuksen, liikenteen polttoaineiden kulutuksen, uusien rakennusten rakentamisessa käytetyt rakennusmateriaalit sekä elintarvikkeiden kulutuksen (kuva 6). Laskennassa hyödynnetyt lähtötiedot ja niiden lähteet on esitetty liitteessä 1.

Toisessa laskennassa on laskettu kuntaorganisaation hankinnoista aiheutuva luontojalanjälki. Laskenta perustuu kuntaorganisaation ja sen tytäryhtiöiden ostolaskudataan (kuva 7). Hankinnat ovat osittain päällekkäisiä alueellisen laskennan kanssa. Laskennassa hyödynnetyt lähtötiedot ja näiden lähde on esitetty liitteessä 1.



Kuva 6: Kunnan alueella tapahtuvasta toiminnasta aiheutuva luontojalanjälki, alueellinen laskenta.



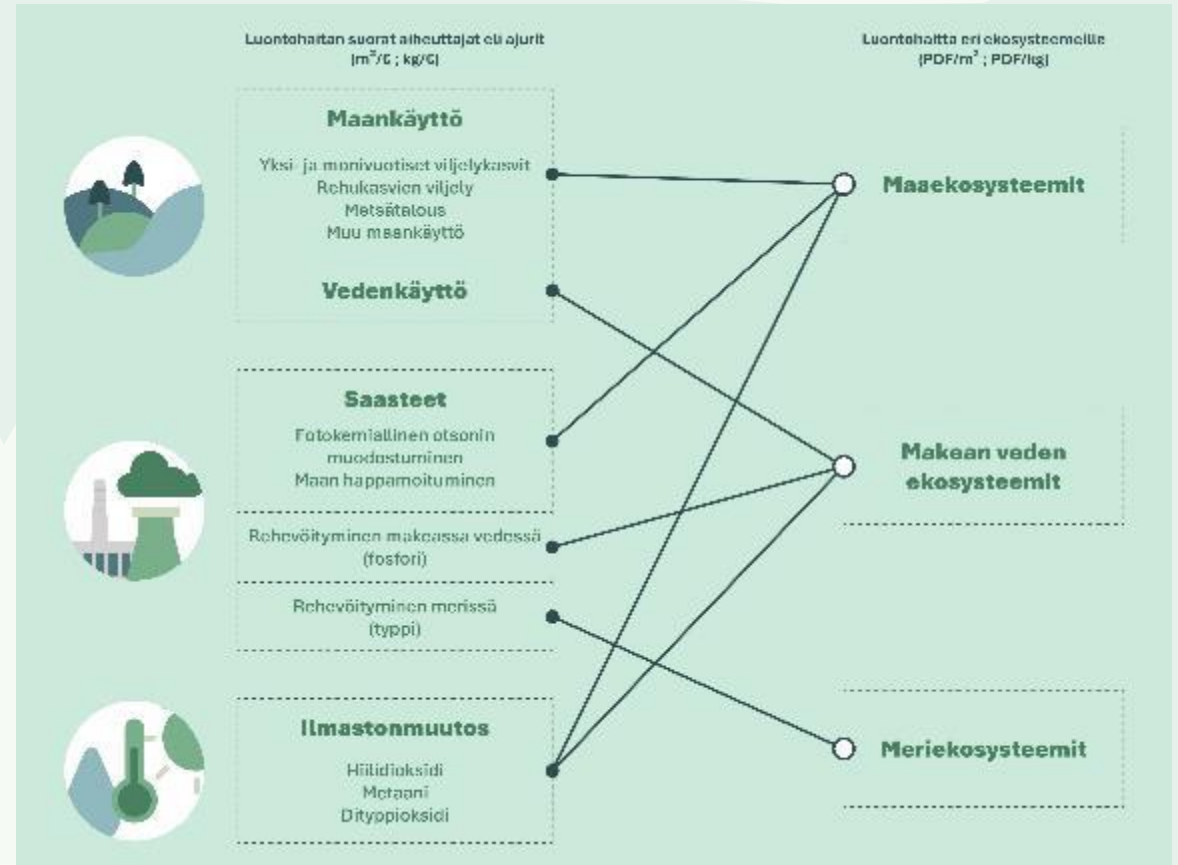
Kuva 7: Kuntaorganisaation hankinnoista aiheutuva luontojalanjälki, kuntaorganisaation laskenta.

3.4. Laskenta ja PDF

Luontojalanjäljen laskentaa varten tarvittavat elementit ovat: 1) tarkasteltavan asian kulutuksen määrä (esim. euroa, litraa, MWh, kg), 2) luontohaitan ajurin tyyppi ja määrä (esim. ilmastonmuutos tai saasteet), 3) luontohaitan maantieteellinen sijainti (esim. Eurooppa tai Aasia) ja 4) ajurin haitta luonnon monimuotoisuudelle (luontohaitta) (kuva 8).

Laskennan lopputulokseksi saadaan kuinka paljon tietynlainen ajuri aiheuttaa luontohaittaa. Luontohaitan mittarina käytettävä PDF (*potentially disappeared fraction of species*) kuvaa osuutta lajeista, jotka ovat vaarassa kuolla sukupuuttoon globaalisti. Mittari kuvaa siis todennäköistä osuutta lajeista, jotka ovat riskissä kuolla sukupuuttoon, mikäli luontohaitta jatkuu. PDF-yksikön taustalla on laajoja aineistoja ja tutkimuksia lajien levinneisyyksistä ja uhanalaisuudesta sekä lajiryhmien herkkyydestä eri ajureille. [5]

PDF tuottaa useimmissa laskennoissa hyvin pieniä arvoja, mikä johtaa siihen, että luontohaitan merkittävyyttä voi olla haastavaa hahmottaa. Laskenta tarjoaa kuitenkin arvokasta tietoa luonnon kannalta haitallisimpien kategorioiden tunnistamiseen kunnan tai organisaation sisällä sekä eri toimintojen välisen vertailun. [5]



Kuva 8: Kaaviokuva Ecoinvent-tietokannan ja LC-IMPACT-tietokannan yhdistämisestä luontohaitan (PDF) laskemiseksi. Kuva Peura, M. et al. [5] mukailten.

4. Vantaan luontojalanjälki

Luontojalanjäljen laskenta on tehty sekä alueellisella että kuntaorganisaatiokohtaisella tasolla. Osittain päällekkäisten laskentojen tulokset on esitetty toisistaan erillisinä, eikä niitä tule tarkastella yhdistetysti. Kuntaorganisaatiokohtaisen laskennan tuloksia on tarkasteltu kappaleessa 5.

Laskenta on tehty kahta eri järjestelmämallia (cut-off ja APOS) hyödyntäen. Järjestelmämallit eroavat toisistaan siinä, miten niissä tarkastellaan jätteenkäsittelystä ja kierrätettävien materiaalien hyödyntämisestä aiheutuvia vaikutuksia (katso kappale 3.2.) Luontojalanjäljen tulokset on lisäksi esitetty lyhyen aikavälin (100 vuotta) sekä pitkän aikavälin (≥ 1000 vuotta) tuloksina (liite 2). Luontojalanjäljen laskenta on toteutettu nyt ensimmäistä kertaa koko kunnan alueelle. Aiheutuvien vaikutusten ja niiden luonteen ymmärtämiseksi laskenta on toteutettu kahta eri järjestelmämallia hyödyntäen ja tulokset on esitetty sekä lyhyen että pitkän aikavälin tuloksina.

Alueellinen luontojalanjälki vuonna 2022 on esitetty taulukossa 1. Luontojalanjälki on esitetty eri järjestelmämallien mukaisesti laskettuna ja vaikutukset on esitetty sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä. Luontojalanjälki jakautuu 12 eri ekosysteemihahtaan. Asukaskohtainen luontojalanjälki on esitetty taulukossa 2. Luontojalanjäljen jakautuminen kategorioittain (sähkö, kaukolämpö, erillislämmitys, muu öljy ja polttoaineet, liikenteen polttoaineet, rakentaminen, elintarvikkeet) eri ekosysteemihahtoilta on esitetty kuvassa 9. Luontojalanjäljen laskennan tuloksissa käytetyt yksiköt ja niiden määritelmät on esitetty liitteessä 3.

Luontojalanjälkeä vastaava hiilijalanjälkivaikutus kokonaistuloksena (ilmastonmuutos –*climate change*) sekä jaettuna biogeenisiin, fossiilisiin ja maankäytön vaikutuksiin on esitetty taulukossa 3. Biogeeniset vaikutukset ottavat huomioon yksinomaan ei-fossiilisesta, muusta kuin maankäytön tai maankäytön muutoksen lähteestä peräisin olevat metaanipäästöt, fossiiliset päästöt ottavat huomioon yksinomaan fossiiliset päästöt ja maankäytön päästöt yksinomaan maankäytöstä ja sen muutoksista aiheutuvat päästöt. [7] Hiilijalanjälkivaikutuksen jakautuminen eri ekosysteemihahtojen osalta on esitetty kuvassa 10 GWP-vaikutusten perusteella. GWP20, GWP100 ja GWP500 kuvaavat ajanjaksoa, jolla hiilijalanjälkivaikutusta on tarkasteltu. [8]

Luontojalanjäljen laskenta on tehty 13 kunnalle. Kuntien asukaslukuun suhteutettujen tulosten minimi ja maksimiarvot sekä keskiarvot eri ekosysteemihahtoilta on esitetty liitteessä 4. Taulukko mahdollistaa kunnan luontojalanjäljen vertailun muiden kuntien vastaaviin tuloksiin.

