

# LENTOLIIKENTEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

TEKIJÄ:

Sauli Mergold

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Sauli Mergold	
Työn nimi Lentoliikenteen ympäristövaikutukset	
Päiväys 5.11.2019	Sivumäärä/Liitteet 43/1
Ohjaaja(t) yliopettaja Pasi Pajula, tuntiopettaja Juha-Matti Aalto	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Finavia Oyj Kuopion lentoasema	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Lentoliikenteen ympäristövaikutukset sekä ilmastonmuutos ovat hyvin ajankohtaisia aiheita tänä päivänä. Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, ovatko nykyiset kompensatiomekanismit ja lentokoneiden tekninen kehitys riittäviä keinoja takaamaan sen, että päästöt eivät kasva, vaikka lentoliikenne lisääntyy? Tavoitteena oli myös selvittää, millaisia keinoja on käytettävissä päästöjen vähentämiseksi ja ovatko päästökeskustelut vaikuttaneet matkustajamääriin Suomessa.</p> <p>Lentoliikenteen osuus ihmisen toiminnan aiheuttamista suorista hiilidioksidipäästöistä on globaalisti noin 2 - 3 %. Lentoliikenteen melu- ja hiilidioksidipäästöjä vähennetään operatiivisin, taloudellisin, teknisin ja säätelypohjaisin keinoin. Standardien avulla rajoitetaan lentokoneiden moottori- ja melupäästöjä, sekä parannetaan lentokoneiden tehokkuutta. Lentämisen ympäristötehokkuus on kasvanut tällä vuosituhanella huomattavasti ja lentokalusto on aiempaa tehokkaampaa ja vähäpäästöisempää. Tilastojen mukaan kotimaan lentoliikenne on pysynyt tasaisena viimeisten 20 vuoden aikana, mutta kansainvälinen lentoliikenne on kasvanut vuosi vuodelta.</p> <p>Opinnäytetyössä etsittiin vastauksia sekä kyselytutkimuksen avulla, että kirjallisuudesta. Kyselytutkimuksella selvitettiin lähinnä lentomatkustajien käyttämää kulkuneuvoa lentoasemalle tullessa, matkan tarkoitusta sekä matkan pituutta eli kodin ja Kuopion lentoaseman välistä etäisyyttä. Reilu puolet matkustajista tuli lentoasemalle omilla autoillaan ja suurin osa matkustajista oli Kuopion alueelta, jonka vuoksi tulo- ja lähtöliikenteen päästöt jäivät vähäisiksi. Kyselyyn vastanneista suurimmalla osalla oli kyseessä liikematka. Kirjallisuudesta saatiin vastauksia mm. siihen, millaisia päästöjä ja miten paljon lentoliikenne ja lentoasematoiminta aiheuttavat. Opinnäytetyössä tarkasteltiin lentoliikenteen nykytilaa sekä päästöjen vähentämiskeinoja. Itse lentoliikenteen lisäksi päästöjä aiheutuu myös lentoasematoiminnasta, kuten terminaalien lämmityksestä, valaistuksesta sekä kiitoteiden liukkauden torjunnasta ja lentokoneiden jään estosta.</p>	
Avainsanat lentoliikenne, hiilidioksidipäästöt, ympäristövaikutukset, kompensointi	

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS  
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Master's Degree Programme in Environmental Engineering			
Author(s) Sauli Mergold			
Title of Thesis Environmental impact of airtransport			
Date	5.11.2019	Pages/Appendices	43/1
Supervisor(s) principal lecturer Pasi Pajula, lecturer Juha-Matti Aalto			
Client Organisation /Partners Finavia Kuopio Airport			
<p>Abstract</p> <p>The environmental impacts of air transport and climate change are very topical issues today. The thesis sought to determine whether the current compensation mechanisms and the technical development of aircraft are sufficient means to ensure that emissions do not increase even though air traffic is increasing. The aim was also to find out what means are available to reduce emissions and whether the discussion on emissions has affected passenger numbers in Finland.</p> <p>Air transport accounts for around 2 - 3 % of the direct carbon dioxide emissions caused by human activity globally. Noise and carbon dioxide emissions from aviation are reduced through operational, economic, technical and regulatory measures. The standards help limit engine and noise emissions from aircraft and improve the efficiency of aircraft. The environmental performance of flying has increased significantly in this millennium, and the fleet is more efficient and low-emission. Statistics show that domestic air traffic has remained stable over the last 20 years, but international air traffic has grown year by year.</p> <p>The thesis searched for answers both through a questionnaire research and literature. The survey mainly investigated the means of transport used by air passengers when arriving to the airport, the purpose of the trip and the distance, ie the distance between home and Kuopio airport. More than half of the passengers came to the airport with their own cars and the majority of the passengers were from the Kuopio area, which resulted in low emissions from incoming and outgoing traffic. Most of the respondents were on a business trip. Literature provided answers to such questions as what type of and how much emissions do aviation and airport operations cause. The present paper looked at the current state of air traffic and ways to reduce emissions. In addition to air traffic itself, emissions are also caused by airport operations, such as heating of terminals, lighting, anti-skidding and anti-icing of aircraft.</p>			
<p>Keywords</p> <p>air transport, carbondioxide emissions, environmental impact, offsetting</p>			

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	FINAVIA OYJ - LENTOKENTTIEN YLLÄPITÄJÄ SUOMESSA .....	6
2.1	Lentoliikenne on vahvasti säännelty ala.....	6
2.2	Finavia ja kansainvälinen ilmastopimus CORSIA.....	7
2.3	Lentoliikenne ja sen kehitys Suomessa .....	8
3	FINAVIAN ILMASTO-OHJELMA .....	11
3.1	Ilmasto-ohjelman keskeiset tavoitteet .....	11
3.2	Ilmasto-ohjelman toteuttaminen Finavialla ja Kuopion lentoasemalla.....	12
4	LENTOLIIKENTEEN YMPÄRISTÖÖN VAIKUTTAVAT OSA-ALUEET .....	14
4.1	Lentoasematoiminnan aiheuttamat ympäristövaikutukset.....	14
4.1.1	Matkustajien tulo- ja lähtöliikenne .....	15
4.1.2	Lentoaseman ulkoalueilla tapahtuvat toiminnot .....	17
4.1.3	Lentoaseman terminaali ja muut rakennukset .....	20
4.2	Lentoliikenteen aiheuttamat ympäristövaikutukset.....	21
4.2.1	Lentoliikenteen päästöt .....	21
4.2.2	Lennon eri vaiheet ja päästölaskenta .....	22
4.2.3	Lentoliikenteen päästöt Suomessa sekä globaalisti.....	24
4.3	Päästöjen kompensointi ja päästölaskurit.....	26
5	MITEN PÄÄSTÖJÄ VOIDAAN VÄHENTÄÄ?.....	28
5.1	Tekniset keinot .....	29
5.1.1	Lentokoneiden tekninen kehitys .....	29
5.1.2	Sähkölentokoneet.....	30
5.1.3	Vaihtoehtoiset lentopolttoaineet.....	32
5.2	Operatiiviset keinot .....	32
5.2.1	Hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelma .....	32
5.2.2	Reittien optimointi ja lennonohjaus .....	33
5.3	Säätelypohjaiset keinot.....	34

5.4	Taloudelliset keinot .....	34
5.4.1	Päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA.....	34
5.4.2	Lentoliikenteen päästökauppa.....	35
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
	SANASTO .....	43
	LIITTEET .....	44

## 1 JOHDANTO

Hiilidioksidipäästöt ja siitä aiheutuva ilmastonmuutos puhuttaa ihmisiä ja aihe on säännöllisesti esillä mediassa. Ilmastonmuutos on aikakautemme yksi suurimpia haasteita ja näihin haasteisiin vastaaminen vaatii monenlaisia toimenpiteitä ja kestävästä kehityksestä. Ihmisen toiminnan tulisi enemmän perustuttava kierrätykseen ja kierrätettävien ja uusiutuvien materiaalien käyttöön, puhtaaseen teknologiaan ja vähähiilisyteen. Tähän pääseminen edellyttää suurempaa luonnonvarojen ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöä.

Esittelen työssäni Finaviaa lentokenttien ylläpitäjänä sekä Finavian roolia mm. kansainvälisessä CORSIA -ilmastosopimuksessa. Finaviolla on myös oma ilmasto-ohjelma, joka monilla toimenpiteillään sitoutuu kestävästä kehityksestä ja vähentämään hiilidioksidipäästöjä mm. uusiutuvien energiamuotojen käytön lisäämisellä ja lentoasemalla toimivien yritysten sitouttamisella päästöjen vähentämiseen. Vastuullinen ympäristötyö perustuu lainsäädännön, kansainvälisten määräysten ja eri sidosryhmien perusteltujen odotusten huomioonottamiseen lentoturvallisuuden puitteissa.

Jaan opinnäytetyön kahteen teemaan: lentoasematoiminnasta syntyvät päästöt ja lentoliikenteestä syntyvät päästöt. **Ensiksi** tarkastelen opinnäytetyössäni sitä, millaisia päästöjä (ja miten paljon) lentoasematoiminta tuottaa ja mitä toimenpiteitä Finavia ja Kuopion lentoasema on tehnyt päästöjen vähentämiseksi omassa lentoasematoiminnassaan. Jaan tämän teeman vielä kolmeen näkökulmaan:

1. päästöt jotka tulevat matkustajien tulo- ja lähtöliikenteestä lentoasemalle; omalla autolla, taksilla tai joukkoliikennettä käyttäen
2. päästöt jotka syntyvät terminaalin ulkotiloissa, kiitotiellä ja asematasolla
3. päästöt jotka syntyvät terminaalin sisätiloissa, mm. lämmitykseen, jäähdytykseen ja valaistukseen liittyvät päästöt

**Toiseksi** tarkastelen lentoliikenteen päästöjä. Millaisia ympäristövaikutuksia lentomatustus aiheuttaa ja miten niitä voidaan pienentää. Millaisia sääntelykeinoja on olemassa ja miten lentoliikenne tulevaisuudessa kehittyi. Ovatko päästökeskustelut vaikuttaneet lentoliikenteen matkustajamääriin Suomessa?

## 2 FINAVIA OYJ - LENTOKENTTIEN YLLÄPITÄJÄ SUOMESSA

Finavia Oyj on Suomen valtion kokonaan omistama julkinen osakeyhtiö, joka ylläpitää ja kehittää omistamaansa 21 lentoasemaa. Niistä 19 palvelee pääasiassa matkustajaliikennettä ja kaksi pelkästään sotilas- ja yleisilmailua. Päälentoasema Helsinki-Vantaa on johtava eurooppalainen kauko- ja vaihtoliikenteen solmukohta. (Finavia 2019a.)

Finavian asiakkaita ovat lentoyhtiöt, muut alan toimijat sekä lentomatkustajat. Liiketoiminta-alueet ovat Helsinki-Vantaan lentoasema ja Lentoasemaverkosto. Yhtiöllä on lisäksi liiketoimintaa harjoittavia tytäryhtiötä: Lentoasemakiinteistöt Oyj ja Airpro Oy.

Finavian tuottamat keskeisimmät palvelut lentoyhtiöille ja matkustajille:

- **Lentoasemat:** Finavian vastuulla ovat muun muassa lentoasematerminaalien ja kiitoteiden ylläpito sekä asemataso- ja turvatarkastuspalvelut. Matkustajille Finavia tuottaa yhteistyökumppaneidensa kanssa lentoasemapalveluita.
- **Kiinteistöliiketoiminta:** Finavian tytäryhtiö Lentoasemakiinteistöt Oyj vuokraa toimitiloja lentoasemilla ja niiden läheisyydessä.
- **Airpro-liiketoiminta:** Airpro tuottaa muun muassa lentoliikenteen maapalveluita ja turvatarkastuspalveluita, joiden asiakkaita ovat lentoyhtiöt, matkustajat ja lentoasemat. (Finavia 2019a.)

