

Pro gradu -tutkielma

**Luontohaittojen arviointi
organisaatiotasolla - esimerkkinä
Jyväskylän yliopisto**

Veera Vainio



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ympäristötiede

&

Resurssiviisausyhteisö JYU.Wisdom

08.02.2021

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Ympäristötiede

Veera Vainio: Luontohaittojen arviointi organisaatiotasolla – esimerkkinä Jyväskylän yliopisto
Pro gradu -tutkielma: 51 s., 1 liite (5 s.)
Työn ohjaajat: Projektitutkija Sami El Geneidy, Dos. Panu Halme, Prof. Janne Kotiaho ja tutkijatohtori Marileena Mäkelä
Tarkastajat: Prof. Janne Kotiaho ja yliopistonopettaja Elisa Vallius
Helmikuu 2021

Hakusanat: biodiversiteetti, ekologinen kestävyys, ekologinen kompensatio, kokonaisheikentymättömyys, menetelmänkehitys, ympäristövaikutukset

Ihmisen toiminta on ajanut luontoa ahtaalle jo pitkään. Luonnon monimuotoisuuden hupeneminen ja ekosysteemien heikkeneminen ovatkin ilmastonmuutoksen ohella suurimpia globaaleja haasteita, joiden ratkaiseminen edellyttää kulutustottumusten ja toimintatapojen muuttamista kaikilta yhteiskunnan sektoreilta ja eri tasojen toimijoilta. Toiminnan muuttaminen kestävämmäksi alkaa nykytilanteen kartoittamisesta, oli kyse sitten ilmasto- tai luontohaitoista. Tämän tutkielman tarkoituksena oli luoda pitkälle kehittyneen hiilijalanjälkilaskennan rinnalle menetelmä, jolla voidaan organisaatiotasolla selvittää toiminnan aiheuttamia luontohaittoja. Esimerkkitapauksena toimi Jyväskylän yliopisto, jonka luontohaittoja työssä arvioitiin. Tehty luontohaittojen arviointi rajattiin energiankäytön haittojen ja hankintojen haittojen selvitykseen. Energiankäytön luontohaittoja arvioitiin manuaalisesti laskemalla. Haitan suuruus oli 20,92 luontotyyppihehtaaria (metsäluontotyyppinä 20,25 ja suoluontotyyppinä 0,52 luontotyyppihehtaaria) vuodessa. Hankintojen haittoja arvioitiin uudella menetelmällä kustannusperusteisesti talouskirjanpidon ja maankäyttötietojen avulla, ja haitat ilmaistiin potentiaalisesti hävinneiden lajien määränä (PDF). Haitan suuruus oli $9,73 \times 10^{-5}$ PDF, mikä tarkoittaa noin yhden lajin sukupuuttoa 10 000 vuodessa. Koko organisaation kaikkien luontohaittojen arvioinnin laatimiseksi tarvitaan vielä jatkotutkimusta ja menetelmän kehitystä, mutta tämä tutkielma on ensimmäinen askel organisaatiotasolla luontohaittojen arviointimenetelmän kehityksessä.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science
Department of Biological and Environmental Science
Environmental Science

Veera Vainio: Assessing Biodiversity Impacts on an Organizational Level - Case JYU
MSc thesis: 51 p., 1 appendix (5 p.)
Supervisors: Project researcher Sami El Geneidy, senior lecturer Panu Halme, Prof. Janne Kotiaho, and postdoctoral researcher Marileena Mäkelä
Inspectors: Prof. Janne Kotiaho and university teacher Elisa Vallius
[February 2021]

Human activity has been degrading nature for decades. In addition to climate change, biodiversity loss and other environmental degradation are major global challenges and solving them requires changes in consumption habits and practices throughout all sectors of society. The sustainability transition of organizations starts with mapping the current situation - whether it is greenhouse gas emissions or negative biodiversity impacts that are being assessed. The aim of this thesis was to establish a method that can be used to estimate biodiversity impacts caused by operations at the organizational level. As a case study the biodiversity impacts of the University of Jyväskylä were assessed. The assessment consisted of the negative biodiversity impacts caused by energy use and purchases of the university. The biodiversity impacts of energy use were estimated by manual calculations, and the damage caused was 20.92 habitat hectares per year. The impacts of purchases were assessed using a novel methodology based on financial accounting and land use data, and the damage was expressed as the potentially disappeared fraction of species (PDF). The estimated impact was 9.73×10^{-5} PDF which equals to the extinction of approximately one species every 10 000 years. Further research and method development are still needed to assess all the biodiversity impacts of an organization. However, this thesis is a first step towards a method for biodiversity impact assessment of organizations.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	4
2.1 Luontohaitat ja niiden arviointi	4
2.2 Luontohaittojen hallinta lievennyshierarkian ja ekologisen kompensaation avulla.....	8
2.3 Yliopistojen ympäristöhaitat	11
3 MENETELMÄN KEHITYS	13
3.1 Luontohaittojen arviointi	13
3.2 Jyväskylän yliopiston luontohaitat.....	14
3.2.1 Organisaation rajaaminen	15
3.3 Kaukolämmön luontohaitat.....	16
3.3.1 Puuenergia.....	17
3.3.2 Turve	21
3.4 Hankintojen luontohaitat	23
3.5 Sähkön ja veden luontohaitat	31
4 TULOSTEN TARKASTELU	32
4.1 Kaukolämmön luontohaitat.....	32
4.1.1 Puuenergia.....	32
4.1.2 Turve	34
4.2 Hankintojen luontohaitat	35
4.3 Laskelman kattavuus ja tulosten luotettavuus	37
4.4 Luontohaittojen vähentäminen ja kompensaatio	39
4.5 Johtopäätökset	41
KIITOKSET.....	43
KIRJALLISUUS.....	44
LIITE 1. Jyväskylän yliopiston käyttämät kiinteistöt.....	52

SANASTO

Biodiversiteetti	Luonnon monimuotoisuus; sisältää lajien, geenien sekä ekosysteemien monimuotoisuuden
Ekologinen kompensatio	Luontohaittojen hyvittäminen ennallistamalla tai suojelemalla jokin soveltuva alue haitta-alueen ulkopuolella
Ekosysteemi	Luonnon toiminnallinen kokonaisuus; sisältää keskinäisessä vuorovaikutuksessa elävän eliöyhteisön sekä sen elottoman ympäristön
Ekosysteemipalvelu	Aineellisia ja aineettomia hyötyjä, joita luonto tarjoaa ihmisille, esim. pölytys tai hiilen kierto
Kestävä kehitys	Kehitystä, joka turvaa sekä nykyisille että tuleville sukupolville mahdollisuuden tyydyttää tarpeensa. Edellyttää nykyisten tuotanto- ja kulutustapojen muutosta. Sisältää ekologisen, taloudellisen ja sosiaalis-kulttuurisen ulottuvuuden
Kokonaisheikentymättömyys	Tilanne, jossa väistämättömän kehityksen ekosysteemeille aiheuttama haitta hyvitetään täysimääräisesti (NNL, no net loss)
Luontohaitta	Ihmisen toiminnan aiheuttama, luonnon monimuotoisuuteen kohdistuva haitta, esim. hakkuun aiheuttama ekologinen haitta metsässä
Luontotyyppihehtaari (ltha)	Vertailuluku, jonka avulla kuvataan luontokohteen kuntoa pinta-alayksikköä kohden luonnontilaan verrattuna. Joskus myös habitaattihehtaari, mutta luontotyyppi on neutraalimpi yleiskäsite, joka ei rajaa tarkastelua vain joidenkin lajien habitaatteihin eli elinympäristöihin.

1 JOHDANTO

Ihmisen toiminta maapallolla on saanut aikaan merkittäviä muutoksia niin luonnossa kuin ilmastossakin (IPCC 2014, CBD 2020). Nykyisen elämäntapamme seuraukset puskevat maapallon kantokyvyn rajoja monella osa-alueella - erityisesti ilmastonmuutoksen, luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen, maankäytön muutosten sekä typen ja fosforin kiertojen osalta turvalliset rajat lienee jo ylitetty (Steffen ym. 2015). Toimillaan ihminen vaarantaa paitsi muiden lajien, myös ihmiskunnan olemassaolon ja hyvinvoinnin edellytykset (IPBES 2019). On selvää, että toiminta ei voi jatkua entisellään, mikäli halutaan välttyä ekosysteemien heikkenemisen, monimuotoisuuden vähenemisen sekä ilmaston lämpenemisen vakavimmilta seurauksilta (CBD 2020).

Merkittävimpiä syitä monimuotoisuuskadolle ja ekosysteemien heikkenemiselle ovat paitsi kestämaton maankäyttö ja intensiivinen luonnonvarojen hyödyntäminen, myös ilmastonmuutos, haitalliset vieraslajit sekä elinympäristöjen saastuminen (IPBES 2019). Lajien elinalueet supistuvat ja populaatiokoot pienenevät, ja yhä useampaa lajia uhkaa sukupuutto. Sekä ekosysteemien monimuotoisuus, lajimonimuotoisuus että lajinsisäinen monimuotoisuus vähenevät (IPBES 2019).

Monimuotoiset ekosysteemit toimivat vakaasti ja sietävät myös häiriöitä ja muutoksia paremmin (Cardinale ym. 2012, UNEP 2019). Luonnon monimuotoisuuden huvetessa ekosysteemien kyky tuottaa elintärkeitä ekosysteemipalveluita heikkenee, ja samalla myös ihmisten terveys, turvallisuus ja hyvinvointi ovat uhattuina (IPBES 2019, Gibb ym. 2020, LPR 2020). Ekosysteemit ja niiden toimintakyky ovat elinehtoja myös globaalille taloudelle, ja Maailman talousfoorumi onkin nimennyt sekä luonnon monimuotoisuuden romahtamisen että ilmastonmuutoksen torjunnan epäonnistumisen vakavimpien ihmiskuntaa lähivuosina uhkaavien riskien joukkoon (WEF 2020). Turvataksemme korvaamattomien ekosysteemipalveluiden saatavuuden ja elonkirjon

säilymisen, tulee luontoon kohdistuvia negatiivisia vaikutuksia vähentää ja kompensoida. Globaali väestönkasvu ja sen myötä infrastruktuurin ja kulutuksen lisääntyminen ovat kuitenkin väistämättömiä kehityskulkuja (UN 2019). Siksi kaikkien luontohaittojen aiheuttamista ei ole mahdollista välttää, ja haittojen kompensointi on välttämätöntä, jos luontokato halutaan pysäyttää.

Sekä monimuotoisuuskadon että ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi on laadittu erilaisia kansainvälisiä ja kansallisia sopimuksia ja tavoitteita. Keskeisiä luonnon monimuotoisuutta käsitteleviä kansainvälisiä dokumentteja ovat YK:n biologista monimuotoisuutta koskeva yleissopimus (Convention on Biological Diversity, CBD; SopS 78/1994), maailmanlaajuinen biodiversiteettistrategia ja Aichi-tavoitteet (CBD 2011) sekä EU:n biodiversiteettistrategia vuoteen 2030 (COM/2020/380). Niiden tarkoituksena on muuttaa toimintatapojamme niin, että luontokato, ekosysteemien tilan heikkeneminen ja ilmaston lämpeneminen saataisiin pysäytettyä.

Sopimusten ja tavoitteiden kirjo viestii huolta maailman tilasta, ja sopimustekstit ja raportit kuuluttavat toimien kiireellisyyttä (mm. CBD 2011, IPBES 2019). Toistaiseksi toimenpiteitä on toteutettu melko hitaasti, mutta kehityskulkuun halutaan selvästi puuttua. Yhteiskunnallinen murros kohti kestävän kehityksen mukaisia toimintamalleja nostaa vähitellen päätään, ja toimien hitaudesta huolimatta muutosta on havaittavissa. Voidaankin sanoa, että meneillään on vähitellen eräänlainen kestävyysstransitio: rakenteellinen murros kohti ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävämpiä järjestelmiä ja yhteiskuntia (esim. Clark 2001, Westley ym. 2011).

Valtioiden ohella myös yritykset, yhteisöt ja muut toimijat ovat vähitellen alkaneet tarkastella omia toimintatapojaan kriittisesti ja muuttamaan niitä kestävämpään suuntaan. Ilmastonäkökulmat ovat olleet viime vuosina laajasti esillä niin mediassa kuin tutkimuskirjallisuudessaakin, mutta toiminnan vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen ovat saaneet vähemmän huomiota (Legagneux ym. 2018). Ilmastohaittojen ja päästöjen arvioinnille onkin jo olemassa runsaasti välineitä ja osaamista, mutta

luontohaittojen arviointi, varsinkaan kokonaisten organisaatioiden mittakaavassa, ei ole yhtä pitkälle kehittynyttä.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli kehittää olemassa olevien tutkimus-esimerkkien ja -aineistojen pohjalta menetelmä organisaatioiden luontohaittojen arviointiin hiilijalanjäljen laskentalogiikkaa hyödyntäen. Esimerkkitapauksena tutkielmassa toimi Jyväskylän yliopisto, jonka luontohaittoja tutkimuksessa arvioitiin. Jyväskylän yliopisto on strategiassaan vuosille 2019–2030 asettanut tavoitteekseen hiilineutraaliuden vuoteen 2030 mennessä (Jyväskylän yliopiston strategia 2019–2030). Tämän tavoitteen tiimoilta haluttiin paitsi selvittää ja kompensoida toiminnan päästöt, myös kehittää yhdessä yliopiston toiminnanohjauksen kanssa selvitys luontohaittoista. Selvityksen tavoitteena on nostaa luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen samalle viivalle ilmastonmuutoksen torjumisen kanssa ja pohjustaa tietä sille, että hiilineutraalisuuden ohella yliopisto tavoittelisi tulevaisuudessa myös toimintansa kokonaisheikentämättömyyttä. Luontohaittojen arvioinnin perusteella oli tarkoitus laatia suosituksia siitä, miten haittojen hyvitys (ekologinen kompensatio) olisi mahdollista toteuttaa, mutta tämä ei lopulta ollut käytettävissä olevan ajan puitteissa mahdollista.

Tässä työssä keskityttiin yksinomaan luontohaittoihin, eivätkä päästöt ja ilmastohaitat sisältyneet tähän tarkasteluun. Päästölaskennan metodeja käytettiin kuitenkin inspiraationa menetelmänkehitystyössä. Tämä työ ei luonteensa vuoksi noudata tavanomaista pro gradu -työn rakennetta, vaan aineisto ja menetelmät sekä tulokset on selkeyden vuoksi yhdistetty otsikon ”Menetelmän kehitys” alle.

Tämä tutkielma toteutui osana JYU.Wisdom -resurssiviisausyhteisön monitieteistä Sustainability for JYU -tutkimusprojektia, sillä aiheessa katsottiin tarvittavan sekä luonnontieteellistä että kauppatieteellistä osaamista. Projektin tavoitteena oli kartoittaa Jyväskylän yliopiston ja sen toiminnan aiheuttamat ilmasto- ja luontohaitat, sekä selvittää mahdollisuuksia haittojen välttämiseen, vähentämiseen ja kompensointiin.

Toive selvityksistä oli lähtöisin Kestävä ja vastuullinen JYU -kehittämisyhmältä. Tämän tutkielman ohella projektissa tehtiin Pro gradu -tutkielmat myös Jyväskylän yliopiston opiskelijoiden ja henkilöstön matkustamisen päästöistä sekä opiskelijaravitolyryitys Semma Oy:n hiilijalanjäljestä (Alvarez Franco 2021, Latva-Hakuni 2020).

Tässä tutkielmassa pyrin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten organisaatio, jonka luontohaittoja tarkastellaan, tulisi rajata ja mitkä organisaation toiminnot on tarkoituksenmukaista huomioida laskennassa?
2. Miten organisaatioiden luontohaittoja arvioidaan?
3. Mitkä organisaation toiminnot aiheuttavat eniten luontohaittoja?
4. Minkälaisia luontohaittoja Jyväskylän yliopisto aiheuttaa, kuinka paljon ja missä?
5. Miten Jyväskylän yliopisto voisi välttää, vähentää ja kompensoida aiheuttamiinsa luontohaittoja?

2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1 Luontohaitat ja niiden arviointi

Ihmisten ja yhteisöjen toiminnasta aiheutuvien, negatiivisten ympäristövaikutusten voidaan ajatella jakautuvan ilmasto- ja luontohaittoihin. Samasta toiminnasta aiheutuu usein molempia. Ilmastohaitoilla viitataan kasvihuonekaasupäästöihin, kun taas luontohaitoilla (engl. ecosystem degradation, negative biodiversity impact) tarkoitetaan ekosysteemeihin kohdistuvia haittoja, kuten hakkuun aiheuttamaa elinympäristön heikkenemistä metsässä tai rakennushankkeen aikaansaamaa luonnon tuhoutumista (IPBES 2018). Haitat voivat kohdistua eliöyhteisöihin tai niiden elinympäristöihin, ja haitta voi muuttaa tai heikentää elinympäristöä osittain tai pahimmassa tapauksessa tuhota sen kokonaan (IPBES 2018).

Luontohaitat liittyvät kiinteästi maankäyttöön ja maankäytön muutoksiin. Ihmisen aiheuttamat maankäytön haitalliset vaikutukset koskettavat jopa 75 % maapallon pinta-alasta, ja elinympäristöjen häviäminen ja heikkeneminen ovatkin keskeisiä tekijöitä globaalin monimuotoisuuskadon taustalla (IPBES 2018). Luontohaittojen ja maankäytön merkittävä taustavaikuttaja taas on koko ajan kasvava kulutus, jota jatkuva ihmispopulaation kasvu edelleen ruokkii (IPBES 2018, LPR 2020). Kulutus päätöksillä ja -valinnoilla on joko suoraviivaisesti tai epäsuorasti tuotantoketjujen aiemmissa vaiheissa vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen (Lenzen ym. 2012, Wilting ym. 2017).

Globaalit vienti- ja tuontivirrat yhdessä monivaiheisten tuotantoketjujen kanssa muodostavat monimutkaisen verkoston. Kulutustapahtuman haitat voivat jakautua hyvinkin monille alueille ja kauas itse kulutuspaikasta – kulutuksen hyödyt ja haitat kohdistuvat usein hyvin eri tavalla (Lenzen ym. 2012, Wilting ym. 2017, IPBES 2018). Kulutuksen monimuotoisuusvaikutuksia voikin olla vaikea hahmottaa, sillä yhteys kulutuksen ja haitan välillä ei ole yksiselitteinen tai suoraviivainen, eikä se käy ilmi kulutustapahtuman yhteydessä (IPBES 2018).

Ilmastohaitat ja päästöjen laskenta ovat olleet niin yritysten kuin valtioidenkin ympäristövaikutusten tarkastelun keskiössä jo pidemmän aikaa. Luontohaitat ja monimuotoisuus ovat saaneet vähemmän huomiota osakseen viime vuosien ympäristökeskustelussa (Verissimo ym. 2014, Legagneux ym. 2018). Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC on perustettu jo vuonna 1988, kun taas hallitustenvälinen luontopaneeli IPBES on ollut toiminnassa alle 10 vuotta (IPCC 2021, IPBES 2021). Työtä siis tehdään molempien haasteiden eteen, mutta ilmastonmuutos on saanut reilun etumatkan, eikä monimuotoisuuden vähenemistä liene vielä laajasti ymmärretty ilmastonmuutoksen veroiseksi ongelmaksi. Näistä syistä ilmastohaittojen arviointi on pidemmälle kehittynyttä ja yleisemmin harjoitettua kuin luontohaittojen arviointi.

