

**METSIEN HIILINIELUT LENTOMATKAILUN  
AIHEUTTAMIEN PÄÄSTÖJEN KOMPENSAATIOSSA**  
Case Lappi

Luiro Satu

Opinnäytetyö  
Luonnonvara-ala  
Luonnonvarojen älykäs johtaminen  
Insinööri (ylempi AMK)  
2022

Luonnonvara-ala  
Luonnonvarojen älykäs johtaminen  
Insinööri (ylempi AMK)

<b>Tekijä</b>	Satu Luiro	<b>Vuosi</b>	2022
<b>Ohjaaja</b>	Jussi Soppela		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin liitto		
<b>Työn nimi</b>	Metsien hiilinielut lentomatkailun aiheuttamien päästöjen kompensaatiossa – Case Lappi		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	55 + 3		

Opinnäytetyön taustalla on halu ymmärtää ja havainnollistaa matkailun lentoliikennepäästöjen merkitystä suhteessa metsien hiilensidontaan Lapissa. Työn toimeksiantajana on Lapin liitto, jonka tehtävänä on laatia Lapin matkailustrategia. Strategian keskeisenä tavoitteena on kestävä matkailu, jonka haasteena on Lapin riippuvuus kansainvälisestä lentoliikenteestä. Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tietoa, joka osaltaan auttaisi ratkaisemaan tätä ristiriitaa.

Päätutkimuskysymys kuuluu, miten Pohjois-Suomen metsien hiilinielut ja Lapin lentomatkailun päästöt suhteutuvat toisiinsa. Lisäksi selvitettiin, voidaanko hiilinieluja hyödyntää osana Lapin matkailun aiheuttamien lentoliikenteen päästöjen kompensatiota ja missä määrin se on mahdollista. Työn tietoperusta muodostuu kolmen toimialan, matkailun, metsätalouden ja lentoliikenteen, tutkimuksesta soveltuvin osin.

Tutkimusmenetelmä on pääsääntöisesti määrällinen tutkimus, jota opinnäytetyössä edustaa muun muassa lentoliikennepäästöjen vertaileminen metsien hiilensidontaan konkreettisten laskelmien avulla. Myös laadullista tutkimusta on hyödynnetty esimerkiksi selvittäessä sitä, onko metsien hiilensidonnalla todellista merkitystä lentoliikennepäästöjen kompensoinnissa.

Keskeisimmän tutkimusaineiston muodostavat Finnairin lentoliikenteen päästölaskuri, Luonnonvarakeskuksen tietokannat sekä metsänkasvua ja hiilinieluvaikutusta käsittelevät raportit ja artikkelit.

Tutkimustulokset osoittivat, että vaikka hidas metsänkasvu ei pysty kompensoimaan kasvavaa lentomatkailua, metsän hiilinieluvaikutus ei silti ole merkityksetön. Hiilensidontan määrällinen ymmärtäminen on tärkeää, sillä se auttaa matkailijaa hahmottamaan paremmin lentopäästönsä ja motivoi siten niiden kompensointiin etenkin, jos kompensatiomenetelmät on tehty helpoiksi, luotettaviksi, läpinäkyviksi ja helposti toteutettaviksi. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää matkailun strategisessa kehittämisessä kohti kestävämpää matkailua.

Asiasanat                      kestävä matkailu, hiilinielut, lentoliikenne, ilmastonmuutos

<b>Author</b>	Satu Luiro	Year	2022
<b>Supervisor</b>	Jussi Soppela		
<b>Commissioned by</b>	Regional Council of Lapland		
<b>Subject of thesis</b>	Carbon sinks of forests in the compensation of emissions caused by air tourism – Case Lapland		
<b>Number of pages</b>	55 + 3		

---

The background of the thesis is the desire to understand and illustrate the importance of aviation emissions from tourism in relation to the carbon sequestration of forests in Lapland. The work was commissioned by the Regional Council of Lapland, which prepares Lapland's tourism strategy. The main goal of the strategy is sustainable tourism, which is challenged by Lapland's dependence on international air traffic. The aim of the thesis is to produce information that would contribute to solving this contradiction.

The main research question is, how are the carbon sinks of Northern Finland's forests and the emissions of air tourism in Lapland related to each other? In addition, it was investigated whether carbon sinks can be utilized as part of the compensation for aviation emissions caused by tourism in Lapland, and if so, to what extent. The database of the work consists of the research of three industries: tourism, forestry and air transport.

The main research method is quantitative research, which is represented in the thesis, for example, by comparing air traffic emissions to carbon sequestration in forests. Qualitative research has also been used, for example, to find out whether the carbon sequestration of forests has a real significance on compensating aviation emissions.

Finnair's aviation emission calculator, LUKE's databases, reports and articles on forest growth and the carbon sink effect, form the most important research material.

The research results show that although slow forest growth cannot compensate for the increase in air travel, the carbon sink effect of the forest is still significant. Quantitative understanding of carbon sequestration is important, as it helps the traveler to better understand the aviation emissions and thus motivates to offset them, especially if the compensation methods are made easy, reliable, transparent and easy to implement. The results of the thesis can be used in the strategic development of tourism towards more sustainable tourism.

**Key words** sustainable tourism, carbon sink, air traffic, climate change

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	9
2 SUOMEN METSÄT EU:N ILMASTOPOLITIIKASSA .....	12
2.1 Suomen metsäala .....	12
2.2 Green Deal: Ilmastoneutraali Eurooppa 2050 .....	13
2.3 LULUCF - asetus ja hiilinielujen arviointi .....	14
3 METSIEN ILMASTOVAIKUTUKSET .....	16
3.1 Hiilinielu, hiilivarasto vai päästölähde? .....	16
3.2 Tavoitteena kestävä metsätalous .....	17
3.3 Miten hiilinieluja voidaan kasvattaa? .....	18
3.4 Päästökauppa ja ekologiset kompensatit .....	19
4 MATKAILUN ILMASTOVAIKUTUKSET .....	22
4.1 Lentoliikenteen aiheuttamat päästöt .....	22
4.2 Lentoliikenteen päästölaskurit .....	23
4.3 Lapin kestävä matkailun tavoitteet .....	24
4.4 Päästökompensatit matkailussa .....	25
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT .....	27
5.1 Tutkimusongelmat ja -tavoitteet.....	27
5.2 Tutkimusasetelma ja tutkimusmenetelmät.....	29
5.3 Tutkimusaineisto .....	31
5.4 Tutkimusaineiston analysointi.....	33
5.5 Tutkimuksen rajaukset ja luotettavuuden arviointi .....	34
6 METSIEN HIILENSIDONTA VERSUS MATKAILUN PÄÄSTÖT .....	36
6.1 Hiilinielulaskelmia .....	36
6.3 Laskelmien suhteuttaminen toisiinsa ja johtopäätökset.....	43
7 POHDINTA JA TARPEITA JATKOTUTKIMUKSELLE .....	48
LÄHTEET.....	50

LIITTEET .....57

## TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Pohjois-Suomen mäntypuuston keskitilavuus ja keskikasvu	s. 36
Taulukko 2. Pohjois-Suomen mäntypuuston biomassakertoimet (BEF)	s. 37
Taulukko 3. Pohjois-Suomen mäntypuuston hiilensidonta	s. 38
Taulukko 4. Esimerkkejä edestakaisten lentomatkojen hiilidioksidipäästöistä /matkustaja	s. 39
Taulukko 5. Esimerkkejä Lapin lentojen hiilidioksidipäästöistä/matkustaja	s. 41

## KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Metsäalueet (milj. ha) ja niiden osuus kokonaispinta-alasta maittain. Lähde: FOREST EUROPE 2020, 33	s. 10
Kuvio 2. Tutkimuksen rakenne	s. 26

## KIITOKSET

Tutkimuksen tekemisessä olen saanut paljon apua suoraan useilta eri asiantuntijoilta sähköpostin välityksellä. Heidän panoksensa työn valmistumiseen on ollut korvaamaton. Lämmin kiitos siis seuraaville henkilöille:

Tuomo Karppinen, Finnair

Tuomo Kalliokoski, Helsingin yliopiston metsätieteen laitos

Liisa Kulmala, Ilmatieteen laitos

Alexi Lehtonen, Luonnonvarakeskus

Hannu Salminen, Luonnonvarakeskus

Minna Rätty, Luonnonvarakeskus

## KESKEISET KÄSITTEET

### **Hiilidioksidiekvivalentti**

Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>ekv) on mittayksikkö, jolla osoitetaan erilaisten kasvihuonekaasupäästöjen ilmastoa lämmittävää vaikutusta (Open CO<sub>2</sub> net 2020).

### **Hiilitase**

Kasvaessaan metsä sitoo hiilidioksidia ja sitä sitoutuu myös maaperän karikkeeseen. Osa hiilidioksidista poistuu metsästä puuston hakkuissa ja osa vapautuu ilmakehään lahoamisen seurauksena. Hiilitase saadaan vähentämällä puuston vuotuisesta kasvusta vuotuinen poistuma (hakkuut ja lahoaminen) sekä muuttamalla tulos hiilidioksidiksi. (Seppälä, Kanninen, Vesala, Uusivuori, Kalliokoski, Lintunen, Saikku, Korhonen & Repo 2015, 7; Soimakallio 2017a.)

### **Hiilinielu**

Yksinkertaisimmillaan hiilinielu määritellään seuraavasti: ”ekosysteemi tai sen osa, jossa tapahtuvat prosessit sitovat ilmakehän hiilidioksidia orgaanisten aineiden muodostamaksi hiilivarastoksi” (Tieteen termipankki 2020). Hiilinieluja ovat siis esimerkiksi metsät, suot tai meret. Soimakallio (2017a) on tarkentanut hiilinielujen käsitettä huomauttamalla, että esimerkiksi metsiä voidaan kutsua hiilinieluiksi vasta kun niiden hiilivarasto kasvaa puuston kasvun myötä. Toisin sanoen hiilinielu syntyy silloin, kun puuston kasvuun sitoutuu enemmän hiiltä kuin mitä vapautuu esimerkiksi hakkuiden tai lahoamisen seurauksena. (Soimakallio 2017a.)

### **Hiilivarasto**

Hiilivarasto on ekosysteemin osa, johon hiili on varastoituna siten, että se on poissa ilmakehästä. Kaikenlainen biomassa voi toimia hiilivarastona ja sen koko voi vaihdella. (Metsäyhdistys 2020.)

## **LULUCF**

LULUCF (land use, land use change and forestry) on EU:n asetus, jolla säädellään maankäytön ilmastovaikutuksia. Asetus (EU 2018/841) määrittelee laskentamallit, joilla muun muassa metsätalouden hiilipäästöt ja -nielut huomioidaan EU:n ilmastotavoitteissa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020a.)

## **VMI, Valtion metsien inventointi**

Luonnonvarakeskus LUKE toteuttaa valtion metsien inventoinnin viiden vuoden välein. Inventoinnissa saadaan monipuolista tietoa muun muassa metsävaroista, metsien kasvusta ja terveydestä, hakkuumahdollisuuksista, biomassasta ja monimuotoisuudesta. (LUKE 2022c.)

## **Carbon offset programs**

Hiilidioksin päästökompensaatio-ohjelmilla viitataan asiakkaan mahdollisuuteen hyvittää aiheuttamansa hiilidioksidipäästöt. Tämä tapahtuu yleensä siten, että asiakas arvioi esimerkiksi lentämisestä aiheutuvat päästönsä laskurin avulla ja suorittaa sen perusteella hyvitysmaksun. Hyvitysmaksut käytetään hiilidioksidipäästöjä vähentäviin investointeihin tai projekteihin, joita voivat olla esimerkiksi uusiutuvan energian tai kestävän kehityksen hankkeet kehityksessa. (Niemistö, Soimakallio, Nissinen & Salo 2019, 26.) Esimerkiksi kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA on rakentanut lentoliikenteelle hiilidioksidin päästökompensaatio-ohjelman, jonka toteuttamiseen on sitoutunut laajasti lentoyhtiöitä.

## **CORSIA**

CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) on kansainvälisen lentoliikenteen päästöhyvitysjärjestelmä, jonka tavoitteena on lentoliikenteen hiilineutraali kasvu. Tietyn vertailurajan ylittävät päästöt kompensoidaan päästökaupan kautta. (Niemistö ym. 2019, 41–42.)

## 1 JOHDANTO

Matkailu on erityisesti Lapissa ja arktisilla alueilla vahvasti luontoon ja luonnonilmiöihin perustuva toimiala. Matkailulle luonto on siis ”luonnonvara”, tärkein resurssi ja vetovoimatekijä. Lapin matkailulle on ominaista myös voimakas riippuvuus lentoliikenteestä. Lapin matkailun huippuvuonna 2019 Lappiin saapui 642 000 kansainvälistä matkustajaa, joista noin 55 % saapui lentäen (Majoitustilastot 2020).

Lapin matkailustrategiassa 2020–2023 (sivu 6) tavoitteeksi on otettu viisas kasvu, mikä tarkoittaa sitä, että matkailu on kestävä, vastuullista ja hallittua. Kestävän kehityksen kaikki näkökulmat – ekologinen, sosiaalinen, kulttuurinen, taloudellinen ja poliittinen – huomioidaan strategiassa. Lentomatkailun on arvioitu olevan yksi merkittävimmistä kasvihuonekaasujen päästölähteistä ja lentomatkailun ennakoitaan kasvavan voimakkaasti (Lentoliikenne ja ilmasto, 2019). Ekologisen kestävyuden kannalta Lapin matkailun haasteena on toimialan riippuvuus kansainvälisistä asiakkaista, jotka saapuvat Lappiin lentäen.

Miten ratkaista ristiriita, jossa pyritään samaan aikaan edistämään matkailualan kasvua lisäämällä lentoliikennettä ja toisaalta rakentamaan aidosti kestävä kehityksen matkailukohdetta? Aihepiiri kiinnostaa minua erityisesti, koska olen toiminut yli 15 vuotta Lapin matkailun strategisen kehittämisen parissa. Neljän matkailustrategiaprosessin kokemuksella voi selkeästi huomata, miten merkittäväksi kilpailutekijäksi kestävämmän matkailun tavoittelu on muodostunut.

Lentoliikenteen päästöjen kompensoinnissa yksi osaratkaisu saattaa löytyä metsien hiilinieluista ja hiilivarastoista. Ilmastonmuutoksen ehkäisyssä hiilinielujen merkitys on kasvanut. Suomen metsät ovat tärkeä hiilinielu ja vuotuisen metsänkasvun arvioidaan kompensoivan n. 30–60 % koko Suomen hiilidioksidipäästöistä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 82). Ilmaston lämmitessä pohjoisen metsien kasvu nopeutuu ja sen myötä niiden kyky sitoa hiiltä lisääntyy. Laskelmia hiilinielun määrästä ja ennusteita sen kehittymisestä on tarjonnut esim. Luonnonvarakeskus (Lehtonen, Salminen, Sievänen, Tuomainen, Ollila, Packalen, Asikainen, Thessler, Ahtikoski, Uotila & Mäkipää 2019). Ongelmaksi on muodostumassa se, että laskelmista, metsänkasvun ennakoidusta määrästä tai metsävarojen riittävydestä erilaisten investointien

tarpeisiin ei olla yksimielisiä. Hiilinieluista on tullut päästöpolitiikan peliväline. Tutkimuksen toteuttaminen onkin edellyttänyt laajaa perehtymistä metsien ja hiilinielujen merkityksen ymmärtämiseen ilmastonmuutoksen hillitsemisessä, sekä näihin asioihin liittyviin poliittisiin tavoitteisiin. Siksi opinnäytetyön alussa luodaan katsaus mm. Euroopan unionin ilmastopolitiikkaan.

Matkailun näkökulmasta hiilinieluja ei ole vielä tarkasteltu. Tässä opinnäytetyössä en lähtökohtaisesti oleta, että hiilinielut riittäisivät kompensoimaan lentomatkailusta aiheuttavat päästöt Lapin matkailussa. Sen sijaan pyrin tällä työllä suhteuttamaan hiilidioksidipäästöjä ja hiilinieluja toisiinsa, jotta asian havainnollistaminen helpottuisi. Haluan tutkimuksellani osoittaa, mitä tietyn lentoreitin päästöjen kompensointi tarkoittaa metsänkasvuun suhteutettuna. Tämä on mielestäni tärkeää, sillä vain konkreettisten mittareiden avulla pystytään rakentamaan uskottavasti päästöjä rajoittavia ja kompensoivia toimenpiteitä.

Tutkimukseni tavoitteena on tarjota matkailijoille ja matkailuyrittäjille esimerkinomaisen, suhteellisen ja kansantajuksen mittakaavan, jonka avulla lentoliikenteen päästöjä voidaan arvioida. Toivon, että tutkimukseni tuloksia voitaisiin hyödyntää jatkossa kehitettäessä erilaisia kompensatiomenetelmiä kansainvälisen matkailun tuottamiin hiilidioksidipäästöihin Lapissa.