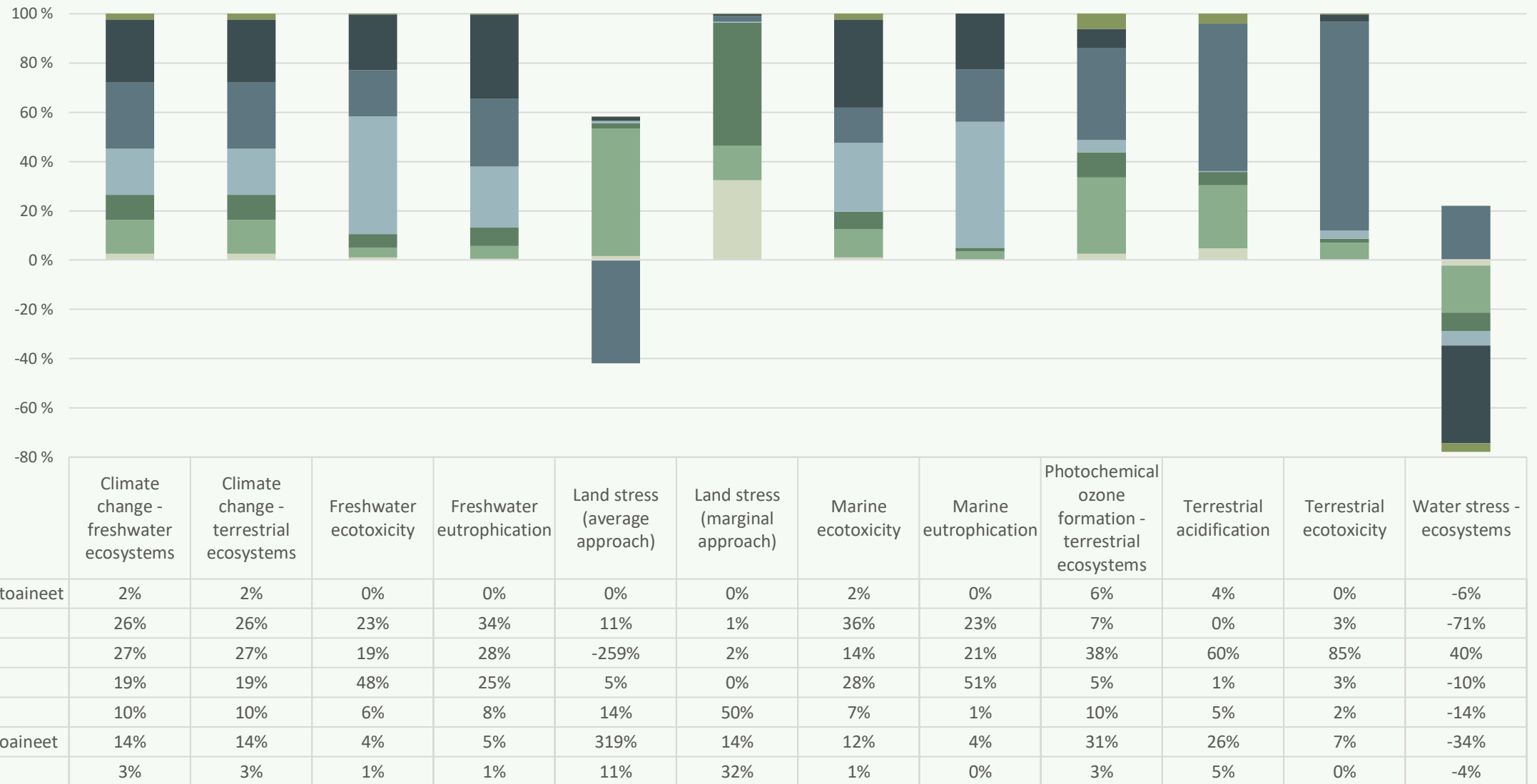
Luontojalanjäljen laskenta on uusi menetelmä, joka vaatii edelleen jatkokehitystä. Laskentaan liittyviä keskeisiä oletuksia ja epävarmuuksia on kuvattu liitteessä 5.

Taulukko 1: Luontojalanjälki laskettuna cut-off ja APOS-järjestelmämallien mukaisesti, esitettynä eri ekosysteemihaitoille lyhyellä (100 vuotta) ja pitkällä aikavälillä (≥ 1000 vuotta).

Ekosysteemihaitta	Yksikkö	Lyhyt aikaväli (100 vuotta)		Pitkä aikaväli (≥ 1000 vuotta)	
		Cut-off	APOS	Cut-off	APOS
Ilmastonmuutos – makean veden ekosysteemit	PDF*y	6,61E-07	7,56E-07	4,68E-06	5,39E-06
Ilmastonmuutos - maaekosysteemit	PDF*y	2,13E-06	2,43E-06	1,51E-05	1,74E-05
Makean veden ekotoksisuus	PDF*m ³ *d	4,94E+10	1,03E+11	5,42E+10	1,13E+11
Makean veden rehevöityminen	PDF*y	7,12E-08	8,73E-08	7,12E-08	8,73E-08
Maaperän stressi (keskimääräinen lähestymistapa)	PDF-eq*y	9,32E-08	1,18E-07	-4,80E-07	-3,99E-07
Maaperän stressi (marginaalinen lähestymistapa)	PDF-eq*y	1,09E-05	1,10E-05	8,75E-06	9,09E-06
Meriekosysteemien ekotoksisuus	PDF*m ³ *d	2,45E+12	2,98E+12	1,05E+14	1,39E+14
Meriekosysteemien rehevöityminen	PDF*y	1,18E-08	3,24E-08	1,18E-08	3,24E-08
Fotokemiallinen otsonin muodostuminen - maaekosysteemit	PDF*y	1,36E-09	1,39E-09	1,36E-09	1,39E-09
Maan happamoituminen	PDF*y	8,37E-08	8,21E-08	8,37E-08	8,21E-08
Maanperän ekotoksisuus	PDF*m ³ *d	1,14E+08	1,18E+08	1,47E+10	1,78E+10
Vesistressi	PDF*y	-4,94E-08	-6,40E-08	-4,94E-08	-6,40E-08

Taulukko 2: Asukaskohtainen luontojalanjälki laskettuna cut-off ja APOS-järjestelmämallien mukaisesti, esitettynä eri ekosysteemihaitoille lyhyellä (100 vuotta) ja pitkällä aikavälillä (≥ 1000 vuotta).

Ekosysteemihaitta	Yksikkö	Lyhyt aikaväli (100 vuotta)		Pitkä aikaväli (≥ 1000 vuotta)	
		Cut-off	APOS	Cut-off	APOS
Ilmastonmuutos – makean veden ekosysteemit	PDF*y	2,72E-12	3,11E-12	1,93E-11	2,22E-11
Ilmastonmuutos - maaekosysteemit	PDF*y	8,76E-12	1,00E-11	6,21E-11	7,16E-11
Makean veden ekotoksisuus	PDF*m ³ *d	2,03E+05	4,24E+05	2,23E+05	4,66E+05
Makean veden rehevöityminen	PDF*y	2,93E-13	3,60E-13	2,93E-13	3,60E-13
Maaperän stressi (keskimääräinen lähestymistapa)	PDF-eq*y	3,84E-13	4,86E-13	-1,98E-12	-1,64E-12
Maaperän stressi (marginaalinen lähestymistapa)	PDF-eq*y	4,47E-11	4,52E-11	3,60E-11	3,74E-11
Meriekosysteemien ekotoksisuus	PDF*m ³ *d	1,01E+07	1,23E+07	4,31E+08	5,74E+08
Meriekosysteemien rehevöityminen	PDF*y	4,86E-14	1,34E-13	4,86E-14	1,34E-13
Fotokemiallinen otsonin muodostuminen - maaekosysteemit	PDF*y	5,60E-15	5,73E-15	5,60E-15	5,73E-15
Maan happamoituminen	PDF*y	3,45E-13	3,38E-13	3,45E-13	3,38E-13
Maanperän ekotoksisuus	PDF*m ³ *d	4,71E+02	4,87E+02	6,07E+04	7,35E+04
Vesistressi	PDF*y	-2,03E-13	-2,64E-13	-2,03E-13	-2,64E-13