Olennaista kaikenlaisten ympäristöhaittojen käsittelyssä on se, että tiedetään, mistä haittoja aiheutuu ja kuinka paljon. Tämän tiedon avulla haittojen hallinta ja vähentäminen mahdollistuu. Ilmastohaittoja kuvataan hiilijalanjäljen avulla, ja oikeastaan kaikkien organisaation toimintojen päästöt on mahdollista laskea ja ilmaista hiilidioksidiekvivalenteina. Hiilijalanjäljen laskennalle on jo muodostunut selkeitä raameja ja standardejakin (esim. Greenhouse Gas Protocol), vaikka kehittämisen kohteitakin toki on (Wiedmann ja Minx 2008, WRI ja WBCSD 2015). Luontohaittojen kuvaamiseen taas ei toistaiseksi ole käytössä yhtä kattavaa ja laajasti käytettyä arviointimenetelmää kuin päästölaskennassa (Lammerant ym. 2019). Menetelmiä esimerkiksi yksittäisten tuotteiden elinkaaren monimuotoisuusvaikutusten laskemiseen on kehitetty, mutta kokonaisvaltaista, koko organisaation luontohaitat kattavaa menetelmää ei tämänhetkisen tutkimuskirjallisuuden perusteella ole vielä käytössä (Marques ym. 2017).

Luontohaittojen arvioinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi ekologista jalanjälkeä, joka kuvaa ihmisen tai yhteisön kulutuksen tyydyttämiseksi tarvittavaa tuottavaa maapinta-alaa (Wackernagel ja Rees 1995). Ekologinen jalanjälki ilmaistaan globaalihehtaareina, eli tuottavuudeltaan globaalia keskiarvoa vastaavina hehtaareina, ja sen tarkoitus on ilmentää ihmisen ekosysteemeihin kohdistamaa painetta. Mittaria on käytetty kuvaamaan sitä, onko kulutus kestävällä tasolla, eli pysyykö ympäristökuormitus maapallon kantokyvyn rajoissa (Bicknell ym. 1998). Ekologisen jalanjäljen laskentaa varten on luotu standardi (Global Footprint Network 2009) ja valtioiden jalanjälkiä tilastoidaan vuosittain. Ekologinen jalanjälki on kuitenkin melko yksinkertainen malli, eikä se kohdistu haittoja maantieteellisesti tai kerro ekosysteemien heikentymisen tasosta – toisin sanoen ekologinen jalanjälki kertoo tarvittavan tuottavan maapinta-alan, muttei tarkemmin haittaa, joka alalle kohdistuu (van den Bergh ja Verbruggen 1999, van den Bergh ja Grazi 2010, Giampietro ja Saltelli 2014). Näitä heikkouksia ja puutteita on pyritty parantelemaan eri tavoin. Esimerkiksi Bicknell ym. (1998) ja Wiedmann ym. (2006) laskivat ekologisia jalanjälkiä panos-tuotosanalyysiä hyödyntäen. Panos-tuotosanalyysi (engl. input-output analysis) tarkastelee eri toimialojen ja valtioiden välisiä taloudellisia virtoja, ja tukee siksi hyvin ekologisen

jalanjäljen laskemista valtiolle. Tällaisen menetelmän käyttö laskennassa helpottaa myös datan keruuta sekä eri valtioiden tulosten vertailtavuutta ja toistettavuutta, sillä kaupankäyntiä tilastoidaan laajasti ja yhteneväisiä mittareita käyttäen (Wiedmann ym. 2006). Tämä taloudellinen lähtökohta tuo luontohaittojen laskentaa lähemmäs tässä työssä hyödynnettyä menetelmää.

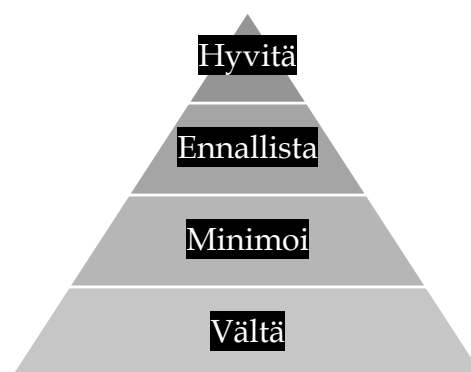
Toinen kulutuksen luontovaikutuksia käsittelevä mittari, jota tässä työssä on myös hyödynnetty, on ns. luontojalanjälki (engl. biodiversity footprint). Luontojalanjälki yhdistää tiedot kulutukseen liittyvästä maankäytöstä ja lajirunsaudesta eri maankäyttöluokissa ja luontotyypeissä, eli kertoo kulutuksen aiheuttamasta monimuotoisuuden vähenemisestä. Luontojalanjälki antaa tarkempaa tietoa luontohaitoista, sillä pelkän maa-alan ja sen tuottavuuden sijaan tarkastellaan maankäytön vaikutuksia lajirunsauteen (Wilting ym. 2017, Asselin ym. 2020).

Erilaiset luontohaittojen mittarit antavat erilaisia tuloksia, ja haitan yksikkökin saattaa vaihdella (Bull ym. 2013). Haittojen vertailtavuuden parantamiseksi ja esimerkiksi ekologisen kompensaation helpottamiseksi saatetaan tarvita tulosten yhteismitallistamista. Luontohaittojen yhteismitallistamisessa voidaan käyttää apuna luontotyyppihehtaareita. Luontotyyppihehtaari on vertailuluku, jonka avulla kuvataan luontokohteen ekologista kuntoa pinta-alayksikköä kohden (Parkes ym. 2003). Kun esimerkiksi metsässä toteutetaan hakkuu, aiheuttaa se yksityiskohdista riippuen jonkinasteisen laskun hakkuukohteen kunnossa. Kaikki haitat eivät johda alueen täydelliseen tuhoutumiseen, vaan haitat ovat usein osittaisia ja johtavat häviämisen sijaan alueen kunnan osittaiseen heikkenemiseen. Kohteen kuntoa verrataan vastaavaan luonnontilaiseen luontotyyppiin. Alueen kuntoa arvioidaan asteikolla 0–1 (tai prosenttisyksiköiksi muunnettuna 0–100), jossa arvo 1 vastaa täysin luonnontilaista, ja 0 täysin tuhoutunutta alaa (Parkes ym. 2003). Luontotyyppihehtaari on siis ala, joka vastaa ekologiselta kunnoltaan yhtä hehtaaria luonnontilaista luontotyyppiä. Yksi luontotyyppihehtaari muodostuu esimerkiksi kahdesta hehtaarista aluetta, jonka kunto on 0,5. Vastaavasti 10 hehtaaria luontotyyppiä, jonka kunto on 0,2 muodostaa yhteensä 2

luontotyyppihehtaaria. Haitallinen ihmistoiminta laskee alueen kuntoa, ja esimerkiksi ennallistaminen voi puolestaan nostaa sitä. Menetelmän laativat alun perin Australiassa Parkes ym. (2003) avuksi ekologisten kompensatioiden mittaamiseen. Luontotyyppihehtaari on yhteismitallinen valuutta, joten sen avulla on mahdollista vertailla erikuntoisia alueita keskenään. Laskennassa käytettävät heikennykset perustuvat erilaisiin tutkimusten keskiarvotietoihin ja asiantuntija-arvioihin.

2.2 Luontohaittojen hallinta lievennyshierarkian ja ekologisen kompensaation avulla

Ympäristö- ja luontohaittojen hallinnassa on tärkeää ensisijaisesti välttää haitan aiheuttamista. Jos haittaa kuitenkin aiheutuu, tulee aiheutuva haitta minimoida esimerkiksi huolellisen suunnittelun avulla, sitten ennallistaa heikennettyjä alueita, ja lopulta kompensoida eli hyvittää jäljelle jäävät haitat toisaalla. Tätä lähestymistapaa kutsutaan lievennyshierarkiaksi (BBOP 2012). Hierarkia koostuu neljästä tasosta (Kuva 1). Tasot osoittavat tärkeysjärjestystä - ensisijaisesti keskitytään alimpiin vaiheisiin, ja vasta niiden huolellisen toteutuksen jälkeen siirrytään seuraaville (Arlidge ym. 2018). Kompensaatiota on ehdotettu harkittavaksi vasta sitten, jos hierarkian alemmat tasot on jo toteutettu, ja kaikki haitta ei tule niiden avulla korvatuksi (BBOP 2012, IUCN 2016). Haittojen välttäminen ja minimointi on tärkeää, mutta ei yksin riitä pysäyttämään monimuotoisuuden vähenemistä ja ekosysteemien heikkenemistä (IUCN 2016).



Kuva 1. Lievennyshierarkian tasot.

Hierarkian ensimmäisellä tasolla pyritään siis välttämään haitan aiheuttamista kokonaan. Esimerkiksi rakennushankkeen tapauksessa voidaan pyrkiä valitsemaan sellainen sijainti, jossa toimintaa jo on, jolloin haitta on vähäisempi kuin koskemattomalle alueelle rakennettaessa. Toisella tasolla minimoidaan aiheutuvia haittoja, eli esimerkiksi vältetään rakennusjätteen kulkeutumista lähiympäristöön. Kolmannella tasolla ennallistetaan ympäristöä siellä, minne haitta kohdistuu, eli esimerkiksi istutetaan kasvillisuutta rakennusvaiheen aikana tuhoutuneen tilalle. Neljännellä tasolla hyvitetään ne väistämättömät haitat, jotka jäävät jäljelle alempien portaiden toimien jälkeen. Ekologisten haittojen hyvitys eli kompensatio tapahtuu haitta-alueen ulkopuolella, yleensä ennallistamalla tai suojelemalla soveltuva alue (ten Kate ym. 2004).

Ekologisen kompensaaation tarkoituksena on hallita luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen ja luonnolle haitallisen kehityksen, kuten rakentamisen tai metsien raivaamisen, välistä konfliktia (Gordon ym. 2015). Kompensatioilla lisätään luontoarvoja tai parannetaan ekosysteemien tilaa jollakin alueella hyvityksenä toisaalla tehdystä haitasta ja heikennyksestä (ten Kate ym. 2004). Tämä tapahtuu joko heikentyneitä elinympäristöjä ennallistamalla tai suojelemalla paremmin säilyneitä elinympäristöjä, jotta haitan aiheuttaminen tulevaisuudessa estyisi (Moilanen ja Kotiaho 2017). Jos haitat ovat pysyviä, tulee ne kompensoida pysyvillä hyvityksillä. Hyvitysten pitäisi olla myös lisäisiä, eli hyvitykseksi eivät kelpaa ennallistamis- tai suojeletoimet, jotka tulisivat toteutetuiksi jo jostain muusta syystä (Moilanen ja Kotiaho 2018).

Haittojen hyvitys ei pinta-alallisesti tapahdu suhteessa 1:1, sillä yksi ennallistettu tai suojeltu hehtaari ei pääsääntöisesti vastaa ekologiselta arvoltaan yhtä täysin tuhoutunutta hehtaaria (Moilanen ja Kotiaho 2017). Hyvitysalueen tuleekin usein olla haitta-aluetta merkittävästi, suuruusluokaltaan jopa 10–20 kertaa, suurempi, jotta saavutetaan riittävän suuri hyvitys. Haitta- ja hyvitysalueiden välistä eroavaisuutta sekä muita arviointiin liittyviä epävarmuustekijöitä kompensoidaan hyvitysalueen pinta-alaa kasvattavilla hyvityskertoimilla (Moilanen ja Kotiaho 2017). Koska haitta-

ja hyvitysalueiden välillä on aina eroa, osa uniikista biodiversiteetistä menetetään heikennyksen yhteydessä väistämättä. Tästäkin syystä kompensaaation pitäisi tulla kyseeseen vasta sitten, kun haitan aiheuttamista on ensin vältetty ja vähennetty (IUCN 2016).

Kaikkien aiheutettujen haittojen täysimääräisestä hyvittämisestä seuraa kokonaisheikentymättömyys (engl. no net loss, NNL), jolloin maisematasolla tarkasteltuna luonnon ekologinen tila säilyy haittaa edeltäneellä tasolla. Ekologisessa kompensaatiossa tulisi tavoitella kokonaisheikentymättömyyttä tai jopa ylikompensointia (engl. net positive impact, NPI), eli ekologisen tilan paranemista tai nettopositiivista muutosta maisematasolla (Moilanen ja Kotiaho 2017).

Kun aiheutettuja luontohaittoja halutaan hyvittää, on ensimmäinen askel haittojen määrän selvittäminen. Luontohaittojen arviointi ja kompensatioiden suunnittelu on kuitenkin monimutkaista, sillä monimuotoisuutta ei voida laskea tai mitata yhtä selkeästi kuin esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä. Biodiversiteetti on hyvin monitahoinen kokonaisuus, joten kaikkea ei ole mahdollista mitata ja yksinkertaistusta tarvitaan (Moilanen ja Kotiaho 2017). Mittaustapojen valinnalla on merkitystä, sillä valittu biodiversiteetin mittaustapa vaikuttaa arvioinnin lopputulokseen ja hyvitystoimien myötä tapahtuvaan luontoarvojen kehitykseen merkittävästi (Bull ym. 2013).

Yksi mahdollinen lähestymistapa heikennyksen arviointiin on arvottaa luontotyyppejä monimuotoisuuden kannalta keskeisten rakennepiirteiden avulla. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa -työryhmän (ELITE) mietinnössä elinympäristöjen tilaa arvioitiin heikentyneiden rakennepiirteiden kautta (Kotiaho ym. 2015). Kullekin rakennepiirteelle annettiin painoarvot, jotka kertovat, paljonko piirteen puuttuminen elinympäristöstä heikentäisi elinympäristön ekologista arvoa (Kotiaho ym. 2015). Esimerkiksi lahoppuun painoarvo 0,4 lehtometsän elinympäristössä tarkoittaa, että lahoppuun puuttuminen kokonaan laskisi elinympäristön arvoa 40 % (Kotiaho ym. 2015). Tätä arvottamisen logiikkaa ja painoarvoja on hyödynnetty luontohaittojen arviointiin ja luontotyyppihehtaarien laskentaan tässä työssä.

2.3 Yliopistojen ympäristöhaitat

Yliopistoilla ja korkeakouluilla on tiedon tuottajina ja merkittävänä yhteiskunnallisina toimijoina poikkeuksellinen mahdollisuus jakaa osaamista, toimia edelläkävijöinä ja luoda innovatiivisia ratkaisuja yhteiskunnallisiin haasteisiin, kuten kestävyysmurrokseen (Stephens ym. 2008, Sedlacek 2013). Korkeakoulut ovatkin ryhtyneet edistämään muutosta, mikä näkyy esimerkiksi erilaisten kestävyystavoitteiden runsaudessa (Boer 2013).

Ilmastohaittojen arviointia ja päästölaskentaa korkeakouluissa ovat pohjustaneet De Montfortin yliopisto Englannissa sekä Norjan teknis-luonnontieteellinen yliopisto (Larsen ym. 2013, Ozawa-Meida ym. 2013), ja monet muut ovat seuranneet perässä. Esimerkiksi Englannin korkeakoulusektorin ilmastotyötä ohjaa jo vuonna 2010 julkaistu hiilistrategia (HEFCE 2010) ja ruotsalaiset korkeakoulut ovat laatineet yhteisen viitekehykset ilmastotyölleen (KTH 2018). Suomen yliopistojen rehtorineuvosto (UNIFI ry) puolestaan julkaisi syksyllä 2020 yliopistojen yhteiset kestävä kehityksen ja vastuullisuuden teesit, joiden on tarkoitus näyttää suuntaa yliopistojen kestävyys- ja vastuullisuustyölle. Esimerkiksi teesi 7 linjaa näin: ”Yliopistot noudattavat hiilineutraalin kiertotalouden periaatteita omassa toiminnassaan ja tekevät konkreettisia toimia luonnon monimuotoisuuden vaalimiseksi” (UNIFI 2020).

Monien Suomen yliopistojen strategioista ja suunnitelmista löytyy jo erilaisia ympäristö-, ilmasto- ja kestävyystavoitteita, mutta tarkempaa päästöjen ja haittojen raportointia on tehnyt vasta harva. Esimerkiksi Turun yliopisto julkaisi oman hiilijalanjälkilaskelmansa keväällä 2020, ja omia selvityksiään ovat laatimassa ainakin Oulun, Itä-Suomen sekä Jyväskylän yliopistot (JYU 2020b, OY 2020, UEF 2020, UTU 2020). Selvityksiä on lähiaikoina odotettavissa lisää, sillä opetus- ja kulttuuriministeriö (OKM) edellyttää korkeakouluilta selvitystä hiilijalanjäljestä ja hiilineutraaliuden saavuttamisesta osana ministeriön ja korkeakoulujen välisiä sopimusneuvotteluja sopimuskaudelle 2021–2024 (OKM 2019).

Niin tavoitteissa kuin kartoituksissakin pääpaino on toistaiseksi ollut ilmastohaittoissa ja niiden ehkäisemisessä. Luontohaittoja taas on tarkasteltu vähemmän. Esimerkiksi yliopistokampusten luontoarvoja ovat selvittäneet Aalto-yliopisto sekä Suomen Yliopistokiinteistöt (SYK) Oy, mutta selvitykset ovat keskittyneet olemassa oleviin paikallisiin luontoarvoihin, eivätkä niinkään yliopistojen toiminnan luontovaikutuksiin (Aalto-yliopisto 2020, SYK 2020). Luontohaittojen tarkemmalle kartoittamiselle on siis tarvetta, jos halutaan tavoitella kokonaisvaltaista kestävyyttä sekä ympäristövaikutusten minimointia.

Maailmalla yliopistojen luontovaikutusten arviointia on toteutettu ekologisen jalanjäljen ja luontojalanjäljen avulla. Esimerkiksi Klein-Banai ja Theis (2011) arvioivat ekologisen jalanjäljen Illinois'n yliopistolle, ja selvästi suurimmaksi haittalähteeksi osoittautui kampuksen energiankäyttö. Wood ja Lenzen (2003) vertailivat kahta australialaista oppilaitosta huomioiden hieman laajemmin myös maankäyttöä ja tuotantoketjujen sisältämiä vaikutuksia, ja yhdistellen ekologisen jalanjäljen laskentaa ja panos-tuotosanalyysia. Kummankin organisaation tapauksessa selvästi suurin haitta aiheutui sähkönkulutuksesta (Wood ja Lenzen 2003). Lo-Iacono-Ferreira ym. (2016) puolestaan hyödynsivät päästölaskennassa käytettyä elinkaarianalyysia ekologisen jalanjäljen arviointiin espanjalaiselle korkeakoululle, ja totesivat, että organisaation rajaaminen on hankala, mutta tärkeä osa arviointia. Keskeisiä luontohaittojen lähteitä yliopistojen toiminnassa voivat siis ekologisen jalanjäljen perusteella olla esimerkiksi matkustus ja liikenne, energiankäyttö, infrastruktuuri, elintarvikkeet sekä ylipäättään hankinnat (esim. Wood ja Lenzen 2003, Conway ym. 2008, Lambrechts ja Van Liedekerke 2014). Haittalähteet ja haittojen suuruus kuitenkin vaihtelevat organisaation toimialan mukaan, ja samalla tavalla yliopistojen erikoistumisalalla ja tutkimuspainotuksilla lienee vaikutusta luontohaittojen suuruuteen. Luonnontieteellisten ja muiden kokeellisten alojen tutkimus ja opetus edellyttää laajempaa materiaalien ja energian käyttöä kuin esimerkiksi humanistisilla aloilla, ja tämä näkyy suurempana päästöjen ja luontovaikutusten määränä (esim. Sinha ym. 2010, Larsen ym. 2013).