Päätutkimuskysymys kuuluu, miten Pohjois-Suomen metsien hiilinielut ja Lapin lentomatkailun päästöt suhteutuvat toisiinsa. Lisäksi haluan selvittää, voidaanko hiilinieluja hyödyntää osana Lapin matkailun aiheuttamien lentoliikenteen päästöjen kompensointia ja missä määrin tämä on mahdollista. Metsien hiilinielut ovat paitsi Lapin ja koko Suomen vahvuus, jonka merkitystä luontomatkailun kontekstissa tulisi tuoda enemmän esille. Esimerkiksi kansallispuistot ovat hiilinielu, samoin erilaiset matkailu- ja virkistyskäyttöön varatut luontoalueet, joissa metsänkäsittely yleensä on maltillista. Matkailualueilla metsän hyödyntäminen matkailukäytössä hakkuiden sijasta tarkoittaa samalla niiden turvaamista hiilinieluinä. Metsänomistajille hiilinielut merkitsevät tulevaisuudessa uusia ansaintamahdollisuuksia, koska metsää voidaan hyödyntää myös niin sanottuun ekologiseen kompensointiin kautta (Pirinen 2019, 9).

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Lapin liitto, jonka rooliin maakuntaliittona sisältyy aluekehitystehtävä. Osana tätä tehtävää Lapin liitto laatii maakuntaohjelman (Lappi sopimus 2022–2025) ja kärkitoimialoille, kuten matkailuun, erillisen toimialastrategian neljän vuoden välein. Matkailustrategia ohjaa koko maakunnan matkailun kehittämistä. Matkailun trendien ennakkointiin ja entistä kestävämmän matkailun kehittämistyöhön tarvitaan jatkuvasti lisää tutkimustietoa ja näihin tarpeisiin tämä opinnäytetyö tuo omalta osaltaan täydennystä.

Opiskelu ja opinnäytetyö lisäävät ja monipuolistavat ammatillista osaamistani tuomalla siihen uusia ja tuoreita näkökulmia sekä ideoita toimialojen väliseen yhteistyöhön.

## 2 SUOMEN METSÄT EU:N ILMASTOPOLITIIKASSA

### 2.1 Suomen metsäala

Suomi tunnetaan metsistään, kuten vanha sanonta "vihreän kullan maasta" kertoo. Peräti 70 % Suomen maapinta-alasta on metsiä, mikä on eurooppalaisessa mittakaavassa paljon. Hehtaareissa mitattuna puuntuotantoon soveltuu Suomessa noin 20,3 miljoonaa hehtaaria metsää. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020b.) Euroopan pinta-alasta noin kolmannes on metsää ja Suomen osuus siitä on merkittävä, ks. kuvio 1 (State of Europe's Forests 2020, 33).

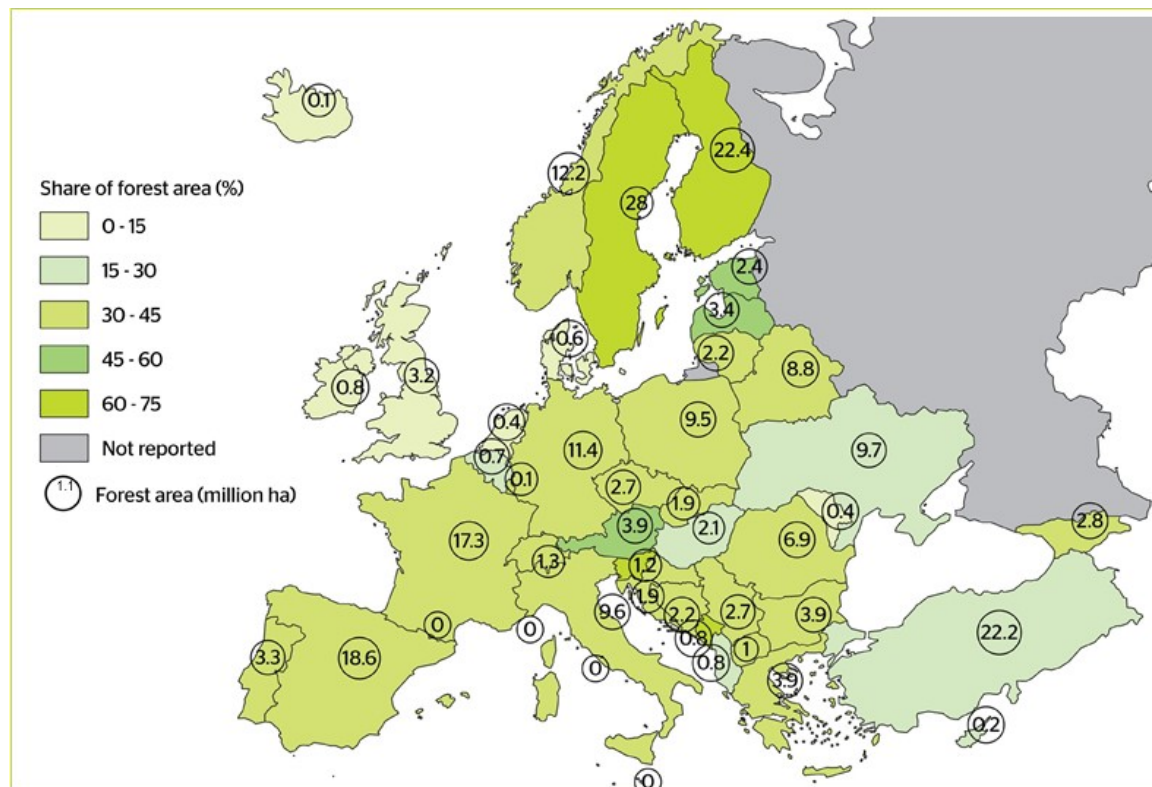


Figure 1.1-1: Forest area (in million ha) and share of forest area in total land area, by country, 2020

Kuvio 1. Metsäalueet (milj. ha) ja niiden osuus kokonaispinta-alasta maittain (State of Europe's Forests 2020, 33)

Kuviosta 1 on selkeästi nähtävissä, miksi Suomen metsiin kohdistuu paljon paineita Euroopan ilmastopolitiikan näkökulmasta. Metsänkäsittelyä, metsänsuojelua ja hiilinieluja halutaan säännellä, koska EU näkee Suomen metsät yhtenä välineenä ilmastotavoitteidensa saavuttamiseen. Tällä hetkellä Suomen metsistä on suojeltu kaikkiaan 2,9 miljoonaa hehtaaria, mikä tarkoittaa

n. 12,6 % metsä- ja kitumaan alasta. Suojelun piirissä on sekä lakisääteisiä suojelualueita, että talousmetsiä, joissa luonnon monimuotoisuuden säilymistä on haluttu suojata. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022d.)

EU:n ilmastopolitiikan välineitä ovat Green Deal toimenpideohjelma ja siihen liittyvä Biodiversiteettistrategia, sekä LULUCF -asetus, joita käsitellään seuraavissa luvuissa.

## 2.2 Green Deal: Ilmastoneutraali Eurooppa 2050

Joulukuussa 2019 Euroopan komissio julkaisi Green Deal toimenpideohjelman (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma), jonka tavoitteena on hiilineutraali Eurooppa vuoteen 2050 mennessä. Toimenpiteisiin sisältyvät puhtaisiin energianlähteisiin siirtyminen, kiertotalouden edistäminen, energiatehokkuuden edistäminen rakennussektorilla, vähäpäästöisempi liikenne, biodiversiteetin turvaaminen, ruokajärjestelmän turvaaminen, saastumisen vähentäminen sekä ilmastopolitiikan toteuttaminen. (EU:n vihreän kehityksen ohjelma 2019.)

Osana vihreän kehityksen ohjelmaa on julkaistu vuoteen 2030 ulottuva ja luonnonsuojeluun tähtäävä Biodiversiteettistrategia (Biodiversity strategy for 2030, 2020). Lisäksi on laadittu myös uusi Metsästrategia (New EU Forest Strategy 2030, 2021), jolla pyritään edistämään muun muassa “uusien puiden istuttamista ja vahingoittuneiden tai köyhtyneiden metsien ennallistamista” (Biologinen monimuotoisuus 2019). Suomessa EU:n uuteen metsästrategiaan suhtaudutaan varovaisesti. Yhtäältä sen odotetaan vauhdittavan uusia hiilineutraaleja innovaatioita ja teknologioita, ja siten edistävän Suomen kansainvälistä kilpailukykyä. Toisaalta sen pelätään rajoittavan metsien käyttöä ja aiheuttavan paineita lisäsuojeluun. (Laukkanen 2020.)

Suomi on asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali ja ensimmäinen fossiilivapaa yhteiskunta vuoteen 2035 mennessä. Toimenpiteinä ovat kokonaisvaltainen ilmastopolitiikka, päästövähennykset kaikilla toimialoilla ja hiilinielujen vahvistaminen. Tärkeimmille toimialoille, kuten maa- ja metsätalouteen, laaditaan tiekartat vähähiilisyteen. (Valtioneuvosto 2020.)

### 2.3 LULUCF-asetus ja hiilinielujen arviointi

Euroopan unionin LULUCF-asetus (land use, land use change and forestry) velvoittaa jäsenmaita arvioimaan maankäytön ja metsien hiilinielua joka vuosi. Tavoitteena on seurata päästötavoitteiden toteutumista sekä ylläpitää ja kasvattaa hiilinieluja. Hiilinielulaskelmat liittyvät myös päästökauppaan. Mikäli hiilinielu ylittää asetetun vertailutason, Suomi voi hyödyntää tätä päästökaupassa rajoitetusti enintään 2,5 milj. hiilidioksidiekvivalenttonnia (jatkossa CO<sub>2</sub>ekv) vuodessa. Vastaavasti hiilinielun alittaessa vertailutason, maankäyttösektorin päästöt ylittyvät ja ne täytyy kompensoida joko tehostamalla päästörajoituksia tai päästökaupan avulla. (LUKE 2020.)

Luonnonvarakeskus LUKE tuottaa joka vuosi kasvihuonekaasuinventaarion, joka sisältää maankäyttösektorin päästö- ja poistumatiedot (LUKE 2022a). LUKE julkaisi kasvihuoneinventaarion 2021 ennakkotiedot syksyllä 2022 ja ensimmäistä kertaa Suomen maankäyttösektori kokonaisuutena oli muuttunut päästölähteeksi. Vaikka metsät olivat edelleen hiilinielu, 6,7 milj. tonnia CO<sub>2</sub>ekv., muiden sektorien päästöt olivat suuremmat. Suomen maankäyttösektori oli 2,1 milj. CO<sub>2</sub>ekv-tonnin kokoinen päästölähde. Tulos johtuu siitä, että puuston kasvu on heikentynyt ja toisaalta hakkuiden määrä on voimakkaasti lisääntynyt. (LUKE 2022b.)

Tuloksen taustalla saattaa olla myös laskentamenetelmän muutos. Kasvihuonekaasuinventaarion laskemisessa hyödynnetään biomassatietoja, mikä poikkeaa aiemmin käytetystä metsien hiilinielujen laskentamenetelmästä. Myös aiempien vuosien metsänkasvua tullaan tarkastelemaan uusilla menetelmillä takautuvasti sen selvittämiseksi, onko maankäyttösektori ollut päästölähde jo aiemmin. (LUKE 2022b.)

Kasvihuonekaasuinventaario siis määrittää, täytyykö Suomen jatkossa kompensoida päästöjään esimerkiksi päästökaupalla tai metsänhakkuita rajoittamalla. Suomessa on pitkään totuttu siihen, että lisääntynyt metsien kasvu on ylittänyt metsien käytöstä aiheutuneet päästövaikutukset. Lehtosen (2022) mukaan hakkuumäärät ovat olleet viime vuosina kestävämmällä tasolla, erityisesti pohjoisissa maakunnissa. Lehtonen toteaaakin, että "Suomi on siirtynyt kasvavien hakkuiden ja nielujen aikakaudesta tilanteeseen, jossa

tasapainotellaan metsien kasvun, hakkuumäärien ja nielutavoitteiden välillä.”  
(Lehtonen 2022.)

### 3 METSIEN ILMASTOVAIKUTUKSET

#### 3.1 Hiilinielu, hiilivarasto vai päästölähde?

Metsien hiilensidonnan terminologia ei ole aivan yksinkertainen asia. Sillä voidaan tarkoittaa sekä muutoksia metsien hiilivarastossa tai kasvien ja puiden kasvussa sitoutuvaa hiilidioksidia. Hiilensidontaa voidaan tarkastella joko pelkästään puuston, koko biomassan, maaperän tai kaikkien kolmen muodostaman kokonaisuuden näkökulmista. Tässä tutkimuksessa tehdyt rajaukset on esitelty luvussa 5.3.

Metsien kasvaessa niihin sitoutuu hiilidioksidia ilmakehästä. Kun metsään sitoutuu enemmän hiilidioksidia kuin sitä esimerkiksi hakkuiden tai muun maankäytön kautta vapautuu, metsä toimii hiilinieluna (Soimakallio 2017a). Silloin metsien hiilivarasto hiljalleen kasvaa, jolloin puhutaan nettohiilinieluista (Soimakallio 2017b, 93). Nopeasti kasvava nuori metsä sitoo enemmän hiilidioksidia kuin vanhempi metsä, mutta toisaalta vanhan metsän hiilivarasto on suurempi. Myös vanha metsä sitoo hiiltä, mutta lahoamisen kautta hiilidioksidia myös vapautuu.

Metsän hiilitase saadaan vähentämällä puuston vuotuisesta kasvusta vuotuinen poistuma (hakkuut ja lahoaminen) sekä muuttamalla tulos hiilidioksidiksi. (Seppälä ym. 2015, 7; Soimakallio 2017a). Metsänhakkuu heikentää aina metsän hiilitasetta, koska hiilidioksidia vapautuu ja toisaalta hiilensidonta vähenee hakkuumäärää vastaavasti. Metsänkäyttömenetelmistä erityisesti avohakkuu on hiilitaseen kannalta haitallinen, sillä se lisää hiilipäästöjä vähintään kahdenkymmenen vuoden ajaksi (Pukkala 2022). Mikäli metsää siis hakataan enemmän kuin se kasvaa, metsä muuttuu päästölähteeksi.

Toisin kuin fossiiliset päästöt, metsistä hakkuiden seurauksena vapautuva hiili sitoutuu takaisin metsään metsänkasvun tuloksena. Metsien hiilitase on siis suhteellisen tasapainoinen pitkällä aikavälillä, edellyttäen että metsiä hyödynnetään kestävällä tasolla. Ilmastonmuutoksen hillitsemisen kannalta keskeisin kysymys on kuitenkin nopeus eli se, millä aikavälillä hiili sitoutuu takaisin metsänkasvuun. Haasteena on se, että hakkuut tapahtuvat hetkessä ja

metsänkasvu taas kestää vuosikymmeniä. (Seppälä J., Heinonen T., Kilpeläinen A., Peltola H., Pukkala T., Sihvonen M., Soimakallio S., Weaver S., Vesala T. & Ollikainen M. 2022, 13–14.)

### 3.2 Tavoitteena kestävä metsätalous

Puu on uusiutuva luonnontuote ja puulla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita sekä muita öljypohjaisia materiaaleja kuten muovia. Puulle on siis kasvavaa kysyntää ja siten myös metsien käytön lisäämiselle on paljon paineita, erityisesti metsätalouden suurten investointien kautta. Ilmastotavoitteiden näkökulmasta täytyy samanaikaisesti huolehtia myös siitä, että metsää säilyy riittävästi hiilinieluna. Miten varmistetaan puun ja metsän riittävyys?

Suomen ilmastopaneeli on raportissaan (Seppälä ym. 2022, 17) arvioinut metsästä hakkuiden myötä poistuvan hiilen määrän pitkäaikaisia vaikutuksia hiilitaseeseen. Suomen metsät ovat koko hiilinielujen mittaushistorian ajan olleet nettonielu, eli puusto ja maaperä ovat sitoneet enemmän hiiltä kuin hakkuut ovat aiheuttaneet päästöjä. Nettonielu on viime vuosikymmenen ollut keskimäärin -26,6 Mt CO<sub>2</sub>ekv vuodessa. Muut maankäyttösektorin osa-alueet, kuten esimerkiksi viljelymaa tai rakennettu maaperä, ovat päästölähteitä, jotka aiheuttavat vuosittain noin 12 Mt CO<sub>2</sub>ekv päästöt. (Seppälä ym. 2022, 14.)

Viime vuosina metsistä on hakattu noin 72 miljoonaa kuutiometriä puuta, mikä tarkoittaa, että hiiltä on poistunut noin 66 milj. tonnia CO<sub>2</sub>ekv. vuosittain. Vuodesta 2016 lähtien runkopuun hakkuut ovat lisääntyneet siinä määrin, että maankäyttösektorin nettonielu on ollut vuosittain lähes 5 Mt CO<sub>2</sub>ekv. pienempi kuin mitä EU on edellyttänyt. Kun laskelmassa huomioidaan myös energiapuun mukana poistuva hiilen määrä, metsistä on poistunut hiiltä huomattavasti enemmän kuin päästöjä on raportoitu. Esimerkiksi vuonna 2019 Suomen päästöt olivat 53 milj. tonnia CO<sub>2</sub>ekv.

Pitkän aikavälin tutkimussimulaatiot ovat osoittaneet, että mikäli hakkuiden taso edelleen kasvaa, myös hiilitaseen pieneneminen jatkuu. Hiilinielua poistuu, kun

puuston kasvu menetetään ja lisäksi hakkuujätteiden hajoamisen vuoksi. Hiilinielun menetys on siis aina suhteessa suurempi kuin pelkkä hakkuukertymän hiilimäärä, eikä puuston kasvu ei pysty korjaamaan menetettyä hiilinielua edes vuosisadan aikajänteellä. (Seppälä ym. 2022, 17.)