### 2.1 Lentoliikenne on vahvasti säännelty ala

Monet kansainväliset ja kansalliset lait ja säännökset ohjaavat lentoliikenteen, lentoyhtiöiden ja lentoasemien toimintaa. Sääntely vaikuttaa paljon toimintaympäristön kehittämiseen sekä investointitarpeisiin. Tarkkaan säänneltyjä osa-alueita ovat muun muassa ympäristöasiat, ilmailun ja lentomatkustuksen turvallisuus, palveluiden hinnoittelu sekä henkilöstön pätevyys ja osaaminen. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on lentoturvallisuutta valvova viranomainen Suomessa. Se vastaa myös turvatarkastusta koskevista määräyksistä ja ohjeista, jotka perustuvat kansainvälisiin ilmailun säännöksiin ja EU-lainsäädäntöön. (Finavia 2019b.)

Lentoaseman henkilöstöltä edellytetään monissa tehtävissä jatkuvaa kouluttautumista ja kelpoisuuksien ylläpitämistä. Finavian työtehtävissä tällaisia tehtäviä ovat palo- ja pelastushenkilöstön, turvatarkastajien, kunnossapidon ja asematasolla työskentelevien tehtävät. Lentoaikataulut laaditaan järjestelemällä lähtö- ja tulovuorot niin kutsutun slot-koor-

dinaation avulla. Slot-koordinoidun kentän toiminta perustuu Euroopassa EU-asetukseen ja yhdenmukaisiin kansainvälisiin tarkkoihin sääntöihin. Helsinki-Vantaa on Suomen ainoa slot-koordinoitu lentoasema. (Finavia 2019b)

Finavia kehittää ja ylläpitää matkustajaterminalleja ja lentoliikenteen tarvitsemaa infrastruktuuria. Lentoasemayhtiön tavoitteena on tehdä matkustamisesta sujuvaa ja mutkattonta ja mahdollistaa hyvät lentoyhteydet maailmalle koko maan kattavan lentoasemaverkoston kautta. Liikevaihto vuonna 2018 oli 377,3 miljoonaa euroa ja henkilöstömäärä 2 700. Liikevaihto muodostuu lentoliikenteen tuotoista, liiketilojen ja kiinteistöjen vuokratuotoista sekä pysäköintituotoista. Finavian toimintaa ei tueta verovaroin. (Finavia 2019a.)

Lentoasemien liiketoiminnan tulee EU:n lainsäädännön mukaan perustua liiketaloudellisiin periaatteisiin eli toimintamenot ja investoinnit pitäisi pystyä kattamaan lentoaseman tuloilla. Finavian lentoasemat toimivat 2009/12/EY direktiivin mukaisella verkostoperiaatteella, jolloin kannattamattomia lentoasemia tuetaan kannattavien lentoasemien tuloilla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lentasemaverkostoa ylläpidetään Helsinki-Vantaan kansainvälisen lentoliikenteen tuloilla. Finavia on investoinut verkostolentoasemien kehitykseen 170 miljoonalla eurolla ja Helsinki-Vantaan lentoaseman kehitykseen 500 miljoonalla eurolla 2000 -luvulla. Lapin lentoasemiin investoidaan näiden lisäksi vielä 55 miljoonaa vuosina 2018 - 2019. Investoinnit johtuvat mm. Helsinki-Vantaan kasvavista matkustajamääristä sekä EU-sääntelystä johtuvasta lentoasematoiminnan kehittämistarpeesta. (Finavia 2018c.)

Lentoasemayhtiö ja lentoyhtiöt ovat aktiivisesti kehittäneet omaa toimintaansa vastuullisemmaksi. Finavian lentokenttäverkostoon kuuluva Helsinki-Vantaa on jo hiilineutraali, ja vuoden 2019 loppuun mennessä yhtiön kaikki lentoasemat ovat hiilineutraaleja. Finavian ympäristöinvestoinnit olivat vuonna 2018 10 miljoonaa euroa. Ympäristövastuu on osa Finavian toimintaa ja se näkyy esimerkiksi aurinkoenergian, jätteestä ja tähteistä valmistetun uusiutuvan dieselin, tuulisähkön, maalämmön ja LED-valaistuksen käytössä. Uudet rakennushankkeet toteutetaan ympäristötehokkaasti ja Finavian henkilökunnan liikematkojen hiilijalanjälki kompensoidaan. (Finavia 2019c.)

## 2.2 Finavia ja kansainvälinen ilmastopimus CORSIA

Lentäminen on nopea ja turvallinen liikkumismuoto ympäri maailmaa. Ihmiset ovat kuitenkin huolestuneita lentämisen vaikutuksista ympäristöön ja ennen kaikkea ilmaston-



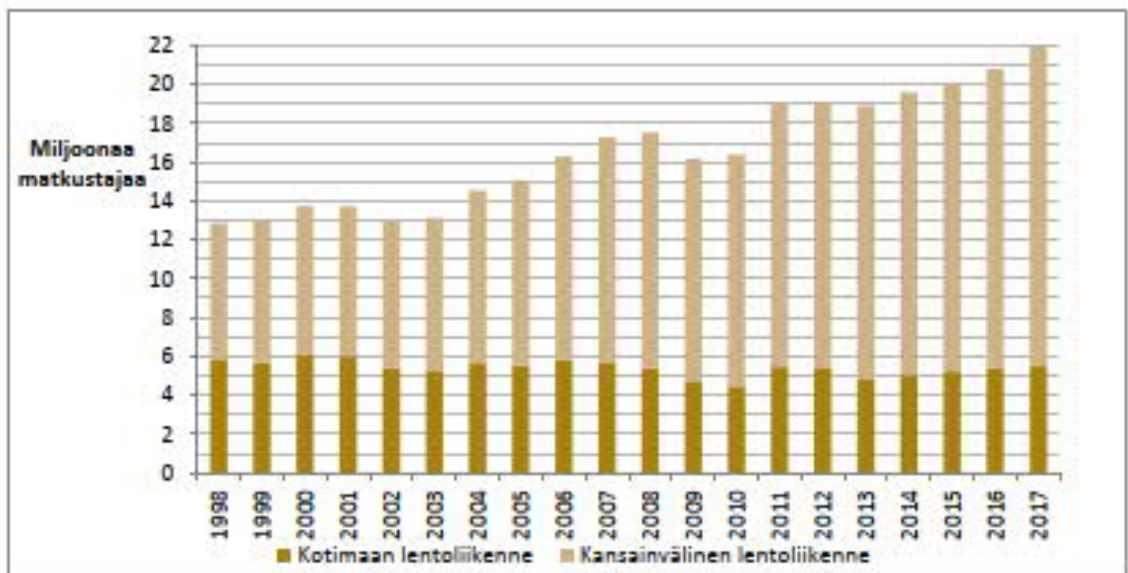
muutokseen. Lentämisen ympäristötehokkuus on kuitenkin kasvanut tällä vuosituhanella huikeasti. Uusin lentokalusto on jatkuvasti aiempaa tehokkaampaa. Tällä hetkellä yksi lentomatkustaja kuluttaa keskimäärin kolme litraa polttoainetta sataa matkakilometriä kohden, vähemmän kuin automatkustaja. Ympäristökysymykset painavat kuluttajien valinnoissa myös lentoliikenteessä yhä enemmän. Lentoliikenteen osuus maailman kasvihuonepäästöistä on noin 2 - 3 prosenttia (Finavia 2019c).

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO päätti CORSIA -nimisestä mekanismista, joka takaa, että lentoliikenteen päästöt eivät kasva vuoden 2020 jälkeen, vaikka matkustajamäärät kasvavatkin. Ilmastonmuutos on globaali uhka, joka edellyttää muutoksia kaikessa ihmisen toiminnassa, kuten myös lentoliikenteessä. Montréalissa solmittu CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) luo globaalin järjestelmän kansainvälisen lentoliikenteen hiilipäästöjen vähentämiseen ja kompensointiin. (Finavia 2017b.)

### 2.3 Lentoliikenne ja sen kehitys Suomessa

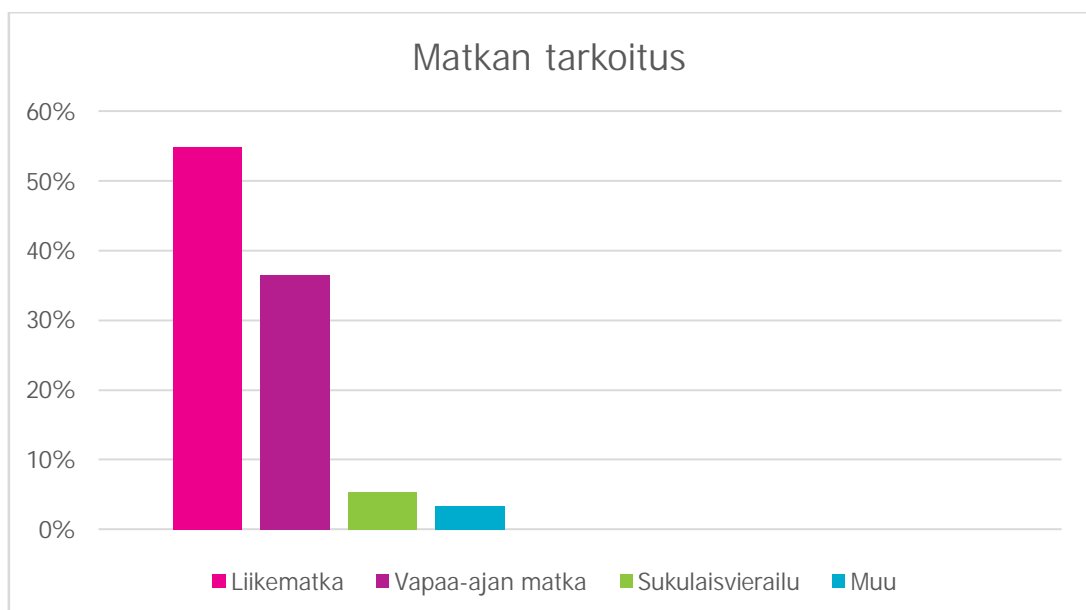
Tilastokeskuksen tutkimuksen mukaan suomalaisten matkustaminen ulkomaille on lisääntynyt runsaasti viimeisen vuosikymmenen aikana. Suomalaiset tekivät vuonna 2018 8,2 miljoonaa vapaa-ajanmatkaa ulkomaille ja 38 miljoonaa matkaa kotimaahan. (Tilastokeskus 2019.) Myös lentomatkustaminen on lisääntynyt huomasti. Finavian lentoasemien matkustajamäärät kasvoivat vuonna 2018 10,1 prosenttia. Helsinki-Vantaan matkustajista 85,8 % lensi kansainvälisessä lentoliikenteessä ja 14,2 % kotimaan liikenteessä. (Finavia 2019d.)