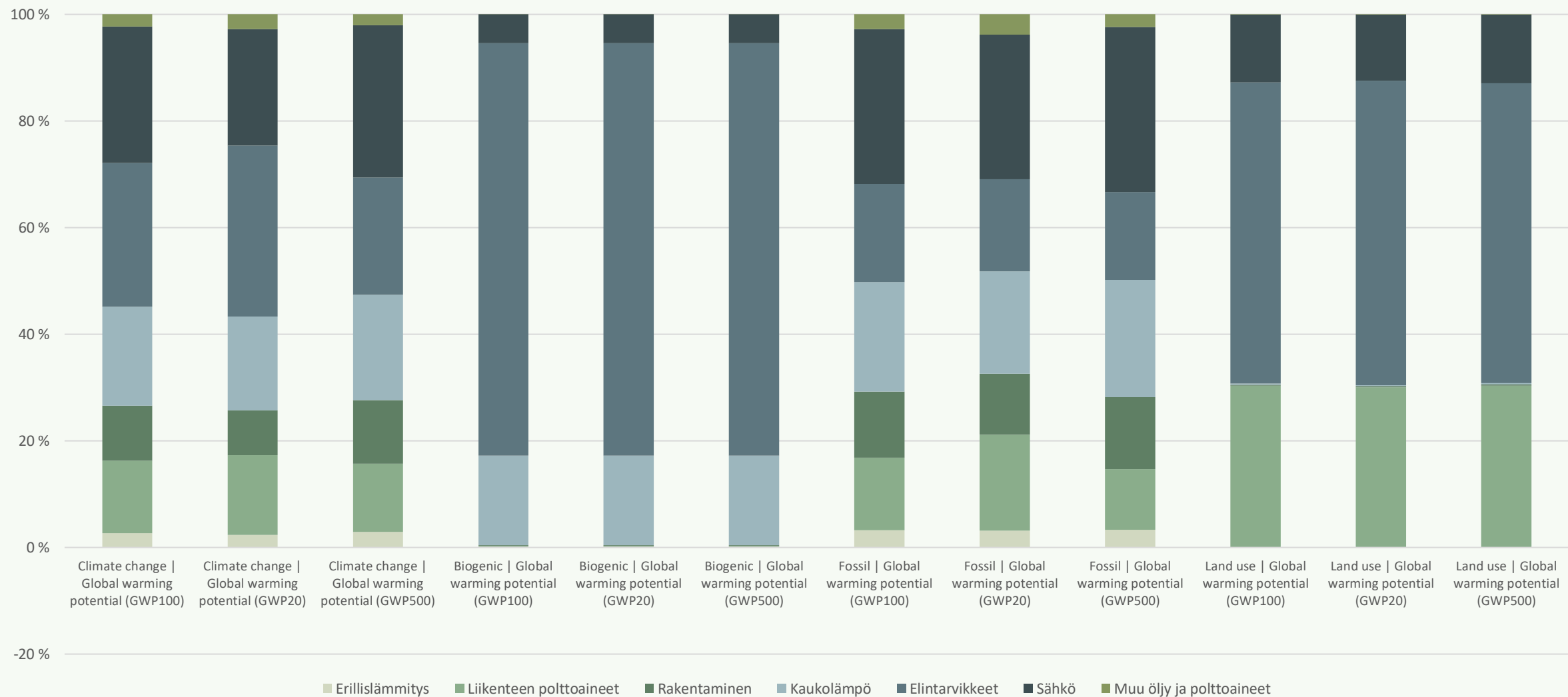
Kuva 9: Luontojalanjäljen jakautuminen kategorioittain (sähkö, kaukolämpö, erillislämmitys, muu öljy ja polttoaineet, liikenteen polttoaineet, rakentaminen, elintarvikkeet) eri ekosysteemihaitoille.

Taulukko 3: Luontojalanjälkeä vastaava hiilijalanjälkivaikutus yhteensä (taulukossa ilmastonmuutos) sekä jaettuna biogeenisiin, fossiilisiin ja maankäytön päästöihin. (GTP = Global temperature potential, GWP = Global warming potential)

Vaikutusluokka	Impact category	Unit	IPCC 2021 CUT-OFF	IPCC 2021 APOS
Ilmastonmuutos (GTP100)	Climate change (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,02E+09	1,17E+09
Ilmastonmuutos (GTP50)	Climate change (GTP50)	kg/ CO ₂ -Eq	1,08E+09	1,24E+09
Ilmastonmuutos (GWP100)	Climate change (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,21E+09	1,38E+09
Ilmastonmuutos (GWP20)	Climate change (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	1,62E+09	1,85E+09
Ilmastonmuutos (GWP500)	Climate change (GWP500)	kg/ CO ₂ -Eq	1,01E+09	1,16E+09
Biogeeninen (GTP100)	Biogenic (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,83E+07	2,25E+07
Biogeeninen (GTP50)	Biogenic (GTP50)	kg/ CO ₂ -Eq	4,04E+07	4,97E+07
Biogeeninen (GWP100)	Biogenic (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,05E+08	1,29E+08
Biogeeninen (GWP20)	Biogenic (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	3,10E+08	3,81E+08
Biogeeninen (GWP500)	Biogenic (GWP500)	kg/ CO ₂ -Eq	2,80E+07	3,44E+07
Biogeeninen, sisältäen SLCF (GTP100)	Biogenic, including SLCFs (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,89E+07	2,32E+07
Biogeeninen, sisältäen SLCF (GWP100)	Biogenic, including SLCFs (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,09E+08	1,34E+08
Biogeeninen, sisältäen SLCF (GWP20)	Biogenic, including SLCFs (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	3,22E+08	3,95E+08
Fossiilinen (GTP100)	Fossil (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	9,15E+08	1,04E+09
Fossiilinen (GTP50)	Fossil (GTP50)	kg/ CO ₂ -Eq	9,56E+08	1,08E+09
Fossiilinen (GWP100)	Fossil (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,01E+09	1,14E+09
Fossiilinen (GWP20)	Fossil (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	1,22E+09	1,36E+09
Fossiilinen (GWP500)	Fossil (GWP500)	kg/ CO ₂ -Eq	8,91E+08	1,02E+09
Fossiilinen, sisältäen SLCF (GTP100)	Fossil, including SLCFs (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	9,18E+08	1,04E+09
Fossiilinen, sisältäen SLCF (GWP100)	Fossil, including SLCFs (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,02E+09	1,15E+09
Fossiilinen, sisältäen SLCF (GWP20)	Fossil, including SLCFs (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	1,23E+09	1,37E+09

Taulukko 3 (jatkuu): Luontojalanjälkeä vastaava hiilijalanjälkivaikutus yhteensä (taulukossa ilmastonmuutos) sekä jaettuna biogeenisiin, fossiilisiin ja maankäytön päästöihin. (GTP = Global temperature potential, GWP = Global warming potential)

Vaikutusluokka	Impact category	Unit	IPCC 2021 CUT-OFF	IPCC 2021 APOS
Ilmastonmuutos: sisältäen SLCF (GTP100)	Climate change: including SLCFs (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,02E+09	1,17E+09
Ilmastonmuutos: sisältäen SLCF (GWP100)	Climate change: including SLCFs (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	1,22E+09	1,40E+09
Ilmastonmuutos: sisältäen SLCF (GWP20)	Climate change: including SLCFs (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	1,65E+09	1,89E+09
Maankäyttö (GTP100)	Land use (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	8,68E+07	1,06E+08
Maankäyttö (GTP50)	Land use (GTP50)	kg/ CO ₂ -Eq	8,70E+07	1,07E+08
Maankäyttö (GWP100)	Land use (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	8,76E+07	1,08E+08
Maankäyttö (GWP20)	Land use (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	8,95E+07	1,11E+08
Maankäyttö (GWP500)	Land use (GWP500)	kg/ CO ₂ -Eq	8,69E+07	1,07E+08
Maankäyttö, sisältäen SLCF (GTP100)	Land use, including SLCFs (GTP100)	kg/ CO ₂ -Eq	8,79E+07	1,08E+08
Maankäyttö, sisältäen SLCF (GWP100)	Land use, including SLCFs (GWP100)	kg/ CO ₂ -Eq	8,98E+07	1,12E+08
Maankäyttö, sisältäen SLCF (GWP20)	Land use, including SLCFs (GWP20)	kg/ CO ₂ -Eq	9,46E+07	1,19E+08



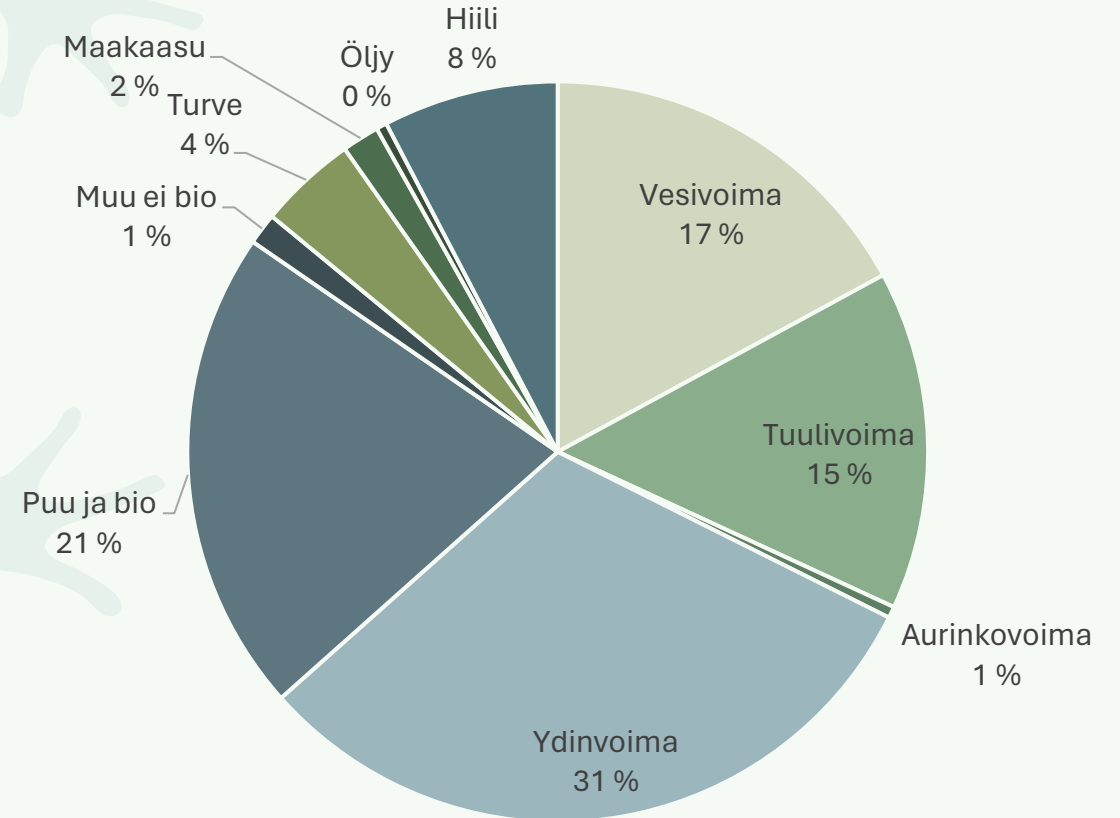
Kuva 10: Hiilijalanjälkivaikutuksen jakautuminen eri ekosysteemihaitoille GWP-vaikutuksen (global warming potential) perusteella esitettynä.