Hiilinielutavoitteiden saavuttamiseksi ja Suomen metsätalouden säilyttämiseksi kestävällä tasolla, Suomen ilmastopaneeli suosittaa, että hakkuutasoa ei nosteta nykyisestä, vaikka metsien ikärakenne sen mahdollistaisikin. Ilmastopaneelin raportissa huomautetaan, että hiilinieluhin ja niiden mittaamiseen liittyy edelleen paljon epävarmuutta ja siksi varovaisuusperiaatteen soveltaminen on tarpeen. Maaperästä aiheutuvia päästöjä tulisi pystyä vähentämään ja metsien hiilinieluvaikutusta lisäämään nykyisestä -26,6 Mt CO<sub>2</sub>ekv. vuodessa. Esimerkiksi Luonnonsuojeluliitto on vaatinut hiilinielujen kasvattamista jopa 40 miljoonaan tonniin CO<sub>2</sub>ekv. vuoteen 2030 mennessä (Metsälehti 2020).

Valtion metsien käyttöä hallinnoi Metsähallitus, joka on sitoutunut kestävän metsätalouden toteuttamiseen. Puuntuotannon lisäksi Metsähallitus ilmoittaa huolehtivansa "metsävarojen riittävydestä, luonnon monimuotoisuuden turvaamisesta, virkistyskäytön edellytyksistä sekä ilmastonmuutoksen hillinnästä ja siihen sopeutumisesta". Välineitä tähän työhön ovat muun muassa osallistava luonnonvarasuunnittelu ja metsäsertifiointi. (Metsähallitus 2022.) Metsähallituksen vuoteen 2024 ulottuvassa strategiassa on asetettu tavoitteeksi kasvattaa sekä monikäyttömetsien hiilinieluja että valtion maiden puuston hiilivarastoa 10 prosentilla vuoteen 2035 mennessä (Metsähallitus 2021, 14).

### 3.3 Miten hiilinieluja voidaan kasvattaa?

Ihminen vaikuttaa hiilinieluihin omalla toiminnallaan. Yksinkertaistettuna voidaan todeta, että metsää istuttamalla ja biomassaa lisäämällä saadaan hiilinielut kasvuun, ja vastaavasti metsää hakkaamalla ja biomassaa vähentämällä ne pienenevät. Käytännössä asia on kuitenkin mutkikkaampi, sillä kaikenlainen maankäyttö vaikuttaa hiilitaseeseen. Metsämaata menetetään esimerkiksi maatalouden, rakentamisen ja kaupungistumisen tarpeisiin. Suomen

maatalouden päästöistä jopa 60 % tulee turvemailta, joiden osuus on 13 % koko Suomen peltoalasta. (Haltia, Lehtosalo, Rinta-Kiikka & Yrjölä 2020, 1.)

Ilmastonmuutosta torjuvia toimenpiteitä ovat LUKE:n mukaan metsäkadon estäminen ja metsitys, puuston kasvun lisääminen, kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen turvemailloilla ja ojitetuilla alueilla, sekä puutuotteiden elinkaaren pidentäminen (Lehtonen 2019, 9). Puurakentamisen lisääminen on ilmastoteko, sillä puurakenteissa hiili säilyy varastoituneena koko rakennuksen käyttöajan. Turvepeltojen päästöjä taas voidaan vähentää muuttamalla viljelykäytäntöjä, kuten esimerkiksi lisäämällä nurmen määrää, metsittämällä tai muuttamalla peltoja kosteikoiksi (Haltia ym. 2020, 2).

### 3.4 Päästökauppa ja ekologiset kompensatiot

EU on rakentanut päästökauppajärjestelmän kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Päästökauppa kohdentuu eri alojen yrityksiin, joiden on hankittava lupa aiheuttamilleen päästöille. Päästöoikeudet huutokaupataan, jolloin niiden markkinahinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan perusteella. (EU:n päästökauppajärjestelmä 2021.)

Ilmastokriisin eteneminen on voimistanut keskustelua ekologisista kompensatioista yhtenä – ja viimesijaisena – keinona hillitä ilmaston lämpenemistä. Ekologisilla kompensatioilla (engl. biodiversity offsetting, ecological compensation, compensatory mitigation) tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan ”saastuttaja maksaa” -periaatetta, mutta käsite on huomattavasti monimutkaisempi. Ajatus lähtee siitä, että aiheutettu haitta korvataan ympäristöä tai ilmastoa hyödyttävillä toimenpiteillä jossain muualla. (Pirinen 2019, 9.) Kompensatio on kuitenkin aina viimesijaisin vaihtoehto. Ympäristövaikutusten hallinnan hierarkiassa negatiivisia ympäristövaikutuksia pyritään aluksi välttämään, toiseksi minimoimaan, kolmanneksi ennallistamaan aiheutettuja haittoja ja vasta neljäs porras on kompensatio, jossa negatiiviset ympäristövaikutukset pyritään hyvittämään. (Moilanen & Kotiaho 2017, 12.)

Päästökompensaatiot hyväksyttiin Kioton ilmastokokouksessa 1997. Valtioita velvoittavan päästökaupan rinnalle ovat tulleet ns. vapaaehtoiset päästömarkkinat, joihin myös lentoliikenteen matkustajien päästökompensaatiomaksut kuuluvat. Näin hankittuja varoja ohjataan monenlaisiin hankkeisiin, joista viime vuosina suosituimpia ovat olleet uusiutuvaan energiaan ja metsiin liittyvät hankkeet. Globaali kompensaatiomarkkina on arvoltaan todella merkittävä, jopa arviolta 320 miljoonaa dollaria vuonna 2019. Päästökompensaatioiden käyttöä ja hyödyntämistä sekä luottamusta hankkeisiin vaikeuttaa se, että asiaan liittyvä lainsäädäntö on suurelta osin vasta rakenteilla. (Finnwatch 2021, 1–9.)

Metsänomistaja on perinteisesti saanut rahallista tuottoa metsästään vasta hakkuuvaiheessa joko harvennushakkuun tai päätehakkuun kautta. Metsän hiilinielujen turvaaminen ja säilyttäminen on kuitenkin luomassa metsänomistajille uuden ansaintamahdollisuuden. Metsänomistajat tulevat mukaan kompensaatiokauppaan tuottamalla hiilinielua, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi matkailun päästöjen kompensoinnissa. Maa- ja metsätalousministeriössä tutkitaan valtiontuen mahdollisuutta hiilinielua ylläpitäville metsänomistajille. Tuen edellytyksenä on kuitenkin aktiivinen metsänhoito, jolla hiilinielua ja -varastoa kasvatetaan. (Niiranen 2020.)

Monet yksityiset metsänomistajat ovat entistä kiinnostuneempia metsän hyödyntämisestä myös muulla tavoin kuin puuntuotannossa. Vapaaehtoinen metsänsuojelu, ekosysteemipalvelut ja luonnon monimuotoisuuden turvaaminen, sekä niihin liittyvät ekologiset kompensaatiot lisäävät suosiotaan. Asiaa voidaan hyödyntää myös matkailun päästökompensaatiossa. Esimerkkinä voidaan visioda tilanne, jossa metsänomistaja voisi suojella metsänsä tietylle aikajaksolle ja myydä kyseisenä aikana metsänkasvun tuottaman hiilensidonnin päästökaupassa. Matkailija puolestaan voisi ostaa tämän hiilensidonnin ja kompensoida siten lentomatkinsa Lappiin.

Metsien hiilensidonnin käyttäminen päästökompensaatiossa ei ole kuitenkaan ongelmaton. Pesonen (2021) huomauttaa, että esimerkiksi puiden istuttaminen tuottaa merkittävän hiilinielun vasta 20 - 30 vuoden kuluttua eli vaikutus tulee siis viiveellä. Lisäksi hiilinielun pysyvyyttä ei voida taata. Toinen kysymys on ns. lisäisyys eli tuoko kompensaatio aidosti lisää hiilensidontaa vai tapahtuisiko se

muutenkin? Koska esimerkiksi metsän kasvuun panostettu kompensatio tarkoittaa metsänomistajalle lisää tuottoa, eikö se tapahtuisi joka tapauksessa? Lisäksi uhkana on ns. hiilivuoto eli jos tietyt metsät suojellaan, hakkuut siirtyvät jonnekin muualle. (Pesonen 2021.)

## 4 MATKAILUN ILMASTOVAIKUTUKSET

Matkailun ilmastovaikutuksia on tutkittu vuonna jo vuonna 2018 julkaistussa tutkimuksessa, jonka pääviestinä oli, että globaalin matkailun hiilijalanjälki on neljä kertaa suurempi kuin aiemmin oli arvioitu ja lisäksi voimakkaassa kasvussa. Tutkimuksen mukaan matkailu aiheuttaa noin kahdeksan prosenttia kaikista kasvihuonepäästöistä. Ylivoimaisesti suurimpana päästölähteenä on lentoliikenne. Muita matkailun aiheuttamia päästölähteitä ovat esimerkiksi ruuankulutus ja ostokset. (Lenzen, Ya-Yen, Futu, Yuan-Peng, Geschke & Malik 2018, 522.)

Viime vuosina keskustelussa on noussut esiin lentohäpeän käsite, jolla tarkoitetaan tiedostavien matkailijoiden tuntemaa syyllisyyttä lentojensa aiheuttamista päästöistä. Lentohäpeän arvioitiin vaikuttavan jopa lentomatkailua vähentävästi. (Jaskari 2019; Ortamo 2019.)

Matkailun kasvu ei kuitenkaan osoita hiipumisen merkkejä ja koronapandemiankin vaikutus kasvihuonekaasujen päästöjen vähenemiseen jää vain hetkelliseksi. Siihen asti, kunnes tulevaisuuden sähkölentokoneet nousevat siivilleen, tarvitaan tehokkaita ratkaisuja matkailun ja lentämisen hiilijalanjäljen pienentämiseen ja kompensointiin. Avainasemassa ovat matkailijan valinnat, mutta myös tehokas ja luotettava päästökauppa.

### 4.1 Lentoliikenteen aiheuttamat päästöt

Lentoliikenteen polttoaineista pääsee ilmakehään kasvihuonekaasuja, jotka lisäävät ilmaston lämpenemistä. Lentopolttoaineen palamisprosessin tuloksena syntyy hiilidioksidia arviolta noin 70 % kokonaispäästöjen määrästä, vesihöyryä noin 30 % sekä lisäksi pieniä määriä muita aineita, kuten typen ja rikin oksideja. (Niemistö ym. 2019, 22.) Kaikista ihmisen globaalisti aiheuttamista päästöistä noin 2–3 % arvioidaan aiheutuvan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöistä (Lentoliikenne ja ilmasto 2019). Luku ei vaikuta suurelta, mutta kun huomioidaan lentoliikenteen voimakas ja ennakoitu kasvu, on päivänselvää, että kysymyksessä on ilmaston lämpenemisen kannalta vakava ongelma. Vuonna

2019 maailmassa kuljetettiin 3,9 miljardia lentomatikustajaa (IATA 2020, 18). Ennen koronapandemian aiheuttamaa lentoliikenteen kriisiä kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA ennusti lentomatikustajien määrän kaksinkertaistuvan 8,2 miljardiin vuoteen 2037 mennessä (IATA 2018).

Lentoliikenteen päästöjä pyritään rajoittamaan teknisin ja operatiivisin keinoin, sekä sääntelyllä ja taloudellisilla ohjauskeinoilla. Teknisiin keinoihin kuuluvat muun muassa biopolttoaineiden hyödyntäminen ja vielä alkuvaiheessa oleva sähkökäyttöisten lentokoneiden kehittäminen. Operatiivisista keinoista hyvä esimerkki on lentoreittien optimointi ja sääntelystä päästötasostandardit. Tärkein lentoliikenteen päästöjä rajoittava tekijä on kuitenkin taloudellinen ohjaus, jota toteutetaan päästökaupan ja niin sanotun CORSIA-järjestelmän (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) kautta. (Niemistö ym. 2019, 7.)

Erilaisten päästörajoituskeinojen avulla lentoliikenteen polttoaineen kulutus per istuin on saatu pienentymään viimeisten 40 vuoden kuluessa noin 70 %. Karkeasti arvioituna pitkän matkan lento kuluttaa polttoainetta noin 3 litraa/matikustaja/100 km. Vastaavasti lyhyellä matkalla kulutus on noin 3–5 litraa/matikustaja/100 km. Arvioiden edellytyksenä on, että kone on täynnä. (Lentoliikenne ja ilmasto 2019.)

#### 4.2 Lentoliikenteen päästölaskurit

Lentoliikenteen päästökauppaa toteutetaan CORSIA-järjestelmän kautta. CORSIA on kansainvälisen lentoliikenteen päästöhyvitysjärjestelmä, jonka tavoitteena on lentoliikenteen hiilineutraali kasvu. Tietyn vertailurajan ylittävät päästöt kompensoidaan päästökaupan kautta. (Niemistö ym. 2019, 41–42.) CORSIA -järjestelmä edellyttää lentoyhtiöiltä päästöjen raportointia.

Myös lentomatikailijat ovat entistä tiedostavampia ja kiinnostuneita omien matkojensa aiheuttamista päästöistä. Siksi lentoyhtiöt ja ilmastonmuutosta seuraavat tahot ovat rakentaneet päästölaskureita, joilla matkailija pystyy arvioimaan lentojensa aiheuttamat päästöt. Näiden laskureiden perusteella matkailijalle tarjotaan yleensä myös mahdollisuus kompensoida päästöt

maksamalla lisähintaa. Päästökompensaatioilla kerätyt varat kohdennetaan erilaisiin ilmastotoimenpiteisiin, kuten sademetsien suojeluun, metsänistutuksiin tai ilmastoystävällisempien tuotanto- ja energiamenetelmien kehittämiseen.

Päästölaskureiden käytön haasteena on se, että niiden toimintatavat vaihtelevat, joten ne tuottavat myös erilaisia tuloksia. Päästölaskureita tarjoavat ainakin kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO, Carbon Neutral Limited, Natural Capital Partners (Carbon neutral calculator) sekä useat lentoyhtiöt (Finavia 2018). Yksinkertaisuuden vuoksi tähän tutkimukseen on valittu Finnairin päästölaskuri (Finnair 2020).

#### 4.3 Lapin kestävän matkailun tavoitteet

Lapin matkailustrategian 2020 - 2023 kantavana ajatuksena on "viisas kasvu". Tällä on viitattu siihen, että Lapissa matkailua halutaan kehittää kaikin tavoin kestäväan suuntaan, huomioiden kaikki neljä kestävyuden osa-aluetta: ekologisen, taloudellisen, kulttuurisen ja sosiaalisen kestävyuden. Vuonna 2020 strategian optimistiset kasvutavoitteet hautautuivat koronapandemian alle, mutta keväällä 2022 julkaistussa Lapin matkailustrategian koronapäivityksessä (Lapin liitto 2022) kestävä matkailu ja viisas kasvu muodostavat edelleen kehittämistyön vahvan kivijalan.

Lapista on onnistuttu brändäämään korkeatasoinen ja vetovoimainen matkakohde kansainvälisesti. Matkailun kasvu rakentuukin kansainvälisten matkailijoiden varaan. Kestävän matkailun suurimman haasteen aiheuttaa se, että kansainväliset matkailijat saapuvat kohteeseen pääosin lentäen.

Koska lentoliikenne ja saavutettavuuden kehittäminen eivät ole yksinomaan lappilaisten käsissä, Lapissa on lähdetty tekemään sitä mihin on mahdollisuus vaikuttaa. Ajatuksena on kehittää matkailua kaikilta muilta osin mahdollisimman vastuullisesti ja kestävästi. Esimerkkejä tähän mennessä saavutetuista kestävyuden virstanpylväistä löytyy jo paljon: Yhteisesti laadittu maakunnallinen matkailustrategia on viitoittanut tietä kohti kestävämpää matkailua jo vuosikymmenien ajan. Lapin matkailukohteet ovat sitoutuneita kumppaneita Visit Finlandin Sustainable Travel Finland ohjelmassa, jonka tavoitteena on rakentaa

Suomesta kestävä matkailun kärkimaa vuoteen 2025 mennessä (Business Finland 2022). Lapin ja Helsingin hankeyhteistyönä on rakennettu matkailuyritysten ja -alueiden hiilijalanjälkimittari, jonka avulla omien kehittämistoimenpiteiden tuloksia on mahdollista seurata (VÄLKKY 2022). Lapissa toimii myös vastuullisen matkailun verkosto. Kulttuurisesta vastuullisuudesta kertoo matkailuyritysten sitoutuminen noudattamaan saamelaiskäräjien laatimia saamelaismatkailun eettisiä ohjeita (Saamelaiskäräjät 2018).

Lentoliikenteen aiheuttamien päästöjen osalta matkailijoita rohkaistaan kompensoimaan matkansa Lappiin. Tämä ohjeistus löytyy muun muassa "Matkusta vastuullisesti Lapissa" -julkaisusta, jossa kerrotaan myös, että kaikki Suomen lentoasemat ovat hiilineutraaleja. (Lapland 2022.)

#### 4.4 Päästökompensaatiot matkailussa

Matkailussa suurimmat päästöt syntyvät yleensä liikkumiseen käytettävästä kulkuvälineestä ja matkan pituudesta. Siksi matkailussa käytettävistä kompensaatiotavoista yleisin on lentomatkojen päästöjen kompensointi päästökompensaatiomaksulla. Tässä luvussa on esimerkkejä organisaatioista, jotka tarjoavat päästökompensaatioita myös matkailun tarpeisiin.