3 MENETELMÄN KEHITYS

3.1 Luontohaittojen arviointi

Tämän työn tavoitteena oli muodostaa menetelmä luontohaittojen selvittämiseen organisaatiotasolla sekä laatia suuntaa antava arvio Jyväskylän yliopisto-organisaation vuosittain aiheuttamista luontohaitoista. Yleinen etenemisjärjestys, jota luontohaittojen selvittämisessä voi hyödyntää, on kuvattuna Kuvassa 2.

1. Miten tarkasteltava organisaatio rajataan?
2. Mitkä organisaation toiminnot sisällytetään laskelmaan?
3. Mistä saadaan tarvittava tieto ja aineistot?
4. Millaisia laskelmia tarvitaan?
5. Miten eri laskelmat saadaan yhteismitallistettua?
6. Miten tuloksia voidaan hyödyntää?

Kuva 2. Luontohaittojen arvioinnin yleinen työjärjestys.

Keskeinen, osin subjektiivinenkin päätös organisaation haittoja arvioitaessa on organisaation rajaaminen (kohta 1). Kyse on siis siitä, mitkä organisaation ulottuvuuksista on mahdollista tai loogista huomioida arvioinnissa, ja mitkä rajautuvat tarkastelun ulkopuolelle. Päästölaskennassa Greenhouse Gas Protocol suosittaa organisaation rajaamista joko sen omistusosuuksien tai vaikutusvallan perusteella (WRI ja WBCSD 2015). Organisaation päästöiksi voidaan siis osoittaa kaikki sen kokonaan omistamien toimintojen päästöt, ja osittain omistettujen toimintojen päästöt omistusosuuden mukaan. Vaikutusvallan perusteella rajausta taas tapahtuu niin, että organisaation kontolle lasketaan 100-prosenttisesti kaikkien niiden toimintojen päästöt, joihin organisaatio kykenee vaikuttamaan joko rahallisesti tai operationaalisesti (WRI ja WBCSD 2015). Samaa logiikkaa voidaan osin hyödyntää myös luontohaittoja arvioitaessa.

Organisaation rajaamisen ohella on syytä pohtia myös toiminnallisia rajauksia - millaisia toimintoja organisaatiolla on, mitkä niistä aiheuttavat luontohaittoja, ja miten niihin on mahdollista päästä käsiksi (kohta 2). Organisaation toimialasta riippuen sillä voi olla hyvinkin erilaisia toimintoja, joista haittoja aiheutuu. Tässä työssä suuntaa alettiin etsiä päästölaskelmista, sillä oletettiin, että päästöintensiiviset toiminnot todennäköisesti aiheuttavat myös luontohaittoja.

Seuraavaksi tulee selvittää, minkälaista aineistoa ja tietoa tarvitaan, ja mistä niitä on saatavilla (kohta 3). Tarvittavan aineiston keruun jälkeen voidaan pohtia, miten haitat saadaan arvioitua, ja laatia tarpeelliset laskelmat (kohta 4). Kohdat 3 ja 4 ovat kuitenkin siinä mielessä toisiinsa sidottuja, että tarvittava aineisto riippuu käytettävästä laskentamenetelmästä. Mikäli myöhemmin halutaan kompensoida aiheutettuja luontohaittoja, on syytä huomioida haittalaskelmien yhdistettävyyys jo laskelmien suunnitteluvaiheessa (kohta 5). Kun aiheutetut haitat on laskettu, voidaan selvittää, miten niitä olisi mahdollista vähentää ja kompensoida (kohta 6).

3.2 Jyväskylän yliopiston luontohaitat

Jyväskylän yliopisto-organisaation luontohaittojen kartoitus toteutettiin edellä Kuvassa 2 esitetyn toimintajärjestyksen mukaisesti. Tässä työssä luontohaittojen kartoitus rajattiin Jyväskylän yliopiston energiankäytöstä ja hankinnoista aiheutuviin luontohaittoihin, sillä näiden oletettiin kirjallisuuden perusteella olevan merkittävimpiä luontohaittojen lähteitä yliopiston toiminnassa (esim. Lambrechts ja Van Liedekerke 2014, Wood ja Lenzen 2003). Tämän työn puitteissa käytettävissä oleva aika oli rajallinen, joten siksikin työssä keskityttiin vain muutaman haittalähteen tarkasteluun, vaikka muitakin toimintoja on jatkossa syytä tutkia.

Jyväskylän yliopiston sähkönkulutuksen aiheuttamien luontohaittojen tarkastelua suunniteltiin, mutta sähkön alkuperätietojen saatavuus osoittautui haasteeksi. Ener-

giankäytön haittojen tarkastelu rajattiin lopulta koskemaan vain kaukolämmön luontohaittoja. Myös vedenkäytön luontohaittojen selvittämisen mahdollisuutta pohdittiin, mutta sekin päätettiin lopulta jättää tuleviin arviointeihin.

3.2.1 Organisaation rajaaminen

Jyväskylän yliopiston tiloissa ja läheisessä yhteydessä toimii myös yliopiston ulkopuolisia yrityksiä. Niiden toiminta rajattiin tämän tarkastelun ulkopuolelle, mutta kiinteistöjen energiankäyttötiedoissa saattaa osittain olla mukana myös muiden yritysten kulutusta. Tämän vaikutus tulosten tarkkuuteen lienee kuitenkin pieni. Keskeinen ja yliopiston osittain omistama yritys on ravintolapalveluita tuottava Semma Oy. Myös Semma Oy:n toiminta rajautui tämän tutkielman ulkopuolelle, sillä yrityksen ympäristövaikutuksia tutkitaan toisessa tutkielmassa (Latva-Hakuni 2020). Myös Jyväskylän yliopiston tytäryhtiöt Educluster Finland Oy ja Unifund Jyväskylä Oy rajattiin ulos, sillä niiden toiminnan tarkastelu ei rajallisen ajan vuoksi ollut tässä työssä mahdollista. Luontohaitat arvioitiin kuitenkin kaikille tiedekunnille ja erillislaitoksille, mukaan lukien muissa kaupungeissa sijaitsevat sivutoimipisteet (Kuva 3).



Kuva 3. Jyväskylän yliopiston organisaatiorakenne (JYU 2020a).

Toiminnallinen rajausta puolestaan perustui tämän tutkielman puitteissa käytettävissä oleviin resursseihin sekä oletukseen siitä, että päästöintensiiviset toiminnot aiheuttavat myös eniten luontohaittoja. Näillä perusteilla tarkasteluun valikoituivat Jyväskylän yliopiston kaukolämmön kulutus sekä hankinnat, eli erilaiset ostetut hyödykkeet ja palvelut. Hankintojen tarkastelu tehtiin kaikille tiedekunnille ja erillislaitoksille yksikkökohtaisen talouskirjanpidon perusteella. Laskennan ulkopuolelle jäivät sellaiset kirjanpidon tilien sisäiset ostot, joita ei saatujen tietojen puitteissa pystytty kategorisoimaan. Kategorisoimattomien ostojen osuus oli noin 67 % hankintojen kokonaissummasta. Energiankäytön osalta tarkasteltavina olivat niin Jyväskylän yliopiston omistamat kiinteistöt kuin myös kiinteistöt, joissa Jyväskylän yliopisto on vuokralaisena (Liite 1). Konneveden tutkimusaseman energiankulutus rajattiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä kaukolämmön sijaan aseman lämmitykseen käytetään kevyttä polttoöljyä.

3.3 Kaukolämmön luontohaitat

Ensimmäinen askel lämmityksen luontohaittojen kartoituksessa on selvittää käytössä olevat energialähteet, energian toimittajat ja kulutusmäärät. Suomen Yliopistokiinteistöt (SYK) Oy omistaa valtaosan Jyväskylän yliopiston kampusrakennuksista, ja yliopisto toimii tiloissa vuokralaisena. Näiden tilojen vuoden 2019 energiankäyttötiedot saatiin SYK:ltä, ja muilta osin Jyväskylän yliopistolta. Yleisiä tietoja kaukolämmön tuotannosta saatiin kaukolämmön toimittajalta Alva-yhtiöt Oy:ltä. Energiankäytön haittojen laskennassa käytettiin vuoden 2019 tietoja ja tilastoja kun niitä oli saatavilla, muussa tapauksessa uusimpia saatavilla olleita aineistoja.

Tiedot sekä kaukolämmön että sähkön ja veden kulutuksesta on koottu taulukkoon (Liite 1). Taulukossa on lisäksi eritelty, mitkä kiinteistöt on sisällytetty mukaan laskelmaan. Jyväskylän yliopiston kiinteistöjen kaukolämmön kulutus oli saatujen tietojen perusteella vuonna 2019 yhteensä 25 534 MWh. Tiedot energiantuotannon raaka-ainejakaumasta ja volyyymeista selvitettiin kaukolämmön toimittajalta, Alva-yhtiöt Oy:ltä sähköpostitse. Jyväskylän yliopiston käytössä on kiinteistöjä myös muualla

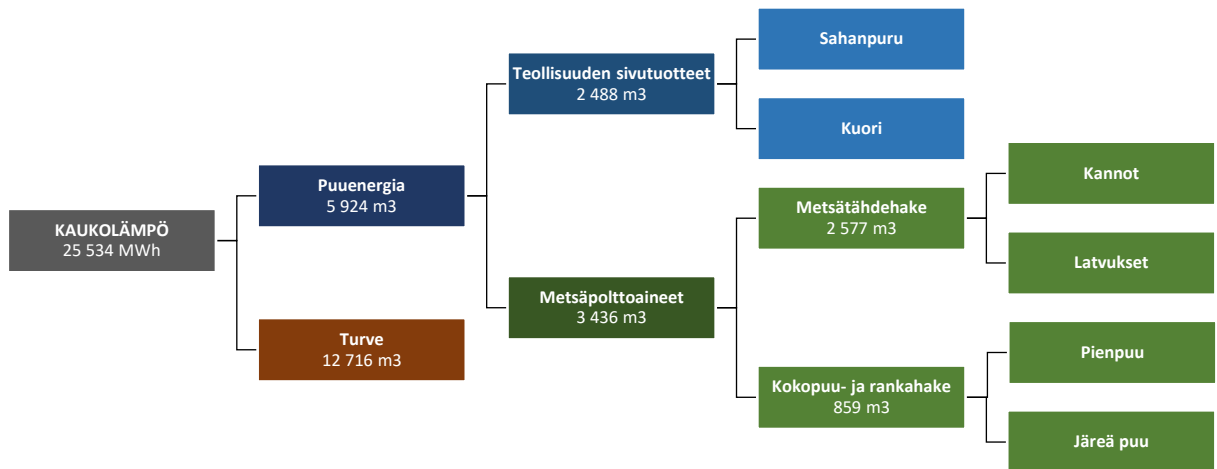
kuin Jyväskylän alueella, ja näiden kiinteistöjen kaukolämmön toimittaa jokin muu taho. Laskelmiin on sisällytetty myös näiden muualla sijaitsevien kiinteistöjen lämmitys, mutta laskennan yksinkertaistamiseksi kaikkien haittojen laskennassa hyödynnettiin Alva-yhtiöt Oy:n energiantuotannon tietoja.

Alva-yhtiöt Oy:n kaukolämmön tuotannon polttoainejakauma oli vuonna 2019 seuraava: turve 49,8 %, puu 46,4 % ja muut (öljy, hiili, biokaasu) 3,8 % (Alva-yhtiöt Oy 2020). Puu ja turve ovat pääpolttoaineita, öljy ja hiili toimivat tarvittaessa käytettävänä varapolttoaineina (Alva-yhtiöt Oy 2020). Tässä laskelmassa on arvioitu pääpolttoaineiden käytön luontohaittoja, eli varapolttoaineille laskettavat 3,8 % (n. 970 MWh) energiasta jäävät laskennan ulkopuolelle. Puubiomassalla tuotettua kaukolämpöä Jyväskylän yliopisto kulutti noin 11 848 MWh ja turpeella tuotettua noin 12 716 MWh.

3.3.1 Puuenergia

Energiantuotannossa käytetty puubiomassa jakautui metsäpolttoaineisiin (metsätähdehake ja kokopuu- tai rankahake, 58 % puubiomassasta) ja teollisuuden sivutuotteisiin (sahanpuru ja kuori, 42 % puubiomassasta). Metsäpolttoaineita käytettiin Jyväskylän yliopiston energiatarpeen täyttämiseksi n. 6 872 MWh, eli n. 3 436 m³ ja teollisuuden sivutuotteita n. 4 976 MWh eli n. 2 488 m³ (kun 1 m³ = n. 2 MWh, lähde: Alva-yhtiöt Oy).

Alva-yhtiöt Oy:n tuotannossa poltetusta metsäpolttoaineesta 75 % on metsätähdehakea ja 25 % kokopuu- tai rankahakea (osuutena polttoainetehosta keskimääräisenä ajanhetkenä). Kokopuu- ja rankahake muodostuu Kuvan 4 mukaisesti harvennusten pienpuusta ja järeästä runkopuusta, ja metsätähdehake puolestaan kannoista ja hakkuutähteistä (Luonnonvarakeskus 2018). Alva-yhtiöt Oy:ltä näin yksityiskohtaista jaottelua polttoaineista ei kuitenkaan saatu, joten laskennassa käytetään karkeampaa jaottelua. Luonnonvarakeskuksen tilastotiedot energiapuun hakkuista Keski-Suomessa yleistettiin koskemaan kaikkea Keski-Suomessa poltettua energiapuuta, vaikka todellisuudessa osa puubiomassasta tuodaan maakunnan ulkopuolelta.



Kuva 4. Kaukolämmön polttoainejakauma. Luvut kuvaavat Jyväskylän yliopiston käyttämän lämpöenergian tuotantoon tarvittavia polttoainemääriä Alva-yhtiöt Oy:n tuotannossa (vuoden 2018 polttoaineiden käytön jakauman perusteella). Kaaviossa ei ole huomioitu varapolttoaineita (öljy, hiili, biokaasu).

Metsätähdehakkeen eli kantojen ja hakkuutähteiden on oletettu olevan peräisin päätehakkuilta. Kantoja voidaan kerätä ainoastaan päätehakkuualoilta, ja hakkuutähteitäkin kerätään eniten päätehakkuiden yhteydessä (Äijälä ym. 2014). Sekä kantoja että hakkuutähteitä korjataan yleisimmin kuusivaltaisilta hakkuilta (Koistinen ym. 2016). Kantoja saadaan keskimäärin 55–65 m³ ja hakkuutähteitä 50–60 m³ hehtaarilta (Viitasari 2013). Jos oletetaan, että keskimääräinen kantojen saanti on 60 m³/ha ja hakkuutähteen 55 m³/ha, ja hakkuualalta kerätään molempia jakeita, saadaan yhdeltä hakkuuhehtaarilta yhteensä 115 m³ metsätähteitä. Tällöin Jyväskylän yliopiston kaukolämmön tuottamiseen tarvittavan metsätähdemäärän (2 577 m³) saavuttamiseksi vaaditaan noin 22 ha päätehakkuualaa.

Valtaosa Keski-Suomessa toteutetuista päätehakkuista on avohakkuita (SVT 2018a). Avohakkuun aikaansaaman haitan laskemisessa hyödynnettiin asiantuntija-arvioita metsänkäsittelytoimien vaikutuksesta kohteen monimuotoisuusarvoihin (Mikkonen

ym. 2018, Moilanen ja Kotiaho 2020b), samaan tapaan kuin johdannon luontotyyppi-hehtaari-ajattelussa, ja metsän kunnan arvioidaan avohakkuun jälkeen olevan 0,1 luontotyyppihehtaaria/ha. Hakkuutähteiden korjuun aiheuttama lisähaitta kohdistuu hakkuun jälkeen jäljelle jäävään lahoppuupotentiaaliin. Oletuksena on, että Mikosen ym. (2018) arvio avohakkuun haitoista ei vielä sisällä energiapuun korjuun aiheuttamaa haittaa.

Päätihakkuuta ei tehdä vain energiapuun keräämiseksi, vaan ensisijainen tuote on runkopuu. Näin ollen päätihakkuun aiheuttamasta luontohaitastakin vain osa voidaan kohdistaa energiapuun käytölle. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa -työryhmän (ELITE) mietinnössä eri elinympäristöpiirteille on annettu painoarvot, jotka kertovat, kuinka suuri osa kohteen luonnontilasta määräytyy kyseisen piirteen perusteella (Kotiaho ym. 2015). Painoarvo kertoo, kuinka suuri heikennys alueen luonnontilalle aiheutuu, jos kyseinen piirre puuttuu kokonaan. Koko Suomessa ja myös Keski-Suomessa laajimmin esiintyvillä lehtomaisilla, tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla lahoppuun painoarvo on 0,6. Kohteen ekologisesta kunnosta 60 % siis määräytyy lahoppuun esiintymisen perusteella. Energiapuun korjuun on todettu vähentävän lahoppuun määrää avohakkuilla keskimäärin 39 % (Eräjää ym. 2010).

Avohakkuun jälkeen metsän ekologinen arvo on siis 0,10 eli 22 hehtaarin hakkuu-
alasta on jäljellä 2,20 luontotyyppihehtaaria. Tässä hakkuun jälkeisessä tilassa lahoppu määrittelee 60 % ekologisesta arvosta, jolloin lahoppu muodostaa $2,20 \times 0,60 = 1,32$ luontotyyppihehtaaria. Lahoppuun arvosta hakkuutähteiden korjuu vähentää 39 %, joten korjuun jälkeen lahoppuun arvoa on jäljellä $1,32 \times (1 - 0,39) = 0,81$ luontotyyppihehtaaria. Lahoppuun korjuun aiheuttama haitta on $1,32 - 0,81 = 0,51$ luontotyyppihehtaaria.

Avohakkuun ja hakkuutähteiden korjuun jälkeen alueen ekologinen kunto on yhteensä $2,20 - 0,51 = 1,69$ luontotyyppihehtaaria. Avohakkuun ja energiapuun korjuun aiheuttama kokonaishaitta, eli lähtötilanteen ja lopputuloksen erotus on

$22 - 1,69 = 20,31$ luontotyyppihehtaaria, josta energiapuun korjuu (0,51 luontotyyppihehtaaria) muodostaa 2,5 %. Toisin sanoen energiapuun korjuulle voidaan tämän laskelman perusteella osoittaa noin 2,5 % koko hakkuuprosessin haitoista.