4.1. Sähkö

Sähkö sisältää kunnan alueella kulutetun sähköenergian. Käytetty sähkö on saatu Energiateollisuus ry:n tilastosta. Laskennassa on oletettu, että kulutettu sähkö on Suomessa keskimäärin tuotettua sähköä (kuva 11). Sähkön tuotantojakauma vuonna 2022 on laskettu Energiateollisuus ry:n tietoihin perustuen.

Sähkönkulutuksen aiheuttaman luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaitan osalta on esitetty kuvassa 9.

Sähkönkulutus ja tästä aiheutuva luontojalanjälki jakautuvat eri käyttäjäryhmille seuraavasti: asuminen ja maatalous 36%, palvelut ja rakentaminen 51 % sekä teollisuus 13 %.

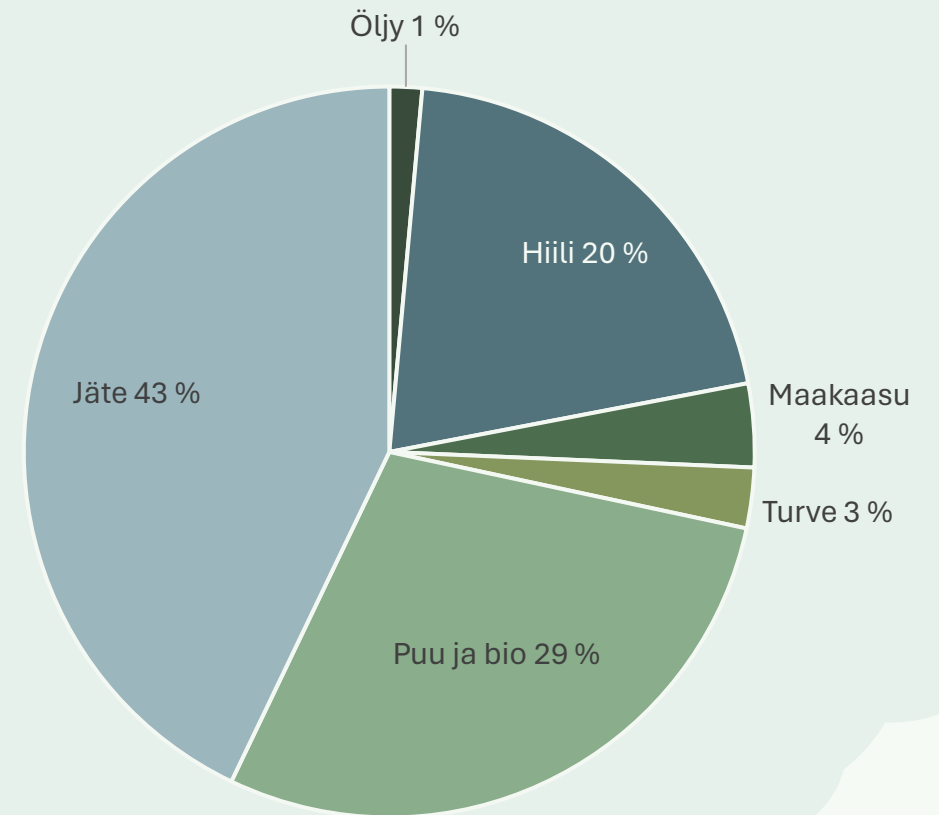


Kuva 11: Luontojalanjäljen laskennassa käytetty sähköntuotannon polttoainejakauma 2022.

4.2. Kaukolämpö

Kaukolämpö sisältää kunnan alueella kulutetun kaukolämmön ottaen huomioon lämmön ostot ja myynnit kuntarajojen yli. Luontojalanjäljen laskenta perustuu kaukolämmön tuotannossa käytettyihin polttoaineisiin ja näiden määriin. Nämä tiedot on saatu Energiateollisuus ry:n tuottamasta kaukolämpötilastosta. Kaukolämmön polttoainejakauma on esitetty kuvassa 12.

Kaukolämmön kulutuksen aiheuttaman luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaitan osalta on esitetty kuvassa 9.



Kuva 12: Luontojalanjäljen laskennassa käytetty kaukolämmön polttoainejakauma 2022.

4.3. Erillislämmitys

Erillislämmitys sisältää kunnan alueella kulutetut erillislämmityksen polttoaineet (öljy, puu ja joidenkin kuntien osalta maakaasu). Luontojalanjäljen laskennassa hyödynnetyt eri polttoaineiden määrät on laskettu Sitowisen tuottamalla CO2-raportin laskentamenetelmällä. Erillislämmityksen polttoaineiden jakauma on esitetty taulukossa 4.

Erillislämmityksen aiheuttaman luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaitan osalta on esitetty kuvassa 9.

Taulukko 4: Erillislämmityksen polttoaineiden jakauma vuonna 2022. (Lähde: CO2-raportti)

Polttoaine	Osuus, %
Öljy	44
Maakaasu	0
Puu	56

4.4. Muu öljy ja polttoaineet

Muu öljy ja polttoaineet –kategoria sisältää muut kuin kaukolämmön tuotannossa, erillislämmityksessä tai liikenteessä käytetyt polttoaineet. Nämä tiedot on saatu Suomen ympäristökeskuksen YLVA-järjestelmästä. Tiedot vaihtelevat kunnittain merkittävästi riippuen kuntaan sijoittuvasta teollisuudesta.

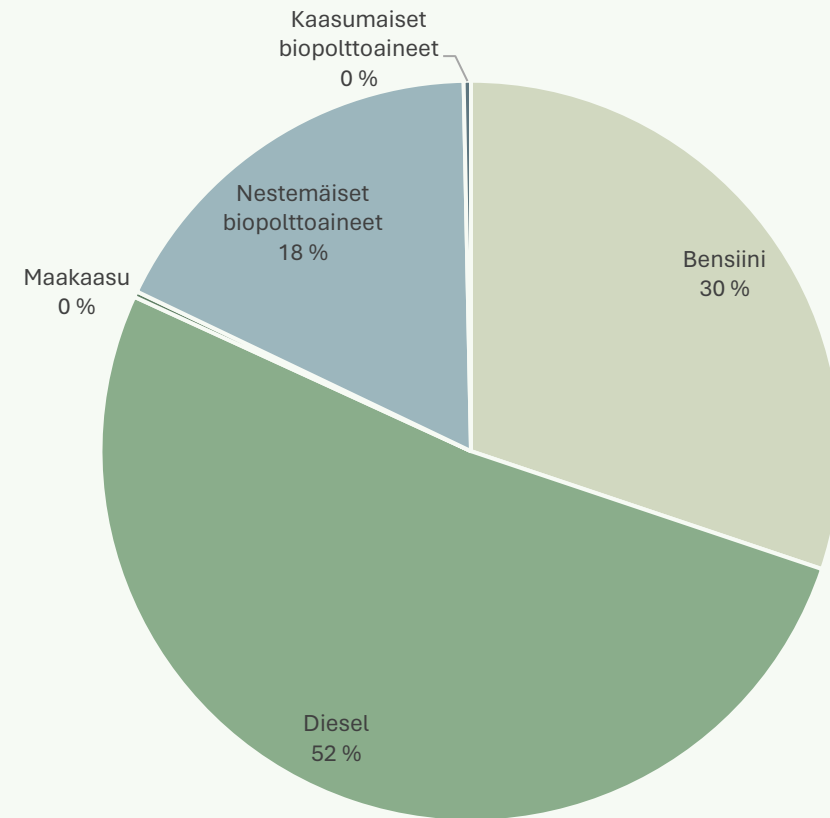
Muun öljyn ja polttoaineiden aiheuttaman luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaitan osalta on esitetty kuvassa 9.

4.5. Liikenteen polttoaineet

Liikenteen polttoaineisiin sisältyvät kunnan maantieteellisellä alueella tapahtuvan liikenteen polttoaineet. Liikenteen polttoaineet jakautuvat bensiiniin, dieseliin, maakaasuun, nestemäisiin biopolttoaineisiin (uusiutuva diesel) sekä kaasumaisiin biopolttoaineisiin (biokaasu).

Tiedot liikenteen polttoaineista on saatu VTT:n Lipasto-järjestelmän Liisamallista. Liikenteen polttoaineiden jakauma on peräisin Suomen maaraportista YK:n ilmastopöytäkirjalle (kuva 13).

Liikenteen polttoaineiden aiheuttaman luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaitan osalta on esitetty kuvassa 9.



Kuva 13: Luontojalanjäljen laskennassa käytetty liikenteen polttoaineiden jakauma.

4.6. Rakentaminen

Rakentamisen luontojalanjäljen laskenta sisältää kunnan alueelle tarkastellun vuoden 2022 aikana rakennetut uudet rakennukset. Laskenta perustuu arvioon eri rakennusmateriaalien (puu, betoni, tiili, teräs) määristä.