Finnwatchin (2021, 46) raportin mukaan Suomessa on alle kaksikymmentä toimijaa ja yritystä, jotka myyvät päästökompensaatiota kansainvälisesti sertifioituihin hankkeisiin. Ehkä tunnetuin niistä on Antero Vartian perustama Compensate -säätiö, joka tarjoaa päästökompensaatioita sekä yrityksille että yksityisille. Sivustolla on kattavasti tietoa kompensaatiomahdollisuuksista ja hankkeista, joihin varat ohjataan, sekä niihin liittyvistä kriteereistä ja sertifikaateista. Lentoliikenteen päästöjen kompensointiin on tarjolla mobiilisovellus. (Compensate 2022.)

Helsinki Foundation on mielenkiintoinen esimerkki voittoa tuottamattomasta ja vapaaehtoisuuteen perustuvasta säätiöstä, joka hankkii maata ympäri maailmaa ja suojelee sitä luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Vaikka kasvihuonepäästöjen vähentäminen on tässä tapauksessa välillinen hyöty, se antaa kuitenkin mahdollisuuden esimerkiksi päästöjen kompensointiin.

Suojelualueelta voi ostaa maapalan “omiin nimiinsä” maksamalla minimissään 30 euroa. (Helsinki Foundation 2022.)

Napapiiriltä löytyy luontopolku Joulupukin metsään, jonne matkailijat ovat saaneet käydä istuttamassa kuusipuita. Jokainen kuusen kohdalla löytyy istuttajan nimi, syntymäaika ja istutuksen ajankohta. Tämä on hyvin konkreettinen tapa tehdä ilmastotyötä näkyväksi ja tarjota matkailijoille mahdollisuus matkansa kompensoimiseen käytännön tasolla. (Etiäinen 2022.)

Lainsäädännön puutteellisuus on tehnyt päästökaupan toteuttamisen toistaiseksi hyvin hankalaksi eri toimijoille. Esimerkiksi päästökompensaation myynti jonkin muun tuotteen kylkiäisenä ei ole nykyisin tulkinnan mukaan sallittua. Tämä on vaikeuttanut esimerkiksi Compensaten tekemää päästökauppaa ja myös Finnair luopui päästökompensaatioiden tarjoamisesta samasta syystä. (Finnwatch 2021, 12.)

Lappi on ollut edelläkävijänä matkailuyritysten ja -alueiden hiilijalanjäljen pienentämiseen tähtäävässä kehitystyössä. Hiilijalanjälkimittarin lanseeramisen ja muiden vähähiilisyystoimenpiteiden lisäksi matkailuelinkeinolle on tuotettu muun muassa vinkkejä päästöjen kompensointiin. (VÄLKKY 2022, Pesonen 2021.)

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT

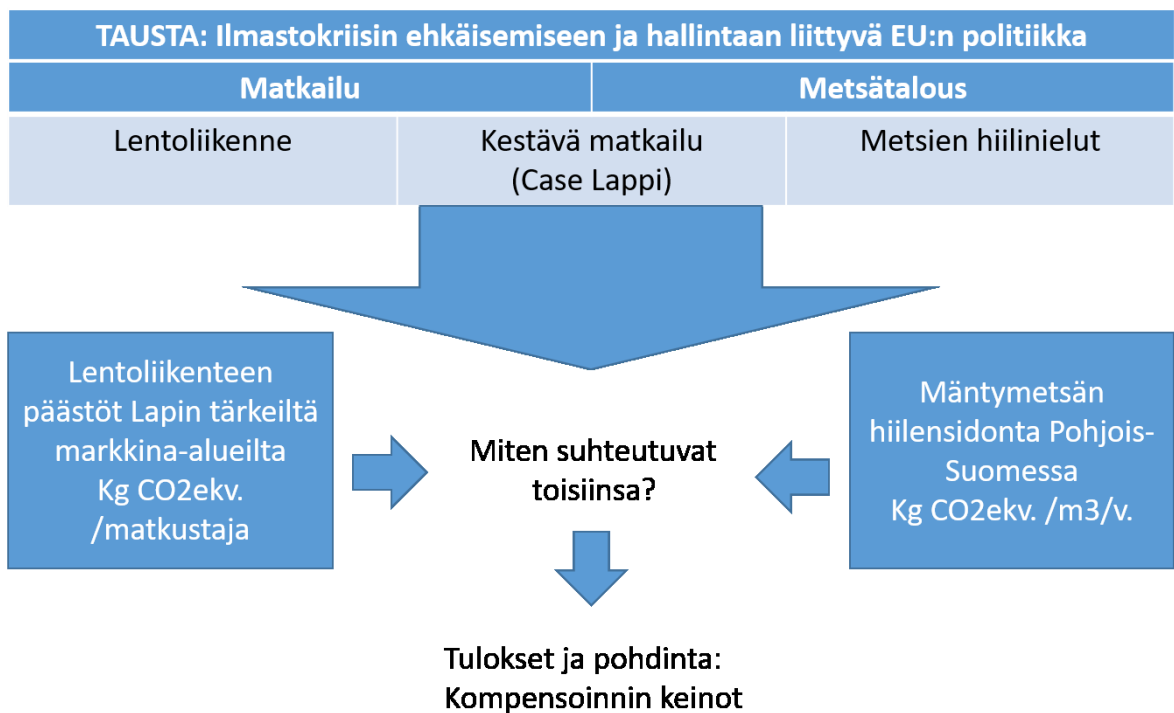
### 5.1 Tutkimusongelmat ja -tavoitteet

Opinnäytetyöni tavoitteena on havainnollistaa konkreettisten laskelmien kautta, miten lentoliikenteen aiheuttamia päästöhaittoja voidaan suhteuttaa hiilinielujen vaikutukseen. Tähtäimessä ei ole niinkään laskelmien eksakti tarkkuus, koska se ei tutkimukseen liittyvien monien reunaehtojen ja rajausten valossa olisi tässä työssä mahdollista. Sen sijaan pyrin kuvaamaan ja popularisoimaan – tiettyjen esimerkkien avulla – mittakaavan, jolla päästöjä syntyy ja jolla niitä voidaan kompensoida.

Opinnäytetyön päätutkimuskysymys voidaan kiteyttää seuraavasti: Miten Lapin metsien hiilinielut ja Lapin lentomatkailun päästöt suhteutuvat toisiinsa? Tavoitteena on lisäksi selvittää, voidaanko hiilinieluja hyödyntää osana Lapin matkailun aiheuttamien lentoliikenteen päästöjen kompensatiota ja missä määrin se on mahdollista. Tutkimuksen rakenne on esitetty kuviossa 2.

Tutkimuksen taustalla on halu löytää ratkaisuehdotuksia ristiriitaan, jossa lentoliikenne on Lappiin suuntautuvan kansainvälisen matkailun ehdoton edellytys, mutta samalla matkailua halutaan kehittää kestävämpään suuntaan. Opinnäytetyössäni haluan tarkastella Pohjois-Suomen hiilinielulaskelmia ja verrata niitä Lapin matkailun lentoliikenteen aiheuttamiin päästöihin. Tarkentavia tutkimuskysymyksiä ovat muun muassa: Voidaanko laskea tietyltä päämarkkina-alueelta Lappiin saapuvan lennon hiilidioksidipäästöt ja arvioida, minkä verran hiiltä tulisi sitoa jollakin aikavälillä, jotta se pystyttäisiin kompensoimaan? Mitä kyseinen hiilensidonta tarkoittaa metsien hiilinielujen näkökulmasta? Millainen metsänkasvu (puusto, ala, aika) vaaditaan, jotta yksi edestakainen lentomatka valitulta kohdealueelta Lappiin saadaan kompensoitua?

Tutkimuksessa pohditaan myös, miten edellä mainittua tietoa voidaan hyödyntää matkailun kehittämisessä, kuka kompensaation maksaa tai mitä ekologiset kompensaatiot voisivat tarkoittaa metsänomistajan näkökulmasta?



Kuvio 2. Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa laskelmia, jotka hyödyttävät Lapin matkailun kehittymistä kolmen eri näkökulman kautta:

1. Laskelmien ja esimerkkien kautta pystytään havainnollistamaan ja popularisoimaan tietoa lentomatkailun päästövaikutuksista ja toisaalta hiilinielujen (metsien) merkityksestä matkailun kontekstissa
2. Esimerkit tarjoavat matkailuelinkeinolle mahdollisuuksia kehittää ja tarjota erilaisia päästökompensaatiomenetelmiä tai niiden yhdistelmiä, joita käyttämällä matkailijat voivat entistä helpommin kompensoida päästönsä. Uskottavien kompensatiomenetelmien tarjoamisesta on tulossa tulevaisuudessa tärkeä kilpailukytekijä matkailualalle.
3. Matkailijat tulevat tietoisemmiksi matkansa päästövaikutuksista ja tekevät ilmaston kannalta parempia kulutusvalintoja, ja/tai kompensoivat matkansa aiheuttamat päästöt. Tämä myös vähentäisi lentohäpeää ja tarjoaisi matkailuelinkeinolle mahdollisuuden kasvaa kestävämmiin.

## 5.2 Tutkimusasetelma ja tutkimusmenetelmät

Koska opinnäytetyö käsittelee useita toimialoja – matkailua, metsätaloutta ja lentoliikennettä – myös tietoperusta täytyy hakea kaikkien näiden toimialojen tutkimuksesta soveltuvin osin. Monet opinnäytetyössä käsiteltävät teemat, kuten lentoliikenteen kasvava kritiikki tai hiilitaselaskelmat, ovat viime aikoina nopeasti kehittyneet julkisessa keskustelussa, joten niistä on saatavissa suhteellisen vähän ajantasaista tieteellistä tutkimusta. Tutkimustulokset myös muuttuvat nopealla aikataululla. Näistä syistä sähköisten lähteiden ja asiantuntijoilta saadun tiedon merkitys opinnäytetyössä korostuu. Tutkimuksen haasteena on riittävän kriittinen tarkastelu lähteitä arvioidessa, sekä toisaalta sen varmistaminen, ettei tutkimus lähde rönsyilemään liikaa.

Matkailututkimuksen näkökulmasta korostuu ennen kaikkea luontomatkailun sekä kestävän ja vastuullisen matkailun ajankohtainen tutkimustieto. Lapin matkailustrategia 2020–2023 on tärkeä yksittäinen lähde. Lentoliikenteen osalta tutkitaan ajankohtaista keskustelua, matkailun trendejä, päästöarvioita ja päästölaskureita. Lentoliikenteen päästöistä on olemassa useita, toisistaan poikkeavia laskureita, joten tutkimuksen edetessä tehdään perusteltu valinta ja rajaus yhteen käytettävään laskuriin.

Metsätalouteen liittyvän tietoperustan osalta on tärkeää kuvata metsien merkitystä ilmastonmuutoksen hillitsijänä ja toisaalta osana EU:n ilmastopolitiikkaa. Tämän laajan kuvan hahmottamisen myötä tarkentuu myös käsitys metsien hiilinieluihin liittyvistä, monitahoisista tavoitteista. Keskeisimpiä tietolähteitä ovat ajankohtaiset tutkimukset, Metsähallituksen julkaisut ja esimerkiksi hiilitaselaskelmien osalta Luonnonvarakeskuksen laskelmat. EU:n Green Dealin ja ilmastopolitiikan osalta on hyödynnetty pääasiassa sähköisiä lähteitä. Hiilinielujen hyödyntämisen osalta on perehdytty myös ajankohtaiseen keskusteluun ekologisista kompensatioista.

Pääasiallisena tutkimusmenetelmänä on määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Vilkan (2014, 13) mukaan: “Määrällinen tutkimus on menetelmä, joka antaa yleisen kuvan muuttujien (mitattavat ominaisuudet) välisistä suhteista ja eroista.” Tutkimustulokset esitetään numeroiden avulla. Määrällisen tutkimusaineiston keräämisessä voidaan hyödyntää muun muassa valmiita rekistereitä ja tilastoja. (Vilka 2015, 94.) Määrällisessä tutkimusprosessissa painottuvat aineiston

järjestäminen tilastolliseen muotoon (esimerkiksi taulukoiksi). Aineistosta tehdään päätelmiä ja niitä pyritään suhteuttamaan laajempaan keskusteluun. (Vilkkä 2015, 114).

Määrällistä tutkimusta opinnäytetyössä edustaa muun muassa lentoliikennepäästöjen vertaileminen metsien hiilensidontaan konkreettisten laskelmien avulla. Näitä tietoja on myös kerätty taulukkomuotoon.

Vaikka tutkimuksella saadaan kvantitatiivisia tuloksia, siinä on myös kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen piirteitä, koska tavoitteena on ymmärtää ja havainnollistaa aiheeseen liittyvää problematiikkaa. Määrällistä ja laadullista tutkimusmenetelmää voidaan käyttää myös samassa tutkimuksessa, vaikka näkökulma tutkittavaan asiaan onkin menetelmissä erilainen (Koppa 2022). Laadulliselle tutkimukselle on ominaista pyrkiä ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä ja sen ominaisuuksia kokonaisvaltaisesti (Denzin & Lincoln 1998, 5-7). Laadullisessa tutkimuksessa aineiston määrä on yleensä pienehkö, mutta tutkimuksen kohteet analysoidaan tarkasti (Heikkilä 2014, 15). Lisäksi tutkimuksessa etsitään vastausta kysymykseen ”miten”, joka on usein laadullisen tutkimuksen peruskysymyksiä (Tutkijan ABC 2020). Laadullinen tutkimus etenee prosessina alkaen suunnittelusta, edeten tiedonkeruuseen ja analyysiin sekä lopulta tulkintaan (Kananen 2012, 93).

Opinnäytetyön laadullista tutkimusta sisältävässä osassa on tavoitteena ymmärtää, onko metsien hiilensidonnalla todellista merkitystä lentoliikennepäästöjen kompensoinnissa.

Opinnäytetutkimuksen lähestymistapa on konstrukttiivinen, sillä siinä pyritään ratkaisemaan tosielämän ongelmia ja tuottamaan niihin innovatiivinen konstruktio eli ratkaisu (Lukka 2006, 111 - 113). Tässä tapauksessa halutaan lisätä tietoa, jonka avulla voitaisiin helpottaa ristiriitaa Lapin kestävän matkailun tavoitteen ja lentoliikenneriippuvuuden välillä, sekä kehittää uskottavia hiilidioksidipäästöjen kompensointi menetelmiä matkailualalle. Tutkimus ei kuitenkaan täytä kaikilta osin konstrukttiivisen tutkimuksen ehtoja, jos viitataan Lukan (2006, 116–117) esittämiin kriteereihin. Hänen mukaansa konstrukttiivisen tutkimuksen on aina tuotettava ratkaisu eli konstruktio, jota on myös testattava. Vaikka tässä opinnäytetyössä ratkaisuja ideoidaan yleisellä tasolla, niiden mallintaminen ja tarkempi testaaminen jäävät tulevan kehittämistyön varaan. Tavoitteena on

tuottaa esimerkkien avulla uutta ja konkreettista tietoa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi matkailun päästökompensaatioiden kehittämisessä.

Opinnäytetyössä hyödynnetään triangulaatiota, jolla tarkoitetaan erilaisten tietolähteiden, menetelmien ja näkökulmien yhdistämistä tutkimuksessa. Tavoitteena on vahvistaa tutkimuksen luotettavuutta. (Saaranen-Kauppinen & Puustniekka 2006.) Pelkästään tutkimuksen tietoperusta on niin laaja ja monialainen, että aineistotriangulaatio toteutuu tässä tapauksessa hyvin.

Opinnäytetyön toimintaympäristönä on Lappi ja erityisesti Lapin matkailu. Lapilla on pitkät perinteet kansainvälisenä matkailukohteena ja erityisesti vuoden 2016 jälkeen matkailu on kasvanut voimakkaasti. Huippuvuonna 2019 Lapissa kirjattiin kolme miljoonaa rekisteröityä yöpymistä, joista 52 % oli kansainvälisiä yöpymisiä (Majoitustilastot 2020). Todellisuudessa yöpymisten määrä on vielä tätäkin suurempi, sillä jopa yli puolet yöpymisistä arvioidaan jäävän rekisteröinnin ulkopuolelle johtuen Suomen tilastointikäytännöistä (Lapin matkailun tilannekuva 2019, 5).

COVID-19-pandemia pysäytti kansainvälisen matkailun lähes kokonaan keväällä 2020. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna koronan vaikutus matkailuun ja lentoliikenteeseen on osoittautumassa hetkelliseksi. Kansainvälisen matkailun elpyminen on lähtenyt vahvasti käyntiin vuoden 2022 aikana ja sen myötä myös lentoliikenne on jälleen kasvussa. Tutkimuksen otantana ovat muutamat Lapin matkailun kansainvälisistä päämarkkina-alueista valitut kohdealueet, joilta matkustamisesta aiheutuu lentoliikenteen päästöjä.

Tutkimus sijoittuu ajankohtaan, jossa Pohjois-Euroopan metsien hiilinielut, niiden koko ja hyödynnettävyys ovat kiivaan julkisen keskustelun ja EU:n metsäpolitiikan ytimessä. Odotettavissa on, että regulaatio asian tiimoilta tulee lisääntymään. Tässä tutkimuksessa metsien hiilinielujen ja hiilitaseen osalta tarkastelu painottuu Pohjois-Suomen tasolle, mistä on saatavissa uusin tutkimustieto.