Suomessa operoi 13 kaupallista lentoyhtiötä, joista suurimpia suomalaisia ovat Finnair Oyj ja Norra eli Nordic Regional Airlines. Nämä lentoyhtiöt operoivat halpalentoyhtiö Norwegianin kanssa lähes kaikki kotimaiset ja yli 70 % Suomen kansainvälisistä lennoista. Norran pääomistus on Danish Air Transportilla ja Finnair Oyj omistaa siitä 40 prosenttia. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 17.) Kansainvälinen lentoliikenne on kasvanut Suomessa viime vuosina, mutta kotimaan lentoliikenteen määrä on pysynyt vakaana (kuva 1). Vuonna 2018 Suomen lentoasemien kautta matkusti lähes 25 miljoonaa matkustajaa. Helsinki-Vantaan kautta lensi reilut 80 prosenttia matkustajista ja heistä noin 85 % suuntautui kansainvälisiin kohteisiin. Lentomatkustajista vajaa puolet (47 %) oli suomalaisia ja ulkomaalaisista suurin osuus oli saksalaisia ja ruotsalaisia. Kiinalaisia, venäläisiä, brittiläisiä ja yhdysvaltalaisia oli kustakin maasta noin 500 000 matkustajaa. (Finavia 2019e.)



Kuva 1. Kotimaan- ja kansainvälinen liikenne Suomessa vuosina 1998-2017. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019)

Helsinki-Vantaan matkustajista vapaa-ajan matkustajia oli noin puolet (53 %) ja liikematkustajia oli 28 %. (Finavia 2018d.) Verkostolentoasemilla (muut kuin Helsinki-Vantaan lentoasema) matkustajaprofiili on erilainen, eli suurin osa matkustajista on liikematkustajia. Kuopion lentoaseman matkustajamäärä oli vuonna 2018 oli 245 682 ja heistä 57 % oli liikematkustajia ja 37 % vapaa-ajan matkustajia (kuva 2). Kyselyyn vastanneista 90 % oli reittilennolla Helsinki-Vanteelle lähteviä ja 10 % charter-lennolle etelään lähteviä. (Finavian asiakaskysely lentomatkustajille 2018)



Kuva 2. Kuopion lentomatkustajien matkan tarkoitus vuonna 2018. (Finavian asiakaskysely lentomatkustajille 2018)

Matkustajamäärät ovat Helsinki-Vantaan lentoasemalla olleet tällä vuosituhannella jatkuvassa kasvussa. Kilpailuvaltteja kasvuun ovat mm. Euroopan halvimmat operointihinnat ja maantieteellinen sijainti sekä korkea asiakastytyvyisyys. Lentoasema on niin sanottu hub-asema eli vaihtokenttä Euroopan ja Aasian välisessä liikenteessä. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/ 2019, 18.)

### 3 FINAVIAN ILMASTO-OHJELMA

Finavialla on ilmasto-ohjelma, jonka tarkoituksena on omasta toiminnasta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen painaminen noltaan kaikilla Suomen lentoasemilla. Lentoasemien hiilidioksidipäästöt aiheutuvat pääasiassa terminaalien valaistuksesta ja muusta sähkönkäytöstä, lämmityksestä, jäähdytyksestä sekä ajoneuvojen energiankulutuksesta. Näitä päästöjä on vähennetty kaikilla lentoasemilla monin eri keinoin. Ennen kaikkea uusiutuvan energian käytön voimakas lisääminen, sähkön ja lämmön alkuperä, energiatehokkuuden parantaminen kaikessa toiminnassa sekä päästöjen kompensointi markkinoilla. (Finavia 2019f.)

#### 3.1 Ilmasto-ohjelman keskeiset tavoitteet

Finavia on mukana 21 lentoaseman verkostollaan eurooppalaisten lentoasemayhtiöiden yhteisessä sitoumuksessa, jonka tavoitteena on saada Eurooppaan vuoteen 2030 mennessä 100 hiilineutraalia lentoasemaa. Lentoliikennetoimialan yhteisenä, globaalina tavoitteena on puolittaa kansainvälisen lentoliikenteen aiheuttamat päästöt vuoteen 2050 mennessä huolimatta lentoliikenteen kasvusta. (Finavia 2017b.)

Finavian ilmasto-ohjelman keskeiset toimenpiteet ovat:

- Tuulisähkön käyttäminen
- Aurinkovoimalan rakentaminen
- Uusiutuva diesel kalustoissa lentoasemilla
- Ympäristöystävällisen kaluston hankkiminen
- LED-valaistusten voimakas lisääminen
- Lämmön lähteinä mm. pelletit ja maalämpö
- Kompensointi, päästöyksiköt vapaaehtoisilta markkinoilta
- Ekotehokas uudisrakentaminen, mm. uusien terminaalien BREEAM-sertifiointi
- Lentoasemilla toimivien muiden yritysten sitouttaminen päästöjen vähentämiseen.

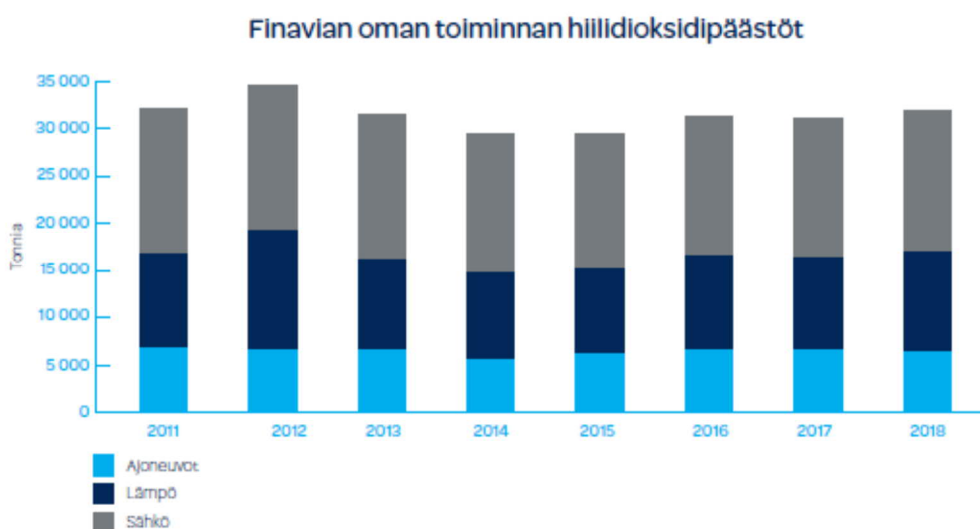
(Finavia 2017b.)

Finavia sitoutuu kestävään kehitykseen ja yritys vastuutyötä ohjaavat Finavian turvallisuuskulttuuri ja arvot, asiakaslupaus sujuvasta ja mutkattomasta lentoasemakokemuksesta, ympäristöpolitiikka, toimintaohjeet, eettiset periaatteet sekä hyvä hallintotapa. (Finavia 2017b.)

### 3.2 Ilmasto-ohjelman toteuttaminen Finavialla ja Kuopion lentoasemalla

Vastuullinen toiminta ja lentoasemien kestävä kehitys ovat lentoasemien liiketoiminnan ytimessä. Tämä tarkoittaa, että lentoasemat kantavat vastuun toimintansa vaikutuksista ihmisiin, ympäristöön ja yhteiskuntaan.

Kuopion lentoasematoiminnan kuten muidenkin lentoasemien merkittävimmät ympäristövaikutukset aiheutuvat pääasiassa kiitoteiden liukkaudentorjunnasta, lentokoneiden jäänestosta ja jäänpoistosta. Päästöjä syntyy myös rakennusten, valaistuksen sekä ajoneuvojen energiankulutuksesta. Energiaa kuluu muun muassa lämmitykseen, ilmanvaihtoon, jäähdytykseen ja valaistukseen sekä konekalustoihin. Alla olevasta kuvasta (kuva 3) näkyy Finavian kaikkien lentoasemien oman toiminnan eli ajoneuvojen, lämmön ja sähkön aiheuttamat hiilidioksidipäästöt vuonna 2018. Kuvasta näkee, että suurin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja lentoasemalla oli sähkö. Tuulisähkö energiamuotona ei ollut vielä käytössä vuonna 2018 muualla kuin Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Energiatehokkuustyötä ja päästöjen vähentämistä lentoasemilla kehitetään jatkuvasti, ja päästöt matkustajaa kohden ovat laskussa. (Finavia 2019h.)



Kuva 3. Finavian omasta toiminnasta syntyvät hiilidioksidipäästöt. (Finavia 2019h)

Kansanvälisten selvitysten mukaan lentoasemien toiminnan hiilidioksidipäästöt ovat noin viisi prosenttia lentoliikennealan päästöistä, jotka vastaavasti ovat noin kaksi prosenttia ihmistoiminnan päästöistä. Finavian energia- ja ilmasto-ohjelma aloitettiin jo vuonna 2007. Sen myötä Finavia tekee pitkäjänteistä työtä energiatehokkuuden parantamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi. Finavia on vähentänyt päästöjä mm. rakennusten lämmitystä ja ilmastointia optimoimalla, asentamalla maalämpöjärjestelmiä sekä uusimalla valaistuskokonaisuuksia. (Finavia 2019g.)

Finavian oma energian käyttö ja sen päästöt raportoidaan vuosittain. Lentokoneiden päästöt lentoasemilla lasketaan vuosittain. Kaikkea seurantatietoa käytetään ympäristövaikutusten havaitsemiseen sekä korjaavien toimien suunnitteluun, ohjaukseen ja seurantaan. Lentoasemien ympäristöseurantaa ja raportointia koordinoi Finavian ympäristöyksikkö. (Finavia 2019g.)

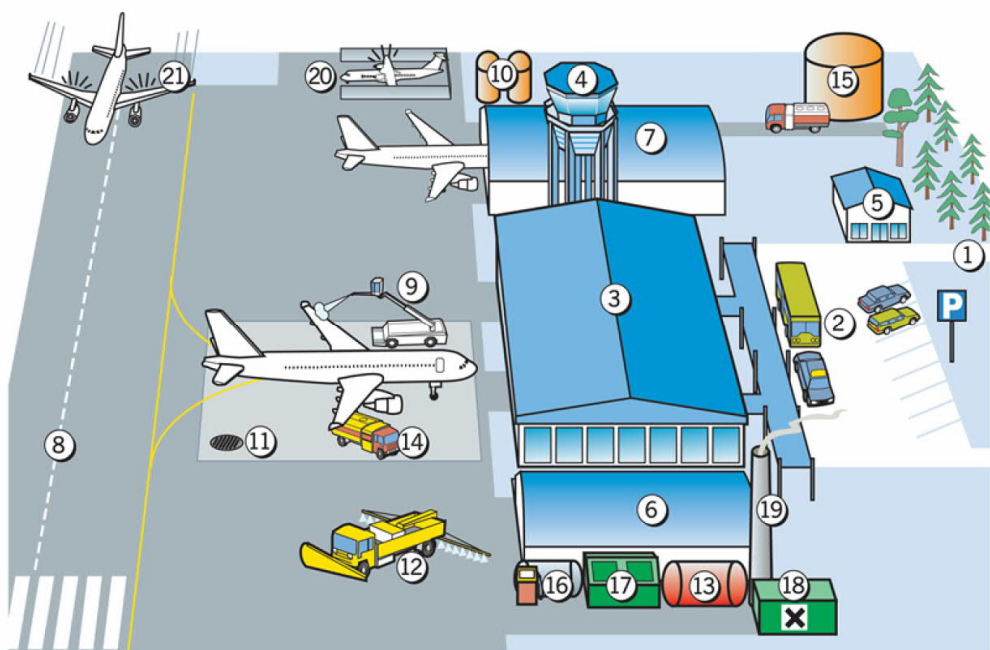
Kuopion lentoasemalla on tehty konkreettisia ilmasto-ohjelman mukaisia toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi. Paikoitusalueelle on asennettu sähköautoille latauspisteitä. Terminaalin sisätilojen ja ulkotilojen valaistukset on vaihdettu kokonaan LED-valoiksi. Terminaalin, kunnossapitorakennuksen ja muiden rakennusten lämmön lähteenä on vähäpäästöiset pelletit koko lentokenttäalueella. Kuopion lentoasemalle on hankittu ympäristöystävällistä, uutta kunnossapitokalustoa, kuten linkoja ja aura-autoja, joiden päästöt ovat vähäisempiä kuin vanhan kaluston.