Tiedot uusista rakennuksista, niiden käyttötarkoituksesta ja kerrosalasta on saatu Tilastokeskuksen tilastosta. Rakennustyyppikohtaiset arviot käytetyistä rakennusmateriaalien määristä perustuvat Sitowisen tuottamaan asiantuntija-arvioon, joka pohjautuu yrityksessä toteutettuihin todellisiin suunnittelutöihin. Rakennuskohtaiset erot ovat kuitenkin suuria, joten arviot sisältävät kuntatasolla tarkasteltuna merkittäviä epävarmuuksia, mutta tarjoavat laskennassa käsityksen luontojalanjäljen suuruusluokasta suhteessa muihin tarkasteltuihin kategorioihin. Arvio vuonna 2022 uusien rakennusten rakentamiseen käytetyistä rakennusmateriaaleista on esitetty taulukossa 5.

Uusien rakennusten rakentamisesta aiheutuneen luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaikan osalta on esitetty kuvassa 9.

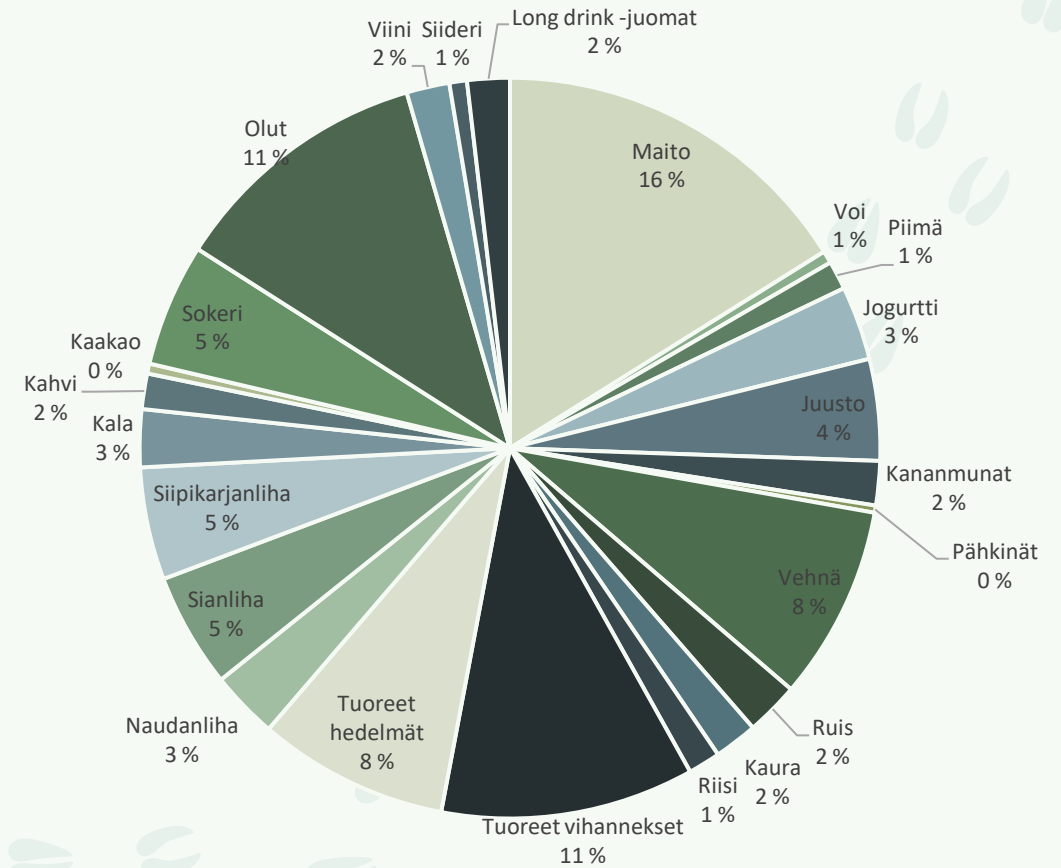
Taulukko 5: Arvio vuonna 2022 rakennettujen uusien rakennusten rakentamisessa käytettyjen rakennusmateriaalien määristä rakennustyypeittäin.

Rakennusmateriaali, kg	Betoni	Tiili	Teräs	Puu
Asuinrakennukset	585679500	8367350	4649209	11498931
Julkiset palvelurakennukset	20853700	609960	403138	1079371
Liike- ja toimistorakennukset	88957800	1294010	1270424	464501
Maatalousrakennukset ja eläinsuojat	0	0	0	0
Muut rakennukset	6480440	119860	68363	468991
Teollisuus- ja varastorakennukset	256484500	3864050	4951023	2491023
Vapaa-ajan asuinrakennukset	10200	170	136	6800
Yhteensä	958466140	14255400	11342293	16009617

4.7. Elintarvikkeet

Elintarvikkeet-kategoriaan sisältyvät kunnan alueella kulutetut elintarvikkeet. Laskenta pohjautuu Tilastokeskuksen tilastoon suomalaisten keskimääräisestä elintarvikkeiden kulutuksesta henkeä kohti vuodelta 2022. Suomalaisten elintarvikkeiden kulutuksen arvioidaan olevan hyvin samankaltainen koko maassa, joten keskiarvoa on hyödynnetty kaikkien kuntien osalta. Elintarvikkeiden kulutuksen jakautuminen elintarvikeryhmittäin on esitetty kuvassa 14.

Elintarvikkeiden luontojalanjäljen osuus kunkin ekosysteemihaitan osalta on esitetty kuvassa 9. Luontojalanjälkivaikutus elintarvikeryhmittäin eri ekosysteemihaitoille jaettuna on esitetty taulukossa 6.



Kuva 14: Luontojalanjäljen laskennassa käytetty elintarvikkeiden jakauma jaoteltuna painon (kg) mukaan.

Taulukko 6: Luontojalanjälkivaikutus elintarvikeryhmittäin eri ekosysteemihaioille jaettuna ja APOS –systeemimallilla mallinnettuna. (Taulukossa IM = ilmastonmuutos, MV = makean veden, MES = meriekosysteemi, FK = fotokemiallinen, * = keskimääräinen lähestymistapa ** = marginaalinen lähestymistapa)

Elintarvikeryhmä	Paino	IM – MV eko- systeemit	IM – maaeko- systeemit	MV eko- toksisuus	MV rehev- öityminen	Maaperän stressi*	Maaperän stressi **	MES eko- toksisuus	MES rehev- öityminen	FK otsonin muodos- tuminen	Maan happamoituminen	Maanperän eko- toksisuus	Vesistressi
Maito	16,3 %	10,0 %	10,0 %	9,9 %	4,6 %	-53,3 %	-63,9 %	7,0 %	5,0 %	7,3 %	9,1 %	3,0 %	-44,2 %
Voi	0,5 %	1,4 %	1,4 %	2,2 %	0,8 %	-6,9 %	-15,7 %	1,3 %	0,7 %	1,0 %	1,3 %	0,4 %	-6,0 %
Piimä	1,3 %	1,5 %	1,5 %	2,2 %	0,8 %	-7,0 %	-16,1 %	1,3 %	0,7 %	1,0 %	1,4 %	0,4 %	-6,1 %
Jogurtti	3,3 %	2,3 %	2,3 %	3,3 %	1,4 %	-10,0 %	-22,2 %	2,3 %	1,0 %	1,8 %	2,2 %	0,7 %	-8,9 %
Juusto	4,5 %	20,9 %	20,9 %	26,4 %	10,8 %	-100,0 %	-234,0 %	18,0 %	9,4 %	14,7 %	19,2 %	5,7 %	-94,2 %
Kananmunat	1,9 %	1,0 %	1,0 %	0,5 %	0,6 %	0,2 %	1,8 %	0,7 %	1,0 %	0,5 %	1,2 %	0,3 %	2,0 %
Pähkinät	0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,0 %	0,3 %	0,1 %	0,2 %	0,1 %	0,3 %	0,0 %	2,4 %
Vehnä	8,6 %	4,0 %	4,0 %	5,3 %	39,8 %	0,5 %	8,6 %	28,6 %	2,8 %	2,8 %	4,6 %	1,1 %	67,8 %
Ruis	2,4 %	0,6 %	0,6 %	1,1 %	0,6 %	23,4 %	85,2 %	0,6 %	1,4 %	0,5 %	0,8 %	0,3 %	9,5 %
Kaura	1,9 %	0,5 %	0,5 %	0,7 %	0,5 %	0,0 %	0,2 %	0,5 %	41,1 %	0,1 %	0,0 %	0,1 %	0,6 %
Riisi	1,4 %	0,7 %	0,7 %	0,7 %	0,5 %	0,1 %	1,3 %	0,4 %	0,5 %	0,2 %	0,5 %	0,1 %	31,8 %
Tuoreet vihannekset	11,2 %	1,4 %	1,4 %	2,9 %	2,6 %	0,0 %	3,6 %	1,8 %	1,2 %	2,3 %	2,8 %	9,4 %	32,5 %
Tuoreet hedelmät	8,4 %	0,5 %	0,5 %	2,1 %	3,3 %	0,6 %	28,2 %	1,0 %	1,1 %	0,5 %	0,6 %	0,5 %	73,8 %
Naudanliha	3,0 %	21,3 %	21,3 %	2,0 %	3,5 %	41,2 %	143,0 %	2,4 %	14,9 %	0,7 %	5,5 %	70,6 %	-1,8 %
Sianliha	5,1 %	16,7 %	16,7 %	20,2 %	11,5 %	4,1 %	59,9 %	18,9 %	7,2 %	14,4 %	17,9 %	3,8 %	-8,6 %
Siipikarja	5,0 %	5,1 %	5,1 %	2,5 %	3,2 %	0,9 %	9,3 %	3,5 %	5,1 %	2,4 %	6,0 %	1,3 %	10,2 %
Kala	2,5 %	2,7 %	2,7 %	1,1 %	0,2 %	0,0 %	0,6 %	1,5 %	0,0 %	45,8 %	16,7 %	0,1 %	-1,7 %
Kahvi	1,6 %	3,7 %	3,7 %	4,9 %	2,7 %	0,3 %	80,9 %	2,6 %	4,1 %	1,8 %	5,1 %	1,8 %	0,0 %
Kaakao	0,4 %	1,8 %	1,8 %	2,6 %	8,5 %	1,2 %	3,5 %	0,6 %	0,4 %	0,1 %	0,0 %	0,1 %	14,2 %
Sokeri	5,4 %	1,2 %	1,2 %	1,5 %	1,2 %	0,0 %	2,7 %	2,0 %	1,0 %	0,7 %	2,4 %	0,0 %	7,6 %
Olut	11,6 %	1,8 %	1,8 %	5,9 %	2,1 %	0,0 %	3,8 %	4,0 %	1,1 %	1,0 %	2,0 %	0,2 %	11,9 %
Siideri	0,8 %	0,1 %	0,1 %	0,4 %	0,1 %	0,0 %	1,0 %	0,2 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %	0,6 %
Long drink –juomat	1,9 %	0,3 %	0,3 %	1,0 %	0,3 %	0,0 %	1,5 %	0,6 %	0,1 %	0,2 %	0,4 %	0,0 %	0,7 %
Lammas	0,1 %	0,3 %	0,3 %	0,1 %	0,1 %	4,8 %	15,9 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,8 %
Ohra	0,7 %	0,1 %	0,1 %	0,2 %	0,1 %	0,0 %	0,3 %	0,1 %	0,2 %	0,1 %	0,2 %	0,0 %	5,1 %