### 5.3 Tutkimusaineisto

Tutkimusmenetelmä ja olemassa oleva tietovaranto ohjaavat myös aineistonkeruumenetelmän valintaa. Koska opinnäytetyön tavoitteena on tuoda

uutta näkökulmaa sekä strategiseen että konkreettiseen kehittämistyöhön, tarvitaan perehtymistä monialaiseen tietovarantoon; tässä tapauksessa siis matkailun, metsätalouden ja lentoliikenteen osalta. Tavoitteeseen on pyritty kattavalla perehtymisellä kirjalliseen ja sähköiseen tutkimusaineistoon, hyödyntämällä perustellusti valittua lentoliikennelaskuria, sekä soveltamalla hiilensidonnan osalta olemassa olevia laskukaavoja.

Valittuani lähteeksi Finnairin lentoliikennelaskurin ja kerättyäni tietoja Lapin lennoista, ymmärsin että oli selvitettävä myös kyseisillä lennoilla useimmiten käytetty konetyyppi. Finnairin Environmental manager opasti Finnairin lentoliikennelaskurin parempaan ymmärtämiseen, vastasi konetyyppejä koskeviin kysymyksiin, sekä tarjosi kattavasti esimerkkejä lentoliikenteen päästöistä (ks. liite X).

Perehtymisessä hiilinieluihin, olemassa oleviin aineistoihin ja laskentamalleihin auttoivat erityisesti LUKE:n asiantuntijat sekä tutkija Helsingin yliopiston metsätieteen laitokselta. Arvokas oli myös Ilmatieteen laitokselta saatu vinkki. Näiden asiantuntijoiden sähköpostitse antamat neuvot ja lähteet auttoivat hahmottamaan, miten hiilensidontaa kannattaisi lähteä tarkastelemaan tässä tutkimuksessa.

Keskeisimmän lähteen muodosti artikkeli "Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests" (Lehtonen, Mäkipää, Heikkinen, Sievänen & Liski 2004), joka johdatti hyödyntämään mäntypuuston biomassakertoimia laskennassa. Selvittämällä puuston keskitilavuus eri ikäluokissa, hiilensidonta voidaan laskea biomassakertoimien avulla.

Hiilensidonnan tarkastelussa vaihtoehtoisia lähteitä ovat myös esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen Metsälaskennan tulospalvelu (LUKE 2022d), jota ollaan parasta aikaa uudistamassa. Uudistuvasta tulospalvelusta (LUKE 2022) on mahdollista saada hyvin monipuolista metsätietoa maakunnittain, muun muassa puuston kokonaisbiomassan ja kasvihuonekaasutaseen. Valitettavasti tulospalvelusta ei löytynyt metsien tilavuuksia m<sup>3</sup>/ha puulajeittain ja ikäluokittain. Tämä tieto ja lisäksi vuotuinen kasvunlisäys löytyivät lopulta raportin (Korhonen,

Ahola, Heikkinen, Henttonen, Hotakainen, Ihalainen, Melin, Pitkänen, Rätty, Sirviö & Sandström 2021, table 17d) liitetiedostoissa olevasta taulukosta (liite Z).

#### 5.4 Tutkimusaineiston analysointi

Kvantitatiivisen tutkimusaineiston analyysissä käytetään määrällisiä analyysimenetelmiä, jotka ovat käytännössä laskelmia tai erilaisia tilastollisia menetelmiä (Koppa 2022). Aineistoa kuvataan siis matemaattisesti. Vilkan (2014, 19) mukaan määrällisen tutkimuksen tavoite on selittää, kuvata, kartoittaa, vertailla tai ennustaa. Tässä tutkimuksessa vertaillaan, tai pikemminkin suhteutetaan, kahta erilaista asiaa toisiinsa. Tutkimus tuottaa kuitenkin määrällisiä tuloksia vastatessaan kysymykseen, millainen metsänkasvu (puusto, ala, aika) vaaditaan, jotta yksi edestakainen lentomatka valitulta kohdealueelta Lappiin saadaan kompensoitua.

Lentoliikenteen päästötiedot on saatu suoraan Finnairin laskurista tai liitteenä olevasta taulukosta 5. Lentojen päästötiedoista on muodostettu kolme luokkaa matkan pituuden sekä sen mukaan, onko lento suora vai välilaskullinen (Keski-Euroopan suorat lennot, Keski-Euroopan välilaskulliset lennot ja kaukolennot). Tulokset on esitetty vaihteluvälin muodossa. Tarkastelussa on huomioitu, että meno-paluulentojen päästöt ovat kaksinkertaiset.

Hiilinielulaskelmien osalta aineistossa on hyödynnetty kolmea pohjatietoa, jotka on saatu eri lähteistä suoraan. Näitä ovat Pohjois-Suomen mäntypuuston eri ikäluokkien keskitilavuus m<sup>3</sup>/ha, keskikasvu m<sup>3</sup>/ha/v. sekä biomassakertoimet. Tietojen perusteella on laskettu taulukkoon kolme (s. 35) puuston biomassa, puuston hiilivarasto ja hiilensidonta, sekä vastaavat luvut keskikasvun osalta. Vaikka laskukaavat ovat suhteellisen yksinkertaisia, ne on selitetty ja esitetty tekstissä, jotta ne voidaan tarvittaessa toistaa.

Luokittelun ja laskelmien lisäksi tutkimuksen analyysimenetelmänä on käytetty myös sisältöanalyysiä, koska aineisto muodostuu lähes kokonaan tekstimuodossa olevista aineistoista: tutkimuksista, raporteista, kirjoista ja sähköisistä lähteistä. Sisältöanalyysissä tutkitaan tekstejä ja se voidaan jakaa teorialähtöiseen ja aineistolähtöiseen sisältöanalyysiin. (Vilka 2015, 178.) Tässä tapauksessa painottuu aineistolähtöisyys. Kolmen toimialan tekstiaineistoista on

pyritty löytämään ja yhdistelemään tutkimuskysymyksen kannalta relevantein tieto.

Opinnäytetyössä siis yhdistetään kaksi asiaa, joita ei ole lähdekatsauksen perusteella tähän mennessä yhdistetty: hiilinielut ja lentoliikenteen päästöt. Parhaimmillaan opinnäytetyö voi siis tuoda esiin uusia näkökulmia. Kuten suunnitelman alussa totesin, hiilinielujen ei oleteta riittävän ratkaisemaan lentoliikenteen päästöongelmaa edes Lapin tapauksessa, mutta tutkimuksen tuloksena syntyviä esimerkkilaskelmia voidaan ehkä käyttää matkailun kompensatiomenetelmien kehittämisessä. Vähintäänkin tietoisuus lentomatkailun ja metsien hiilinielujen ”taseesta” lisääntyy tämän tapaustutkimuksen myötä. Tulosten hyödyntäjiä voivat olla matkailuelinkeinon lisäksi matkailun kehittäjät, lentoliikenteen toimijat ja matkailijat itse.

## 5.5 Tutkimuksen rajaukset ja luotettavuuden arviointi

Heti tutkimuksen alkuvaiheessa oli selvää, että aihepiiriin sisältyy hyvin paljon erilaisia rajauksia, reunaehtoja ja yleistyksiä. Siksi tutkimuksen tavoitteena ei ole absoluuttinen, vaan riittävä tarkkuus, joka mahdollistaa tutkittavien asioiden suhteuttamisen yleisellä tasolla, sekä vertailun valitussa matkailun kontekstissa. Pyrkimyksenä on myös popularisoida tietoa ja siten parantaa sen hyödynnettävyyttä käytännön elämässä. Lukijaa kehoitetaan siis arvioimaan tutkimuksen luotettavuutta näistä lähtökohdista. Tutkimuksen toivotaan jatkossa kannustavan uusiin ja tarkempiin analyyseihin hiilinielujen hyödynnettävyydestä.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavat myös aika ja lähtötietojen jatkuva muuttuminen, kuten esimerkiksi hiilinielulaskelmien tarkentuminen tai lentojen päästötietojen ”eläminen” kysynnän mukaan. Esimerkiksi lentoliikenteen päästötiedot on kerätty Finnairin päästölaskurista ajallisesti lyhyenä aikana keväällä 2020 ja jokin muu ajankohta olisi saattanut tuottaa erilaisia tuloksia. Näin ollen tutkimuksen toistettavuus on haasteellista. Tätä ongelmaa on pyritty ratkomaan muun muassa esittämällä päästötiedot vaihteluvälin muodossa eli esimerkiksi 300–340 kg CO<sub>2</sub>ekv/matkustaja.

Alla on luettelomaisesti listattu tutkimukseen vaikuttavat rajaukset:

- Matkailu aiheuttaa muitakin päästöjä kuin lentomatkuksesta aiheutuvat päästöt. Aihepiirin laajuuden vuoksi tämä opinnäytetyö rajataan kuitenkin koskemaan vain matkailuun liittyviä lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjä tietyiltä Lapin matkailun päämarkkina-alueilta.
- Lentoliikenteen päästöjen arviointiin on olemassa monia välineitä, mutta tässä tutkimuksessa on hyödynnetty Finnairin päästölaskuria ja Finnairista saatuja lähtötietoja.
- Lennoista tarkastelussa ovat olleet sekä välilaskulliset lennot Helsingistä, että suorat lennot niiltä osin kuin niitä on tarkastelujakson aikana ollut tarjolla.
- Lentokonekalusto vaikuttaa suoraan päästöjen määrään. Tutkimuksessa on huomioitu vain edellä mainituilla reiteillä yleisimmin käytössä oleva lentokalusto.
- Tärkein hiilinielulaskelmiin liittyvä rajausta on se, että maaperän päästövaikutukset on jätetty tässä tutkimuksessa pois ja siksi tulokset eivät ole sovellettavissa reaali maailmaan. Metsän hiilensidontaan vaikuttavat puuston lisäksi myös aluskasvillisuus ja maaperä, jotka muodostavat monimutkaisen ja kiistanalaisenkin kokonaisuuden. Tässä tutkimuksessa käsitellään vain puustoa ja keskitytään mäntypuuston hiilensidontaan.
- Tarkastelutasona oli Lapin sijasta Pohjois-Suomi, koska ajantasaisin tutkimustieto tärkeiden lähtötietojen osalta (puuston keskitilavuus ja -kasvu ikäluokittain) oli saatavissa vain Pohjois-Suomen tasolta.
- Mäntypuuston hiilensidontan laskemisessa on hyödynnetty biomassakertoimia, jotka ovat laskennallinen tapa arvioida biomassan määrää puuston eri ikäluokissa. Biomassakertoimiin liittyy omia rajoituksia (Lehtonen ym. 2004), joihin ei kuitenkaan tämän tutkimuksen puitteissa voida perehtyä tarkemmin.

## 6 METSIEN HIILENSIDONTA VERSUS MATKAILUN PÄÄSTÖT

Kuten jo aiemmin on todettu, metsien hiilensidonta on monimutkainen kokonaisuus, jonka kaikkia puolia ei voida ottaa huomioon rajatussa opinnäytetyössä. Metsään kokonaisuutena sisältyy puuston lisäksi myös aluskasvillisuus ja maaperä. Siksi tässä tutkimuksessa maaperän hiilensidonta on tarkoituksella jätetty tutkimuksen ulkopuolelle ja keskitytty tarkastelemaan puuston muodostaman biomassan hiilensidontaa.

Hiilinielulaskelmat perustuvat biomassakertoimien (BEF) käyttöön. Perinteisesti metsän biomassa on laskettu muuntamalla erilaisten kertoimien avulla puutilavuudet kuivapainoksi ja sen jälkeen biomassaksi. Kertoimia on sittemmin tarkennettu ottamaan huomioon myös puuston ikäluokan ja vallitsevan puulajin. (Lehtonen ym. 2004, 212.)

### 6.1 Hiilinielulaskelmia

Laskelmalla halutaan selvittää, miten Pohjois-Suomen mäntypuuston kasvu puuston eri ikäkausina sitoo ilmaston hiilidioksidia. Tätä tulosta verrataan matkailun lentoliikenteen päästöihin valittujen esimerkkien valossa.

Lähtötietoina tarvitaan puuston keskimääräinen tilavuus ja keskikasvu, joista ajantasaisin tieto saadaan raportin Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018 taulukosta (Korhonen ym. 2021, 17d). Taulukosta nähdään siis metsien keskimääräiset luvut ikäluokittain Pohjois-Suomessa. Esimerkiksi ikäluokka 1–20 sisältää erikokoista puustoa vaaksan mittaisista taimikoista aina kunnan metsän alkuun asti. Tällaisten metsien keskimääräinen tilavuus on 14 m<sup>3</sup>/ha ja keskimääräinen kasvu 1,2 m<sup>3</sup>/ha/v. Lähtötiedot on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Pohjois-Suomen mäntypuuston keskitilavuus ja keskikasvu (Korhonen ym. 2021, 17d)

<b>Pohjois-Suomen mäntypuuston keskitilavuus ja keskikasvu</b>		
<b>Ikäluokka (Age class, years)</b>	<b>Keskitilavuus m<sup>3</sup>/ha (Mean volume)</b>	<b>Keskikasvu m<sup>3</sup>/ha/v. (Annual increment)</b>
1-20	14	1,2
21-40	69	5,0
41-60	95	4,5
61-80	94	3,6
81-100	105	3,2
101-120	115	3,0
121-140	132	2,7
> 140	121	1,8
<b>Lähde: Korhonen et al. 2021, table 17d</b>		

Kun tiedetään edellä mainittu männyn keskitilavuus m<sup>3</sup> Pohjois-Suomessa (VMI:n mukaan), voidaan laskea sen kokonaisbiomassa ikäkausittain hyödyntämällä biomassakertoimia (BEF). Biomassakertoimet lasketaan erikseen puun eri osista, kuten lehdistä, oksista tai juurista. Yhdessä näistä muodostuu kyseisen puulajin kokonaisbiomassa. Biomassakertoimet saadaan artikkelin "Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests" taulukosta 2 (Lehtonen ym. 2004, 214). Ne on määritelty erikseen männylle, kuuselle ja koivulle. Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena on mäntypuusto, joten laskelmassa on hyödynnetty männyn biomassakertoimia puuston eri ikäkausina.

Ikäluokat eivät ole täysin yhteneväiset edellä mainittujen keskitilavuus- ja keskikasvutietojen kanssa, sillä aiemmassa lähteessä tarkastelu on kahdenkymmenen vuoden välein ja Lehtosen ym. artikkelissa kymmenen. Asia on ratkaistu siten, että biomassakertoimien osalta tutkimukseen on laskettu ikäluokkien keskiarvo. Esimerkiksi ikäluokkien 20–29 ja 30–39 biomassakertoimet 0,705 ja 0,710 on laskettu yhteen ja jaettu kahdella, jolloin tulos on ikäluokalle 21–40 BEF 0,707. (Lehtonen ym. 2004.) Erot kertoimissa eivät ole suuria, mutta niillä on huomattava merkitys koko laskelmien kannalta ja siksi keskiarvojen käyttö on perusteltua. Näin saadut biomassakertoimet ikäluokittain ovat seuraavat (taulukko 2):

Taulukko 2. Pohjois-Suomen mäntypuuston biomassakertoimet (BEF)  
(Lehtonen ym. 2004, 214)

<b>Pohjois-Suomen mäntypuuston biomassakertoimet (BEF)</b>	
<b>ikäluokka</b>	<b>Biomassa-kertoimet ikäluokittain</b>
<b>1 - 20</b>	<b>0,701</b>
<b>21 - 40</b>	<b>0,707</b>
<b>41 - 60</b>	<b>0,701</b>
<b>61 - 80</b>	<b>0,709</b>
<b>81 - 100</b>	<b>0,705</b>
<b>101 - 120</b>	<b>0,700</b>
<b>121 - 140</b>	<b>0,694</b>
<b>&gt; 140</b>	<b>0,690</b>

Lähde: Lehtonen et al. 2004, 214

**Puuston biomassa lasketaan yksinkertaisesti kertomalla tilavuus m<sup>3</sup>/ha biomassakertoimella.** Tulokseksi saadaan Megagrammoja, jotka muutetaan kilogrammoiksi. (Lehtonen 2020; Kalliokoski 2020.) Yksi tonni on miljoona grammaa eli megagramma Mg = 1 000 kg. Ikäluokassa 1–20 laskelma on siis seuraava:

$$14 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,701 = 9,814 \text{ Mg, joka muutetaan kilogrammoiksi: } 9\,814 \text{ kg/ha}$$

**Puuston biomassasta noin 50 prosenttia on hiiltä, mikä muutetaan hiilidioksidiekvivalenteiksi (CO<sub>2</sub>ekv) käyttämällä kerrointa 3,66666** (Kalliokoski 2020; Lehtonen 2020). Kerroin saadaan hiilidioksidin ja hiilen atomipainojen suhteesta, joka on 44/12 (MTKa 2022, 8).

$$(9\,814 \text{ kg/ha} \times 0,5) \times 3,66666 = 17\,992 \text{ kg CO}_2\text{ekv/ha}$$

**Laskelmasta saadaan siis tulokseksi, että männyn ikäluokassa 1–20 vuotta hiilivarasto on 17 992 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha.** Laskelmaa ei ole tarpeen jakaa ikäluokan leveydellä, koska laskelmassa käytetty tilavuus 14 m<sup>3</sup>/ha on jo valmiiksi koko ikäluokan keskiarvo.