#### 4 LENTOLIIKENTEEN YMPÄRISTÖÖN VAIKUTTAVAT OSA-ALUEET

Lentoliikenne aiheuttaa kahdenlaisia ympäristövaikutuksia; ensisijaisia, jotka aiheutuvat itse lentoliikenteen päästöistä ja toissijaisia ympäristövaikutuksia, jotka aiheutuvat lentoaseman ylläpidosta ja lentoasematoiminnoista, kuten esimerkiksi liukkauden torjunnasta, jäänpoistosta, rakennusten lämmityksestä ja valaistuksesta. Finavialla on ympäristölainsäädännön mukaan selvilläolovelvollisuus toimintansa ympäristövaikutuksista. Lentoasema-alueella päästöjä ilmaan aiheuttavat useat erilaiset toiminnot ja toimijat, kuten lentoliikenne, kenttäalueen maakaluston liikenne, maaliikennealueen autoliikenne ja lentoaseman omat energialaitokset (Finavia 2019i).

##### 4.1 Lentoasematoiminnan aiheuttamat ympäristövaikutukset

Lentoasemalla toimivien organisaatioiden toimintaan kuuluu monia ympäristövaikutuksia aiheuttavia toimintoja. Kuvassa 4 on esitetty lentoaseman infrastruktuuria kaavamaisesti. Maaliikenteestä (1, 2) aiheutuu päästöjä ja ajoneuvoliikennettä on myös lentoaseman suljetulla alueella, esimerkiksi kiitotiellä. Tilojen ylläpidosta (3 - 7, 19), kuten lämmitys ja valaistus aiheutuu suoria tai välillisiä päästöjä ilmaan ja veteen. Ajoneuvo- ja lämmityspolttonesteiden jakelusta ja varastoinista (14 - 16) aiheutuu ympäristöhaittoja. Myös lentokoneiden huoltotoiminta (6, 20) voi aiheuttaa päästöjä ympäristöön. (Finavian ympäristökäsikirja 2018.)



Kuva 4. Lentoasematoiminnan ympäristönäkökohdat. (Finavian ympäristökäsikirja 2018)

Lentoaseman oman toiminnan merkittävät ympäristövaikutukset ovat kenttäalueiden talvikunnossapito (päästöt vesiin ja maaperään), jätteiden käsittely, rakennetun infrastruktuurin ylläpito (energiankulutus, päästöt) sekä maahuolintayritysten tekemät lentokoneiden jäänpoisto- ja jäänestokäsittelyt (päästöt vesiin ja maaperään). (Finavia 2019h.)

Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 1) on koottu lentoasematoiminnan ympäristöön vaikuttavia tekijöitä ja niiden ympäristövaikutuksia. Näitä vaikutuksia pyritään vähentämään muun muassa toteuttamalla Finavian ympäristö- ja ilmasto-ohjelmaa.

Taulukko 1. Lentoasematoiminnan merkittävimmät ympäristönäkökohdat. (Finavian ympäristökäsikirja 2018)

Ympäristönäkökohta, ympäristöön vaikuttava toiminto	Haitta	Pääasiallinen ympäristövaikutus
Liukkaudentorjunta kiito- ja rullausteillä	Urea-, aseatti-, formiaatti- ja betaiinipitoiset valumavedet	Pohja- ja pintavesien rehevöityminen, vesien happamoituminen ja hapenkulutuksen kasvu, pohjavesien nitraattipitoisuuden kasvu
Lentokoneiden jäänesto- ja jäänpoistokäsittelyt	Glykolipitoiset valumavedet	Pohja- ja pintavesien hapenkulutuksen kasvu, hajoamistuotteiden haju
Energiankulutus	Suorat ja välilliset ilmastoon vaikuttavat ja muut päästöt	Ilmastovaikutukset
Lennonjohdon operatiivisen toiminnan ohjaus	Ilma-alusten melu	Asumisviihtyvyyden vähentyminen ja vaikutukset maankäytön suunnitteluun
Lennonvarmistuspalvelujen valvonta ja ohjaus	Energiankulutus, pakokaasupäästöt, ilmastoon vaikuttavat päästöt	Paikallisen ilmanlaadun heikkeneminen, ilmastovaikutukset
Ilmatilan ja lentomenetelmien suunnittelun ohjaus		

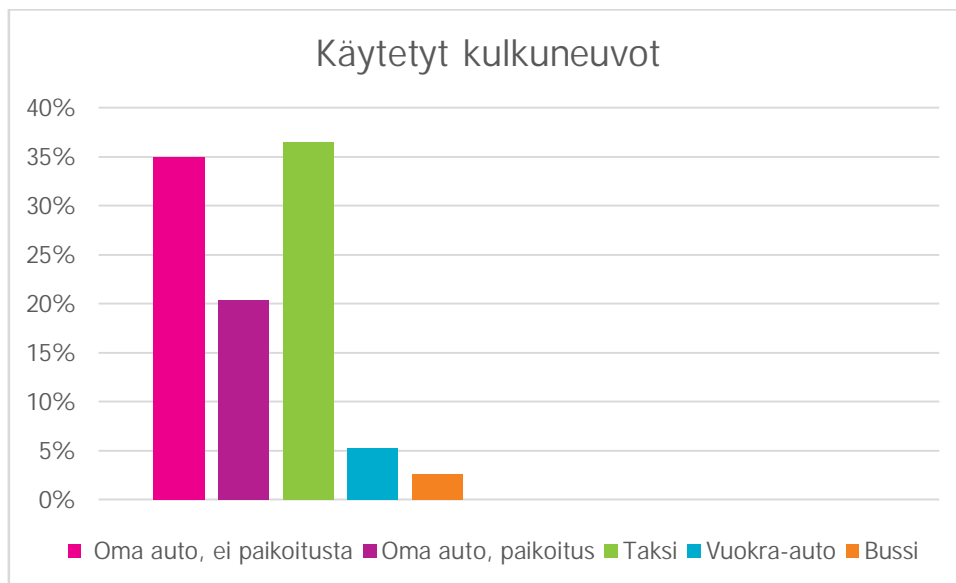
Seuraavaksi tarkastellaan Kuopion lentoasemaan liittyviä toimintoja ja niiden ympäristövaikutuksia. Toiminnot voidaan karkeasti jakaa matkustajien tulo- ja lähtöliikenteeseen, terminaalin ulkopuolella tapahtuviin toimintoihin ja lentoaseman terminaaliin sekä muihin rakennuksiin ja siellä tapahtuviin toimintoihin.

#### 4.1.1 Matkustajien tulo- ja lähtöliikenne

Matkustajien tulo- ja lähtöliikenteeseen kuuluu tieyhteydet lentoasemalle, pysäköinti lentoasemalla ja maajoukkoliikenne. Kuopion lentoasema sijaitsee Siilinjärven kunnassa, noin 17 kilometriä Kuopion keskustasta. Tuloliikenne Kuopion lentoasemalle tapahtuu joko Joensuun, Kuopion tai Siilinjärven suunnasta. Maajoukkoliikennettä tarjoaa Kuopion liikenteen bussit ja tilausajobussit.



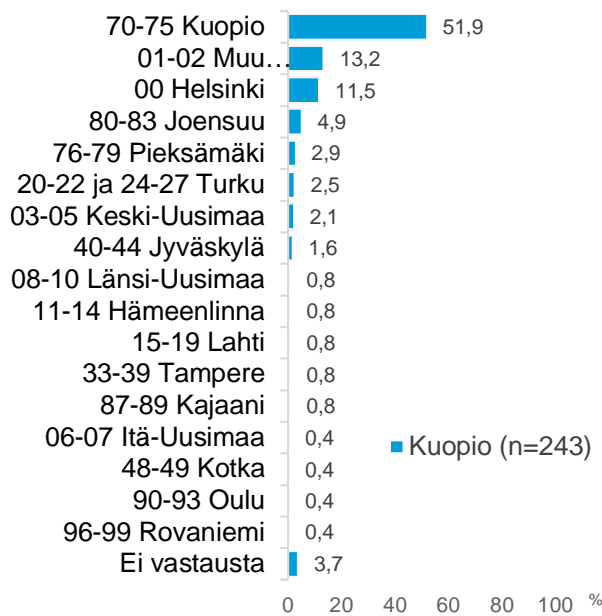
Lentoasemilla tehdään 4 - 5 kertaa vuodessa lähteville lentomatikustajille asiakaskysely, jolla kartoitetaan mm. sitä, mitä kulkuneuvoa matkustaja on käyttänyt lentoasemalle tullessaan. Kysely toteutetaan turvatarkastuksen jälkeen ja vastaajat ovat sekä Helsinki-Vantaalle palaavia pääkaupunkiseudun matkustajia että Kuopiosta Helsinki-Vantaalle ensimmäistä matka osuuttaan tekeviä matkustajia. Tässä tutkimuksessa kulkuneuvoa koskevat tiedot perustuvat vuoden 2018 kyselyyn Kuopion lentoasemalla ja vastaajina oli 500 matkustajaa (n=500).



Kuva 5. Lentomatikustajien käyttämät kulkuneuvot Kuopion lentoasemalle tultaessa

Suurin osa lentomatikustajista (55 %) tulee Kuopiosta lähteville reitti- ja charterlennolle omilla autoillaan. Heistä noin 20 % jättää auton lentoaseman paikoitusalueelle ja loput ovat saaneet kyydin. Taksia käyttää 37 % ja vuokra-autoa tai bussia käyttää 3 - 5 % matkustajista. Taksin käyttäjät ovat yleensä liikematikustajia. (Kuva 5.)

Asiakaskyselyllä kartoitetaan myös sitä, miten kaukaa matkustajat tulevat Kuopion lentoasemalle kysymällä matkustajan postinumeroa. Postinumeron kysyminen tuli kyselyyn mukaan vasta 2019 vuoden alusta alkaen. Seuraavat postinumeroa koskevat tiedot perustuvat tammi-kesäkuussa 2019 tehtyyn kyselyyn (n=243). Kuvasta 6 näkee, että suurin osa matkustajista (51,9 %) tulee lentoasemalle Kuopion alueelta. Seuraavaksi suurin ryhmä on Etelä-Suomen ja Helsingin alueelta (suuntanumero 00, 01, 02 alkuinen) ja he ovat pääkaupunkiseudulle palaavia lentomatikustajia.



Kuva 6. Matkustajat postinumeron mukaan jaoteltuna.