5. Kuntaorganisaation hankintojen luontojalanjälki

Koko kaupungin alueen laskennan lisäksi luontojalanjälkeä tarkasteltiin myös kuntaorganisaation hankintojen osalta. Laskennan lähtötietona hyödynnettiin Valtiokonttorin ostolaskudataa. Käytetyn lähtötietodatan luonteen vuoksi hyödynnetty laskentamenetelmä eroaa alueellisessa laskennassa käytetystä menetelmästä. Kuntaorganisaation laskennan malli on rakennettu EXIOBASE 3.8.2 –tietokannalla ja vaikutustenarvioinnit on toteutettu Eco-Indicator 99 [9] ja CML-2001 [10] vaikutustenarviointimenetelmiä hyödyntäen.

Kuntaorganisaation luontojalanjälki sekä hiilijalanjälki on esitetty taulukossa 7. Luonnolle aiheutuvien haittavaikutusten maantieteellinen kohdentuminen toksisuuden sekä happamoitumisen ja rehevöitymisen yhteisvaikutusten osalta on esitetty kuvissa 15 ja 16. Haittojen maantieteellistä kohdentumista tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että EXIOBASE-tietokanta on vuodelta 2019, eli ajalta ennen koronapandemiaa ja Venäjän käynnistämää hyökkäyssotaa.

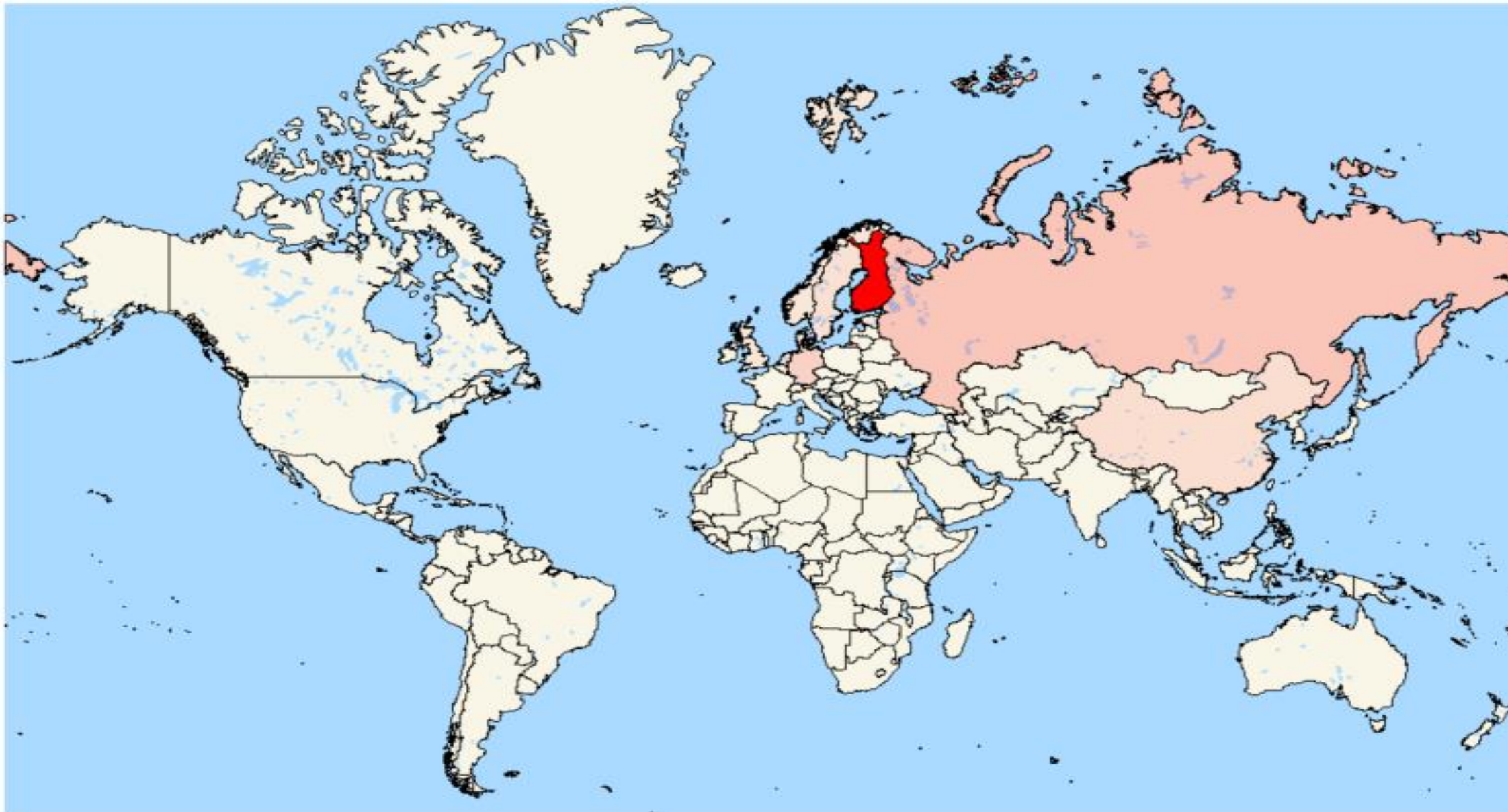
Laskenta sisältää merkittäviä epävarmuuksia johtuen sekä käytettävissä olevasta lähtötietodatasta että EXIOBASE-tietokannan tarjoamista elinkaariarvioinnin malleista. Lähtötietojen sekä EXIOBASE-tietokannan yhteensopivuutta ja arvion laatua on arvioitu laskettujen kategorioiden osalta taulukossa 8.

Taulukko 7: Kuntaorganisaation luontojalanjälki ja hiilijalanjälki vuonna 2022 ostolaskudataan perustuen.

	Vaikutus	Yksikkö
Toksisuuden aiheuttamat haitat ekosysteemien laadulle	7568234	PDF*m ² *yr
Happamoitumisen ja rehevöitymisen aiheuttamat haitat ekosysteemien laadulle	2085633	PDF*m ² *yr
Ilmastonmuutos (GWP100, CML 2001), kuntaorganisaatio	7,61E+07	kg CO ₂ eq.
Ilmastonmuutos (GWP100, IPCC 2021), kuntaorganisaatio	7,75E+07	kg CO ₂ eq.
Ilmastonmuutos (GWP100, IPCC 2021), alueellinen	1,38E+09	kg CO ₂ eq.
Kuntaorganisaation osuus alueellisista päästöistä (GWP100, IPCC 2021)	5,6	%



Kuva 15: Toksisuuden aiheuttamat haitat ekosysteemien laadulle ja haittojen maantieteellinen kohdentuminen.



Kuva 16: Happamoitumisen ja rehevöitymisen aiheuttamat haitat ekosysteemien laadulle ja haittojen maantieteellinen kohdentuminen.

Taulukko 8: Arvio laskennassa käytettyjen lähtötietojen sekä EXIOBASE-tietokannan tarjoaminen vaikutusarviointikerrointen yhteensopivuudesta ja laskentaan liittyvien epävarmuuksien tasosta.