Hakkuutähteen ohella kaukolämmön tuotannossa käytettiin myös runkopuuta. Runkopuuta korjataan energiakäyttöön pääsääntöisesti nuoren metsän hoidon tai ensiharvennuksen yhteydessä (Äijälä ym. 2014). Laskennallisista syistä kaiken runkopuun on tässä työssä oletettu olevan peräisin yksinomaan metsiköiden ensiharvennuksista. Ensiharvennukset tehdään yleensä metsiköihin, joiden kehitysluokka on ”nuori kasvatusmetsikkö”, ja joissa puuston keskiläpimitta rinnankorkeudelta on 8–16 cm (Äijälä ym. 2014). Keski-Suomessa energiapuuksi korjattiin vuonna 2018 pienpuuta (karsittu ranka) $68\,000\text{ m}^3$, ja ensiharvennuksia tehtiin 12 771 hehtaarilla (Luonnonvarakeskus 2018, SVT 2018a). Näiden tilastojen perusteella harvennusten pienpuun hakkuukertymä on keskimäärin $5,3\text{ m}^3/\text{ha}$. Tällä hakkuukertymällä laskettuna Jyväskylän yliopiston kaukolämmöksi tarvittavan kokopuu- ja rankahakkeen (859 m^3) saamiseksi on täytynyt harventaa yhteensä 162 hehtaaria nuorta kasvatusmetsikköä.

Harvennushakkuun aikaansaaman haitan laskemisessa hyödynnettiin samaa asiantuntija-arviota metsänkäsittelytoimien vaikutuksesta kohteen monimuotoisuusarvoihin kuin edellä avohakkuun yhteydessä (Mikkonen ym. 2018). Ensiharvennus heikentää harvennusalan kuntoa lähtötilanteesta 50 % (Mikkonen ym. 2018). Ennen harvennusta vallinnut lähtötilanne ei kuitenkaan ole luonnontila, sillä harvennus tehdään nuorena kasvatusmetsikössä. Moilasen ja Kotiahon (2020b) mukaan 1 hehtaari nuorta kasvatusmetsää vastaa 0,25 luontotyyppihehtaaria. Tällöin harvennuksen aiheuttama heikennys on $0,25 \times 0,5 = 0,125$ luontotyyppihehtaaria jokaista hakkuuhehtaaria kohden. Jyväskylän yliopiston käyttämän kokopuu- ja rankahakkeen aiheuttama luontohaitta on siten yhteensä $162\text{ ha} \times 0,125\text{ ltha} / \text{ha} = 20,25$ luontotyyppihehtaaria.

Luonnonvarakeskuksen tilastotietokannan mukaan Keski-Suomen voimalaitosten käyttämät metsäteollisuuden sivutuotemassat jakautuivat seuraavasti: purua 17 %, kuorta 71 %, puutähdehaketta 10 % ja muuta massaa 2 % (SVT 2018b). Alva-yhtiöt Oy puolestaan ilmoitti käyttävänsä purua ja kuorta, kumpaakin yhtä suurena osuutena polttoainetehosta. Metsäteollisuuden sivutuotteiden saamiseksi tarvitaan luonnollisesti teollisuuden tuotantoa, joka puolestaan edellyttää hakkuita. Koska hakkuita ei suoriteta ensisijaisesti näiden sivutuotteiden saamiseksi, ei hakkuun luontohaittaa voi suoraan kohdistaa sahanpurun ja kuorihakkeen käyttäjille. Toisaalta näiden jakeiden kysynnän kasvu saattaisi lisätä hakkuupaineita, ja tällöin sivutuotteiden käytöllä olisi vaikutusta aiheutuviin luontohaittoihin. Tällä hetkellä sivutuotteiden kysyntä ja hinta (Metsälehti 2020) ovat kuitenkin matalia varsinaiseen ainespuuhun verrattuna, joten tässä työssä teollisuuden sivutuotteiden luontohaitat jätetään kohdentamatta sivutuotteiden käyttäjälle.

Yhteenlaskettuna puupolttoaineiden käytöstä Jyväskylän yliopiston kuluttaman kaukolämmön tuotannossa aiheutui luontohaittaa 20,76 luontotyyppihehtaarin verran vuodessa (2019). Toisin sanoen luontohaittaa aiheutetaan määrä, joka vastaa tämän kokoisen luonnontilaisen metsän tuhoamista kokonaan.

3.3.2 Turve

Jyväskylän yliopiston käyttämästä kaukolämmöstä 49,8 % tuotettiin polttamalla turvetta. Turpeen keskimääräinen energiasisältö on 0,93 MWh/m³ (Alakangas ym. 2010), joten kulutetun 12 716 MWh tuottamiseksi tarvitaan noin 13 673 m³ turvetta.

Turvetuotannon merkittävin luontohaitta aiheutuu suon kuivattamisesta ja kasvillisuuden poistosta, joka tehdään kertaalleen ennen tuotannon aloittamista (Ympäristöministeriö 2015). Tuotantoaluetta kuitenkin käytetään ja turvetta nostetaan Suomessa keskimäärin 15–30 vuoden ajan (Väyrynen ym. 2008). Turpeenkäytön haitat tuleekin jakaa käyttövuosille, jotta on mahdollista kohdistaa luontohaitat energian loppukäyttäjille oikein.

Turvetuotannon kuivattava vaikutus ei usein rajoitu ainoastaan tuotantoalueelle. Ojitus ja siitä seuraava kuivuminen muuttavat tuotantoalueen ja sitä ympäröivien alueiden hydrologiaa merkittävästi (Ympäristöministeriö 2015). Se, kuinka kauas ojista kuivatusvaikutusalue yltää suon ulkopuolelle, riippuu monesta ympäristötekijästä – esimerkiksi maaston pinnanmuodoilla, kuivatusojien syvyydellä sekä turvepatjan paksuudella voi olla vaikutusta kuivumiseen (Paal ym. 2016).

Suon valjastaminen turvetuotantoon tuhoaa tuotantoalueen ekosysteemin lähes täysin, ja turvetuotantoon valjastetun suoekosysteemin kunto on enää 0,01 luontotyyppihehtaaria suohehtaaria kohden (Kotiaho ym. 2015). Harva turvetuotantoon otettava suo on kuitenkin luonnontilainen, joten vertailukohtana käytetään ojitettujen puun- ja turvetuotantokelpoisten rämeiden sekä avosoiden keskimääräistä ekologista kuntoa Suomessa, joka on noin 30 % luonnontilasta eli 0,3 luontotyyppihehtaaria per hehtaari (Kotiaho ym. 2015).

Keski-Suomen turvetuotantoalueilla tuotetaan vuosittain keskimäärin 400 MWh:n edestä turvetta hehtaarilla (Flyktman 2012). Mikäli kaikki Alva-yhtiöt Oy:n energiantuotannossa käytetty turve tuotettaisiin Keski-Suomessa, täytyisi turvetta nostaa vuosittain noin 32 hehtaarin alueelta, jotta Jyväskylän yliopiston kaukolämmön tarve (12 716 MWh) tulisi täytetyksi. Todellisuudessa merkittävä osa Keski-Suomessa poltetusta turpeesta tuodaan maakunnan ulkopuolelta (Flyktman 2012), mutta laskennan yksinkertaistamiseksi käytetään Keski-Suomen tuotantoalan saantoa. Koko Suomessa keskimääräinen vuosituotanto on 400–500 MWh/ha (Väyrynen ym. 2008). Jos ajatellaan, että turvetta Jyväskylän yliopiston energiatarpeeseen nostettaisiin vuosittain samalta 32 hehtaarin alalta, saadaan tälle alalle laskettua vuosittainen luontohaitta. Kun 32 ha ekologinen arvo laskee lähtötilasta 0,3 lopputilaan 0,01, on heikennys $0,3 - 0,01 = 0,29$ luontotyyppihehtaaria jokaista tuotantohehtaaria kohden, ja siten koko 32 ha tuotantoalalle 9,28 luontotyyppihehtaaria. Kun tämä heikennys jaetaan tuotantoalueen käyttövuosille (keskimäärin 22,5), saadaan vuosittaiseksi haitaksi 0,41 luontotyyppihehtaaria.

Koko kuivatettava suoala ei sovellu turvetuotantoon, vaan turvetta nostetaan yleisesti vain niistä suon osista, joissa turpeen syvyys on vähintään 1,5 metriä. Tämä vaatimus sulkee usein pois esimerkiksi suon reuna-alueita. Varsinaisen turpeennostoalan ohella ojitus kuivattaa siis myös alueita, joita ei voida tuotannossa hyödyntää (Kareksela ym. 2013). Näin ollen luontohaittoja kohdistuu varsinaisen turpeennostoalan lisäksi kuivatettavan alueen sisällä oleviin suon matalampiin, turvetuotantoon kelpaamattomiin osiin. Tarkkaa arviota siitä, kuinka suuri osuus kuivatettavasta alasta on hyödynnettävissä, ei löydetty, mutta näiden haittojen huomioimiseksi oletetaan, että kuivatettavasta alasta $1/3$ ei sovellu turvetuotantoon. Tällöin tuotantoon käytettävän 32 hehtaarin ohella 16 hehtaaria tuotantoon kelpaamatonta suoalaa kuivuisi myös. Tämän alan kunto lähtötilanteessa on sama kuin tuotantoon soveltuvan alan, eli 0,3 ltha/ha. Tuotantoon kelpaamattomiin osiin kohdistuva haitta ei ole niin suuri kuin tuotantoalalla, josta turvetta nostetaan. Oletetaan, että kuivumisen seurauksena soiden kunto laskee 50 %. Tällöin kuivatuksen aiheuttama haitta on $0,3 \times 0,5 = 0,15$ luontotyyppihehtaaria suohehtaaria kohden eli 2,40 luontotyyppihehtaaria koko 16 hehtaarin kuivuvalta osalta. Yhteenlaskettu luontohaitta turpeen käytöstä olisi siten $9,28 \text{ ltha} + 2,40 \text{ ltha} = 11,68 \text{ ltha}$ ja käyttövuosille jaettuna 0,52 luontotyyppihehtaaria vuodessa.

3.4 Hankintojen luontohaitat

Hankintojen luontohaitat syntyvät jossakin vaiheessa hankittujen tuotteiden ja palveluiden tuotantoketjuja. Tässä työssä tutkitut haitat ovat seurausta tuotantoon liittyvästä maankäytöstä. Hankinnoista aiheutuvien luontohaittojen selvityksen lähtökohdana oli yliopiston talouskirjanpito. Tavoitteena oli laatia laskentamenetelmä, jonka avulla kirjanpidon tilien rahavirrat saataisiin linkitettyä kulutettujen hyödykkeiden ja palveluiden tuotannon aiheuttamaan maankäyttöön ja maankäytön luontohaittoihin. Hankintojen luontohaittojen laskennassa käytettiin Jyväskylän yliopiston laitosten ja erillislaitosten vuoden 2019 talouskirjanpitoa, jotka saatiin käyttöön yliopiston taloushallinnosta.

Pohjana menetelmän kehitykselle toimi EXIOBASE-tietokanta maankäyttöluokituksineen. EXIOBASE on ympäristölaajennettu monialueellinen panos-tuotostietokanta (environmentally extended multi-regional input-output database, EEMRIO), joka sisältää dataa eri valtioiden ja alueiden välillä liikkuvista vienti- ja tuontivirroista sekä niiden ympäristövaikutuksista toimialasektoreittain (Stadler ym. 2018). EXIOBASE-tietokanta yhdistää rahavirrat kulutuksen aiheuttamaan maankäyttöön maankäyttöluokittain (Stadler ym. 2018). Käytetty EXIOBASE:n versio 3.4 sisältää tiedot 163 toimialan virroista 662 resurssikategoriassa, 44 valtiossa ja viidellä laajemmalla alueella, joihin loput valtiot jakautuvat (Stadler ym. 2018). Tietokanta on ladattavissa ilmaiseksi verkosta rekisteröitymistä vastaan, ja tietokannan uusin versio perustuu vuoden 2011 dataan (Stadler ym. 2018).

EXIOBASE-tietokannan dataa käsiteltiin Python-ohjelmointikieleen pohjautuvalla Pymrio-ohjelmalla, jotta saatiin selville kunkin resurssikategorian maankäyttökertoimet, eli suorat ja epäsuorat ympäristövaikutukset kulutettua euroa kohden (Stadler 2020). Lisäksi Pymrio-käsittelyn avulla selvitettiin, miten vaikutukset Suomessa tapahtuvasta kulutuksesta jakautuvat maantieteellisesti eli missä on luontohaittojen alkulähde. Tämä on oleellista globaalien luontohaittojen tarkastelussa.

Toinen käytetty aineisto oli Chaudharyn ja Brooks (2018) luontojalanjälkilaskentaa varten laatima maankäyttöluokittelu (Chaudhary ja Brooks 2018, lisämateriaali). Eri maankäyttöluokkiin oli yhdistetty alueellista tietoa maankäytön intensiivisyydestä, eri eliöryhmien lajirunsaudesta elinympäristötyypeittäin ja näiden perusteella eliöryhmien haavoittuvuudesta ekoalueittain (Chaudhary ja Brooks 2018). Näiden tietojen perusteella Chaudhary ja Brooks muodostivat karakterisointikertoimet, jotka yhteismitallistavat eri lähteiden vaikutukset yksikköön ”potentially disappeared fraction of species” (PDF) neliometriä kohden. PDF on elinkaariarvioinnissa yleisesti käytetty yksikkö, joka kertoo luonnon monimuotoisuudelle maankäytöstä aiheutuvan haitan määrän pinta-alaa kohden (UNEP-SETAC Life Cycle Initiative 2019). Se perustuu tietoihin lajien runsaudesta eri elinympäristöissä, elinympäristöjen yleisyydestä

sekä lajien uhanalaisuuksista yhdistettynä maankäyttöön ja maankäytön intensiteettiin. PDF kuvaa potentiaalista lajikadon määrää, kun elinympäristöt tuhoutuvat tai heikentyvät kulutuksen ajaman maankäytön seurauksena (Goedkoop ja Spriensma 1999). PDF siis käytännössä kertoo ekosysteemien laadun heikkenemisestä (Chaudhary ym. 2016).

EXIOBASE-tietokannan ja Chaudharyn ja Brooks (2018) aineiston maantieteelliset aluejaot olivat erilaiset, joten ne tuli yhdistää. EXIOBASE:n jaottelu sisältää 44 valtiota ja viisi laajempaa "rest of the world"-aluetta, joihin toisen aineiston valtiot jaoteltiin. Tämän välivaiheen avulla saadaan jokaiselle EXIOBASE:n maantieteelliselle alueelle kohdistuva haitta (PDF/m²). Tämän jälkeen kohdistettiin kirjanpidon tilit sopiviin EXIOBASE:n resurssikategorioihin (esim. tili "IT-laitteet" kategoriaan "Office machinery and computers"). Näin saatiin selville, montako neliometriä maa-alaa kunkin kirjanpitotilin kulutus vaatii. Kaikkia kirjanpitotilien sisäisiä ostoja ei puutteellisten tietojen vuoksi ollut mahdollista kohdistaa mihinkään kategoriaan, ja tällaiset hankinnat (67 % hankintojen kokonaissummasta) jätettiin varsinaisen laskennan ulkopuolelle. Näiden kategorisoimattomien ostojen potentiaalista luontohaittaa arvioitiin keskimääräisen haittakertoimen perusteella.

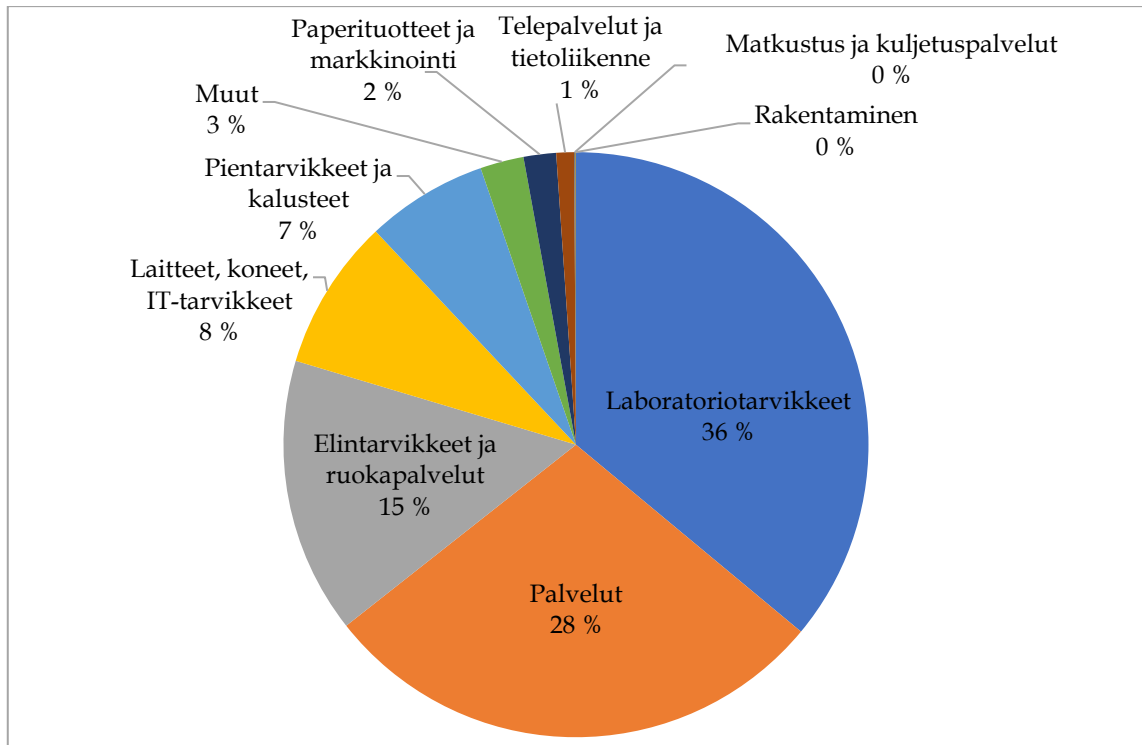
Tässä vaiheessa on siis tiedossa haitta (PDF/m²) kullakin EXIOBASE:n alueella resurssikategorioittain sekä maapinta-alan käyttö kirjanpitotileittäin ja maankäyttöluokittain. Kun nämä tiedot yhdistetään, saadaan selville jokaisen kirjanpidon tilin luontohaitta (PDF). Näin saadaan laskettua, kuinka suuren haitan aiheuttaa esimerkiksi "IT-laitteet"-tilille kirjattu 1000 €:n ostos.

Chaudharyn ja Brooks (2018) maankäyttölaskelmissa on huomioitu lajien haavoittuvuus niiden uhanalaisuuden ja elinalueiden laajuuden perusteella laskettuna. Laskelmissa on mukana viisi eliöryhmää: nisäkkäät, linnut, matelijat, sammakkoeläimet ja kasvit. Niihin kohdistuvat haitat on tässä yhdistetty, eli PDF:n arvo kertoo näihin eliöryhmiin kohdistuvan keskimääräisen haitan. Samoin maankäytön intensiteetti on

tässä työssä yhdistetty keskiarvoksi. Aineistossa maa-alaan kohdistuva paine on jaettu maankäyttöön (land occupation) ja maankäytön muutokseen (land transformation). Tässä työssä päätettiin huomioida vain maankäyttö, sillä oletettavasti maankäytön muutoksen vaikutus on globaalilla tasolla tarkasteltuna vain murto-osa maankäytön vaikutuksesta suuren pinta-alaeron vuoksi (Faragò ym. 2019, lisämateriaali). Tämä rajausta tehtiin myös siksi, että varmaa tietoa EXIOBASE-tietokannassa käytetystä maankäytön tyypistä ei löytynyt.