#### 4.1.2 Lentoaseman ulkoalueilla tapahtuvat toiminnot

Lentoasemien merkittävimmät ympäristövaikutukset vesiin syntyvät lentokoneiden jäänestosta ja -poistosta sekä kiitoteiden liukkaudentorjunnasta. Finavia kehittää koko ajan keinoja lentoasemilla käytettävien liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineiden ympäristövaikutusten vähentämiseen. Yhteistyötä tehdään lentoasemien naapuruston, kuntien, ympäristöviranomaisten ja lentoliikennealan toimijoiden kanssa. Lentoasemien toimintaa koskevat tarkat ympäristöluvut ja niitä valvovat alueelliset ELY-keskukset. (Finavia 2019h.) Lentoasemalla tapahtuvia, ympäristöön vaikuttavia toimia ovat mm:

- kiitoteiden liukkaudentorjunta ja valumavedet
- lentokoneiden jäänesto ja valumavedet
- yhdyskuntajätteet
- maataluston päästöt (harjakoneet, kuorma-autot)
- lentokoneiden tankkaus ja polttoaineiden varastointi
- lentokoneiden huoltokoekäyttö
- lentokoneiden nousut, laskut, rullaukset (melu ja päästöt)

Kiitoteiden liukkaudentorjunnassa kemiallisia aineita tarvitaan kiitotien pintaan muodostuneen kuoran ja jään poistossa sekä ennakoivaan liukkaudentorjuntaan. Nykyisin käy-

tettävät aineet ovat natrium- ja kaliumasetaatti sekä natrium- ja kaliumformiaatti rakeisessa tai nestemäisessä muodossa. Asetaatit ja formiaatit ovat ympäristölle vähiten haitallisia liukkaudentorjunta-aineita, sillä ne hajoavat nopeasti luonnossa eivätkä sisällä typpeä. Lentotason talvitoiminnan ympäristövaikutuksia voidaan vähentää myös siten, että lumi poistetaan kiitotieltä ensisijaisesti harjaamalla tai auraamalla sekä rakentamalla jäänesto- ja jäänpoistopaikkoja, joilta käytetyt aineet saadaan tehokkaasti talteen. (Finavia 2019h)

Lentokoneiden jäänpoisto ja -esto glykolinesteellä on oleellinen osa lentokenttien talvitoimintaa. Siiviltä ja koneen pinnasta poistetaan turvallisuussyistä lumi, jää sekä huurre. Jos jäänpoistoa ei tehdä, koneen nostovoima vähenee ja ilmanvastus ja lentoonlähtöpaino kasvavat. Lisäksi koneen moottorit voivat vaurioitua. Nykyisten konetyyppien aerodynaaminen muoto edellyttää, että siipi- ja ohjainpintojen on oltava puhtaat lumesta jäästä. Lentokoneiden jäänpoistotoiminta noudattaa viranomaisten antamia ympäristö- ja turvallisuusmääräyksiä sekä Finavian ja lentoyhtiöiden yhdessä sopimia hyviä ja vastuullisia käytäntöjä. Helsinki-Vantaan lisäksi lentokoneiden jäänestotoimenpiteissä syntyviä glykolipitoisia hulevesiä kerätään imuriautoilla ja välivarastoidaan Oulun, Tampere-Pirkkalan, Jyväskylän sekä Kuopion lentoasemilla (Finavia 2016).

Finavia vähentää toiminnassaan syntyvän jätteen määrää toimittamalla jätteen ensisijaisesti hyötykäyttöön. Sekajätettä käytetään enenevässä määrin kuntien energialaitoksissa ja kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrä on vähentynyt ja hyötyjätteen osuus lisääntynyt. Vuonna 2018 lentoasemien normaalitoiminnasta kertyneestä jätteestä kierrätettiin 34 % (1523,9 t), energiana hyödynnettiin 43 % (1925,9 t) ja loppusijoitukseen toimitettiin 23 % (1012,9 t). (Taulukko 2). Vaarallisia jätteitä varten on lentoasemilla olemassa säilytyskontit, jossa erilaiset vaaralliset jätteet on vielä lajiteltu. (Finavia 2019h.)

Taulukko 2. Finavian jätehuollossa kertyneen jätteen käsittelyn muodot vuonna 2018. (Finavia 2019h).

Lentoasema	Kierrätys materiaalina (t)	Hyödyntäminen energiana (t)	Loppusijoitus (t)
Enontekiö	0,1	0,1	27,5
Halli	2,9	3,0	2,6
Helsinki-Vantaa	1 012,8	1 432,7	710,2
Ivalo	1,1	31,6	21,3
Joensuu	6,9	11,1	1,2
Jyväskylä	28,4	16,0	2,5
Kajaani	7,3	3,8	77,7
Kemi-Tornio	8,7	4,9	0,2
Kittilä	58,2	161,5	21,1
Kokkola-Pietarsaari	16,1	4,6	18,2
Kuopio	74,3	50,9	4,1
Kuusamo	2,0	18,0	6,9
Maarianhamina	10,8	5,9	1,3
Oulu	49,3	58,1	2,8
Pori	14,7	21,7	2,2
Rovaniemi	74,3	47,5	34,4
Savonlinna	14,8	0,0	16,3
Tampere-Pirkkala	34,1	58,5	17,3
Turku	59,8	4,2	2,0
Utti	24,0	0,6	18,1
Vaasa	23,2	0,0	25,2
<b>Yhteensä</b>	<b>1 523,9</b>	<b>1 925,9</b>	<b>1 012,9</b>

Finavian maakaluston päästöt ja polttoaineen kulutus pysyivät hiilidioksidipäästöjä lukuun ottamatta samana verrattuna vuoteen 2017. Maakalustoa ovat muun muassa talvikunnossapidossa käytettävät harja- ja aura-autot, asematasovalvonnassa ja kiitotietarkastuksessa käytettävät autot sekä korjaus- ja huoltotoiminnassa käytettävät ajoneuvot. Maakaluston CO<sub>2</sub>-päästöt vähenivät uusiutuvan dieselin käytön ja konekaluston uusimisen ansiosta. Päästöt lasketaan polttoaineen kulutus- ja kalustotietojen perusteella. Alla olevasta taulukosta 3 näkee, mm. maakaluston polttoaineen kulutuksen sekä hiilidioksidipäästöt vuonna 2018. (Finavia 2019h.) Päästöjen määrä on suhteessa lentoaseman kokoon ja matkustajamäärään, mitä suurempi lentoasema sitä suuremmat päästöt ja polttoaineen kulutus.

Taulukko 3. Maakaluston päästöt ja polttoaineenkulutus lentoasemittain vuonna 2018. (Finavia 2019h)

Lentoasema	CO (t)	HC (t)	NO <sub>x</sub> (t)	Hiuksaset (t)	SO <sub>2</sub> (t)	CO <sub>2</sub> (t)	Polttoaine (t)
Enontekiö	0,2	0,1	0,5	0,03	0,001	60	20
Halli	0,4	0,2	1,4	0,07	0,001	150	50
Helsinki-Vantaa	9,5	3,6	22	1,26	0,029	2450	940
Ivalo	1,3	0,3	1,6	0,08	0,002	180	60
Joensuu	0,4	0,1	0,9	0,05	0,001	110	30
Jyväskylä	0,8	0,3	2,1	0,11	0,002	230	70
Kajaani	0,4	0,1	0,8	0,04	0,001	90	30
Kemi-Tornio	0,4	0,2	1	0,06	0,001	120	40
Kittilä	1,2	0,5	3,6	0,19	0,004	400	130
Kokkola-Pietarsaari	0,2	0,1	0,7	0,04	0,001	80	30
Kuopio	1	0,4	2,5	0,13	0,003	270	90
Kuusamo	0,3	0,1	0,6	0,03	0,001	60	20
Maarianhamina	0,2	0,1	0,4	0,03	0,001	60	20
Oulu	1	0,5	3,1	0,17	0,003	350	110
Pori	0,2	0,1	0,6	0,03	0,001	80	20
Rovaniemi	1,3	0,6	3,9	0,2	0,004	400	130
Savonlinna	0,3	0,1	0,7	0,04	0,001	80	30
Tampere-Pirkkala	1,1	0,5	3,5	0,19	0,004	400	130
Turku	1,1	0,4	2,4	0,13	0,003	270	90
Utti	0,3	0,1	0,3	0,02	0,001	60	20
Vaasa	0,5	0,2	1,5	0,08	0,002	160	50
<b>Yhteensä</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>54</b>	<b>3,0</b>	<b>0,07</b>	<b>6060</b>	<b>2110</b>

#### 4.1.3 Lentoaseman terminaali ja muut rakennukset

Lentoasemilla matkustajaterminaalit, kunnossapidon rakennukset ja lentokonehallit ovat suurimpia rakennuksia, joissa energiaa kuluu eri muodoissaan. Energiaa kuluu mm. sähköön, lämmitykseen, ilmanvaihtoon, jäähdytykseen ja valaistukseen. Finavian lentoasemilla käytetty sähkö on kokonaan uusiutuvaa, eikä sähkönkäytöstä synny päästöjä, sillä Finavialla on käytössä sertifioitu tuulisähkö, oma aurinkovoimala ja energiatehokkaat ratkaisut. Asemilla käytetään pohjoismaisilta sähkömarkkinoilta hankittua sertifioitua tuulisähköä, jonka alkuperä on varmistettu virallisen RESGO-järjestelmän kautta (Renewable Energy Sources, Guarantees of Origin). Tuulisähkön käytöstä ei aiheudu ollenkaan päästöjä ilmaan, veteen tai maahan. (Finavia 2019j.)

Helsinki-Vantaalla siirryttiin uusiutuvan sähkön käyttöön vuonna 2017, ja se otettiin käyttöön muillakin lentoasemilla vuonna 2018. Pelkästään Helsinki-Vantaan osalta siirtyminen pohjoismaiseen tuulisähköön on vähentänyt noin 10 000 tonnia hiilidioksidipäästöjä. Sähkönkulutus pyritään pitämään kaikilla lentoasemilla minimissä esimerkiksi teknisillä ja rakenteellisilla ratkaisuilla. Led-valaisimet ovat energiatehokkaita ja laitteissa suositaan käyttötarpeen mukaista automatisointia. Näin energiankulutusta on saatu vähennettyä jopa 80 %. (Finavia 2019j.)

Finavia on vähentänyt päästöjä myös rakennusten lämmitystä ja ilmastointia optimoimalla, asentamalla maalämpöjärjestelmiä sekä uusimalla valaistuskokonaisuuksia.

Kymmenillä lentoasemilla, kuten myös Kuopion lentoasemalla on käytössä nollapäästöinen pelletti- tai hakelämmitys. Tärkeimpiä toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi ovat uusiutuvien energiamuotojen käytön voimakas lisääminen, sähkön ja lämmön alkuperä, energiatehokkuuden parantaminen kaikessa toiminnassa sekä päästöjen kompensointi. (Finavia 2019h.)

#### 4.2 Lentoliikenteen aiheuttamat ympäristövaikutukset

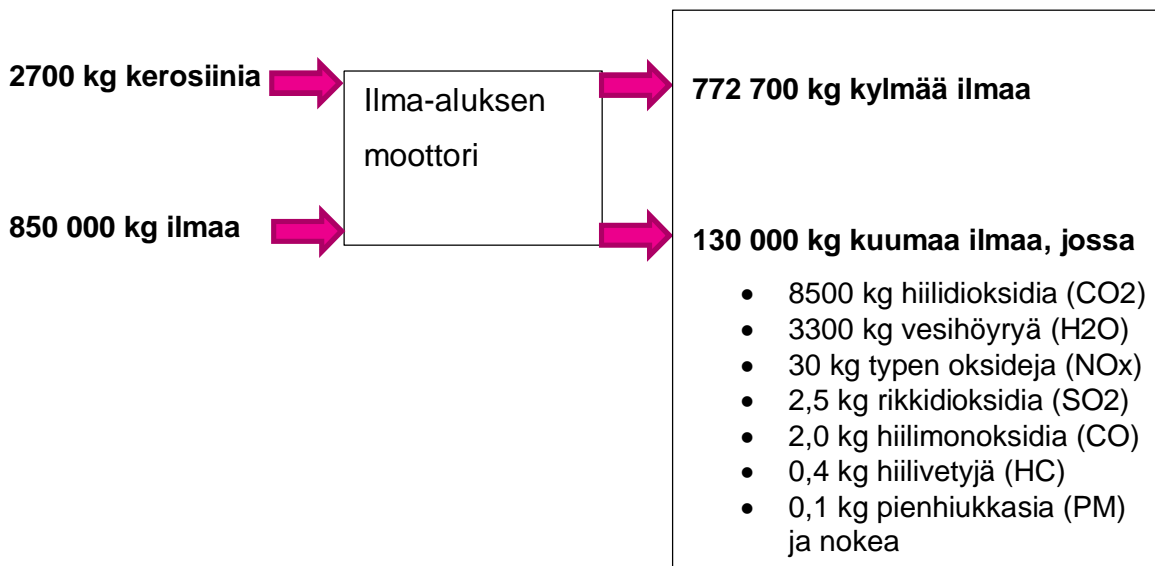
Lentoliikenteen osuus on globaalisti noin 2 - 3 prosenttia ihmisen toiminnan aiheuttamista suorista hiilidioksidipäästöistä. Lentoliikenne on kansainvälistä ja säädeltyä toimintaa ja sen kasvuun vaikuttavat monet eri tekijät, kuten yleinen talous- ja liike-elämän kasvu, tekninen kehitys, sääntelyjärjestelmät sekä polttoaineiden ja lentolippujen hinnat. Lentomatrustajien määrän odotetaan kuitenkin kaksinkertaistuvan seuraavan 20 vuoden aikana, sillä lentoala kasvaa nopeasti (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/ 2019,3).