Kulutushyödykeryhmä	Arvio laskentaan liittyvien epävarmuuksien tasosta	Kulutushyödykeryhmä	Arvio laskentaan liittyvien epävarmuuksien tasosta
Toimistopalvelut	○○○	Osuus verotuskustannuksiin	○
ICT-palvelut	○○○	Muut yhteistoimintaosuudet	○
Rahoitus- ja pankkipalvelut	○○○	Muut palvelut	○
Painatukset, ilmoitukset ja markkinointi	○○○	Toimisto- ja koulutarvikkeet	○○
Posti- ja kuriiripalvelut	○○	Kirjallisuus	○○
Vakuutukset	○○○	Vaatteisto	○○○
Puhtaanapito- ja pesulapalvelut	○	Lääkkeet	○
Rakennusten ja alueiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	○○○	Puhdistusaineet- ja tarvikkeet	○
Koneiden, kaluston ja laitteiden rakentamis- ja kunnossapitopalvelut	○○	Vesi	○○○○
Sosiaali- ja terveyspalvelut	○○○	Kalusto	○○
Koulutus- ja kulttuuripalvelut	○○○	Muu materiaali	○
Työvoiman vuokraus	○		

○ = Erittäin merkittäviä epävarmuuksia ○○○ = Epävarmuuksia ○○○○○ = Kohtalainen varmuustaso
○○ = Merkittäviä epävarmuuksia ○○○○ = Jonkin verran epävarmuuksia

Lähdeluettelo

- [1] Luontopaneeli, 2019. Globaali arviointiraportti biodiversiteetistä ja ekosysteemipalveluista – Yhteenveto päättäjille. Saatavilla: <https://www.syke.fi/download/noname/%7B1FCCF1C5-8E06-4C84-9ABC-86FE2FF37444%7D/146458> (Viitattu toukokuu 2024)
- [2] Hyvärinen, E., Justén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/lajien-monimuotoisuus/lajien-uhanalaisuuden-arviointi> (Viitattu toukokuu 2024)
- [3] Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut [verkkójulkaisu]. Viiteajankohta: 2022. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavilla: <https://stat.fi/julkaisu/cl8d190lnb47r0bvvg344apf0> (Viitattu 6.5.2024)
- [4] Sitra, 2023. Luontojalanjälki voidaan jo laskea – miten se tehdään? Saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/luontojalanjalki-voidaan-jo-laskea/> (Viitattu toukokuu 2024)
- [5] Peura, M., El Geneidy, S., Pokkinen, K., Vainio, V., Kotiaho, J.S. 2023. Väliraportti: S-ryhmän luontojalanjälki. Saatavilla: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/86831> (Viitattu toukokuu 2024)
- [6] Ecoinvent support, Knowledge Base, System Models. Saatavilla: <https://support.ecoinvent.org/system-models> (Viitattu toukokuu 2024)
- [7] Earthster, IPCC 2021 impact categories. Saatavilla: <https://docs.earthster.org/en/articles/8529513-ipcc-2021-impact-categories> (Viitattu toukokuu 2024)
- [8] Verones, F., Huijbregts, M.A.J., et al. 2020. LC-IMPACT Version 1.0 – A spatially differentiated life cycle assessment approach. Saatavilla: https://lc-impact.eu/doc/LC-IMPACT_Overall_report_20201113.pdf (Viitattu toukokuu 2024)
- [9] Goedkoop, M., Spriensma, E., et al. 2001. The Eco-indicator 99 – A damage oriented method for Life Cycle Impact assessment. Saatavilla https://pre-sustainability.com/files/2013/10/EI99_methodology_v3.pdf (Viitattu toukokuu 2024)
- [10] CML - Department of Industrial Ecology. 2016. CML-IA Characterisation Factors. Saatavilla: <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors> (Viitattu toukokuu 2024)
- [11] LC-Impact, Methodology framework paper. Saatavilla: <https://lc-impact.eu/index.html> (Viitattu toukokuu 2024)
- [12] Serafini S. & Ciroth A. 2024. LC-Impact method documentation. Saatavilla: <https://nexus.openlca.org/ws/files/34734> (Viitattu toukokuu 2024)
- [13] 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. Saatavilla: https://www.tampere.fi/sites/default/files/2024-01/JYU_Reports_34.pdf (Viitattu toukokuu 2024)

Liite 1. Lähtötiedot ja lähteet

Taulukko 9: Laskennassa hyödynnetyt lähtötiedot ja niiden lähteet.

Lähtötiedot, alueellinen laskenta	Lähde
Kunnan alueella kulutettu sähköenergia	Energiateollisuus, Tilastot, Sähkötalastot, Sähköntuotanto ja -käyttö Saatavilla: https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto-ja-kaytto/ (Viitattu huhtikuu 2024)
Sähköntuotannon jakauma	Energiateollisuus, Tilastot, Sähkötalastot, Sähköntuotanto ja -käyttö Saatavilla: https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto-ja-kaytto/ (Viitattu huhtikuu 2024)
Kunnan alueella kulutettu kaukolämpö	Energiateollisuus, Tilastot, Kaukolämpötilastot Saatavilla: https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilastot/ (Viitattu huhtikuu 2024)
Kunnan alueella kulutetut erillislämmityksen polttoaineet (öljy, maakaasu, puu)	Kuntien ja kaupunkien päästölaskentapalvelu, CO2-raportti, https://www.sitowise.com/fi/co2-raportti (energiankulutustietoja ei ole julkaistu kootusti)
Kunnan alueella kulutettu muu öljy ja muut polttoaineet	Tilastokeskus, Polttonesteiden myynti kunnittain (ei julkinen tilasto) Suomen ympäristökeskus, Ympäristönsuojelun valvonnan sähköinen asiointijärjestelmä YLVA (ei julkinen tilasto)
Kunnan alueella kulutetut liikenteen polttoaineet	VTT, Lipasto, Liisa-malli Saatavilla: http://lipasto.vtt.fi/ (Viitattu tammikuu 2024)
Liikenteen polttoaineiden jakautuminen bensiiniin, dieseliin, maakaasuun sekä biopolttoaineisiin	United Nations, Finland National Inventory Report (NIR) 2023 Saatavilla: https://unfccc.int/documents/627718 (Viitattu huhtikuu 2024)
Kunnan alueella rakennetut uudet rakennukset	Tilastokeskus, Rakennusdata 2022 (ei julkinen tilasto)
Kunnan alueella kulutetut elintarvikkeet	Tilastokeskus, Hinnat ja kulutus, Elintarvikkeiden kulutus henkeä kohti Saatavilla: https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk_hinnat.html#kulutustietoja-asukasta-kohti (Viitattu huhtikuu 2024)
Lähtötiedot, kuntaorganisaation laskenta	Lähde
Kuntaorganisaation hankinnat	Valtiokonttori, Tutkihallintoa.fi, Kuntien ja kuntayhtymien talous, Kunnan ja kuntayhtymän neljännesvuosiraportointi Saatavilla: https://www.tutkihallintoa.fi/kunnat/kuntien-ja-kuntayhtymien-talous/kunnan-ja-kuntayhtymän-neljännesvuosiraportointi/kknr-2022q1-raportti-korjatuista-tiedoista/ (Viitattu huhtikuu 2024)

Liite 2. Lyhyt ja pitkä aikaväli (LC-Impact)

Taulukko 10: Kaikki vaikutukset, lyhyt ja pitkä aikaväli. Laskentaan sisällytetyt vaikutukset ja mallinnuksen aikaväli. Käännetty taulukko LC-Impact 1.3 [11].

Vaikutusluokka	Sisällytetyt vaikutukset	
	Lyhyt aikaväli (100* vuotta), kaikki vaikutukset	Pitkä aikaväli (≥ 1000* vuotta) , kaikki vaikutukset
Ilmastonmuutos – makean veden ekosysteemit	Vaikutukset kaloille 42° leveyspiirin alapuolella	Vaikutukset kaloille 42° leveyspiirin alapuolella
Ilmastonmuutos - maaekosysteemit	Kaikki lajit sisällytetty	Kaikki lajit sisällytetty
Makean veden ekotoksisuus	Myrkyllisille kemikaaleille makeassa vedessä altistuneiden osuus	Myrkyllisille kemikaaleille makeassa vedessä altistuneiden osuus. *Aikaväli: loputon.
Makean veden rehevöityminen	Kalalajien määrän väheneminen fosforipäästöjen vuoksi veteen	Kalalajien määrän väheneminen fosforipäästöjen vuoksi veteen. *Aikaväli: ei merkityksellinen.
Maaperän stressi (käyttö)	Kuuden maankäyttötyypin käyttö. *Aikaväli: ei merkityksellinen.	Kuuden maankäyttötyypin käyttö. *Aikaväli: ei merkityksellinen.
Maaperän stressi (muutos)	Kuuden maankäyttötyypin muutos	Kuuden maankäyttötyypin muutos. *Aikaväli: jopa 1200 vuotta ekosysteemistä riippuen.
Meriekosysteemien ekotoksisuus	Myrkyllisille kemikaaleille merivedessä altistuneiden osuus	Myrkyllisille kemikaaleille merivedessä altistuneiden osuus. *Aikaväli: loputon.
Meriekosysteemien rehevöityminen	Hypoksiasta johtuva merieläinlajien rikkauden väheneminen liuenneen epäorgaanisen typen (DIN) päästöjen vuoksi. *Aikaväli: ei merkityksellinen.	Hypoksiasta johtuva merieläinlajien rikkauden väheneminen liuenneen epäorgaanisen typen (DIN) päästöjen vuoksi. *Aikaväli: ei merkityksellinen.
Fotokemiallinen otsonin muodostuminen - maaekosysteemit	Metsä- ja niittykasvilajien tuottavuuden menetys. *Aikaväli: ei merkityksellinen.	Metsä- ja niittykasvilajien tuottavuuden menetys. *Aikaväli: ei merkityksellinen.
Maan happamoituminen	Kasvilajien rikkauden väheneminen tyyppi ja rikkipäästöjen vuoksi. *Aikaväli: ei merkityksellinen.	Kasvilajien rikkauden väheneminen tyyppi ja rikkipäästöjen vuoksi. *Aikaväli: ei merkityksellinen.
Maanperän ekotoksisuus	Myrkyllisille kemikaaleille maaperässä altistuneiden osuus	Myrkyllisille kemikaaleille maaperässä altistuneiden osuus. *Aikaväli: loputon.
Vesistressi	Pinta- ja pohjaveden kulutuksen vaikutukset kosteikkoihin. *Aikaväli: ei merkityksellinen.	Pinta- ja pohjaveden kulutuksen vaikutukset kosteikkoihin. *Aikaväli: ei merkityksellinen.