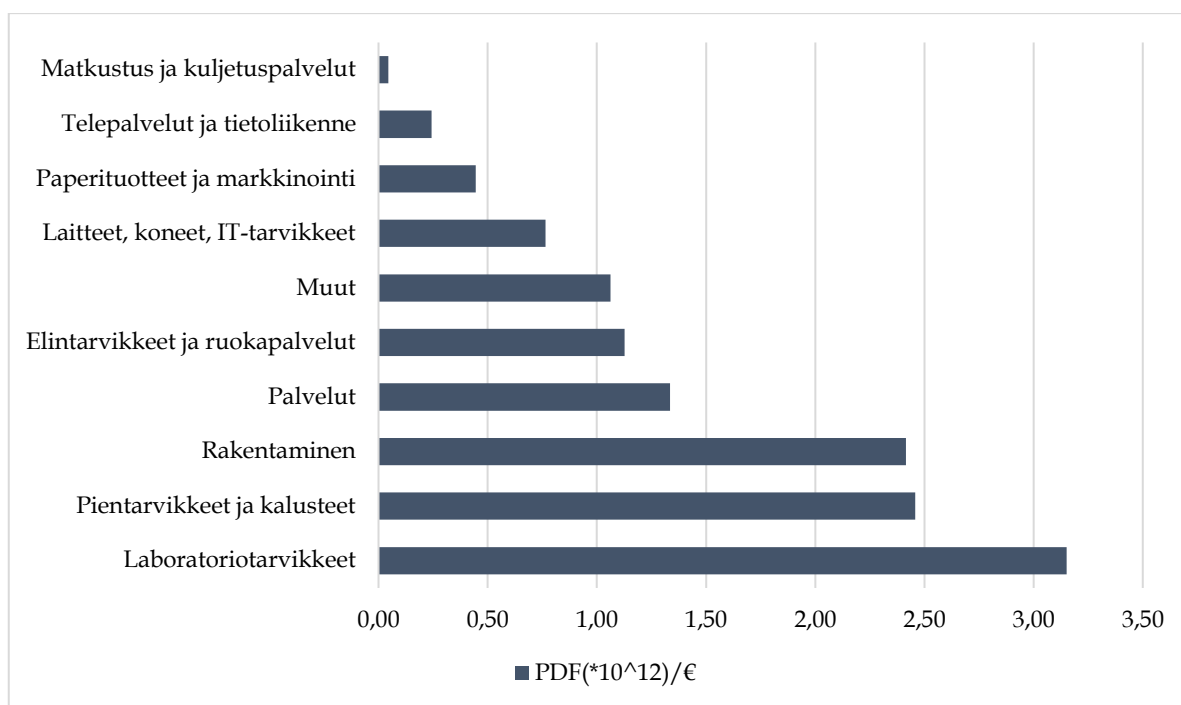
Jyväskylän yliopiston tekemistä, kategorisoiduista hankinnoista aiheutunut luontohaitta vuonna 2019 oli suuruudeltaan $2,12 \times 10^{-5}$ PDF, ja kategorisoimattomista hankinnoista puolestaan $7,61 \times 10^{-5}$ PDF. Kategorisoimattomien ostojen haitta laskettiin keskimääräisen haittakertoimen ($2,45 \times 10^{-12}$ PDF/€) avulla. Hankintojen aiheuttama luontohaitta oli siten yhteensä $9,73 \times 10^{-5}$ PDF. Käytännössä tämä tarkoittaa, että Jyväskylän yliopiston tekemät hankinnat heikentävät maankäytön kautta ekosysteemejä niin, että globaalissa mittakaavassa 1 laji potentiaalisesti kuolee sukupuuttoon noin 10 000 vuoden välein (nisäkkäät, linnut, matelijat, sammakkoeläimet, kasvit huomioiden). Lukumäärä kuulostaa mitättömän pieneltä, mutta mikäli kaikki maailman korkeakoulut (n. 30 500 kpl, Ranking Web of Universities 2020) aiheuttaisivat saman verran haittaa kuin Jyväskylän yliopisto, kuolisi potentiaalisesti noin kolme lajia sukupuuttoon vuosittain pelkästään korkeakoulujen hankintojen seurauksena. Vaikutuksella on merkitystä siksikin, että kyse ei ole lajien häviämisestä paikallisesti, vaan potentiaalisesta globaalista sukupuutosta. Jyväskylän yliopisto on globaalissa mittakaavassa tarkasteltuna pieni toimija, joten suhteessa siihen aiheutetun luontohaitan suuruus vaikuttaa olevan järkevässä mittakaavassa.

Kategorioittain tarkasteltuna kolme suurinta luontohaittojen aiheuttajaa olivat laboratoriotarvikkeet, palvelut sekä elintarvikkeet ja ruokapalvelut (Kuva 5). Elintarvikkeet ja ruokapalvelut -kategorian kohdalla on syytä huomioida, että kyse on Jyväskylän yliopiston tekemistä elintarvikkeiden ja ruokapalveluiden hankinnoista. Lukemaan ei siis sisälly ruokapalveluita yliopiston tiloissa tuottavan Semma Oy:n toiminta muuten, kuin yliopiston heiltä tekemien hankintojen muodossa.



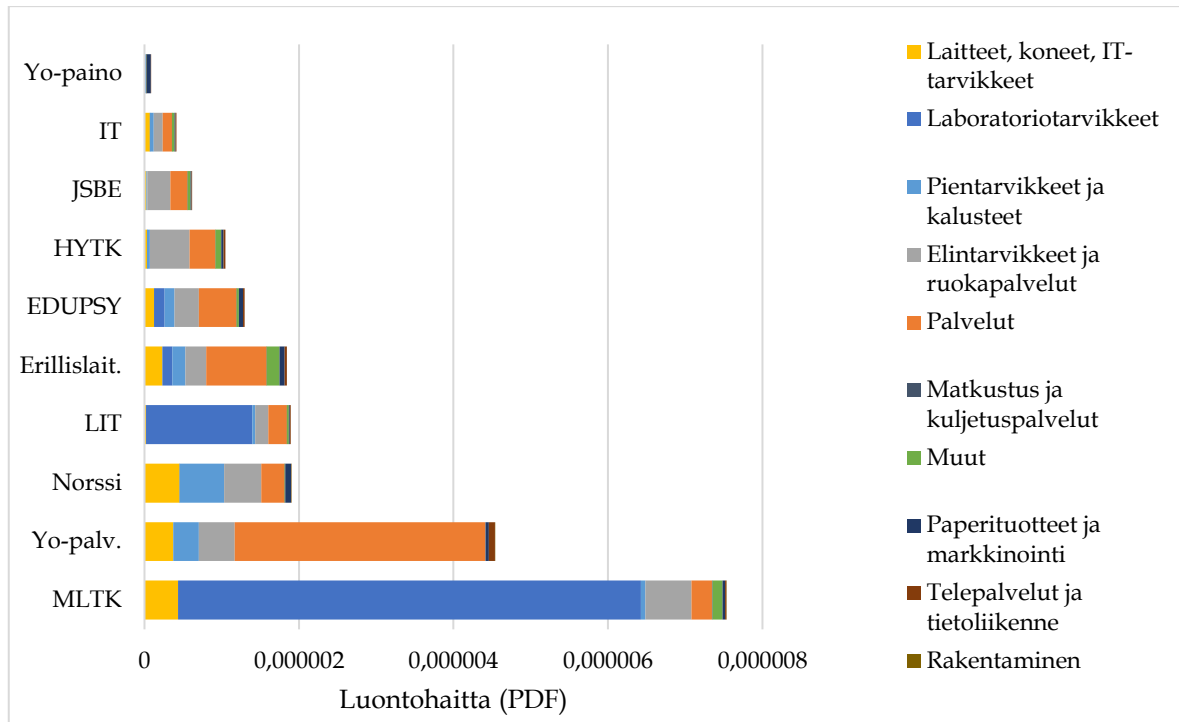
Kuva 5. Kategorisoitujen hankintojen luontohaitat hankintakategorioittain osuuksina kokonaishaitasta (PDF_{tot}). EXIOBASE:n kategoriat on yhdistetty laajemmiksi kategorioiksi tulosten selkeyttämiseksi.

Luontohaitan suuruus riippuu sekä hankintakategorian ”haittaintensiivisyydestä” että kategoriaan käytetystä rahasummasta. Jonkin hankintakategorian PDF-arvo voisi olla suuri siksi, että hankinnat aiheuttavat EXIOBASE:n maankäyttöarvioiden perustella paljon haittaa, tai siksi, että kategorian hankintoihin on käytetty huomattava rahasumma. Hankintakategorian haittaintensiivisyyttä kuvaa haittakerroin ($PDF/€$). Haittakertoimiltaan suurimpia olivat laboratoriotarvikkeet, pientarvikkeet ja kalusteet sekä muut-kategorian hankinnat (Kuva 6). Esimerkiksi palveluiden haittakerroin ei ole kovinkaan suuri, mutta niiden osuus aiheutetusta luontohaitasta on merkittävä, koska palveluihin on käytetty suhteellisen suuri summa rahaa.



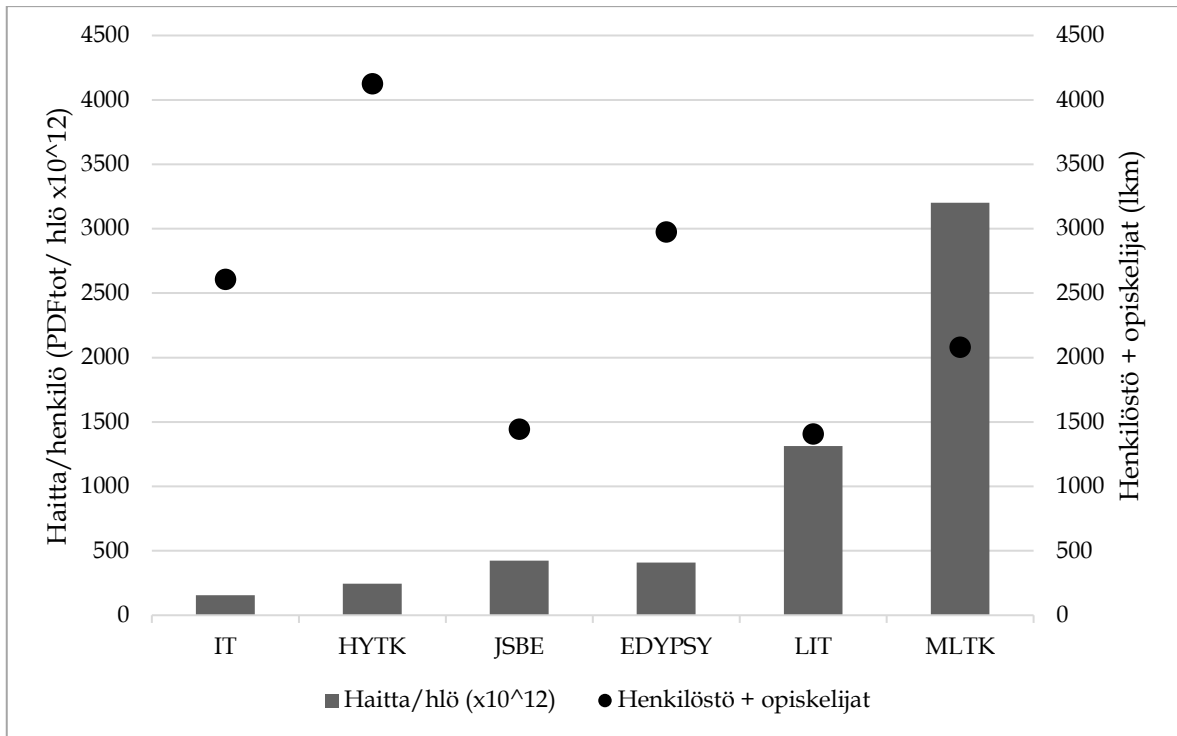
Kuva 6. Hankintakategorioiden luontohaittakertoimet (PDF ($\times 10^{12}$) / €).

Hankintojen luontohaittojen jakautumisessa on selvää eroa tiedekuntien ja erillislaitosten välillä (Kuva 7). Selvästi eniten luontohaittoja aiheutui matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan (MLTK) sekä yliopistopalveluiden hankinnoista. Pienimmiksi jäivät Yliopistopainon, informaatioteknologian tiedekunnan (IT) sekä kauppa- ja korkeakoulun (JSBE) hankintojen luontohaitat. Eri tiedekuntien välillä on eroa opetuksen ja tutkimuksen luonteessa, ja siksi myös haittojen suuruus vaihtelee. Luonnontieteellisessä tutkimuksessa ja opetuksessa käytetään paljon laboratoriotarvikkeita ja kemikaaleja, mikä nostaa matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan luontohaittoja merkittävästi. Sama pätee myös liikuntatieteelliselle tiedekunnalle. Muiden tiedekuntien haitat ovat selvästi pienempiä opetuksen ja tutkimuksen erilaisen luonteen takia. Yliopistopalveluilla suurin haitta muodostuu palveluiden ostoista, Yliopistopainolla taas paperitarvikkeista ja markkinoinnista. Elintarvikkeita ja ruokapalveluita puolestaan käytetään kaikissa yksiköissä suunnilleen samassa suhteessa.



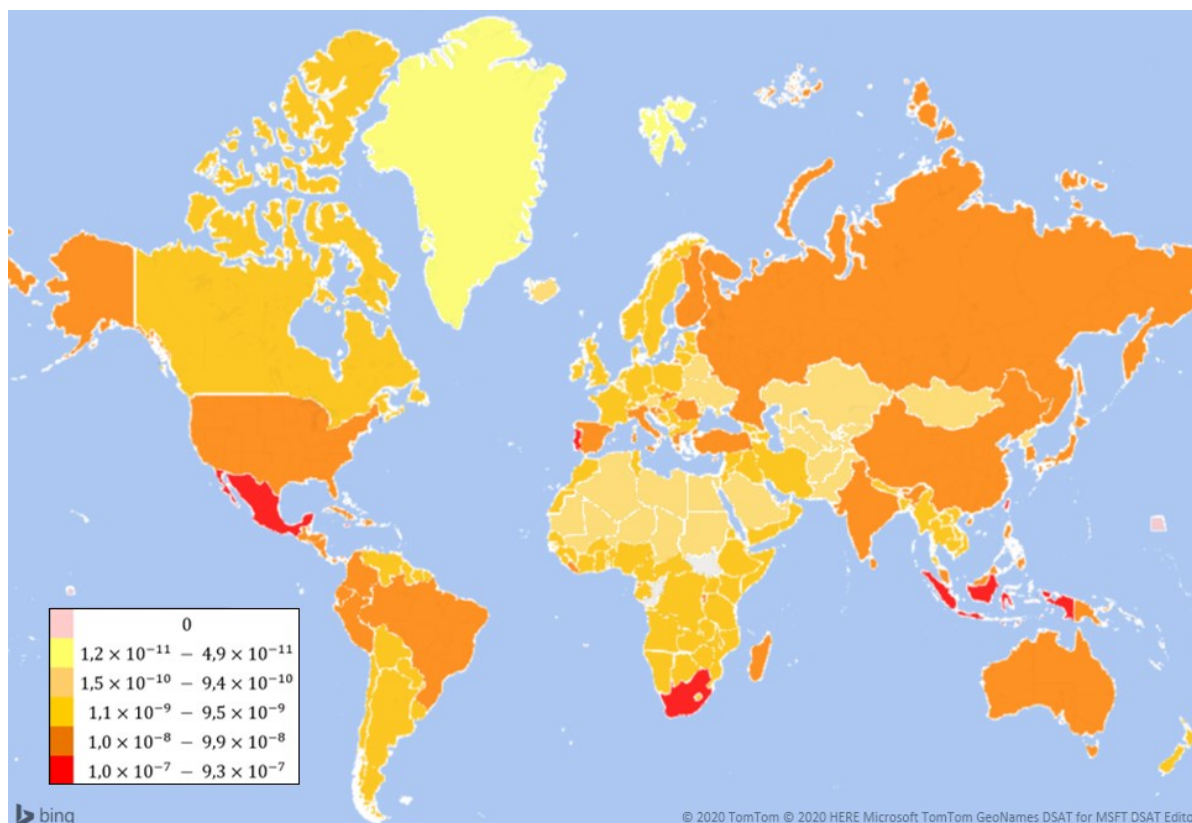
Kuva 7. Hankintojen luontohaittojen (kategorisoidut ostot, PDF_{tot}) jakauma tiedekunnittain ja yksiköittäin. (Yo-paino = Yliopistopaino, IT = informaatioteknologian tdk, JSBE = kauppakorkeakoulu, HYTK = historian ja yhteiskuntatieteiden tdk, EDUPSY = kasvatustieteiden ja psykologian tdk, Erillislaitokset = Avoimen tiedon keskus, Avoin yliopisto, Kokkolan kampus, Koulutuksen tutkimuslaitos, Movi; LIT = liikuntatieteellinen tdk, Norssi = Normaalikoulu, Yo-palv. = Yliopistopalvelut, MLTK = matemaattis-luonnontieteellinen tdk)

Kun luontohaitat suhteutetaan yksikön henkilöstö- ja opiskelijamäärään (Kuva 8), huomataan, että matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa luontohaitta henkilöä kohden on selvästi suurin, ja liikuntatieteellisellä tiedekunnallakin merkittävästi muita yksiköitä suurempi. Informaatioteknologian, humanistis-yhteiskuntatieteellisessä sekä kasvatustieteiden ja psykologian tiedekunnissa puolestaan on eniten henkilöstöä ja opiskelijoita, mutta luontohaitat ovat alhaisemmat, joten haitta henkilöä kohden jää huomattavasti pienemmäksi.



Kuva 8. Henkilöstön ja opiskelijoiden lukumäärä sekä hankintojen luontohaitat tiedekunnittain henkilöstö- ja opiskelijamäärään suhteutettuna ($PDF_{tot}/hlö$). Opiskelijamäärä sisältää aktiivisten, syksyllä läsnä olevien tutkinto-opiskelijoiden ja jatko-opiskelijoiden määrän laitoksittain 20.9.2019 tilanteen mukaisesti. Henkilökunnan lukumäärä vastaa 31.12.2019 tilannetta. Mahdolliset päällekkäisyydet opiskelija- ja henkilöstörooleissa on poistettu huomioimalla vain henkilöiden ensisijainen rooli. Henkilömäärät saatu yliopiston datatiimiltä.

Kuvassa 9 on havainnollistettu Jyväskylän yliopiston hankintojen luontohaittojen maantieteellistä kohdistumista. Kuvasta on selkeästi havaittavissa, miten vahvasti hankintojen luontohaittoja on ”ulkoistettu” Suomen rajojen ulkopuolelle. Suurimmat luontohaitat kohdistuvat Portugalin, Meksikon, Indonesian ja Etelä-Afrikan alueille. Suuria arvoja kohdistui myös esimerkiksi Tyynenmeren pienille saarivaltioille, jotka eivät karttakuvasta erotu. Karttaohjelman ja tietokannan puutteiden vuoksi kartalla eivät näy Kosovon, Etelä-Sudanin ja Kongon tasavallan alueille kohdistuvat luontohaitat. Tämä tarkastelu ei myöskään anna tietoa siitä, mistä hankinnoista kohdistuu haittaa mihinkin.