##### 4.2.1 Lentoliikenteen päästöt

Lentoliikenteen päästöt ilmakehään vaikuttavat maailmanlaajuisella, alueellisella ja paikallisella tasolla. Suurin osa päästöistä aiheutuu lentämisen aikana tapahtuvan palamisprosessin tuloksena. Silloin syntyy hiilidioksidin (noin 70 % kokonaispäästöjen määrästä) lisäksi vesihöyryä (noin 30 %) ja alle prosentin verran muita päästöjä, kuten typen (NO<sub>x</sub>) ja rikin (SO<sub>x</sub>) oksideja, häkää (CO), osittain palaneita ja palamattomia hiilivetyjä (HC). Yhdisteiden reaktio- ja vaikutustapoja ilmakehässä ei tunneta kovin tarkkaan, mutta sääolosuhteilla on merkitystä reaktioiden syntymiseen ja ilmastovaikutuksiin. Lentoonlähtövaiheessa sekä 10 - 12 kilometrin korkeudessa syntyy typen oksideja, jotka lisäävät ilmakehää lämmittävän otsonin (O<sub>3</sub>) määrää ja toisaalta vähentävät ilmakehän metaanin (CH<sub>4</sub>) määrää (Lentoliikenne ja ilmasto, 2018).

Polttoaineen palamisessa syntyy vesihöyryä ja sen poistuminen alailmakehästä kestää 1 - 2 viikkoa ja yläilmakehässä hajoaminen kestää kuukausia ja jopa vuosia. (Eurocontrol 2018.) Hiilidioksidin ja palamistuotteiden (vesihöyry, typenoksidit) aiheuttamaa yhteisvaikutusta ilmastoon voidaan mitata säteilypakotekertoimen eli Radiative Forcing -indeksin (RTF) avulla. Toinen ympäristövaikutusten arvioinnissa kasvihuonekaasupäästöjen yhteismittana käytetty arvo on hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>-ekv.), jolla lasketaan ja ilmoitetaan kasvihuonepäästöjen yhteisvaikutus hiilidioksidin määräksi muutettuna. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/ 2019,22-23.)

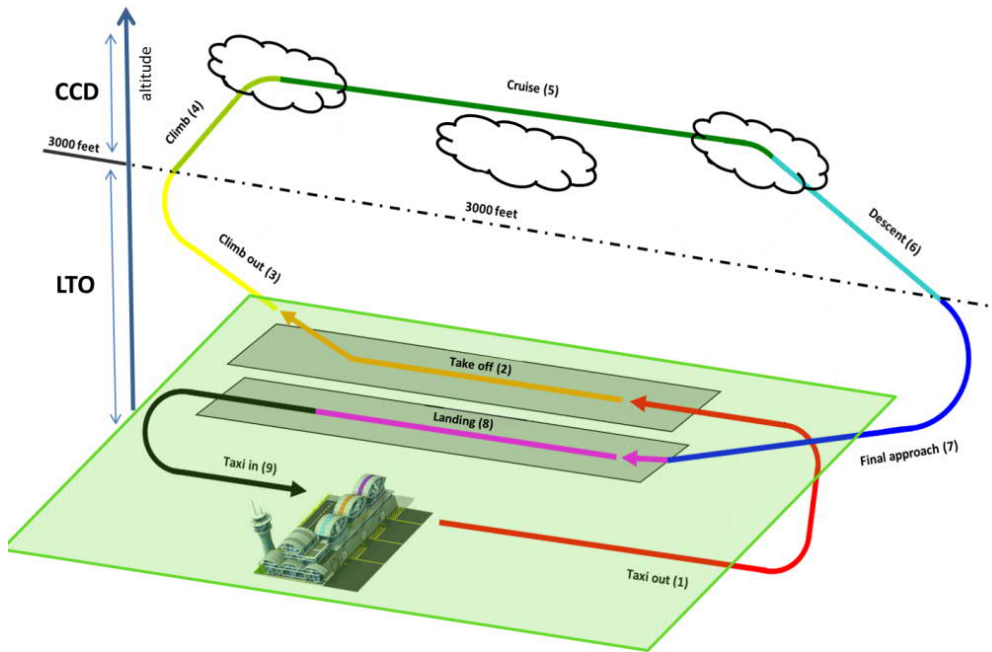
Alla on kuvattu kaksimoottorisen suihkukoneen päästöt tunnin pituiselta lentomatkalta, jossa on 150 matkustajaa. Kerosiinia kuluu 2700 kg ja siitä suurin aiheutuva päästö-määrä on hiilidioksidi.



Kuva 7. Kaksimoottorisen suihkukoneen päästöt tunnin lentomatalla. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/ 2019,22.)

#### 4.2.2 Lennon eri vaiheet ja päästölaskenta

Lennon päästöjen laskennassa ICAOn ohjeiden mukaan lento jaetaan yhdeksään eri vaiheeseen. Lentovaiheet jaetaan lisäksi alle 3000 jalan (n. 914 m) korkeudessa tapahtuvaan LTO-sykliin (Landing and Take off cycle, laskeutuminen ja lentoon nousu) ja 3000 jalan yläpuolella tapahtuvaan CCD-vaiheeseen (Climb/Cruise/Descent, nousu-, matkalento- ja liukuvaihe). Alhaalla on kuvattu lennon yhdeksän eri vaihetta lentoasemalta lähdettäessä ja sinne saapumisen välillä. (Eurocontrol 2016,15)



Kuva 8. Lennon eri vaiheet 1-9 lähdöstä laskeutumiseen. (Eurocontrol 2016)

Päästöjen laskentaa varten lento jaetaan eri vaiheisiin:

- vaihe 1: rullaus asematasolta kiitotielle
- vaihe 2: lentoonlähtö
- vaihe 3: nousu matkalentokorkeuteen (LTO)
- vaihe 4: nousu 3000 jalan yläpuolella (CCD)
- vaihe 5: matkalentovaihe
- vaihe 6: korkeuden vähentäminen, liukuvaihe
- vaihe 7: loppulähestyminen
- vaihe 8: laskeutuminen kiitotielle
- vaihe 9: rullaaminen asematasolle, lennon päättäminen (Eurocontrol 2016)

Moottorin kuormitus ja työntövoima vaihtelevat eri lentovaiheissa ja se vaikuttaa polttoaineen kulutukseen sekä päästöjen muodostumiseen. Erilaisista päästötietokannoista voidaan tarkistaa tietyn kone- ja moottorityypin päästöt ja polttoaineen kulutus. Taulukossa 4 on esitetty lentokoneiden polttoaineen kulutus ja päästöt alle 915 metrin (3 000 jalkaa) lentokorkeudessa (ns. LTO-syklin aikana). Lentokoneiden päästöt lasketaan kansainvälisesti määritetylle LTO-syklille. Laskentaan otetaan mukaan lentoonlähdön, laskeutumisen ja niihin liittyvien rullausten aiheuttamat päästöt 3 000 jalan korkeuteen asti.



Tämä tarkoittaa päästöjä noususuunnassa noin kuuden kilometrin matkalta ja laskeutumisuuunnassa noin 18 kilometrin matkalta. Valtaosa lentoliikenteen päästöistä tapahtuu 10-12 kilometrin matkalentokorkeudessa. (Finavia 2019h.)

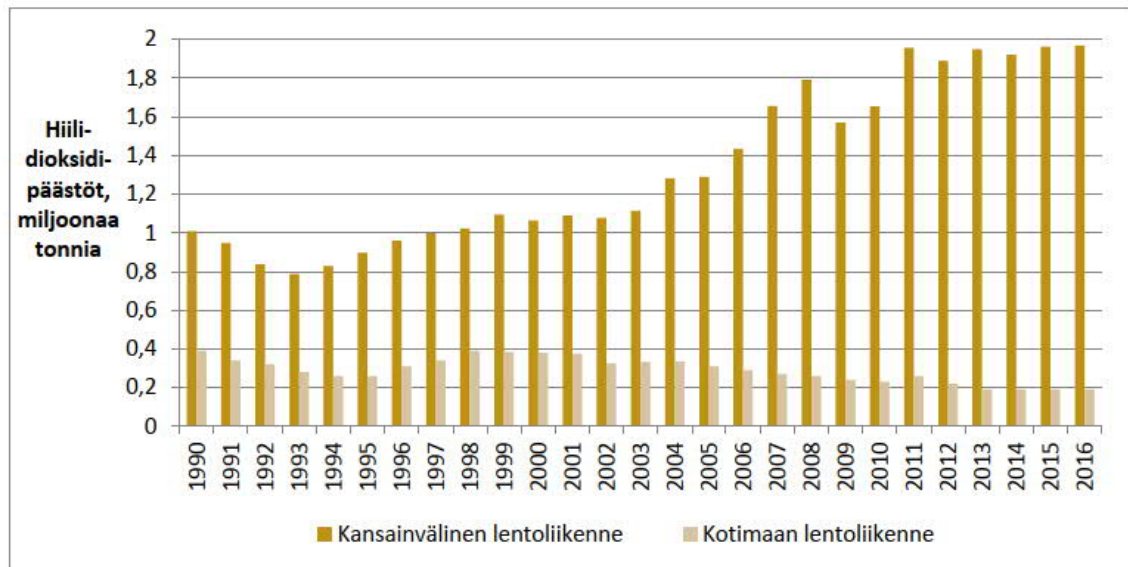
Taulukko 4. Lentokoneiden LTO-sykli päästöt lentoasemittain Suomessa vuonna 2018. (Finavia 2019h.)