Keskikasvun osalta lasketaan samalla tavalla biomassakertoimia hyödyntäen kasvunlisäys biomassana kg/ha. Huomioidaan, että biomassasta 50 % on hiiltä ja kerrotaan luku kertoimella 3,66666. **Tulokseksi saadaan ikäluokan keskikasvun vuoden aikana sitoma hiilidioksidi kg CO<sub>2</sub>ekv/ha/v.** Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 3:

Taulukko 3. Pohjois-Suomen mäntypuuston hiilensidonta  
(Korhonen ym. 2021 (ks. liite Z). Hiilen osuus biomassasta ja kerroin hiilidioksidin laskemiseksi: Lehtonen 2020)

Pohjois-Suomen mäntymetsäpuuston hiilensidonta								
Ikäluokka	Puuston keskitilavuus m <sup>3</sup> /ha	Biomassa-kertoimet ikäluokittain	Puuston biomassa kg/ha (muunnettu Mg:sta)	Puuston hiilivarasto kg/ha (n. 50 % biomassasta)	Hiilivarasto keskimäärin kg CO <sub>2</sub> ekv/ha/v.	Keskikasvu m <sup>3</sup> /ha/v.	Kasvun lisäys biomassana kg/ha (muunnettu Mg:sta)	Hiilensidonta keskimäärin kg CO <sub>2</sub> ekv/ha/v.
1 - 20	14	0,701	9 814	4 907	17 992	1,2	841	1 542
21 - 40	69	0,707	48 783	24 391	89 435	5,0	3 535	6 481
41 - 60	95	0,701	66 595	33 297	122 090	4,5	3 154	5 782
61 - 80	94	0,709	66 646	33 323	122 184	3,6	2 552	4 679
81 - 100	105	0,705	74 025	37 012	135 712	3,2	2 256	4 136
101 - 120	115	0,700	80 500	40 250	147 583	3,0	2 100	3 850
121 - 140	132	0,694	91 608	45 804	167 947	2,7	1 874	3 436
> 140	121	0,690	83 490	41 745	153 065	1,8	1 242	2 277

Lähteet: Keskitilavuus: Korhonen et al. 2021 (taulukko liitteenä Z), hiilen osuus biomassasta ja kerroin hiilidioksidin laskemiseksi: Lehtonen 2020.

Yleistäen arvioituna yksi kuutio puuta sitoo noin 900 - 1000 kg hiilidioksidia vuodessa (MTKb 2022, Stora Enso 2020). Taulukon laskelmia voi suhteuttaa tähän arvioon jakamalla vuotuisen hiilensidonnan keskikasvulla, jolloin saadaan tulokseksi systemaattisesti n. 285-295 kg suurempia hiilidioksidin sidontalukuja kuin arviossa. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että laskelmassa on käytetty keskiarvoja (tilavuus ja biomassakerroin), joten luvut eivät ole suoraan verrattavissa. Kokoluokka on kuitenkin lähes sama.

Hiilivarasto taas kertoo, kuinka paljon hiilidioksidia on sitoutuneena yhteen hehtaariin tietyn ikäluokan mäntypuustoa vuoden aikana. Tähän lukuun on vaikea löytää vertailutietoa, koska arviot pitävät yleensä sisällään koko metsän hiilensidonnan, siis myös maapohjan merkityksen.

## 6.2 Lentoliikenteen päästölaskelmia

Lentoliikenteen päästöjä arvioidaan erilaisten päästölaskureiden (Finavia 2018) avulla, joiden tulokset usein eroavat toisistaan. Osa laskureista huomioi vain lentopolttoaineen aiheuttamat päästöt, kun taas osassa huomioidaan muitakin tekijöitä. Lisäksi laskennalliset erot esimerkiksi välimatkojen, polttoaineen kulutuksen, täyttöasteen, rahdin ja muiden tekijöiden suhteen aiheuttavat laskureiden välille usein huomattaviakin eroja. (Niemistö ym. 2019, 25.) Taulukko 4 havainnollistaa eri laskureiden tuottamien tulosten eroja.

Taulukko 4. Esimerkkejä edestakaisten lentomatkojen hiilidioksidipäästöistä /matkustaja

### Esimerkkejä lentomatkojen hiilidioksidipäästöistä

Edestakainen matka	Menomatka, km	<a href="#">ICAO:n laskuri</a>	<a href="#">Finnairin laskuri</a>	<a href="#">Atmosfair-laskuri</a>
Helsinki - Phuket	8311 km	604 kg CO <sub>2</sub>	988 kg CO <sub>2</sub>	5264 kg CO <sub>2</sub>
Helsinki - Bryssel	1651 km	372 kg CO <sub>2</sub>	371 kg CO <sub>2</sub>	996 kg CO <sub>2</sub>
Helsinki - Kittilä	823 km	189 kg CO <sub>2</sub>	162 kg CO <sub>2</sub>	436 kg CO <sub>2</sub>
Helsinki - Tukholma	400 km	127 kg CO <sub>2</sub>	123 kg CO <sub>2</sub>	250 kg CO <sub>2</sub>

Lähde: lentoliikennejailmasto.fi

Tässä tutkimuksessa on päädytty hyödyntämään Finnairin päästölaskuria (Finnair 2020). Valinnan perusteena on se, että Finnair tuntuu sijoittuvan eri laskureita vertailtaessa ns. keskikastiin eli tuottavan arvoja, jotka eivät sijoitu kumpaankaan ääripäähän. Finnair ilmoittaa, että heidän päästölaskurinsa perustuu "todellisiin rahti-, matkustaja- ja polttoainekulutustietoihin, keskiarvojen tai oletusten sijaan" (Finnair 2020). Lisäksi Finnair on Lapin matkailulle tärkeä yhteistyökumppani, sillä suurin osa kansainvälisistä matkailijoista saapuu Lappiin Finnairin reittilennoilla joko Helsingin kautta tai suoraan.

Tutkimuksessa hyödynnettiin päästölaskuria toukokuun 2020 aikana. Lisäksi Finnairilta saatiin sähköpostitse suoraan merkittävää konsultointiapua sekä

taulukko, johon oli kerätty päästötietoja tutkimuksen kannalta tärkeitä lentoreiteiltä (Karppinen 2020). Taulukko on kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteenä X. Koronan vaikutukset lentoliikenteeseen eivät ole nähtävissä vielä näissä luvuissa, koska Finnair päivittää laskurinsa neljä kertaa vuodessa ja eikä päivitystä oltu vielä keväällä 2020 ehditty tehdä. (Karppinen 2020.)

Kuten jo aiemmin todettiin, lennon aiheuttamiin päästöihin vaikuttavat monet seikat. Yksi tärkeimmistä tekijöistä on lentokalusto, sillä uusimmat konetyypit ovat huomattavasti vähäpäästöisempiä kuin vanhemmat. Finnairin laskurissa kullakin reitillä käytettävä lentokonetyyppi tulee määritellä etukäteen annetuista vaihtoehtoista (Finnair 2020). Tässä tutkimuksessa on konsultoitu Finnairin asiantuntijoita (liite X) ja päädytty käyttämään sitä konetyyppiä, joka useimmiten lentää kyseistä reittiä (Karppinen 2020). Esimerkiksi kotimaan sisäisillä lennoilla valinta on kohdistunut A320-lennoilla ja pitkillä kaukolennoilla pääosin A350-konetyyppeihin, mikäli tarkkaa tietoa ei ole ollut saatavissa. Jälkimmäinen lentokone edustaa Finnairin uusinta kalustoa, jonka päästöt ovat pienemmät verrattuna vanhempiin konetyyppeihin.

Lappiin toki lennetään eri kohteista, mutta tämä tutkimus rajattiin koskemaan vain joitakin keskeisimpiä Lapin matkailun päämarkkina-alueita Euroopassa ja Aasiassa. Vertailun vuoksi mukaan otettiin myös New York, sillä ennen koronakriisiä amerikkalaisten matkailu Lappiin oli hyvässä kasvussa. Alla on lueteltu tarkasteluun valitut lentoreitit. Lentokenttien nimilyhenteet eli IATA-koodit on avattu tarkemmin liitteessä Y.

Suorat lennot:

- Lontoo (LGW) - Kittilä (KTT)
- Lontoo (LGW) - Ivalo (IVL)
- Pariisi (CDG) - Kittilä (KTT)
- Zürich (ZRH) - Kittilä (KTT)

Välilaskulliset lennot:

- Lontoo (LHR) - Helsinki (HEL) - Ivalo (IVL)
- Lontoo (LHR) - Helsinki (HEL) - Kittilä (KTT)
- Pariisi (CDG) - Helsinki (HEL) - Kittilä (KTT)

- Pariisi (CDG) - Helsinki (HEL) - Rovaniemi (RVN)
- Peking (PEK) - Helsinki (HEL) - Rovaniemi (RVN)
- Tokio (NRT) - Helsinki (HEL) - Rovaniemi (RVN)
- Singapore (SIN) - Helsinki (HEL) - Rovaniemi (RVN)
- Hongkong (HKG) - Helsinki (HEL) - Rovaniemi (RVN)
- New York (JFK) - Helsinki (HEL) - Rovaniemi (RVN)

Tarkastelun tulokset on esitetty taulukossa numero viisi. Taulukkoa tarkastellessa on huomioitava, että lennot ovat yhdensuuntaisia. Osa luvuista on saatu suoraan Finnairin päästölaskurista, osa taas Finnairilta saadusta taulukosta, joka on opinnäytetyön liitteenä X. Päästölaskurista löytyvät suoraan esimerkiksi kaikki tarkastelussa mukana olleet kaukolennot. Finnairin taulukkoa on hyödynnetty suorien Lapin lentojen tuloksissa, ja Helsingin kautta välilaskun tekevien lentojen päästöt on laskettu yhteen. Mittayksikkö on hiilidioksidiekvivalentti (CO2ekv), vaikka Finnair käyttää laskurissa ilmeisesti yksinkertaisuuden vuoksi vain merkintää CO2/matkustaja.

Taulukko 5: Esimerkkejä Lapin lentojen hiilidioksidipäästöistä kg CO2ekv/matkustaja  
(Karppinen, T. 2020)

Esimerkkejä Lapin lentojen hiilidioksidipäästöistä kg/matkustaja				
(Yhdensuuntaiset matkat)				
Reitti	Konetyyppi (tai tyypit)	Lentomatka km	Polttoainekulutus / matk., kg	CO2ekv / matkustaja, kg
LGW - KTT	A321 - 231	2294	136,11	428,73
LGW - IWL	A321 - 231	2440	48,92	154,10
CDG - KTT	A321 - 231	2426	53,64	168,97
ZRH - KTT	A321 - 231	2437	51,12	161,03
LHR - IWL JA HEL - IWL	A320 - 214	2784	78,47	247,20
LHR - HEL JA HEL - KTT	A320 - 214	2676	78,09	245,98
CDG - HEL JA HEL - KTT	A320 - 214	2723	71,45	225,07
CDG - HEL JA HEL - RVN	A321 - 231 JA A320 - 214	2598	66,33	208,94
PEK - HEL JA HEL - RVN	A350 - 900 JA A320 - 214	7023	130,73	411,80
NRT - HEL JA HEL - RVN	A350 - 900 JA A320 - 214	8547	174,10	548,41
SIN - HEL JA HEL - RVN	A350 - 900 JA A320 - 214	9969	202,63	638,28
HKG - HEL JA HEL - RVN	A350 - 900 JA A320 - 214	8519	174,46	549,53
JFK - HEL JA HEL - RVN	A330 - 300 JA A320 - 214	7324	154,06	485,29
Lähde: Karppinen T. 2020. Environmentalmanagement@finnair.com				
Huom: 32B on A321-231, eli winglet-kone				

Taulukossa huomio kiinnittyy suoraan lentoon Lontoon Gatwickistä Kittilään, siinä hiilidioksidipäästö per matkustaja on huomattavasti korkeampi kuin muissa Keski-Euroopan suorissa lennoissa. Koska epäily heräsi, että tässä kohtaa on taulukossa virhe, tiedustelin asiaa Finnairin Karppiselta. Sain vastaukseksi seuraavaa: “Laskurimme laskee päästöt todellisten matkustajien ja kuluneiden polttoaineiden perusteella. Tässä lennossa lienee kysymys siitä, että lentoja on ollut todella vain muutama ja matkustajia on ollut kyydissä aika vähän. Tämän takia haluammekin laskurissa tarjota reitin määrän lentoja, että keskiarvot asettuvat kohdilleen.” (Karppinen 2020.) Tämän vuoksi tehdessäni seuraavaa yhteenvetoa jätin tämän reitin huomiotta. Toki sama ongelma saattaa vaikuttaa muidenkin lentojen päästöjen arviointiin, mutta luvuissa on kuitenkin yhdenmukaisuutta, joten niitä voitaneen pitää luotettavina.

Yhteenvetona voidaan edellä mainitun otannan perusteella todeta, että hiilidioksidipäästöt CO<sub>2</sub>ekv **yhdensuuntaisten** Lapin lentojen osalta ovat:

- 150–170 kg/matkustaja Keski-Euroopan suorilta lennoilta
- 200–250 kg/matkustaja Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla
- 400–640 kg/matkustaja kaukolennoilta

Tarkastelussa on luonnollisesti realistisinta huomioida **meno-paluulentojen** hiilidioksidipäästöt, jotka ovat siis kaksinkertaiset:

- 300–340 kg/matkustaja Keski-Euroopan suorilta lennoilta
- 400–500 kg/matkustaja Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla
- 800–1280 kg/matkustaja kaukolennoilta

### 6.3 Laskelmien suhteuttaminen toisiinsa ja johtopäätökset

Sivun 37 taulukosta voimme tehdä yhteenvetona, että Lapin matkailulle tärkeiltä markkina-alueilta **meno-paluulentojen** hiilidioksidipäästöt ovat siis:

- 300–340 kg/matkustaja Keski-Euroopan suorilta lennoilta
- 400–500 kg/matkustaja Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla
- 800–1280 kg/matkustaja kaukolennoilta

Sivun 39 taulukosta 1 nähdään, että Pohjois-Suomessa mäntypuuston vuotuinen hiilivarasto kg/CO<sub>2</sub>ekv/ha on suurimmillaan yli 80-vuotiaiden ja sitä vanhempien puiden ikäluokissa.

Mäntymetsän ikäluokka	Hiilivarasto keskimäärin kg CO <sub>2</sub> ekv/ha/v.
<b>81 - 100</b>	<b>135 712</b>
<b>101 - 120</b>	<b>147 583</b>
<b>121 - 140</b>	<b>167 947</b>
<b>&gt; 140</b>	<b>153 065</b>

Tästä voidaan laskea, että männyn ikäluokassa 81–100 vuotta vuotuinen hiilivarasto per hehtaari riittää kompensoimaan edestakaisten lentojen hiilidioksidipäästöt (luvut pyöristetty lähimpään kokonaislukuun):

135 712 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha jaettuna 300 kg/matkustaja = 452

135 712 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha jaettuna 340 kg/matkustaja = 399

- 452–399 matkustajalta Keski-Euroopan suorilta lennoilta

Vastaavalla laskukaavalla lasketaan välilaskullisten ja kaukolentojen tulos. Hiilivarasto per hehtaari riittää kompensoimaan lentojen päästöt:

- 339–271 matkustajalta Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla
- 169–106 matkustajalta kaukolentoilla

Vastaavat luvut muissa mäntymetsän ikäluokissa ovat:

101–120 > 492–434 matkustajalta Keski-Euroopan suorilta lennoilta

369–295 Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla

184–115 kaukolentoilta

121–140 > 560–494 matkustajalta Keski-Euroopan suorilta lennoilta

420–336 Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla

210–131 kaukolentoilta

Yli 140 > 510–450 matkustajalta Keski-Euroopan suorilta lennoilta

383–306 Keski-Euroopan välilaskullisilla lennoilla

191–120 kaukolentoilta

Asiaa voidaan tarkastella myös toisin. Esimerkiksi A320-koneen maksimikapasiteetti on 180 matkustajaa (Airbus 2022). Siten voidaan esittää laskennallinen arvio siitä, mitkä ovat A320:n suoran lennon hiilidioksidipäästöt maksimitäyttöasteella Keski-Euroopasta Lappiin. Kysymyksessä on arvio, koska käytännössä lennon päästöihin vaikuttavat monet tekijät. Tulos sijoittuu välille 54 000 - 61 200 kg CO<sub>2</sub>ekv.

180 matkustajaa x 300 kg/matkustaja = 54 000 kg CO<sub>2</sub>ekv.

180 matkustajaa x 340 kg/matkustaja = 61 200 kg CO<sub>2</sub>ekv.

Verrattaessa edellä mainittuja lukuja 81-100 vuotiaan mäntymetsän vuotuisen hiilivarastoon hehtaarilla, saadaan tietää kuinka monta A320:n lentoa hiilivarasto kompensoi:

Hiilivarasto 135 712 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha jaettuna päästöllä 54 000 kg CO<sub>2</sub>ekv. = 2,5

Hiilivarasto 135 712 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha jaettuna päästöllä 61 200 kg CO<sub>2</sub>ekv. = 2,2

Yhteenvedona voidaan siis todeta, että hakkuukypsän männikköhehtaarin hiilivarasto kompensoi vuoden aikana keskimäärin kaksi suoraa lentoa Keski-Euroopasta Lappiin.

Jos laskelmissa hyödynnetään vuotuista kasvunlisäystä, niin ikäluokat 21–40 ja 41– 60 vuotta sitovat eniten hiilidioksidia kuutiometrillä vuodessa (taulukko kolme, s. 39).