Kuva 9. Hankintojen luontohaittojen (totPDF) maantieteellinen kohdistuminen valtioittain. Kartta on piirretty Microsoft Excel 3D Map -työkalulla.

3.5 Sähkön ja veden luontohaitat

Sähkönkulutuksen luontohaittoja alettiin selvittää, mutta niiden kattava tarkastelu ei tämän työn puitteissa kuitenkaan ollut mahdollista. Selville saatiin, että Jyväskylän yliopiston tiloissa käytetyn sähkön hankinnasta vastaa yhteishankintayhtiö Hansel Oy ja energian hankintalähteenä toimii Energia Myynti Suomi Oy. Sähkö on peräisin pohjoismaisilta sähkön tukkumarkkinoilta.

Ostosähkön kokonaiskulutus Jyväskylän yliopistossa vuonna 2019 oli noin 20 410 MWh (Liite 1). Vuonna 2018 valtion suojaussalkun, ja sen myötä myös Jyväskylän yliopiston käyttämiä energialähteitä olivat vesivoima (50,9 %), bioenergia (48,5 %) ja tuulivoima (0,6 %). Lisäksi osa Jyväskylän yliopiston Ruusuipuisto-rakennuksessa käytetystä sähköstä tuotetaan omilla aurinkopaneelilla. Koska tarkempaa tietoa sähkön alkuperästä ja tuotannon yksityiskohdista ei ollut saatavilla, ei sähkönkulutuksen

haittoja ollut mahdollista arvioida uskottavasti. Ilman tietoa esimerkiksi bioenergian tuottamiseen käytetyistä polttoainejakeista ei haittoja oikeastaan voida arvioida.

Myös vedenkulutuksen luontohaittojen arviointia pohdittiin. Vedenkulutus voi aiheuttaa luontohaittoja vesistöissä puhdistetun jäteveden mahdollisten rehevöitymisvaikutusten myötä. Jyväskylän yliopiston vedenkulutus vuonna 2019 oli SYK:n tilastoinnin mukaan noin 42 000 m³ (Liite 1). Työn edetessä vedenkulutuksen luontohaitat päätettiin kuitenkin rajata tarkastelun ulkopuolelle, sillä tutkielman puitteissa käytävissä oleva aika ei riittänyt niiden selvittämiseen.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Kaukolämmön luontohaitat

Kaukolämmön luontohaittojen arviointiin ei ollut olemassa valmista menetelmää, vaan arviointi tapahtui kirjallisuuteen ja asiantuntija-arvioihin perustuen ja erilaisia lähestymistapoja yhdistellen. Arvioidut haitat ovat keskiarvoisia, ja todellinen aiheutuva luontohaitta on aina kohdekohtainen.

Kaukolämmön luontohaittojen arviointi vaatii ainakin tässä vaiheessa paljon manuaalista työtä. Kaukolämmön tuotannon yksityiskohdat ovat tuottajakohtaisia, ja energiapuun ja turpeen tuotantotilastot puolestaan aluekohtaisia. Jos energiantuotannosta ja polttoaineiden käytöstä laadittaisiin jonkinlainen valtakunnallinen koonti, voisi kaukolämmön luontohaittojen arviointia saada helpommin toistettavaksi ja automatisoiduksi.

4.1.1 Puuenergia

Harvennushakkuilta saatavan runkopuun energiakäytön luontohaitta (0,0118 ltha/MWh) on selvästi suurempi kuin päätehakkuilta korjattavan hakkuutäh-

teen luontohaitta (0,0001 ltha/MWh). Avohakkuu, jonka jäljiltä hakkuutähdettä korjataan, heikentää metsäekosysteemiä niin paljon, ettei hakkuualalle jää sen jälkeen juurikaan ekologista arvoa heikennettäväksi. Runkopuuta taas korjataan metsäalalta, jonka ekologinen kunto on avohakkuualaa selvästi parempi, ja siten aiheutuva heikennyskin on suurempi. Vaikka avohakkuut ovat ekologisessa mielessä huono ratkaisu, niiden ohella tehtävästä hakkuutähteen keruusta aiheutuu suhteessa pienempi luontohaitta kuin harvennushakkuiden runkopuusta.

Energiapuun ajatellaan olevan ainespuun tuotannon sivutuote, sillä hakkuutähdettä saadaan ainespuuhakkuun yhteydessä, ja ainespuuksi kelpaamaton runkopuu voidaan ohjata energiakäyttöön. Energiapuun käyttö ja kysyntä ovat kuitenkin viime vuosina lisääntyneet merkittävästi, ja todennäköisesti lisääntyvät yhä, kun fossiilisten polttoaineiden käyttöä pyritään vähentämään (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, SVT 2020). Voi siis olla, että kasvava energiapuun käyttö lisää hakkuupaineita, jos hakkuuta aletaan tehdä pelkästään energiapuun saamiseksi. Jos hakkuulta saatu biomassa käytettäisiin kokonaisuudessaan energiantuotantoon, energiankäytön luontohaitta kasvaisi huomattavasti tässä työssä arvioitua suuremmaksi.

Päättehakkuita ei tehdä energiapuun saamiseksi, eikä päättehakkuun aiheuttamaa haittaa kohdenneta energiantuotannon luontohaitaksi. Sen sijaan energiapuun korjuusta syntyvä haitta on lisäinen, koska korjuu on seurausta energiantuotannon tarpeista ja ilman energiapuun käyttöä jäisivät hakkuutähteet metsään. Tästä syystä energiapuun korjuun luontohaitta tulee kohdistaa energiantuotannolle.

Hakkuutähteiden korjuun pitkäaikaisia vaikutuksia ei vielä tunneta hyvin, mutta lyhyellä aikavälillä aiheutuvia konkreettisia ekologisia haittoja ovat esimerkiksi lahoppuun väheneminen, maaperän ravinteiden väheneminen, maanpinnan rikkoutuminen ja näiden kaikkien seurauksena elinympäristöjen heikentyminen (Ranius ym. 2018). Ravinteiden poistuminen hakkuutähteiden mukana lisää painetta metsän lannoitukselle, jolla taas saattaa olla vaikutusta esimerkiksi kohteen alapuolisten vesistöjen rehevöitymiseen (Binkley ym. 1999). Lahoppuun väheneminen on puolestaan

merkittävä haitta metsien lahopuusta riippuvaiselle lajistolle, joka kärsii jo perinteisestäkin metsätaloudesta (Hyvärinen ym. 2019). Tässä työssä haittojen arviointi keskittyi kuitenkin yleisesti energiapuuhun liittyvään maankäyttöön.

4.1.2 Turve

Turpeen tuotanto aiheuttaa suoekosysteemin tuhoutumisen, kun alue tuotantoa varten kuivatetaan ja kasvillisuus kuoritaan pois (Ympäristöministeriö 2015). Turvetuotannon haitat eivät rajoitu ainoastaan tuotantoalueelle, vaan haittoja voi kohdistua hydrologisten muutosten kautta myös ympäröivään luontoon (Ympäristöministeriö 2015). Kohteen ominaisuuksista riippuen ojituksen kuivatusvaikutus voi ulottua pitkällekin tuotantoalueen ulkopuolelle, ja hydrologian ohella myös ekologiset vuorovaikutussuhteet kärsivät (Ympäristöministeriö 2015, Paal ym. 2016). Turvetuotantoalueen alapuolisiin vesistöihin valuva kiintoaine- ja ravinnekuorma voi lisääntyä. Itse tuotanto ja sen myötä mahdollisesti lisääntynyt liikenne tuotantoalueelle aiheuttaa melu- ja pölyhaittoja lähiympäristöön (Ympäristöministeriö 2015). Nämä ovat konkreettisia esimerkkejä turvetuotannon ekologisista haitoista, mutta tässä työssä keskityttiin turvetuotannon luontohaittoihin yleisesti maankäytön kautta.

Alva-yhtiöt Oy tavoittelee energiantuotannon hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä (Alva-yhtiöt Oy 2020). Tämä tarkoittaa turpeen poltosta luopumista, joten Jyväskylän yliopiston luontohaittojen määrä tulee sen myötä muuttumaan. Tässä työssä kuitenkin selvitettiin tämänhetkisen kaukolämmön kulutuksen haitat, joihin turpeenpolton haitat lukeutuvat. Lisäksi Alva-yhtiöt Oy:n voimalat ovat CHP-voimaloita, eli niissä tuotetaan samanaikaisesti sekä sähköä että lämpöä. Tällä saattaa olla vaikutusta luontohaittojen suuruuteen pelkkiin lämpövoimaloihin verrattuna.

4.2 Hankintojen luontohaitat

Hankintojen luontohaittojen selvitys kirjanpitoon perustuen oli uudenlainen lähestymistapa luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa. Arviointimenetelmän osa-alueita, kuten kulutuksen aikaansaamia maankäyttövaikutuksia tai maankäytön vaikutuksia eliölajistoon on kyllä tutkittu aikaisemminkin (mm. Lenzen ym. 2012, Chaudhary ja Brooks 2018), mutta näiden aspektien yhdistäminen samaan, organisaatiotason laskelmaan on uutta.

Keskeinen etu kirjanpitolähtöisessä haittalaskennassa on datan saatavuus. Organisaatiot tuottavat joka tapauksessa vuosittain vertailtavissa olevaa kirjanpitudataa, joten pohjadata luontohaittojen laskentaa varten on helposti saatavilla. Ensimmäisen laskennan yhteydessä kirjanpidon tilien kohdistaminen EXIOBASE-tietokannan kategorioihin vaatii jonkin verran manuaalista työtä, mutta sama luokitus pätee myöhemmillekin laskelmille, mikäli tilit pysyvät ennallaan. Menetelmä mahdollistaa laskennan toistettavuuden sekä kohtuullisen vertailtavuuden eri organisaatioiden välillä.

Jyväskylän yliopiston tapauksessa eniten luontohaittoja aiheuttivat laboratoriotarvikkeiden, palveluiden sekä elintarvikkeiden ja ruokapalveluiden hankinnat. Vähiten haittaa aiheutui matkustus- ja kuljetuspalveluihin, rakentamiseen sekä telepalveluihin ja tietoliikenteeseen liittyvistä hankinnoista. Luontohaittojen määrässä ja lähteissä oli selviä eroja eri tiedekuntien ja laitosten välillä. Matemaattis-luonnontieteellisellä ja liikuntatieteellisellä tiedekunnalla laboratoriotarvikkeet muodostivat valtaosan haitasta, mikä on loogista tiedekuntien tutkimuksen ja opetuksen luonteen perusteella. Humanistisilla aloilla, kauppakorkeakoululla ja informaatioteknologian tiedekunnalla tutkimus ja opetus vaatii vähemmän materiaalisia resursseja, mikä näkyy niin pienempänä luontohaittojen määränä kuin haittojen erilaisena koostumuksenaikin. Selvästi vähiten luontohaittoja aiheutui Yliopistopainon hankinnoista. Yliopistopaino on pieni yksikkö tiedekuntiin verrattuna, ja suurin osuus haitoista koostuu haittakertoimeltaan pienten paperituotteiden hankinnoista.

Oletus siitä, että luontohaittoja aiheutuu samoista toiminnoista kuin päästöjäkin, piti paikkansa. Jyväskylän yliopiston päästölaskelman mukaan eniten päästöjä aiheutui palveluiden, laboratoriotarvikkeiden, elintarvikkeiden ja ruokapalveluiden sekä laitteiden, koneiden ja IT-tarvikkeiden hankinnoista (El Geneidy ym. 2021). Kärkinelikko on siis päästö- ja luontohaittalaskelmissa sama, vain järjestyksessä ja prosenttiosuudessa oli pieniä eroja.

Vaikka Jyväskylän yliopiston hankintojen luontohaitat aikaansaavat potentiaalisesti yhden sukupuuton 10 000 vuoden välein, on haitta merkittävä, sillä kyse ei suinkaan ole ainoasta maankäyttöpaineesta. Yhtä lailla muidenkin toimijoiden hankinnat aiheuttavat luontohaittoja, ja kokonaisuudessaan kaiken kulutuksen luontohaitat ovat todennäköisesti mittavat. Vaikka Jyväskylän yliopiston aiheuttama haitta vaikuttaa pieneltä, on se kuitenkin osa luonnon monimuotoisuuden kannalta haitallista trendiä, jota pitäisi pyrkiä muuttamaan.

Luontohaitat ovat aina paikkasidonnaisia. Luontohaittojen maantieteellisen sijoittumisen tarkastelu valaisee kulutuksen vaikutusten laaja-alaisuutta - Suomessa tapahtuva kulutus aiheuttaa luontohaittoja eri puolilla maailmaa, ja suurimmat haitat kohdistuvatkin usein muualle kuin Suomeen. Jyväskylän yliopiston hankintojen suurimmat luontohaitat kohdistuivat karttatarkastelun perusteella Portugalin, Meksikon, Indonesian ja Etelä-Afrikan alueille sekä pienille saarivaltioille. Pieniä saarivaltioita esimerkiksi Tyynenmeren alueella ei tarkasteltu yksittäin, vaan osana laajempia ”rest of the world”-luokkia, joten suoraa haittaa ei voida yksittäiselle saarivaltiolle osoittaa. Niille kohdistuvasta haitasta voitaneen kuitenkin päätellä, että jos saarivaltioiden luonnonvaroja hyödynnetään, aiheutuu siitä suhteellisen suuri luontohaitta. Esimerkiksi Tyynenmeren saarten alueelle laskettu lajien haavoittuvuus on suhteellisen suurta harvinaisen ja endeemisen lajiston takia (Chaudhary ym. 2015).

PDF-arvon suuruuteen maantieteellisesti tarkasteltuna vaikuttaa paikallinen lajisto (Chaudhary ym. 2016). Esimerkiksi Suomessa esiintyvä lajimäärä on huomattavasti pienempi, kuin troopiikin alueen valtioissa, eikä täällä esiinny juurikaan endeemistä

lajistoa (IUCN 2020). Vaikka Suomessa tapahtuva kulutus vaatiikin runsaasti maa-alaa Suomesta, on haitta näiden ekologisten ominaisuuksien perusteella pienempi, kuin se olisi pelkän pinta-alan perusteella. Tästä voidaan päätellä, että Portugalin, Meksikon, Indonesian ja Etelä-Afrikan alueille kohdistuu Suomessa tapahtuvat kulutuksen seurauksena maankäyttöä, jonka luontohaitat ovat merkittäviä alueiden ekologisten ominaisuuksien vuoksi.

PDF-arvo toimii monimuotoisuuden mitallistamisessa saman tyyppisesti kuin luontotyypihehtaari. Jos luontohaittoja kompensoitaisiin PDF-laskelmien perusteella, voisi olla mahdollista päästä globaalissa mittakaavassa luonnon kokonaisuikenty-mättömyyteen, vaikka haitat ja hyödyt kohdistuvatkin maantieteellisesti eri paikkoihin ja lajistoon. Tällainen lähestymistapa vaikuttaisi luonnon monimuotoisuuden kehitykseen positiivisesti.

4.3 Laskelman kattavuus ja tulosten luotettavuus

Tässä tutkielmassa arvioitiin Jyväskylän yliopiston kaukolämmön kulutuksen sekä hankintojen aiheuttamat luontohaitat. Laskelma ei kata kaikkia organisaation luontohaittoja aiheuttavia toimintoja, vaan kyseessä on ensimmäinen, osittainen arvio organisaation toiminnan haitoista. Kokonaiskuvan saaminen edellyttää vielä mittavia jatkotutkimuksia. Tulevissa arvioinneissa on syytä selvittää tarkemmin ainakin sähkön ja veden kulutuksen, rakentamisen, jätteiden, matkustamisen sekä sijoitusten mahdollisia luontohaittoja. Kokonaisvaltaisen laskentamallin luominen vaatii siis vielä paljon työtä, mutta ensimmäisen askelet on kuitenkin jo otettu.

Hankintojen haitta-arviota voitaisiin edelleen tarkentaa esimerkiksi huomioimalla yksityiskohtaisemmin kategorisoimatta jääneet kirjanpidon ostot, joiden vaikutusta tässä työssä arvioitiin keskiarvoisesti. Kategorisoimattomien hankintojen osuus hankintojen kokonaissummasta oli noin 67 %, joten huomattavan suuri osuus hankintojen haitasta perustuu keskimääräiseen arvioon. Suuret kone- ja laitehankinnat kirja-

taan erilliseen kirjanpitoonsa, joka ei ollut mukana näissä laskelmissa. Lisäksi arvioissa käytetyn EXIOBASE-tietokannan data on vuodelta 2011, joten esimerkiksi haittojen alkulähteiden karttatarkastelu ei välttämättä täysin vastaa nykytilannetta.

Kaukolämmön luontohaittojen arvioinnissa tehtiin laskennan helpottamiseksi oletuksia ja yksinkertaistuksia. Tarkentamisen mahdollisuuksia on monia, mutta tulos on kuitenkin suuntaa antava. Laskelmia on mahdollista jatkossa tarkentaa esimerkiksi seuraavien osa-alueiden kautta. Kokopuu- ja rankahakkeen haitat laskettiin vain pienpuuta koskevilla tiedoilla, eikä järeää runkopuuta huomioitu erikseen. Laskennassa käytettiin ainoastaan Keski-Suomen hakkuu- ja turvetilastoja, vaikka kaikki poltettu biomassa ei todellisuudessa ole peräisin Keski-Suomesta. Turpeen tapauksessa kuivatetuille, tuotantoon kelpaamattomille alueille kohdistuva haitta perustuu oletuksille ja on siksi vain suuntaa antava arvio. Kaukolämmön haittojen arvio ei myöskään nykyisellään kata aivan kaikkia yliopiston käytössä olevia kiinteistöjä (Liite 1).

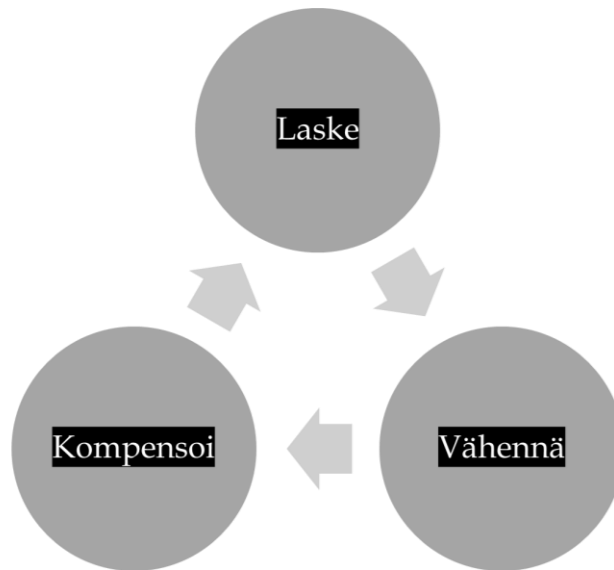
Lisäksi kaukolämmön ja hankintojen luontohaittoja on erilaisten laskentamenetelmien vuoksi hankalaa vertailla keskenään. Kaukolämmön haitat ovat melko konkreettisia ja helposti ymmärrettävissä, ja ne kohdistuvat enimmäkseen Suomen metsä- ja suoekosysteemeihin. Hankintojen luontohaitat puolestaan jakautuvat eri puolille maapalloa, eikä niitä voida yhtä helposti kohdistaa tiettyihin ekosysteemeihin tai luontotyyppeihin. Koko haitan käsite on tässä yhteydessä abstraktimpi ja vaikeampi hahmottaa. Yhtenäisen kokonaishaitta-arvion luomiseksi voisi tulevaisuudessa tutkia, olisiko mahdollista arvioida kaukolämmön luontohaittoja hankintojen haittojen laskentamenetelmää hyödyntäen, tai vastaavasti muuttaa PDF-arvo luontotyyppihehtaareiksi.