Lentoasema	LTO-sykli (kpl)	CO (t/a)	HC (t/a)	NO <sub>x</sub> (t/a)	SO <sub>x</sub> (t/a)	CO <sub>2</sub> (t/a)	Polttoaine (t/a)
Enontekiö	100	1	0	0,8	0,1	200	60
Halli	900	10	0,2	0,01	0,003	30	9
Helsinki-Vantaa	95 700	870	80	770	60	194 300	62 100
Ivalo	1 200	10	1,4	10,3	0,8	2 600	840
Joensuu	2 000	10	0,2	3,4	0,3	1 000	330
Jyväskylä	3 000	20	0,7	2,8	0,3	900	290
Kajaani	1 800	6	0,1	2,4	0,2	700	240
Kemi-Tornio	1 800	20	1,9	14,9	1,2	3 700	1 200
Kittilä	2 900	20	0,4	3,2	0,3	1 000	320
Kokkola-Pietarsaari	5 100	30	1,2	6,8	0,6	2 100	700
Kuopio	800	5	0,5	3,9	0,3	1 100	350
Kuusamo	600	4	0,3	2,8	0,2	800	250
Maarianhamina	2 000	20	1,1	1,7	0,2	600	200
Oulu	8 600	70	4,7	35,4	3,1	9 600	3 100
Pori	9 600	120	2,6	1	0,1	700	220
Rovaniemi	3 800	40	3	21,9	1,8	5 700	1 800
Savonlinna	600	2	0,1	0,4	0,1	200	50
Tampere-Pirkkala	20 100	210	3,5	8,8	0,8	3 000	1 000
Turku	9 600	80	3,4	14,9	1,4	4 500	1 400
Utti	700	11	0,3	0,01	0,002	30	10
Vaasa	4 700	40	1,6	9,4	0,9	2 900	900
<b>Yhteensä</b>	<b>175 600</b>	<b>1 599</b>	<b>107,2</b>	<b>914,82</b>	<b>72,71</b>	<b>235 660</b>	<b>75 369</b>

#### 4.2.3 Lentoliikenteen päästöt Suomessa sekä globaalisti

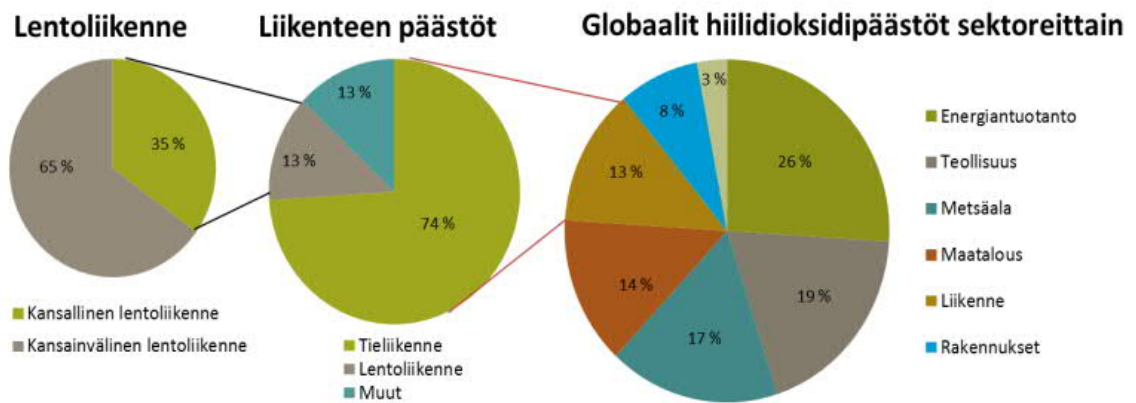
Suomen kansalliset kokonaishiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2016 noin 59 miljoonaa tonnia, josta kotimaanliikenteen (kaikki liikennemuodot) päästöjen osuus oli 12,5 miljoonaa hiilidioksiditonnia (21 %). Lentoliikenteen osuus tästä oli lähes 187 000 (eli 0,187 miljoonaa) hiilidioksiditonnia. Kotimaan lentoliikenteen osuus oli siis 1,5 % kotimaanliikenteen (kaikki liikennemuodot) osuudesta ja 0,3 % kansallisista kokonaishiilidioksidipäästöistä. (Tilastokeskus 2018.)

Taulukko 5. Kotimaan ja kansainvälisen lentoliikenteen päästöt Suomessa vuosina 1990-2016. (Tilastokeskus 2018)



Kansainvälisen lentoliikenteen päästöt olivat Suomessa vuonna 2016 lähes kaksi miljoonaa tonnia Kotimaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt olivat vain 0,2 tonnia (Taulukko 5). (Tilastokeskus 2018.) Viime vuosina ulkoaan lentoliikenteen kasvu on ollut tasaista, mutta päästöjen kasvu on pysähtynyt. Syynä on lentokonekannan uusiminen sekä muut lentoalan tekemät muutokset päästöjen vähentämiseksi.

Vuonna 2017 lentoliikenne aiheutti globaalisti 859 miljoonaa tonnia hiilidioksidipäästöjä ja ihmisen toiminnasta aiheutuvat globaalit päästöt olivat yhteensä 40 miljardia tonnia hiilidioksidia. Lentoliikenteen osuus hiilidioksidipäästöistä on siten 2,1 %. Maailmanlaajuisesti lentoliikenne aiheuttaa noin 13 % koko liikennesektorin (tieliikenne, lentoliikenne, muut) päästöistä. Tieliikenteellä on suurin osuus eli 74 %. Kuvasta 9 näkyy lentoliikenteen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt, liikenteen (tieliikenne, lentoliikenne ja muu liikenne) hiilidioksidipäästöt ja globaalit hiilidioksidipäästöt sektoreittain. Globaaleista hiilidioksidipäästöistä energiatuotannolla on suurin osuus (26 %) ja sen jälkeen tulevat teollisuus (19 %) sekä metsäala (17 %) (ICAO 2016a).



Kuva 9. Liikenteen ja globaalien hiilidioksidipäästöjen jakaantuminen sektoreittain. (ICAO 2016)

#### 4.3 Päästöjen kompensointi ja päästölaskurit

Lentoliikenne on joukkoliikennettä ja lentokoneiden moottoreiden päästöt ovat samanlaisia kuin muillakin liikennevälineillä. Lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt (CO<sub>2</sub>) ovat globaalilla tasolla noin 2 prosenttia ihmisen toiminnan aiheuttamista päästöistä. Lentomatustus yleistyy ja kysyntä kasvaa, samalla kun kansainvälinen yhteydenpito ja kauppa kasvavat. Lentokonetekniikka kehittyy ja energiatehokkuus ja päästöt suhteessa liikenteeseen vähenevät. Lentoliikenneala pyrkii monin eri keinoin päästöjen hallintaan. (Finavia 2019b.)

Finavia noudattaa lentoasemillaan kansainvälisen lentokenttien etujärjestön ACI:n (Airports Council International) ACA-ohjelmaa (Airport Carbon Accreditation), jonka tarkoituksena on hallita hiilipäästöjä. Kaikkia lentoaseman toiminnasta syntyviä päästöjä on mahdotonta välttää ja hiilineutraaliuden saavuttamiseksi jäljelle jäävät päästöt kompensoidaan. Finavian kompensoimat hiilipäästöt, syntyvät käytännössä henkilökunnan liikematkoista, lämmityksestä ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä esimerkiksi työkoneissa. Vuonna 2017 hiilipäästöjä syntyi Finavialla 10 000 tonnia. (Finavia 2018a.)

Yksinkertaistettuna kompensointi tarkoittaa sitä, että ostetaan hiiliyksiköitä, joiden avulla hiilipäästöjä vähennetään siellä, missä niiden vähentäminen on tehokkainta. Finavia ostaa päästöyksiköitä kolmen yhtiön kautta. Niiden välityksellä Finavia on mukana kansainvälistä Gold Standard -mittaristoa noudattavissa päästövähennyshank-

keissa. Finavian jäännöspäästöt kompensoidaan kansainvälisen Gold Standardin mukaan. Kyseessä on WWF:n luoma, kymmenien järjestöjen hyväksymä ja YK:n käyttämä tuloksellisen päästöjen vähentämisen mittapuu. (Finavia 2018a.)

Päästölaskureissa voidaan myös tarjota käyttäjälle mahdollisuus kompensoida lentämisestä aiheutuvat päästöt. Kompensointi toteutetaan maksamalla lentämisestä aiheutuneista hiilidioksiditai kasvihuonekaasupäästöistä hyvitysmaksua, jolla sitten rahoitetaan hiilidioksidipäästöjä vähentäviä toimia toisaalla. Esimerkiksi uusiutuvan energian tai kestävän maan- ja metsienkäytön edistämishankkeiden toteuttaminen kehitysmaissa ovat yleisesti käytössä olevia päästöhyvityksen muotoja. Kompensaatiomarkkinoilla on useita toimijoita, mm suomalainen Nordic Offset ja Suomen luonnonsuojeluliiton Hiilipörssi. Kompensoinnin hinnasta päättävät päästöhyvityksiä myyvät toimijat. Kompensaatioprojekteissa esiintyy suurta laatuvariaatiota ja kompensatioita kohtaan on esitetty myös kritiikkiä. (Helsingin Sanomat 2018b.)

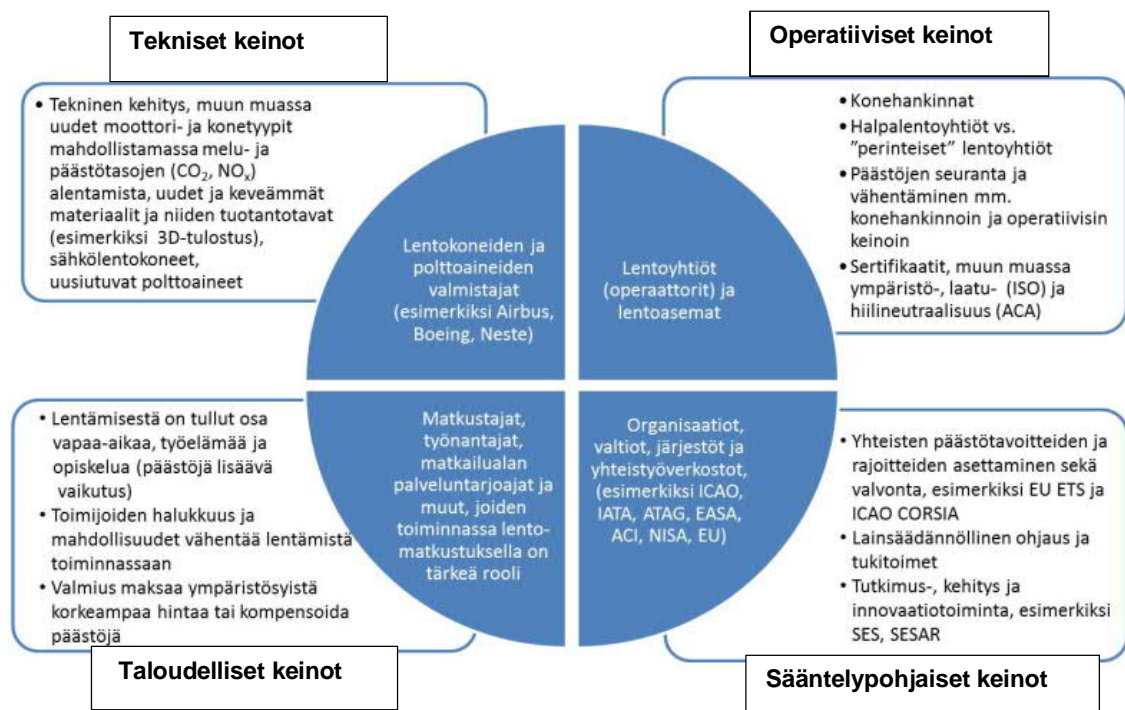
Päästöjen hallinta on tärkeä edellytys palvelujen tarjoamiselle myös tulevaisuudessa, sillä lentoasemat ovat osa globaalia lentoliikennetoimialaa. Päästöjen arviointiin on siis olemassa useita laskureita, joita esimerkiksi siviili-ilmailujärjestö ICAO, lentoyhtiöt ja erilaiset yritykset tarjoavat. Useimmat päästölaskureista ottaa huomioon vain polttoaineen palamisessa syntyvät hiilidioksidipäästöt ja osa laskureista ottaa huomioon polttoaineen jalostuksesta ja kuljetuksesta aiheutuvia päästöjä. Päästölaskennan tulokset vaihtelevat laskureittain, sillä laskentaan liittyvissä taustatiedoissa, kuten polttoaineen kulutuksen tai koneen täyttöasteen määrittämisessä on eroja (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 26).