Mäntymetsän ikäluokka	Hiilensidonta keskimäärin kg CO <sub>2</sub> ekv/ha/v.
<b>21 - 40</b>	<b>6 481</b>
<b>41 - 60</b>	<b>5 782</b>

Nuorehkon mäntymetsän kasvunlisäys m<sup>3</sup>/v. riittää siis täpärästi kompensoimaan 22–19 matkailijan (300–340 kg CO<sub>2</sub>ekv/matkustaja) edestakaisen ja ilman välilaskua lennettävän lennon Keski-Euroopasta Lappiin.

Vastaavasti edellä mainitun A320 lennon päästöjen kompensoimiseen tarvitaan 21–40 vuotiaan mäntymetsän kasvunlisäys vuodessa 8,3–9,4 hehtaarilta:

Päästö 54 000 kg CO<sub>2</sub>ekv. jaettuna keskikasvun hiilensidonnalla 6 481 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha/ = 8,3 ha

Päästö 61 200 kg CO<sub>2</sub>ekv. jaettuna keskikasvun hiilensidonnalla 6 481 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha = 9,4 ha

Vastaavat luvut ikäluokassa 41–60 vuotta ovat 9,3–10,5 ha.

54 000 kg CO<sub>2</sub>ekv. jaettuna 5 782 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha. = 9,3 ha

61 200 kg CO<sub>2</sub>ekv. jaettuna 5 782 kg CO<sub>2</sub>ekv/ha. = 10,5 ha

Laskelmat vahvistavat selkeästi muutaman jo ennestään ilmiselvän asian:

- Suorien lentojen matkustajakohtaiset päästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin välilaskullisten lentojen.
- Lentoliikenteen päästöt matkustajaa kohden ovat erittäin suuret ja niiden määrä luonnollisesti kasvaa, mitä kauempaa lennetään.

Lisäksi laskelmista voidaan tehdä myös seuraavia johtopäätöksiä, jotka saattavat vaikuttaa osittain jopa ristiriitaisilta:

- Metsänkasvun tai metsänhiilivaraston päästökompensaatiomerkitys matkailussa on heikko, koska metsänkasvu on niin hidasta suhteessa matkailun kasvuun. Esitetyissä esimerkeissä metsänkasvua tai metsän hiilivarastoa arvioidaan vuoden ajanjaksolla.
- Metsänkasvun hiilensidonta ja sen käyttäminen matkailun kompensaationa on kuitenkin yksittäisen matkailijan, matkailuyrittäjän tai metsänomistajan näkökulmasta hyödynnettävissä. Aikahaasteesta huolimatta metsän hiilensidontan - kasvun - turvaamisella on merkitystä. Metsän merkitystä hiilivarastona voidaan verrata siihen tilanteeseen, että metsä hakattaisiin.
- Matkailuala voi vaikuttaa matkailun kestävyteen hyödyntämällä laskelmia ja tarjoamalla niiden pohjalta konkreettisia lentopäästöjen kompensaatiomahdollisuuksia yhteistyössä metsänomistajien kanssa.
- Matkailijan ja matkailuyrittäjän vaikuttamismahdollisuuksien esiin tuomisella on merkitystä. Laskelmien kautta saadut konkreettiset esimerkit mahdollisesti motivoivat matkailijoita ja matkailuyrittäjiä päästöjen kompensoimiseen.

- Mikäli kaikki Lappiin saapuvat lentomatkailijat saadaan kompensoimaan matkansa päästöt – joko metsänkasvuun panostamalla tai muulla luotettavalla kompensatiolla globaalissa mittakaavassa – ostamme aikaa lentoliikenteen päästöjen tehokkaaseen ratkaisemiseen teknologian kehityksen kautta. Käytännössä tämä tarkoittaa tulevaisuudessa biopohjaisten lentopolttoaineiden lisääntyvää käyttöä ja myöhemmässä vaiheessa sähköistä lentämistä.

## 7 POHDINTA JA TARPEITA JATKOTUTKIMUKSELLE

Opinnäytetyön tavoitteena on ollut suhteuttaa metsien hiilinieluaikutusta ja Lapin lentomatkailun päästöjä toisiinsa, sekä selvittää, voidaanko hiilinieluja hyödyntää osana Lapin matkailun aiheuttamien lentoliikenteen päästöjen kompensatiota ja missä määrin. Tutkimus vastaa tähän tutkimuskysymykseen tiedostettujen rajausten puitteissa, ja auttaa siten hahmottamaan paremmin mahdollisuuksia hyödyntää hiilinieluja matkailun päästökompensaatiossa. Tulosten tulkinnessa on huomioitava, että ne ovat suuntaa-antavia arvioita, mutta tavoitteisiin nähden riittäviä. Tarkemmat analyysit jäävät tulevien tutkimusten tehtäväksi.

Metsänkasvu on liian hidasta, jotta sen avulla pystyttäisiin kokonaisuudessaan kompensoimaan nopeasti kasvavaa lentomatkailua edes Lapin tapauksessa. Metsän hiilinieluaikutus ei silti ole merkityksetön ja sen määrällinen ymmärtäminen on tärkeää. Tutkimustulosten perusteella yksittäisen matkailijan on helpompi hahmottaa oman lentonsa päästöt. Tämä antaa paremmat mahdollisuudet ja motivaation myös niiden kompensointiin, etenkin jos kompensatiomenetelmät on tehty helpoiksi, luotettaviksi, läpinäkyviksi ja helposti toteutettaviksi. Matkailuyrityksille tällaisten kompensatiomenetelmien tarjoaminen asiakkaille on tärkeä kilpailukytekijä kestävän matkailun kehittämisessä.

Metsillä on monipuolista arvoa, joka tulee tunnistaa entistä paremmin. Puuntuotannon lisäksi metsät toimivat hiilinieluinä, tarjoavat erilaisia ekosysteempipalveluja ja ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta. Metsän arvon laajempi ymmärtäminen ja tunnistaminen voivat tarjota metsänomistajille uusia ansaintamahdollisuuksia esimerkiksi hiilinielujen ylläpidon ja kasvattamisen kautta. Ekologinen kompensatio ja siihen mahdollisesti tulevaisuudessa tarjottava valtiontuki voivat kannustaa metsänomistajia vapaaehtoiseen suojeluun, parempaan metsänhoitoon ja hakkuiden lykkäämiseen (Niiranen 2020). Jotta tällaisia ansaintamalleja voitaisiin kehittää ja viherpesun vaaralta välttyttäisiin, asia vaatii kuitenkin tarkempaa tutkimusta ja arvonmäärityksiä. Tässä tutkimuksessa esitetyt suhteutukset ja arviot hiilinieluaikutuksen määrästä ovat yksi vaatimaton esimerkki siitä, miten tätä tietoa voisi paremmin popularisoida.

Kansainvälisen matkailun kasvu ja sen myötä lentoliikenteen lisääntyminen tulevat jatkumaan. Ilmastokriisistä ja matkailijoiden tietoisuuden kasvusta huolimatta ei ole mitään merkkiä niiden hiipumisesta, pikemminkin päinvastoin. Pitkällä aikavälillä teknologian kehitys on kuitenkin tuomassa helpotusta lentoliikenteen päästöihin. Pienen kapasiteetin sähkölentokoneita kehitetään jo vauhdilla lyhyiden välimatkojen liikenteeseen. Ensimmäiset kaupalliset sähkölentokoneiden lentämät reitit avautuvat todennäköisesti jo viiden vuoden sisällä. Samaan aikaan biopolttoaineiden käyttö lentoliikenteessä on lisääntymässä ja niin sanottua sekoitevelvoitetta lisätään myös regulaation kautta.

Päästöjen kompensointi on aina viimesijainen toimenpide. Etusijalla on sen varmistaminen, ettei päästöjä syntyisi lainkaan tai että ne minimoitaisiin. Koska matkailu kuitenkin vääjäämättä kasvaa ja päästöt lisääntyvät, tarvitaan myös niin sanottuja väliajan ratkaisuja. Ennen kuin teknologian kehitys ehtii pelastamaan meidät lentoliikenteen päästöiltä, myös päästökompensaatioiden käytöllä on merkitystä.

Metsien hiilinieluvaiikutusten ja lentoliikennepäästöjen suhteuttaminen toisiinsa lisäävät ymmärrystä ihmisten vaikutuksesta ilmastonmuutokseen. Sen myötä kasvaa myös ihmisten vastuu ilmastonmuutoksen hillitsemisestä omia toiminnan kautta.

## LÄHTEET

Airbus 2022. A320ceo – setting single aisle standars. Viitattu 6.6.2022.  
<https://aircraft.airbus.com/en/aircraft/a320/a320ceo#:~:text=With%20a%20versatile%20cabin%20that,relax%20and%20enjoy%20the%20flight>.

Biodiversity strategy for 2030, 2020. EU:n biodiversiteettistrategia, julkaistu 20.5.2020. European Commission, Environment.  
[https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en).

Biologinen monimuotoisuus 2019. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. Taustatiedote 11. joulukuuta 2019, Euroopan komissio, Bryssel.  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/fs\\_19\\_6728](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/fs_19_6728).

Business Finland 2022. Sustainable Travel Finland - Kestävän matkailun puolesta. Viitattu 6.6.2022. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/matkailun-edistaminen/vastuullisuus/sustainable-travel-finland>.

Compensate 2022. Internetsivusto. Viitattu 7.6.2022.  
<https://www.compensate.com/sustainability>.

Denzin, Y. & Lincoln, Y. 1998. The Landscape of qualitative research. Sage Publications, London.

Etiäinen 2022. Joulupukin metsä. Viitattu 9.6.2022.  
<https://www.etiainen.fi/gpsalbum/Joulupukin-metsa/31266/4ebbe98c-2d3d-4d1a-b6fb-a8a8ac9c114a>.

EU:n päästökauppajärjestelmä 2021. EU:n päästökauppajärjestelmä ja sen uudistaminen, 9.3.2021. Ajankohtaista, Euroopan parlamentti. Viitattu 25.4.2022.  
<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20170213STO62208/eu-n-paastokauppajarjestelma>.

Finavia 2018. Kiinnostaako lentomatiasi hiilijalanjälki? Näillä laskureilla saat arvion siitä, kuinka paljon lentosi kuormittaa ilmastoa. Viitattu 3.5.2022.  
<https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2018/kuinka-paljon-lentomatka-kuormittaa-ilmastoa-testaa-suosituimmat-paastolaskurit>.

Finnair 2020. Finnairin päästölaskuri. <https://www.finnair.com/fi/fi/emissions-calculator>.

Finnwatch 2021. Anekauppaa vai ilmastotekoja? Vapaaehtoisen päästökompensaation kysyntä, tarjonta ja laatu Suomessa. Finnwatch 4/2021.  
[https://finnwatch.org/images/reports\\_pdf/Anekauppaa\\_vai\\_ilmastotekoja\\_small\\_size.pdf](https://finnwatch.org/images/reports_pdf/Anekauppaa_vai_ilmastotekoja_small_size.pdf).

Haltia, E., Lehtosalo H., Rinta-Kiikka S. & Yrjölä T., 2020. Viljeltyjen turvemaiden päästöjen vähennys vaatii radikaaleja toimia. Pellervon taloustutkimus, policy brief 02/2020.  
[https://www.ptt.fi/media/julkaisut/turvemaat\\_pb5.pdf](https://www.ptt.fi/media/julkaisut/turvemaat_pb5.pdf).

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. Edita Publishing Oy.

Helsinki Foundation 2022. Viitattu 7.6.2022. <https://www.helsinkifoundation.org/>.

IATA 2018. IATA forecast predicts 8.2 billion Air travellers in 2037. IATA - International Air Transport Association. Press Release No: 62, Date: 24 October 2018. <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2018-10-24-02/>.

IATA 2020. WATS 2019. World Air Transport Statistics Media Kit 2020. IATA - International Air Transport Association. <https://valordaaviacao.org.br/wp-content/uploads/2020/12/World-Air-Transport-Statistics-2020.pdf>.

Jaskari, K. 2019. "Lentohäpeää" pidetään tärkeänä syynä Ruotsin lentomatkailun matkustajamäärien laskuun – Suomessa lentomatkailun käyrät osoittavat ylöspäin. YLE -uutiset 18.4.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10740370>.

Kalliokoski, T. 2020. Metsätieteen laitos, Helsingin yliopisto. Neuvoja hiilinieluja käsittelevään opinnäytetyöhön, sähköpostikeskustelu [satu.luiro@edu.lapinamk.fi](mailto:satu.luiro@edu.lapinamk.fi) 21.8.2020. Tulostettu 21.8.2020.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimustyö opinnäytetyönä: Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Karppinen, Tuomo 2020 (environmental.management@finnair.fi). Kysymyksiä päästölaskurista ja konetyypeistä, sähköpostikeskustelu [satu.luiro@edu.lapinamk.fi](mailto:satu.luiro@edu.lapinamk.fi) 22.5. - 26.6.2020. Tulostettu 29.6.2020.

Koppa 2022. Määrällinen analyysi. Jyväskylän yliopisto. Humanistis-yhteiskuntatieteellinen tiedekunta, menetelmäpolkuja humanisteille. Viitattu 22.4.2020.

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmat/maarallinen-analyysi#:~:text=M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4llisell%C3%A4%20analyysilla%20pyrit%C3%A4n%20selvitt%C3%A4m%C3%A4n%20esi%20merkkiksi,erilaisia%20laskennallisia%20ja%20tilastollisia%20menetelmi%C3%A4>

Korhonen K.T., Ahola A., Heikkinen J., Henttonen H.M., Hotanen J.-P., Ihalainen A., Melin M., Pitkänen J., Rätty M., Sirviö M., Strandström M. 2021. Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10662. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>.

KvaliMOTV 2006. Saaranen-Kauppinen, Puustniekka; Triangulaatio. Viitattu 22.4.2020. [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L2\\_3\\_2\\_4.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L2_3_2_4.html).

Lapin liitto 2022. Päivitetty Lapin matkailustrategia. Viitattu 6.6.2022. <https://www.lapinliitto.fi/paivitetty-lapin-matkailustrategia/>.

Lapin matkailun tilannekuva 2019. Julkaisussa Lapin matkailustrategia 2020–2023, Liite 1. Rovaniemi: Lapin liitto.

Lapin matkailustrategia 2020–2023. Lapin liitto. Viitattu 6.4.2022. [https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2020/12/Matkailu\\_matkailustrategia-ja-tilannekuvaraportti-2020-2023.pdf](https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2020/12/Matkailu_matkailustrategia-ja-tilannekuvaraportti-2020-2023.pdf).

Lapland 2022. Matkusta vastuullisesti Lapissa. House of Lapland. Viitattu 6.6.2022. <https://www.lapland.fi/fi/matkailu/vastuullinen-matkailu/matkusta-vastuullisesti-lapissa/>.

Lappi-sopimus 2022–2025. Rovaniemi: Lapin liitto. <https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2022/02/Lappi-sopimus-2022-1.pdf>.

Laukkanen, Markku 2020. EU:n Green Deal -ohjelman pelätään tuovan lisää rajoituksia kestäväälle metsän käytölle - Suomalaismepit haluavat metsästrategian itsenäiseksi osaksi Vihreän kehityksen ohjelmaa. Audiomedia 14.4.2020. Artikkelin on osa Metsämiesten Säätiön ”Metsä vastaa” -viestintähanketta. Viitattu 11.5.2020. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/eun-green-deal-ohjelman-pelataan-tuovan-lisaa-rajoituksia-kestavalle-metsan-kaytolle-suomalaismepit-haluavat-metsastrategian-itsenaiseksi-osaksi-vihrean-kehityksen-ohjelmaa?publisherId=4627873&releasId=69879036>.

Lehtonen, Alekski 2019. Ehdotus Suomen hiilinielujen vertailutasoksi, powerpoint-esitys 16.12.2019. [https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2019/12/Ehdotus-Suomen-metsien-hiilinielun-vertailutasoksi-2019\\_16122019\\_Aleksi-Lehtonen.pdf](https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2019/12/Ehdotus-Suomen-metsien-hiilinielun-vertailutasoksi-2019_16122019_Aleksi-Lehtonen.pdf)

Lehtonen, Alekski 2020. Luonnonvarakeskus LUKE. Neuvoja hiilinieluja käsittelevään opinnäytetyöhön, sähköpostikeskustelu satu.luuro@edu.lapinamk.fi 21.8.2020. Tulostettu 21.8.2020.

Lehtonen, Alekski 2022. Kadonnutta hiilinielua etsimässä. Blogi-kirjoitus 27.6.2022. Luonnonvarakeskus LUKE. <https://www.luke.fi/fi/blogit/kadonnutta-hiilinielua-etsimassa#:~:text=Metsien%20hiilinielun%20suurin%20yksitt%C3%A4inen%20osa,kasvu%20v%C3%A4heni%20aikaisempaan%20kasvuun%20verrattuna>.

Lehtonen A., Mäkipää R., Heikkinen J., Sievänen R. & Liski J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *Forest Ecology and Management* 188 (2004), 211–224.

Lehtonen, A., Salminen, O., Sievänen, R., Tuomainen, T., Ollila, P., Packalen, T., Asikainen, A., Thessler, S., Ahtikoski, A., Uotila, E. & Mäkipää, R. 2019. Suomen metsien hiilinielun vertailutason arviointi. Luonnonvarakeskus (LUKE) 2019. <http://jukuri.luke.fi/handle/10024/543898>.