Liite 3. Luontojalanjäljen yksiköt ja määritelmät

Taulukko 11: Luontojalanjäljen alueellisen laskennan tuloksissa käytetyt yksiköt ja niiden määritelmät LC-Impact menetelmän mukaisesti [12].

Vaikutusluokka	Vertailuyksikkö	Suojelun alue
Ilmastonmuutos – makean veden ekosysteemit	PDF*v/kg	Ekosysteemin laatu
Ilmastonmuutos - maaekosysteemit	PDF*/kg	Ekosysteemin laatu
Makean veden ekotoksisuus	PDF*m3 *d/kg	Ekosysteemin laatu
Makean veden rehevöityminen	PDF*y/kg	Ekosysteemin laatu
Maaperän stressi (käyttö)	PDF-eq*y/m2*a (pinta-alan käyttö virtaukset) PDF-ep*y/m2 (pinta-alan muutos virtaukset)	Ekosysteemin laatu
Maaperän stressi (muutos)	PDF-eq*y/m2*a (pinta-alan käyttö virtaukset) PDF-ep*y/m2 (pinta-alan muutos virtaukset)	Ekosysteemin laatu
Meriekosysteemien ekotoksisuus	PDF*m3 *d/kg	Ekosysteemin laatu
Meriekosysteemien rehevöityminen	PDF*y/kg	Ekosysteemin laatu
Fotokemiallinen otsonin muodostuminen - maaekosysteemit	PDF*y/kg	Ekosysteemin laatu
Maan happamoituminen	PDF*y/kg	Ekosysteemin laatu
Maanperän ekotoksisuus	PDF*m3 *d/kg	Ekosysteemin laatu
Vesistressi	PDF*y/kg	Ekosysteemin laatu

Vertailuyksiköt ovat seuraavat:

- PDF*vuosi: Mahdollisesti kadonnut osuus lajeista yhden vuoden aikana
- PDF*m3*d: Mahdollisesti kadonnut lajien osuus kuutiometrissä yhden päivän aikana

Liite 4. Laskentatulosten vertailutaulukko

Taulukko 12: Luontojalanjälkihankkeen 13 kunnan asukasluun suhteutetun luontojalanjäljen minimi ja maksimiarvot sekä keskiarvot eri ekosysteemihaitoille .

Ekosysteemihaitta	Yksikkö	Lyhyt aikaväli (100 vuotta)						Pitkä aikaväli (≥ 1000 vuotta)					
		Cut-off			APOS			Cut-off			APOS		
		Min.	Max.	Ka.	Min.	Max.	Ka.	Min.	Max.	Ka.	Min.	Max.	Ka.
Ilmastonmuutos – makean veden ekosysteemit	PDF*y	2.34E-12	7.51E-12	3.76E-12	2.40E-12	7.79E-12	3.97E-12	1.62E-11	5.76E-11	2.74E-11	1.68E-11	5.98E-11	2.90E-11
Ilmastonmuutos - maaekosysteemit	PDF*y	7.53E-12	2.415E-11	1.21E-11	7.73E-12	2.51E-11	1.28E-11	5.24E-11	1.86E-10	8.82E-11	5.42E-11	1.93E-10	9.35E-11
Makean veden ekotoksisuus	PDF*m3*d	177340.3	395064.93	235214.2	1.86E+05	7.72E+05	3.49E+05	1.95E+05	4.34E+05	2.58E+05	2.05E+05	8.50E+05	3.84E+05
Makean veden rehevöityminen	PDF*y	2.48E-13	1.193E-12	4.01E-13	2.73E-13	1.23E-12	4.39E-13	2.48E-13	1.19E-12	4.01E-13	2.73E-13	1.23E-12	4.39E-13
Maaperän stressi (keskimääräinen lähestymistapa)	PDF-eq*y	-4.58E-13	5.668E-12	1.05E-12	-2.85E-13	5.78E-12	1.20E-12	-4.54E-12	1.36E-11	-3.26E-13	-4.11E-12	1.39E-11	5.34E-14
Maaperän stressi (marginaalinen lähestymistapa)	PDF-eq*y	3.61E-11	2.139E-10	1.03E-10	4.50E-11	2.18E-10	1.07E-10	2.07E-11	2.45E-10	9.79E-11	3.05E-11	2.50E-10	1.03E-10
Meriekosysteemien ekotoksisuus	PDF*m3*d	7537334	36323996	16333328	7.86E+06	3.76E+07	1.74E+07	2.70E+08	2.48E+09	7.63E+08	2.14E+08	2.52E+09	8.34E+08
Meriekosysteemien rehevöityminen	PDF*y	4.35E-14	8.894E-14	5.31E-14	5.75E-14	2.48E-13	1.02E-13	4.35E-14	8.89E-14	5.31E-14	5.75E-14	2.48E-13	1.02E-13
Fotokemiallinen otsonin muodostuminen - maaekosysteemit	PDF*y	4.53E-15	1.3E-14	7.31E-15	4.47E-15	1.30E-14	7.34E-15	4.53E-15	1.30E-14	7.31E-15	4.47E-15	1.30E-14	7.34E-15
Maan happamoituminen	PDF*y	3.02E-13	1.084E-12	4.99E-13	3.10E-13	1.08E-12	4.93E-13	3.02E-13	1.08E-12	4.99E-13	3.10E-13	1.08E-12	4.93E-13
Maanperän ekotoksisuus	PDF*m3*d	450.9881	574.50227	487.855	4.53E+02	5.76E+02	4.96E+02	4.57E+04	1.47E+05	8.21E+04	4.74E+04	1.54E+05	8.86E+04
Vesistressi	PDF*y	-9.34E-13	-1.14E-13	-3.58E-13	-9.87E-13	-9.33E-15	-3.38E-13	-9.34E-13	-1.14E-13	-3.58E-13	-9.87E-13	-9.33E-15	-3.38E-13

Liite 5. Oletukset ja epävarmuudet

Taulukko 13: Luontojalanjäljen laskennan kannalta merkittävimpiä oletuksia ja epävarmuuksia kategorioittain.

Kategoria	Oletus ja/tai epävarmuus
Sähkö	<ul style="list-style-type: none">Aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö on mallinnettu eurooppalaisen keskiverto datan perusteella. Muiden tuotantomuotojen osalta mallinnetut prosessit ovat Suomi kohtaisia.
Kaukolämpö	<ul style="list-style-type: none">Kaukolämmön tuotannossa käytettyjen polttoaineiden osalta noin 30 prosenttia on mallinnettu eurooppalaisen keskiarvo datan perusteella ja loput noin kaksi kolmasosaa polttoaineista Suomi-kohtaisilla prosesseilla.Puu ja bio-pohjaisista energialähteistä osa on mallinnettu puun polttona, sillä Ecoinvent-tietokanta ei tarjoa esimerkiksi kuorelle soveltuvaa prosessia.
Erillislämmitys	<ul style="list-style-type: none">Kaikki erillislämmityksen prosessit (lämmitysöljy, maakaasu, puu) on mallinnettu eurooppalaisen keskiarvo datan perusteella.
Muu öljy ja polttoaineet	<ul style="list-style-type: none">Suurin osa ”muu öljy ja polttoaineet” -kategorian prosesseista on mallinnettu eurooppalaisen keskiarvo datan perusteella.
Liikenteen polttoaineet	<ul style="list-style-type: none">Kaikki liikenteen polttoaineprosessit on mallinnettu eurooppalaisen keskiarvo datan perusteella.Nestemäiset biopolttoaineet on mallinnettu FAME (Fatty Acid Methyl Ester) –polttoaineena, sillä Ecoinventin-tietokanta ei tarjoa muita biopolttoaineen prosesseja.
Rakentaminen	<ul style="list-style-type: none">Rakentamisen vaikutukset on mallinnettu ainoastaan betonin, teräksen, puun ja tiilen osalta.Materiaalien kulutus rakennustyypeittäin ja päärakennusmateriaaleittain rakennettua kerrosalaa (m²) kohden perustuu Sitowisen suunnittelemien rakennusten pohjalta luodulle keskiarvotiedolle. Rakennusten, joille ei ollut tiedossa käyttötarkoitusta, laskenta perustuu edellä mainittujen tietojen pohjalta johdettuihin oletuksiin.Rakennuksen päämateriaalityyppi ”muu materiaali” on jätetty kokonaan pois laskennasta.Rakennusten viemän pinta-alan vaikutuksia ei ole arvioitu.
Elintarvikkeet	<ul style="list-style-type: none">Osa elintarvikeryhmittäisistä prosesseista on mallinnettu maakohteisesti suurimman tuottajamaan perusteella, kuten esim. kaikki appelsiinit on mallinnettu Espanja-kohtaisella prosessilla.Osa käytetyistä prosesseista eri elintarvikkeille perustuu laajemman alueen keskiarvo dataan esim. eurooppalainen keskiarvo.
Yhteiset	<ul style="list-style-type: none">Yksikkömuunnokset (jos niitä on tarvinnut tehdä) on lähtökohtaisesti pyritty tekemään energialähteiden osalta Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen mukaan.Osa prosesseista on muokattu aluekohtaisiksi, jotta LC-Impactin maakohteiset maanmuutos kertoimia on pystytty hyödyntämään. Esimerkiksi ”Europe without Switzerland” -> ”Europe”.