Tätä Jyväskylän yliopiston luontohaitta-arviota ja käytettyjä laskentamenetelmiä olisi tärkeää verrata muiden samankaltaisten organisaatioiden laskelmiin tulosten suuruusluokan ja uskottavuuden hahmottamiseksi. Samanlaisia organisaatiotason luon-

tohaitta-arvioita ei kuitenkaan tiettävästi ole tehty, vaan Jyväskylän yliopiston selvitys lienee ensimmäinen laatuaan. Vertailu ei siksi ole mahdollista, mutta tätäkin arviota voidaan myöhempien tutkimusten valossa edelleen tarkentaa.

4.4 Luontohaittojen vähentäminen ja kompensatio

Kun organisaation luontohaitat ja niiden lähteet on selvitetty, on haittojen vähentäminen mielekkäämpää ja myös kompensointi mahdollistuu. Luontohaittojen määrä ja haittalähteet voivat vaihdella suuresti, ja siksi luvussa 2.2 esitellyn lievennyshierarkian tasot eivät välttämättä istu kaikkien organisaatioiden toimintaan kovinkaan hyvin. Esimerkiksi yliopiston kaltaisen organisaation tapauksessa paikan päällä ennallistaminen on relevanttia lähinnä rakentamisen yhteydessä, mutta toimintaan sisältyy paljon muutakin. Haittojen välttäminen ja minimointi taas toimivat usein välillisesti – voidaan esimerkiksi välttää tarpeetonta kuluttamista, ja valita mahdollisimman vähän luontohaittoja aiheuttavia hyödykkeitä. Perinteinen lievennyshierarkia onkin toimivampi erilaisten rakennusprojektien tai muiden luontoa suoraan muokkaavien hankkeiden kohdalla. Neliportaisen hierarkian sijaan organisaatioiden luontohaittojen hallinnassa parempi menettely voisi olla kolmivaiheinen lievennyismalli: ensin lasketaan haitat, sitten vähennetään niitä ja lopulta kompensoidaan jäljelle jäävät haitat (Kuva 10). Sama prosessi on syytä toistaa säännöllisesti, esimerkiksi vuosittain. Tällainen malli voisi olla käyttökelpoinen sekä luontoa suoraan muokkaavien että välillisesti toimintansa kautta luontohaittoja aiheuttavien organisaatioiden kohdalla. Lievennyshierarkian uudelleenmuotoilua ovat ehdottaneet myös Moilanen ja Kotiaho (2020a), joskin heidän kritiikkinsä kohdistui erityisesti haitta-alueella tapahtuvan ennallistamisen asemaan hierarkiassa.



Kuva 10. Organisaatioiden vaihtoehtoinen lievennysmalli.

Luontohaittojen selvitys kertoo paitsi haittojen määrästä, myös haittojen lähteistä organisaation toiminnassa. Haittojen vähentäminen on usein mielekästä aloittaa suurimmista haittalähteistä, ja tällöin vähennysten vaikutus on myös merkittävin. Vähentämisen jälkeen jäljelle jäävät haitat on mahdollista hyvittää ekologisen kompensaation avulla. Suomessa ekologisia kompensaatioita on toistaiseksi toteutettu melko vähän, eikä kompensaation toteuttamiselle ole lainsäädännöllistä velvoitetta tai yhteisiä käytäntöjä (Pekkonen ym. 2020). Tehdyt kompensaatiot ovat usein liittyneet suoriin heikennyksiin esimerkiksi rakennushankkeiden yhteydessä, mutta tällaisten hankintojen ja kulutuksen kautta aiheutuneiden epäsuorien haittojen kompensoinnista ei Suomessa tai muuallakaan maailmassa liene vielä kokemusta.

Tässä työssä oli tarkoitus pohtia Jyväskylän yliopistolle suosituksia luontohaittojen ekologisesta kompensaatiosta. Haittojen arviointi osoittautui kuitenkin ennakoitua haastavammaksi, eikä opinnäytetyöhön allokoitun rajallisen ajan puitteissa ollut mahdollista jatkaa työtä niin pitkälle kuin alun perin suunniteltiin. Lisäksi luontohaitta-arvio ei vielä kata koko organisaation toimintaa, joten kompensaatiosuosituksia olisi tämän osittaisen arvioinnin perusteella vaikea antaa. Arviota tulee jatkossa

laajentaa ja tarkentaa, ja sillä aikaa on mahdollista vähentää nyt selvillä olevia luontohaittoja.

Yleisellä tasolla voitaneen kuitenkin todeta, että jos organisaation luontohaittoja halutaan kompensoida, tulisi haitat pystyä muuttamaan yhteismitalliseen yksikköön kokonaismäärän hahmottamiseksi. Luontotyyppihehtaari on käyttökelpoinen vaihdannan väline erityisesti kulutuksen tai energiankäytön välityksellä epäsuorasti aiheutuvien luontohaittojen tapauksessa. Haitoista saatava tieto on keskiarvotietoa, eikä monimuotoisuuden heikkenemistä ole siksi mahdollista arvioida yksityiskohtaisesti. Luontotyyppihehtaariarvio kuitenkin kertoo heikennettyjen luontotyyppien kokonaispinta-alan, mikä on hyödyllinen tieto kompensaation suunnittelussa. PDF-arvon laskenta taas perustuu ekosysteemien laadulliseen heikkenemiseen, joten yhteyden muodostaminen luontotyyppihehtaareihin voisi olla mahdollista. Näin hankintojen haitat voitaisiin ilmaista samassa yksikössä kaukolämmön luontohaittojen kanssa, samaan tapaan kuin päästöjä ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenteina. Toki luontohaittojen paikka- ja luontotyyppisidonnaisuus asettaa omat haasteensa yhteismitallistamiselle, mutta perusajatus on sama. Näitä mittareita ei vielä käytetä valtavirtaisesti, mutta niissä voisi olla potentiaalia nykyistä laajempaan hyödyntämiseen.

4.5 Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa kehitettiin menetelmää luontohaittojen arviointiin organisaatiotasolla käyttäen esimerkkiorganisaationa Jyväskylän yliopistoa. Arviointi rajautui osin käytettävissä olevan ajan takia kaukolämmön ja hankintojen haittoihin, vaikka organisaation toimintoja olisi tarkoituksenmukaista arvioida laajemminkin.

Kaukolämmön käytön aiheuttama luontohaitta vuoden 2019 tietojen perusteella oli yhteensä 20,92 luontotyyppihehtaaria. Haitta vastaa 20,25 luonnontilaisen metsähehtaarin ja 0,52 luonnontilaisen suohehtaarin tuhoamista joka vuosi. Hankinnoista aiheutuva luontohaitta puolestaan heikentää elinympäristöjä ja pelkästään sen takia

menetetään potentiaalisesti laji 10 000 vuoden välein. Vaikka haitta kuulostaa suhteellisen pieneltä, on hyvä huomata, että Jyväskylän yliopistokin on verrattain pieni toimija. Pienikin luontohaitta vaikuttaa osaltaan luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen ja ekosysteemien heikkenemiseen. Kaikkea haittaa ei ole mahdollista välttää, joten olennaista on välttää haitan aiheuttamista parhaansa mukaan ja kompensoida sitten väistämättömät haitat. Näin voidaan turvata luonnon monimuotoisuuden säilyminen luontoa heikentävistä toimista huolimatta. Luontohaittojen arvioinnin tarkoitus ei ole leimata esimerkiksi puupolttoaineita huonoiksi tai kieltää kaikkea luontoa heikentävää toimintaa, vaan tavoitteena on tiedostaa toiminnan vaikutuksia ja sitä kautta mahdollistaa luonnon kannalta parempien ratkaisujen tekeminen ja aiheutuvien haittojen kompensointi.

Koska Jyväskylän yliopiston luontohaitta-arvio on osittainen, ei suosituksia haittojen kompensoinnista ole mielekästä antaa. Tulosten perusteella on kuitenkin mahdollista suunnitella haittojen vähentämistä. Mikäli Jyväskylän yliopisto päättää tavoitella kokonaisheikentämättömyyttä, olisi luontohaitat syytä arvioida laajamittaisesti, jotta mahdollisesti tehtävät kompensatiot olisivat riittäviä. Tämän työn perusteella voidaan todeta, että luontohaittojen kokonaisvaltainen arviointi organisaatiotasolla vaatii vielä jatkoselvitystä ja kehitystyötä. Menetelmän pohja on kuitenkin nyt olemassa, ja sen perusteella arviointia voidaan jatkossa kehittää kattavammaksi ja tarkemmaksi.

Luontohaittojen arviointi, vähentäminen ja kompensointi on meneillään olevan biodiversiteettikriisin ja sen ratkaisemiseksi asetettujen tavoitteiden valossa hyvin ajankohtaista ja tärkeää. Luontohaitoista pitää puhua ja tietoisuutta lisätä, jotta mahdollisimman moni toimija alkaisi kiinnittää niihin huomiota. Erityisesti organisaatioiden, jotka eivät toiminnassaan suoraan hyödynnä luonnonvaroja, voi olla hankala hahmottaa, miten heidän toimintansa heikentää ekosysteemejä tai tuhoaa luonnon monimuotoisuutta. Juuri tästä syystä onkin tärkeää kehittää luontohaittojen arviointia ja tehdä aiheutta näkyväksi yhteiskunnassa.

KIITOKSET

Tämä tutkielma on osa resurssiviisausyhteisö JYU.Wisdomin luotsaamaa Sustainability for JYU -hanketta. Kiitos JYU.Wisdomille taloudellisesta tuesta tutkielman teon aikana.

Lämmin kiitos ohjaajilleni Samille El Geneidylle, Panu Halmeelle, Janne Kotiaholle ja Marileena Mäkelälle sekä Wisdom for Greener JYU -tiimille tuesta, kannustuksesta ja kärsivällisyydestä projektin aikana. Erityiskiitos projektipäällikkö Samille, joka piti kaikki langat käsissään ja luotsasi projektiryhmäämme ansiokkaasti, sekä menetelmänkehitystyöllään mahdollisti tämän tutkielman toteutumisen nykyisessä laajuudessaan. Kiitos myös läheisilleni arvokkaasta taustatuesta!

KIRJALLISUUS

- Aalto-yliopisto 2020. Kampuksen luonto on pääomaa. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/kampuksen-luonto-on-paaomaa> (luettu 14.10.2020)
- Alakangas E., Keränen J., Flyktman M., Jetsu P., Penttinen L., Tukia J. & Kataja J. 2012. BIOCLUS - Developing research and innovation environment in five European regions in the field of sustainable use of biomass sources: WP2.1 c ja d Keski-Suomen biomassavarat, tuotanto, käyttö, jalostus ja logistiikka - käyttö vuonna 2010 ja 2020. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Research Report No. VTT-R-07624-12
- Alva-yhtiöt Oy 2020. Alva - Yritysesittely ja yhteiskuntavastuuraportti 2019. Saatavilla <https://www.alva.fi/app/uploads/1/2020/05/Alva-yhteiskuntavastuuraportti-2019.pdf>
- Alvarez Franco, D. 2021. Carbon Footprint of Transport and Mobility: The Case of a Higher Education Institution. Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto.
- Arlidge W.N.S., Bull J.W., Addison P.F.E., Burgass M.J., Gianuca D., Gorham T.M., Jacob C., Shumway N., Sinclair S.P., Watson J.E.M., Wilcox C. & Milner-Gulland E.J. 2018. A global Mitigation Hierarchy for Nature Conservation. *BioScience* 68: 336-347.
- Asselin A., Rabaud S., Catalan C., Leveque B., L'Haridon J., Martz P. & Neveux G. 2020. Product Biodiversity Footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining Life Cycle Assessment and Ecology. *J. Clean. Prod.* 248, 119262, doi:10.1016/j.jclepro.2019.119262
- [BBOP] Business and Biodiversity Offsets Programme 2012: Standard on Biodiversity Offsets. BBOP, Washington, D.C. Saatavilla <http://bbop.forest-trends.org/guidelines/Standard.pdf>
- Bicknell K.B., Ball R.J., Cullen R. & Bigsby H.R. 1998. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecol. Econ.* 27: 149-160.
- Binkley D., Burnham H. & Allen H.L. 1999. Water quality impacts of forest fertilization with nitrogen and phosphorus. *Forest Ecol. Manag.* 121: 191-213.
- Boer P. 2013. Assessing Sustainability and Social Responsibility in Higher Education Assessment Frameworks Explained. Teoksessa: Caeiro S., Leal Filho W., Jabbour C. & Azeteiro U.M. (toim.) *Sustainability Assessment Tools in Higher Education Institutions*, Springer International Publishing Switzerland, pp. 121-137.
- Bull J.W., Suttle K.B., Gordon A., Singh N.J. & Milner-Gulland E.J. 2013. Biodiversity offsets in theory and practice. *Oryx* 3: 396-380.
- Cardinale B.J., Duffy J.E., Gonzalez A., Hooper D.U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G.M., Tilman D., Wardle D.A., Kinzig A.P., Daily G.C., Loreau M.,

- Grace J.B., Larigauderie A., Srivastava D.S. & Naeem S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59-67.
- [CBD] Convention on Biological Diversity. 2011. The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets Saatavilla <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf>
- [CBD] Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2020. Global Biodiversity Outlook 5. Montréal. Saatavilla <https://www.cbd.int/gbo5>
- Chaudhary A., Verones F., De Baan L. & Hellweg S. 2015. Quantifying Land Use Impacts on Biodiversity: Combining Species-Area Models and Vulnerability Indicators. *Environ. Sci. Technol.* 49: 9987-9995.
- Chaudhary A., Verones F., de Baan L., Pfister S. & Hellweg S. 2016. 11. Land stress: Potential species loss from land use. Teoksessa: LC-IMPACT Version 1.0 – A spatially differentiated life cycle impact assessment approach. Saatavilla https://lc-impact.eu/doc/LC-IMPACT_Overall_report_20201113.pdf
- Chaudhary A. & Brooks T.M. 2018. Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. *Environ. Sci. Technol.* 52: 5094-5104.
- Clark W.C. 2001. A Transition toward Sustainability. *Ecol. Law Quart.* 27: 1021-1076.
- COM/2020/380. Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia: Luonto takaisin osaksi elämäämme. Saatavilla <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380>
- Conway T.M., Dalton C., Loo J. & Benakoun L. 2008. Developing ecological footprint scenarios on university campuses: A case study of the University of Toronto at Mississauga. *Int. J. Sust. Higher Ed.* 9: 4-20.
- El Geneidy S., Alvarez Franco D., Baumeister S., Halme P., Helimo U., Kortetmäki T., Kotiaho J.S., Latva-Hakuni E., Mäkelä M., Raippalinna L.-M. & Vainio V. 2021. Sustainability for JYU: Jyväskylän yliopiston ilmasto- ja luontohaitat. Wisdom Letters tutkimusselontekoja. Jyväskylän yliopisto, JYU.Wisdom - School of Resource Wisdom.
- Eräjää S., Halme P., Kotiaho J.S., Markkanen A. & Toivanen T. 2010. The Volume and Composition of Dead Wood on Traditional and Forest Fuel Harvested Clear-Cuts. *Silva Fennica* 44(2): 203-2011.
- Faragò M., Benini L., Sala S., Secchi M. & Laurent A. 2019. National inventories of land occupation and transformation flows in the world for land use impact assessment. *Int. J. Life Cycle Assess.* 24: 1333-1347.
- Flyktman M. 2012. Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä, 3. päivitys 3/2012. VTT:n Tutkimusraportteja, VTT-R-08372-11.
- Giampietro M. & Saltelli A. 2014. Footprints to nowhere. *Ecol. Indic.* 46: 610-621.

- Gibb R., Redding D.W., Chin K.Q., Donnelly C.A., Blackburn T.M., Newbold T. & Jones K.E. 2020 Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature* 584: 398-402.
- Global Footprinting Network. 2009. Ecological Footprint Standards 2009. Oakland: Global Footprint Network. Saatavilla <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/footprint-standards/>
- Goedkoop M. & Spriensma R. 1999. The Eco-Indicator 99. A damage oriented method for life cycle impact assessment. Methodology Report. PRé Consultants, Amersfoort, the Netherlands.
- Gordon A., Bull J.W., Wilcox C. & Maron M. 2015. Perverse incentives risk undermining biodiversity offset policies. *J. Appl. Ecol.* 52: 532–537.
- HEFCE 2010. Carbon reduction target and strategy for higher education in England. Saatavilla https://dera.ioe.ac.uk//10659/1/10_01a.pdf
- Hyvärinen E., Juslén A., Kemppainen E., Uddström A. & Liukko U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- IPBES 2018: The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. Saatavilla <https://ipbes.net/assessment-reports/ldr>
- IPBES 2019: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. Saatavilla <https://ipbes.net/global-assessment>
- IPBES 2021. About – What Is IPBES? <https://ipbes.net/about> (luettu 12.1.2021)
- IPCC 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland. Saatavilla <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- IPCC 2021. About the IPCC. <https://www.ipcc.ch/about/> (luettu: 12.1.2021)
- IUCN 2016. IUCN Policy on Biodiversity Offsets. Saatavilla https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_059_EN.pdf
- IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3. Saatavilla <https://www.iucnredlist.org> (luettu 11.1.2021)
- Jyväskylän yliopiston strategia 2019–2030. Osaava ja hyvinvoiva ihminen. Kampusen kehittämisohjelma. Saatavilla <https://www.jyu.fi/fi/yliopisto/strategia/kampusen-kehittamisohjelma-final.pdf> (luettu 24.4.2020)
- [JYU] Jyväskylän yliopisto 2020a. Jyväskylän yliopisto selvittää ilmasto- ja luontohaittansa. <https://www.jyu.fi/fi/ajankohtaista/arkisto/2020/08/jyvaskylan-yliopisto-selvittaa-ilmasto-ja-luontohaittansa> (luettu 14.10.2020)