Lenzen M., Ya-Yen S., Futu F., Yuan-Peng T., Geschke A. & Malik A. 2018. The carbon footprint of global tourism. *Nature Climate Change* Vol. 8 June 2018, 522–528.

Lentoliikenne ja ilmasto, 2019. Liikenne- ja viestintäministeriö, Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, Air Navigation Services Finland Oy, Finnair Oyj ja Finavia Oyj. <https://www.lentoliikennejailmasto.fi/>.

LUKE 2020. Metsien hiilinielun vertailutason laskenta. Luonnonvarakeskus LUKE. Viitattu 21.5.2020. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/vertailutaso/>.

LUKE 2022a. Maatalous- ja LULUCF-sektorin kasvihuonekaasuinventaario - kuvaus. Luonnonvarakeskus LUKE. Viitattu 20.10.2022. <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaario/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaario-kuvaus>.

LUKE 2022b. Kasvihuonekaasuinventaarion pikaennakkotiedot vuodelle 2021: Uusien puuston kasvutietojen huomioon ottaminen kääntää LULUCF-sektorin päästölähteeksi. Luonnonvarakeskus LUKE. Viitattu 20.10.2022. <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaario/kasvihuonekaasuinventaarion-pikaennakkotiedot-vuodelle-2021-uusien-puuston-kasvutietojen-huomioon-ottaminen-kaantaa-lulucfsektorin-paastolahteeksi>.

LUKE 2022c. Valtakunnan metsien inventointi. Viitattu 6.5.2022. <https://www.luke.fi/fi/seurannat/valtakunnan-metsien-inventointi-vmi>.

LUKE 2022d. MELATUPA, Metsälaskennan tulospalvelu, Luonnonvarakeskus. Viitattu 4.5.2022. <http://mela2.metla.fi/mela/tupa/tupaindex.htm>.

Lukka, Kari 2006. Konstruktiivinen tutkimusote: luonne, prosessi ja arviointi. Teoksessa K. Rolin, M-L. Kakkuri-Knuuttila & E. Henttonen (toim.) Soveltava yhteiskuntatiede ja filosofia. Helsinki: Hakapaino Oy, 111–133.

Maa- ja metsätalousministeriö 2020a. Maankäyttösektorin sisällyttäminen EU:n ilmastotavoitteisiin. Maa- ja metsätalousministeriö, Luonnonvaraosasto, Luonnonvara- ja vesitalousyksikkö. Viitattu 11.5.2020. <https://mmm.fi/lulucf>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2020b. Suomen metsävarat. Maa- ja metsätalousministeriö, Luonnonvaraosasto, Luonnonvara- ja vesitalousyksikkö. Viitattu 18.4.2022. <https://mmm.fi/metsat/suomen-metsavarat>.

Maa- ja metsätalousministeriö 2022d. Metsien suojelu Suomessa. Maa- ja metsätalousministeriö, Luonnonvaraosasto, Metsä- ja bioenergiayksikkö. Viitattu 12.4.2022. <https://mmm.fi/metsat/monimuotoisuus-ja-suojelu/metsien-suojelu-suomessa>.

Majoitustilastot 2020. Visitory palvelu, Tutkimus- ja analysointikeskus TAK Oy. <https://visitory.io/fi/>.

Metsähallitus 2021. Metsähallituksen vuosi- ja vastuullisuuskertomus 2021. Verkkojulkaisu, viitattu 20.10.2022. <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mh-vuosittaiset/mhvuosikertomus2021.pdf>.

Metsähallitus 2022. Kestävä metsätalous on työtä tulevaisuuden eteen. Viitattu 18.4.2022. <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/metsatalous/>

Metsälehti 2020. Metsien hiilinielu kasvoi roimasti. 20.7.2020. Viitattu 6.6.2022. <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/metsien-hiilinielu-kasvoi-roimasti/#7d51396e>.

Metsäyhdistys 2020. Hiilinielu, hiilivarasto (carbon sink, carbon storage). Viitattu 11.5.2020. <https://smy.fi/sanasto/hiilinielu-hiilivarasto-carbon-sink-carbon-storage/>.

Moilanen Atte & Kotiaho Janne S. 2017. Ekologisen kompensaation määrittämisen tärkeät operatiiviset päätökset. Suomen ympäristö 5/2017.

MTKa 2022. Maatilan hiililaskuri – usein kysytyt kysymykset. Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto.  
<https://www.mtk.fi/documents/20143/447984/Maatilan+hiililaskurin+usein+kysytyt+kysymykset.pdf/5952806c-8e1a-f662-38ae-ebe31169ba57?t=1625572703186>.

MTKb 2022. Kestävä metsätalous vastaa ilmastohaasteeseen. Viitattu 25.10.2022.  
[https://www.mtk.fi/documents/20143/0/MTK\\_MHY\\_esitepohja\\_ilmasto.pdf/039d6b54-8224-926d-3911-77ff292ab751?t=1550490333661](https://www.mtk.fi/documents/20143/0/MTK_MHY_esitepohja_ilmasto.pdf/039d6b54-8224-926d-3911-77ff292ab751?t=1550490333661).

New EU Forest Strategy 2030, 2021. Euroopan unionin metsästrategia, julkaistu 14.7.2021. European Commission, Environment.  
[https://ec.europa.eu/environment/strategy/forest-strategy\\_en#:~:text=News-Objectives,brought%20about%20by%20climate%20change](https://ec.europa.eu/environment/strategy/forest-strategy_en#:~:text=News-Objectives,brought%20about%20by%20climate%20change).

Niemistö J., Soimakallio S., Nissinen A. & Salo M. 2019. Lentomatkustuksen päästöt - Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja miten niitä voidaan vähentää? Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019.

Niiranen, Pekka 2020. Valtio kaavailee tukea hiilinielua lisääville metsänomistajille – kymmenet yritykset myyvät jo päästöjen kompensaatioita. Yle uutiset 7.2.2020. Viitattu 23.6.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11194812>.

Open CO2 net, 2020. Viitattu 17.4.2020. <https://www.openco2.net/fi/taustaa>

Ortamo, Simo 2019. Vero ja häpeä saivat ruotsalaiset vähentämään lentämistä – Suomessa läpi mennyt kansalaisaloite pyrkii samaan. YLE -uutiset 1.11.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-11046945>.

Pesonen, Hanna-Leena 2021. Päästökompensaatiot - Uhka vai mahdollisuus? 13.8.2021. VÄLKKEY-hanke, Lapin liitto.  
<https://lapinkestavamatkailu.wordpress.com/2021/08/13/paastokompensaatiot-uhka-vai-mahdollisuus/>.

Pirinen, Tiia 2019. Ekologisen kompensaation toteuttaminen Suomessa – kehittämisajatuksia ekologisen kompensaation järjestelmään Ruotsin ja Saksan mallien pohjalta. Lapin yliopisto. Ympäristöoikeus, oikeustieteellinen tiedekunta. Pro gradu -tutkielma.

Pukkala, Timo 2016. Hakkuun vaikutus metsän hiilensidontaan. Arvometsä - metsäpalvelu 17.11.2016. Viitattu 18.4.2022. <https://arvometsa.fi/hakkuun-vaikutus-metsan-hiilensidontaan/>.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkójulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [ylläpitäjä ja tuottaja].  
<<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>>. Viitattu 22.4.2020.

Saamelaiskäräjät 2018. Saamelaismatkailun eettiset ohjeet. Viitattu 6.6.2022. <https://www.samediggi.fi/saamelaismatkailun-eettiset-ohjeet/>.

Seppälä J., Heinonen T., Kilpeläinen A., Peltola H., Pukkala T., Sihvonen M., Soimakallio S., Weaver S., Vesala T. & Ollikainen M. 2022. Metsät ja ilmasto: Hakkuut, hiilinielut ja puun käytön korvaushyödyt. Suomen ilmastopaneeli, raportti 3/2022. <https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2022/05/ilmastopaneelin-raportti-3-2022-metsat-ja-ilmasto-hakkuut-hiilinielut-ja-puun-kayton-korvaushyodyt.pdf>.

Seppälä J., Kanninen M., Vesala T., Uusiovuori J., Kalliokoski T., Lintujen J., Saikku L., Korhonen R. & Repo A. 2015. Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen. Ilmastopaneelin raportti 3/2015. Suomen Ympäristökeskus, Helsingin yliopisto, Luonnonvarakeskus.

Soimakallio, Sampo 2017a. Suomen ympäristökeskus SYKE. Ratkaisuja-blogi 7.3.2017. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ratkaisujablogi/Sampo\\_Soimakallio\\_Avaimia\\_metsien\\_kayton\(42331\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ratkaisujablogi/Sampo_Soimakallio_Avaimia_metsien_kayton(42331))

Soimakallio, Sampo 2017b. Biomassan energiakäyttö: Vaikutukset hiilinieluihin ja ilmastopäästöihin. Teoksessa E. Yrjö-Koskinen (toim.) Arktinen murros - Ilmastonmuutoksen ja luonnonvarojen käyttö pohjoisilla napa-alueilla. Helsinki: Into Kustannus Oy, 91–120.

State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. [https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF\\_2020.pdf](https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf).

Storaenso 2020. Hyvin hoidettu metsä on ilmastoteko. Viitattu 25.10.2022. <https://www.storaensometsa.fi/hyvin-hoidettu-metsa-on-ilmastoteko/#:~:text=Yksi%20kuutio%20puuta%20sitoo%20keskim%C3%A4%C3%A4rin,aikana%20yli%20miljoona%20kuutiometri%C3%A4%20p%C3%A4iv%C3%A4ss%C3%A4>.

Tieteen termipankki 2020. Tieteen kansallinen termipankki (TTP), Helsingin yliopiston humanistinen tiedekunta. Viitattu 9.4.2020. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Biologia:hiilinielu>.

Tutkijan ABC. Tee tutkimus. Viitattu 20.4.2020. <https://rajatontatiedekasvatusta.wordpress.com/tutkijan-abc/>.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, toim. Huttunen R. Energia 4/2017. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul\\_4\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Valtioneuvosto 2020. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Viitattu 20.4.2020. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>.

Vilka, Hanna 2014. Tutki ja mittaa - määrällisen tutkimuksen perusteet. Tammi 2014. <http://hanna.vilka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-mittaa.pdf>.

Vilka, Hanna 2015. Tutki ja kehitä. PS-kustannus 2015, 4., uudistettu painos.  
Bookwell Oy, Juva.

VÄLKKY 2022. VÄLKKY - vähähiilisuuden ja taloudellisesti kestävä kehityksen edistäminen Lapin matkailussa -hanke. Lapin liitto. Viitattu 6.6.2022.  
<https://www.lapinliitto.fi/hankkeet/kansalliset-hankkeet/valkky/>.

## LIITTEET

### LIITE X: Esimerkkejä lentojen päästöistä Finnairin päästölaskurin mukaan

Lähde: Karppinen, T. 2020 (environmental.management@finnair.fi).

Kysymyksiä päästölaskurista ja konetyypeistä, sähköposti 22.5.2020.

leg	dep	ARR_STATION	DISTANCE	ACTYPE1	fuelconsum per pax, kg	fuelconsum per pax/100km, kg	co2/pax, kg	liters of fuel / RTK	CO2 / RTK
LGW-IVL	LGW	IVL	2 440	319	102,77	4,21	323,71	0,58	1,47
LGW-IVL	LGW	IVL	2 440	320	77,38	3,17	243,75	0,47	1,18
LGW-IVL	LGW	IVL	2 440	321	87,84	3,6	276,7	0,49	1,24
LGW-IVL	LGW	IVL	2 440	32B	48,92	2,	154,1	0,31	0,77
LGW-KTT	LGW	KTT	2 294	32B	136,11	5,93	428,73	0,82	2,07
CDG-KTT	CDG	KTT	2 426	32B	53,64	2,21	168,97	0,32	0,82
ZRH-KTT	ZRH	KTT	2 437	32B	51,12	2,1	161,03	0,28	0,7
HEL-KTT	HEL	KTT	823	319	38,	4,62	119,7	0,63	1,6
HEL-KTT	HEL	KTT	823	320	30,74	3,74	96,83	0,52	1,32
HEL-KTT	HEL	KTT	823	321	23,26	2,83	73,27	0,39	0,99
HEL-KTT	HEL	KTT	823	32B	24,85	3,02	78,28	0,43	1,08
HEL-KTT	HEL	KTT	823	E90	33,48	4,07	105,46	0,56	1,42
HEL-RVN	HEL	RVN	698	319	25,8	3,7	81,25	0,54	1,37
HEL-RVN	HEL	RVN	698	320	25,62	3,67	80,7	0,54	1,36
HEL-RVN	HEL	RVN	698	321	22,14	3,17	69,74	0,46	1,15
HEL-RVN	HEL	RVN	698	32B	18,97	2,72	59,74	0,41	1,03
HEL-RVN	HEL	RVN	698	AT7	21,16	3,03	66,65	0,43	1,09
HEL-RVN	HEL	RVN	698	E90	27,25	3,9	85,82	0,58	1,47
LHR-HEL	LHR	HEL	1 853	319	54,17	2,92	170,64	0,41	1,04
LHR-HEL	LHR	HEL	1 853	320	47,35	2,56	149,15	0,37	0,93
LHR-HEL	LHR	HEL	1 853	321	43,47	2,35	136,93	0,34	0,87
LHR-HEL	LHR	HEL	1 853	32B	43,36	2,34	136,58	0,34	0,86
LHR-HEL	LHR	HEL	1 853	333	48,05	2,59	151,36	0,38	0,95
LHR-HEL	LHR	HEL	1 853	359	38,29	2,07	120,61	0,28	0,72
CDG-HEL	CDG	HEL	1 900	319	57,06	3,	179,74	0,42	1,07
CDG-HEL	CDG	HEL	1 900	320	43,6	2,29	137,32	0,33	0,82
CDG-HEL	CDG	HEL	1 900	321	40,71	2,14	128,24	0,3	0,76
CDG-HEL	CDG	HEL	1 900	32B	38,63	2,03	121,68	0,29	0,73
CDG-HEL	CDG	HEL	1 900	E90	58,77	3,09	185,11	0,44	1,12
PEK-HEL	PEK	HEL	6 325	333	128,3	2,03	404,13	0,26	0,67
PEK-HEL	PEK	HEL	6 325	359	105,11	1,66	331,1	0,22	0,56
NRT-HEL	NRT	HEL	7 849	333	286,34	3,65	901,97	0,47	1,19
NRT-HEL	NRT	HEL	7 849	359	148,48	1,89	467,71	0,25	0,63
SIN-HEL	SIN	HEL	9 271	359	177,01	1,91	557,58	0,26	0,65
HKG-HEL	HKG	HEL	7 821	333	200,72	2,57	632,27	0,33	0,83
HKG-HEL	HKG	HEL	7 821	359	148,84	1,9	468,83	0,25	0,63
JFK-HEL	JFK	HEL	6 626	333	128,44	1,94	404,59	0,26	0,66

## **LIITE Y: Tutkimuksessa käytetyt lentokenttälyhenteet eli IATA-koodit**

HEL - Helsinki-Vantaan lentoasema

RVN - Rovaniemen lentoasema

KTT - Kittilän lentoasema

IVL - Ivalon lentoasema

LGW - Gatwick Airport, Lontoo

LHR - Heathrow Airport, Lontoo

CDG - Charles De Gaulle Airport, Pariisi

ZRH - Zürich Airport, Zürich

PEK - Beijing Capital Airport, Peking

NRT - Narita International Airport, Tokio

SIN - Singapore Changi Airport, Singapore

HKG - Hong Kong International Airport, Hong Kong

JFK - John F. Kennedy International Airport, New York

## LIITE Z: Puuston keskitilavuus ja vuosikasvu Pohjois-Suomessa

Area and mean volume of growing stock on productive forest by age class and dominant species (Area, mean volume, and annual increment by age class on productive forest)											
Region	Age class, years										Total
	Treeless	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	> 160	
Area, km <sup>2</sup>											
South Finland	1741	20907	25137	27525	15929	10387	6155	2639	941	601	111962
North Finland	826	10260	11468	15296	19205	12649	5658	3146	2734	9559	90802
Whole country	2567	31167	36606	42821	35133	23036	11813	5786	3675	10160	202764
Region	Age class, years										Total
	Treeless	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	> 160	
Mean volume, m <sup>3</sup> /ha											
South Finland	8	26	112	173	201	233	234	228	231	202	144
North Finland	6	14	69	95	94	105	115	132	121	109	88
Whole country	7	22	99	145	143	163	177	175	149	114	119
Region	Age class, years										Total
	Treeless	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	Yli 160	
Annual increment <sup>1)</sup> , m <sup>3</sup> /ha/y											
South Finland	0,4	3,2	8,9	8,5	7,7	7,0	5,7	5,3	4,7	3,6	6,9
North Finland	0,1	1,2	5,0	4,5	3,6	3,2	3,0	2,7	1,8	1,4	3,2
Whole country	0,3	2,6	7,6	7,0	5,5	4,9	4,4	3,9	2,6	1,5	5,2

1) Increment estimated with temporary plots and calibrated to the level measured on permanent plots

Lähde: Korhonen K.T., Ahola A., Heikkinen J., Herdunen H.M., Hofanen J.-P., Itäläinen A., Melin M., Piikänen J., Räsänen M., Silvö M., Strandström M. (2021). Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10662. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>