- [JYU] Jyväskylän yliopisto 2020b. Tiedekunnat ja tiedekuntien johto. <https://www.jyu.fi/fi/yliopisto/organisaatio-ja-johtaminen/tiedekunnat> (luettu 7.12.2020)
- Kareksela S., Moilanen A., Tuominen S. & Kotiaho J.S. 2013. Use of Inverse Spatial Conservation Prioritization to Avoid Biological Diversity Loss Outside Protected Areas. *Conserv. Biol.* 27: 1294-1303.
- Kiesecker, J.M., Copeland, H., Pocerwicz, A., & McKenney, B. 2009. Development by design: blending Landscape-level planning with the mitigation hierarchy. *Front. Ecol. Environ.* 8: 261-266.
- Koistinen A., Luiro J.-P. & Vanhatalo K. (toim.) 2016. Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisuja. Saatavilla https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/MHS-Energiapuun-korjuun-suositukset_verkkojulkaisu2.pdf
- Kotiaho J.S., Kuusela S., Nieminen E., & Päivinen J. 2015. Elinympäristöjen tilan edistäminen Suomessa. Suomen ympäristö. 8/2015.
- KTH 2018. Klimatramverket för universitet och högskolor. Saatavilla <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/klimatramverk/klimatramverket-1.903489>
- Lambrechts W. & Van Liedekerke L. 2014. Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations, policy development and educational purposes. *Ecol. Indic.* 45: 402-406.
- Lammerant J., Grigg A., Dimitrijevic J., Leach K., Brooks S., Burns A., Berger J., Houdet J., Van Oorschot M. & Goedkoop M. 2019. Assessment of Biodiversity Measurement Approaches for Businesses and Financial Institutions. Updated Report 2. EU Business @ Biodiversity Platform. Saatavilla https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/assets/pdf/European_B@B_platform_report_biodiversity_assessment_2019_FINANAL_5Dec2019.pdf
- Larsen H.N., Pettersen J., Solli C. & Hertwich E.G. 2013. Investigating the Carbon Footprint of a University – The case of NTNU. *J. Clean. Prod.* 48: 39-47.
- Latva-Hakuni E. 2020. Opiskelija- ja työpaikkaravintoloiden ilmastovaikutukset ja toimenpiteet niiden vähentämiseksi: case Semma Oy. Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto.
- Legagneux P., Casajus N., Cazelles K., Chevallier C., Chevrinai M., Guéry L., Jacquet C., Jaffré M., Naud M.-J., Noisette F., Ropars P., Vissault S., Archambault P., Bêty J., Berteaux D. & Gravel D. 2018. Our House Is Burning: Discrepancy in Climate Change vs. Biodiversity Coverage in the Media as Compared to Scientific Literature. *Front. Ecol. Evol.* 5: 175. doi: 10.3389/fevo.2017.00175

- Lenzen M., Moran D., Kanemoto K., Foran B., Lobefaro L. & Geschke A. 2012. International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486: 109-112.
- Lo-Iacono-Ferreira V., Torregrosa-López J.I. & Capuz-Rio S.F. 2016. Use of Life Cycle Assessment methodology in the analysis of Ecological Footprint Assessment results to evaluate the environmental performance of universities. *J. Clean. Prod.* 133: 43-53.
- [LPR] Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. (toim.). WWF, Gland, Switzerland.
- Luonnonvarakeskus 2018. Teollisuuspuun hakkuut alueittain -tilasto. Saatavilla <https://statdb.luke.fi:443/PXWeb/sq/ad20c920-7575-4442-9c40-c2d6b96e8815> (luettu 3.12.2020)
- Marques A., Verones F., Kok M.T.J, Huijbregts M.A.J. & Pereira H.M. How to quantify biodiversity footprints of consumption? A review of multi-regional input-output analysis and life cycle assessment. *Curr. Opin. Env. Sust.* 29: 75-81.
- Metsälehti 2020. Puunhinta. <https://www.metsalehti.fi/puunhinta/puunhinta/> (luettu 3.12.2020)
- Mikkonen N., Leikola N., Lahtinen A., Lehtomäki J. & Halme P. 2018. Monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet Suomessa – Puustoisten elinympäristöjen monimuotoisuusarvojen Zonation-analyysien loppuraportti. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 9/2018. Saatavilla <http://hdl.handle.net/10138/234359>
- Moilanen A. & Kotiaho J.S. 2017. Ekologisen kompensaation määrittämisen tärkeät operatiiviset päätökset. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö, 5/2017.
- Moilanen A. & Kotiaho J.S. 2018. Fifteen operationally important decisions in the planning of biodiversity offsets. *Biol. Conserv.* 227: 112-120.
- Moilanen A. & Kotiaho J.S. 2020a. Three ways to deliver a net positive impact with biodiversity offsets. *Conserv. Biol.* 0: 1-9.
- Moilanen A. & Kotiaho J.S. 2020b. Liite 18: Vapaaehtoinen ekologinen kompensaatio AA Sakatti Mining Oy:n mahdolliselle Sakatin kaivokselle. Liite ympäristövaiikutusten arviointiin. Saatavilla toistaiseksi <https://www.ymparisto.fi/Sakatin-kaivosYVA>
- [OKM] Opetus- ja kulttuuriministeriö 2019. Kirje OKM/16/210/2019: Opetus- ja kulttuuriministeriön tarkentavat ohjeet sopimuskauden 2012-2024 valmisteluun ja vuonna 2020 käytäviin neuvotteluihin. Saatavilla <https://minedu.fi/ohjeet>
- [OY] Oulun yliopisto 2020. Kestävät kampukset. <https://www.oulu.fi/yliopisto/kestava-kehitys/kampukset> (luettu 14.10.2020)
- Ozawa-Meida L., Brockway P., Letten K., Davies J. & Fleming P. 2013. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. *J. Clean. Prod.* 56: 185-198.

- Paal J., Jürjendal I., Suija A. & Kull A. 2016. Impact of drainage on vegetation of transitional mires in Estonia. *Mires and Peat* 18: 1–19.
- Parkes D., Newell G. & Cheal D. 2003. Assessing the quality of native vegetation: The ‘habitat hectares’ approach. *Ecol. Manag. Restor.* 4: S29–S38.
- Pekkonen M., Rytteri T., Belinskij A., Koljonen S., Mykrä H., Kostamo K. & Ahlroth P. Tietotaso ja kokemukset ekologisesta kompensatiosta Suomessa. Ympäristöministeriön julkaisuja 20:2020. Saatavilla <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-244-0>
- Ranius T., Hämäläinen A., Egnell G., Olsson B., Eklöf K., Stendahl J., Rudolphi J., Sténs A. & Felton A. 2018. The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *J. Environ. Manage.* 209: 409–425.
- Ranking Web of Universities 2020. Countries arranged by Number of Universities in Top Ranks, July 2020 edition. Saatavilla http://www.webometrics.info/en/distribution_by_country (luettu 26.1.2021)
- Sedlacek S. 2013. The role of universities in fostering sustainable development at the regional level. *J. Clean. Prod.* 48: 74–84.
- Sinha P., Schew W.A., Sawant A., Kolwaite K.J. & Strode S.A. 2010. Greenhouse Gas Emissions from U.S. Institutions of Higher Education. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 60: 568–573.
- Sops 78/1994. Asetus biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen voimaansattamisesta.
- Stadler K., Wood R., Bulavskaya T., Södersten C.-J., Simas M., Schmidt S., Usubiaga A., Acosta-Fernandéz J., Kuenen J., Bruckner M., Giljum S., Lutter S., Merciai S., Schmidt J.H., Theurl M.C., Plutzar C., Kastner T., Eisenmenger N., Erb K.-H., de Koning A. & Tukker A. 2018. EXIOBASE 3: Developing a Time Series of Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables. *J. Ind. Ecol.* 22: 502–515.
- Stadler K. 2020. Pymrio: Multi-Regional Input-Output Analysis in Python. Saatavilla <https://pymrio.readthedocs.io/en/latest/intro.html>
- Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., Fetzer I., Bennett E.M., Biggs R., Carpenter S.R., de Vries W., de Wit C.A., Folke C., Gerten D., Heinke J., Mace G.M., Persson L.M., Ramanathan V., Reyers B., Sörlin S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 726–736.
- Stephens J.C., Hernandez M.E., Román M., Graham A.C. & Scholz R.W. 2008. Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *Int. J. Sust. Higher Ed.* 9: 317–338.
- [SVT] Suomen virallinen tilasto (SVT). 2018a. Luonnonvarakeskus, Metsänhoito- ja metsänparannustyöt (verkkojulkaisu). Saatavilla <http://statdb.luke.fi/PXWeb/sq/c71865b3-c813-479c-ae83-323a39cd0c84> (luettu 3.12.2020)

- [SVT] Suomen virallinen tilasto (SVT). 2018b. Luonnonvarakeskus, Puun energia-käyttö (verkkojulkaisu). Saatavilla <http://statdb.luke.fi/PXWeb/sq/fbfb88ea-933e-4fb0-a26d-dbad7b8dda5c> (luettu 3.12.2020)
- [SVT] Suomen virallinen tilasto (SVT). 2020. Luonnonvarakeskus, Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö maakunnittain (verkkojulkaisu). Saatavilla <http://statdb.luke.fi/PXWeb/sq/ce986bc2-3678-47d9-a78d-7978f479caf7> (luettu 12.1.2021)
- [SYK] Suomen Yliopistokiinteistöt Oy 2020. Luontoarvot osaksi kampuskehitystä. <https://sykoy.fi/blog/2020/05/22/luontoarvot-osaksi-kampuskehitysta/> (luettu 14.10.2020)
- ten Kate K., Bishop J. & Bayon R. 2004. Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment, London, UK.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. Saatavilla <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>
- [UEF] Itä-Suomen yliopisto 2020. Itä-Suomen yliopisto hiilineutraaliksi vuoden 2025 loppuun mennessä. <https://www.uef.fi/fi/artikkeli/ita-suomen-yliopisto-hiilineutraaliksi-vuoden-2025-loppuun-menessa> (luettu 14.10.2020)
- [UN] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019. World Population Prospects 2019: Highlights. ST/ESA/SER.A/423.
- [UNEP] United Nations Environment Programme 2019: Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People. Nairobi.
- UNEP-SETAC Life Cycle Initiative, 2019. Global Guidance on Environmental Life Cycle Impact Assessment Indicators, Volume 2. Saatavilla <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-for-life-cycle-impact-assessment-indicators-volume-2/>
- [UNIFI] Suomen yliopistojen rehtorineuvosto UNIFI ry. 2020. Kestävän kehityksen ja vastuullisuuden teesit. Saatavilla <https://www.unifi.fi/wp-content/uploads/2020/11/Unifi-Kesta%CC%88va%CC%88n-kehityksen-ja-vas-tuullisuuden-teesit.pdf>
- [UTU] Turun yliopisto 2020. Turun yliopisto matkalla hiilineutraaliksi – hiilijalanjäljen arvioinnista tärkeitä työkaluja tavoitteen saavuttamiseen. <https://www.utu.fi/fi/ajankohtaista/mediatiedote/turun-yliopisto-matkalla-hiilineutraaliksi-hiilijalanjaljen-arvioinnista> (luettu 24.4.2020)
- Van den Bergh J. & Grazi F. 2010. On the Policy Relevance of Ecological Footprints. *Environ. Sci. Technol.* 44: 4843–4844.
- Van den Bergh J. & Verbruggen H. 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ‘ecological footprint’. *Ecol. Econ.* 29: 61–72.

- Veríssimo D., Macmillan D.C., Smith R.J., Crees J. & Davies Z.G. 2014. Has Climate Change Taken Prominence over Biodiversity Conservation? *BioScience* 64: 625-629.
- Viitasaari T. (toim.) 2013. Energiapuuta päätehakkuulta -opas. Suomen metsäkeskus. Saatavilla <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/energiapuuta-paatehakkuulta-opas.pdf>
- Väyrynen T., Aaltonen R., Haavikko H., Juntunen M., Kalliokoski K., Niskala A.-L. & Tukiainen O. 2008. Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Wackernagel M. & Rees W.E. 1995. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island.
- [WEF] World Economic Forum 2020: The Global Risks Report 2020. Insight Report, 15th Edition. Geneva, Switzerland.
- Westley F., Olsson P., Homer-Dixon T., Vredenburg H., Loorbach D., Thompson J., Nilsson M., Lambin E., Sendzimir J., Banerjee B., Galaz V. & van der Leeuw S. 2011. Tipping Toward Sustainability: Emerging Pathways of Transformation. *Ambio* 40: 762-780.
- Wiedmann T. & Minx J. 2008. A Definition of 'Carbon Footprint'. Teoksessa: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. Saatavilla https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999
- Wiedmann T., Minx J., Barrett J., Wackernagel M. 2006. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecol. Econ.* 56: 28-48.
- Wilting H.C., Schipper A.M., Bakkenes M. & Meijer J.R. 2017. Quantifying Biodiversity Losses Due to Human Consumption: A Global-Scale Footprint Analysis. *Environ. Sci. Technol.* 51: 3298-3306.
- Wood R. & Lenzen M. 2003. An Application of a Modified Ecological Footprint Method and Structural Path Analysis in a Comparative Institutional Study. *Local Environment* 8: 365-386.
- [WRI ja WBCSD] World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development 2015. *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition*.
- Ympäristöministeriö 2015. Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2015. Saatavilla <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155221>
- Äijälä O., Koistinen A., Sved J., Vanhatalo K. & Väisänen P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

LIITE 1. JYVÄSKYLÄN YLIOPISTON KÄYTTÄMÄT KIINTEISTÖT

Kampus	Kiinteistö	Vuokran- antaja / vastuutaho	Pinta-ala (m ³)	Lämmön kokonais- kulutus, 12 kk (MWh)	Ostosähkön kokonais- kulutus, 12 kk (MWh)	Veden- kulutus, 12 kk (m ³)	Mukana luontohaitta- laskelmassa	Huomioita
Seminaarin- mäen kam- pus	Athenaeum (A)	SYK	2 081	211	173	364	Kyllä	
	Kirjasto (B)	SYK	10 932*	1 010	738	1 374	Kyllä	Peruskor- jaus alkaen 4/2019
	Päärakennus (C)	SYK	6 151,3	1 295	743	1 744	Kyllä	
	Educa (D)	SYK	1 119,9	274	99	234	Kyllä	
	E-rakennus (E)	SYK	828,8	180	73	283	Kyllä	
	Fennicum (F)	SYK	1 095,8	248	34	114	Kyllä	
	G-rakennus (G)	SYK	459,7	93	32	65	Kyllä	
	Historica (H)	SYK	1 866,1	354	128	345	Kyllä	
	Paja/Kappeli (I)	SYK	53,3	-	1	ei mitata	Kyllä	Sisältyy S:n lämmityk- seen
	Puutarhurin talo (J)	SYK	120,7	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Liikuntarakennus (L)	SYK	9 249,6	1 892	894	3 027	Kyllä	
	Musica (M)	SYK	2 448,5	500	216	570	Kyllä	
	Oppio (O)	SYK	849,4	232	91	110	Kyllä	
	Philologica (P)	SYK	3 860*	380	4	0	Kyllä	Tyhjillään 8/2016 al- kaen

Lozzi ja Lyhty	SYK	1 830*	480	324	1 358	Kyllä	
Ryhtilä (R)	SYK	307,8	0	20	ei mitata	Kyllä (sähkö)	Sähkölämmitys
Ruusupuisto (RUU)	SYK	9 228	968	769	2 130	Kyllä	Omia aurinkopaneeleita (27 MWh)
Seminarium (S)	SYK	1 261,2	385	136	236	Kyllä	
T-rakennus (T)	SYK	3 382	273	532	844	Kyllä	
Urheiluhalli 1	SYK	1 358*	173	10	0	Kyllä	Tyhjillään 12/2017 alkaen
Urheiluhalli 2 (U2)	SYK	1 270,4	195	80	348	Kyllä	
Proxima (X)	SYK	3 927	683	239	1 245	Kyllä	
Pysäköintitalo (PTA)	SYK	2 003	0	2	0	Kyllä	Ei lämmitystä
Suomalainen musiikkikampus (FMC)	JAMK	232,6	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
Ylistönrinteen kampus							
Laboratoriokeskus (YLK)	SYK	1 060,9	496	300	961	Kyllä	
Ambiotica (YA)	SYK	7 460,2	2 097	2 586	3 951	Kyllä	
Ambiotica, pihavarasto	SYK	224,6	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
Nanoscience Center (YNC)	SYK	6 220,1	851	2 053	1 500	Kyllä	
Fysiikan laitos (YFL, YK, YS)	SYK	11 262,9	1 369	1 794	2 004	Kyllä	
Kemian laitos (YO, YE, YF)	SYK	4 889,7	2 353	1 559	3 696	Kyllä	
Soveltava kemia (YSK)	Muu	1 664,8	-	154	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
Mattilanniemen kampus							

	Mattilanniemi A (MaA)	SYK	2 935,8	675	392	1 899	Kyllä	
	Mattilanniemi D (MaD)	SYK	2 590	651	-	752	Kyllä	Sähkönkulutustiedot puuttuvat
	Agora (Ag)	JYU	16 288,2	2 254	2 704	6 695	Kyllä	
	Agora, pysäköintikansi	JYU	6 083	-	-	-	-	Sisältyy Agoran energialueeseen
	Mattilanniemi 6, Psykologian laitos (Mat6)	Muu	1 965,8	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Mattilanniemi 8 (Mat8)	Muu	203,8	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
<hr/>								
Normaalikoulu								
	Yläkoulu ja lukio (N)	SYK	8 930,9	1 906	693	2 138	Kyllä	
	Alakoulu (K)	SYK	5 341,1	853	536	1 309	Kyllä	
<hr/>								
Konneveden tutkimusasema								
	Tutkimusrakennus (KO1)	SYK	581,2	-	-	-	Ei	Lämmitys: kevyt polttoöljy. Sähkö ja vesi mukana kokonaissumassa
	Majoitusrakennus (KO2)	SYK	244,4	-	-	-	Ei	
	Asuntola (KO3)	SYK	262,2	-	-	-	Ei	
	Verstas (KO4)	SYK	55	-	-	-	Ei	
	Talonmiehen asunto (KO5)	SYK	90,4	-	-	-	Ei	
	Asuinrakennus (KO6)	SYK	60,1	-	-	-	Ei	
	Tutkimushalli (KO7)	SYK	1 193,9	-	-	-	Ei	

	Huoltorakennus (KO8)	SYK	299,6	-	-	-	Ei	
	Rantarakennus (KO9)	SYK	103,7	-	-	-	Ei	
Kokkola								
	Yliopistokeskus (KYC) + laboratorio- ja tutkimustilat	Muu	4 639,7	635	496	112	Kyllä	
Sotkamo								
	Teknologiakeskus Snowpolis (SNO)	Muu	554,3	110	854	199	Kyllä	JYU:n käytämä osuus pinta-alasta
Muut								
	Vaasan yksikkö (VAA)	Muu	83,2	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Viveca (VIV)	Muu	2 720,1	372	309	-	Kyllä	JYU:n käytämä osuus pinta-alasta
	Liikuntalaboratorio (LL)	SYK	2 242,2	538	313	512	Kyllä	
	Opinkivi (OPK)	JYY	3490,2	435	341	-	Kyllä	
	Vesilinna (VES)	Muu	824,9	111	91	142	Kyllä	JYU:n käytämä osuus pinta-alasta
	Yliopistopaino (CYG)	Muu	789,5	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Kanavuori, Vuoriluolat	Muu	4 770,2	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Konehalli	JYU	246,8	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Idankuja	Muu	118,1	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Kauppakatu	SYK	30,2	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
	Kilpisenkatu	Muu	36,4	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla

Minna Canthin katu	Muu	44,8	1,5	0,2	-	Ei	
Pitkäkatu	Muu	43,1	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
Survontie	Muu	49,8	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
Vapaudenkatu	Muu	78,5	-	-	-	Ei	Tietoja ei saatavilla
Yhteensä			25 533,5 MWh	20 888 MWh	41 132 m ³		

*) Bruttoala SYK:n tilastoista