## 5 MITEN PÄÄSTÖJÄ VOIDAAN VÄHENTÄÄ?

Maailmassa on noin 23 000 matkustajalentokonetta, jotka kuljettivat viime vuonna yhteensä noin 4,4 miljardia matkustajaa ympäri maailmaa. Lentoasemat ovat asettaneet toiminnalleen ympäristötavoitteita. Toimialan yhteisenä globaalina tavoitteena on alan kasvusta huolimatta puolittaa kansainvälisen lentoliikenteen aiheuttamat päästöt vuoteen 2050 mennessä. (Finavia 2019k.) Lentoliikenteen arvioidaan kasvavan noin viiden prosentin vuosivauhtia ja ympäristövaikutukset kasvavat vuosittain noin kolme prosenttia. Valtiot ovat sopineet moottoripäästöjen rajoittamisesta ICAOn kautta. Lentoalan yleiset tavoitteet IATAn mukaan päästöjen hillitsemiseksi ovat (Kuva 10):

- alan hiilidioksidipäästöjen puolittaminen vuoteen 2050 vuoden 2005 tasosta
- alan hiilineutraali kasvu vuodesta 2020 alkaen
- lentokoneiden polttoainetehokkuuden parantaminen 2009-2020 1,5 % vuosittain. (Suomen ympäristökeskuksen raporteja 2/2019, 33.)

Eri lentoalan toimijoiden roolit ympäristövaikutusten hallinnan osalta on kuvattu alla olevassa kuvassa. Päästöjen vähentämisen keinot voidaan karkeasti jakaa teknisiin-, operatiivisiin-, sääntelypohjaisiin- ja taloudellisiin keinoihin.



Kuva 10. Ilmastopäästöihin sekä lentoliikenteen kysyntään ja tarjontaan vaikuttavat toimijat ja roolit ympäristövaikutusten hallinnassa. (Suomen ympäristökeskuksen raporteja 2/2019, 33.)

Ilmailu on kansainvälistä ja tarkkaan säänneltyä toimintaa, johon vaikuttavat monet eri toimijat. Lentoalan keskeinen toimija on Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO, jonka päämääränä on kehittää kansainvälisen ilmailun periaatteita ja tekniikkaa. Järjestö on keskeisessä roolissa lentoalan kehittämisessä ja yhteisten sopimusten laatimisessa. Seuraavaksi esitellään keinoja ilmailun päästöjen vähentämiseksi eri toimijoiden taholta.

## 5.1 Tekniset keinot

Lentämisen suurin ympäristövaikutus syntyy moottoripäästöistä. Uudet moottori- ja konetyypit mahdollistavat melutason alenemisen sekä polttoaineen kulutuksen ja päästöjen vähenemisen. Konetyyppejä kehitetään sarjatuotannon aikana, sekä tekemällä muutoksia jälkiasennuksina tai osien uusimisen yhteydessä. Nykyajan lentokoneiden hiilidioksidipäästöt ja polttoaineen tarve ovat vähentyneet yhtä matkustajaa kohden 80 % 1960 -luvun lentokoneisiin verrattuna (EASA, EEA, EUROCONTROL 2016).

### 5.1.1 Lentokoneiden tekninen kehitys

Teknisten keinojen toteuttajana ovat mm. lentokoneiden ja polttoaineiden valmistajat, esimerkiksi Boeing, Airbus ja Neste. Teknisten ratkaisujen avulla, muun muassa tuottamalla vähähiilisempiä polttoaineita ja kehittämällä lentokoneita tehokkaammiksi ja vähäpäästöisemmiksi on saatu lentämisen yksikköpäästöjä, eli päästöjä per matkustajakilometri vähenemään. Uudet moottori- ja konetyypit mahdollistavat siten päästöjen (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) alenemista, samoin myös uusiutuvat polttoaineet ja tulevaisuudessa sähkölentokoneet. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 33,35.)

Keskimääräinen polttoainetehokkuuden kasvu vuosina 1968 - 2014 on ollut 1,3 % yhtä matkustajakilometriä kohden ja vuosina 2010 – 2014 tehokkuuden kasvu on ollut 1,1 %. Tämä luku on hieman jäljessä ICAOn tavoitteesta, joka on 1,5 %. Polttoaineen kulutusta ja päästöjä voidaan vähentää uusien konemallien käyttöönoton myötä ja uusi lentokone-sukupolvi onkin 15 - 20 % tehokkaampi kuin edeltäjänsä. Nykyisin käytössä olevat koneet kuluttavat noin 3,5 litraa polttoainetta sataa matkustajakilometriä kohden ja esimerkiksi Airbus A380 tai Embraer E2 kuluttavat polttoainetta alle kolme litraa sataa matkustajakilometriä kohden. (ATAG 2018a.)

Lentokoneiden tutkimus- ja kehitystyötä Euroopassa on edistänyt Euroopan komission ja Euroopan ilmailuteollisuuden teknologia-aloite Clean Sky. Clean Skyn tavoitteena on kehittää teknologioita, joilla voidaan vähentää ilma-alusten hiilidioksidipäästöjä ja melua.

Clean Skyn 1 ohjelma toteutettiin vuosina 2011 - 2017 ja tavoitteena oli tuolloin vähentää hiilidioksidipäästöjä 20 - 40 %, melua 10 desibeliä ja typen oksideja 60 % vuoden 2000 teknologiseen tasoon verrattuna. Ohjelma johti arviolta 32 %:n hiilidioksidipäästöjen vähennykseen vuoden 2000 tasosta. (ATAG 2018b.)

Clean Sky 2 ohjelma toteutetaan vuosina 2014 - 2024 ja sen tavoitteena on vähentää polttoaineen kulutusta ja hiilidioksidipäästöjä sekä melua 20 - 30 % vuonna 2014 käyttöön otettujen ilma-alusten tasoihin verrattuna. (Euroopan Unioni 2017.) Tavoitteita lähestytään mm. tutkimalla ja kehittämällä suuria lentokoneita pitkille matkoille ja alueellisesti käytettäviä 90 -paikkaisia potkuriturbiinikoneita. (Trafi 2018a.) Kehitystyötä edistetään myös ekologisella suunnittelulla ja kierrätävyyden tehostamisella. ATAGin mukaan arviolta noin 85 - 90 prosenttia lentokoneesta (painoprosentteina) on kierrätettävissä. (ATAG 2018b.)

### 5.1.2 Sähkölentokoneet

Sähköiseen lentämiseen kohdistuu tällä hetkellä paljon odotuksia. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen kaivataan ratkaisuja ja lentoliikenteen aiheuttamia päästöjä on saatava vähennettyä. Sähkön varaan ei kuitenkaan yksin voida laskea, sillä teknologian kehittymiseen menee vielä aikaa. Tämänhetkisen akkuteknologian on kehityttävä varausteholtaan noin 50 -kertaiseksi, jotta sähkö aidosti haastaisi fossiiliset polttoaineet. Sähkö on kuitenkin osa ratkaisua ja tarvitaan lisäksi vielä nopeita ilmastotoimia. (Finavia 2019l.)

Akkukäyttöisellä lentokoneella lennettiin ensimmäisen kerran vuonna 1973. Litium-ioniakkujen kehittymisen myötä akkuteknologioihin ja aurinkoenergian hyödyntämiseen perustuvia lentokoneita on kehitetty viime vuosikymmenen aikana. Ensimmäinen kaupallinen koelento sähkömoottorikoneella lennettiin pohjoismaissa Norjassa kesäkuussa vuonna 2018. Suomessa ensimmäinen, Sloveniassa valmistettu kaksipaikkainen ultrakevyt sähkölentokone, Pipistrel Alpha Electro nousi ilmaan heinäkuussa 2018 Malmin lentoasemalta (Kuva 11). Koneessa on 50 kilowatin nestejäähdytteinen sähkömoottori ja 21 kilowattitunnin akkukapasiteetti. Pikalatauksella akut saa täyteen reilussa tunnissa ja koneen lentoaika on yksi tunti (Tekniikka & Talous 2019).

Sähkökäyttöisiä pienkoneita on jo olemassa ja monet lentokonevalmistajat kuten Airbus kehittelevät sähkökäyttöisiä matkustajakoneita. Boeing ja Airbus ovat kehittämässä myös matkustajalentokoneita, jotka toimivat hybridimoottorilla, ja jotka olisivat markki-

noilla 2020 -luvulla. Norjalaisten tavoitteena on lentää sähkölentokoneilla matkustajalentoja jo vuonna 2025 ja saada maan sisäinen lentoliikenne sähköiseksi vuoteen 2040 mennessä. (Helsingin Sanomat 2018a.)



Kuva 11. Suomen ensimmäinen ultrakevyt sähkölentokone Malmilla heinäkuussa 2018. (Yle.fi. 2018)

Sähköiseltä ilmailulta odotetaan paljon. Melusaasteen lisäksi sähkömoottorit leikkaavat myös hiilidioksidipäästöjä, valmistajien mukaan jopa 80 prosenttia. Lentokoneen kaksi suurinta kustannuserää ovat tällä hetkellä polttoaineen hinta sekä huoltojen hinta. Sähköisissä lentokoneissa molemmat ovat vain noin kymmenesosa perinteisiin lentokoneisiin verrattuna. Sähköautojen kehittäjillä ja sähkölentokoneiden kehittäjillä on sama ongelma. Erona on kuitenkin se, että jos sähköautolla halutaan päästä kauas, siitä tulee kallista. Jos sähkölentokoneeseen lastataan pitkälle matkalle vaadittava määrä akkuja, se ei niiden painon vuoksi nouse ilmaan. (Yle.fi.2018.)

Finavian toimitusjohtaja Kimmo Mäki ei ole kovin vakuuttunut, että sähkömoottorit muuttaisivat ratkaisevasti Suomen ilmailukarttaa. Suomessa on kattava lentoverkosto jo olemassa, mutta sähköteknologia voi tuoda kilpailukykyä muille kulkumuodoille, kun on kyseessä muutaman sadan kilometrin pituinen lentomatka. Hän arvioi, että kaupallinen sähkölentotoiminta alkaa 2020 -luvun kuluessa. Tuolloin tullaan näkemään kaupallisia ratkaisuja, joissa käytetään sekä sähkö- että hybriditeknologiaa. (Yle.fi.2018.)



### 5.1.3 Vaihtoehtoiset lentopolttoaineet

Lentokoneet käyttävät suihkumoottoreissaan polttoaineena raakaöljystä jalostettua kerosiinia eli lentopetrolia. Päästöjen vähentämisessä ja energialähteiden sekä omaenergiavaraisuuden laajentamisessa pidetään tärkeänä uusiutuvista raaka-aineista valmistettuja lentopolttoaineita. Lentoalalla halutaan käyttää termiä kestävä lentopolttoaine (SAF, Sustainable Aviation Fuels), koska uusiutuvat polttoaineet halutaan valmistaa huomioiden kestävä kehityksen periaatteet. Vaihtoehtoisten polttoaineiden raaka-aineita ovat esimerkiksi yhdyskuntajäte, maatalousjätteet, jätekaasut ja kasvisöljyt. Uusiutuvaa polttoainetta (SAF-polttoaine) käyttämällä on mahdollista päästä jopa 80 % vähennykseen hiilidioksidipäästöissä fossiiliseen kerosiiniin verrattuna (ATAG 2017).

Uusiutuvat polttoainekomponentit sekoitetaan fossiiliseen lentokerosiiniin ja syntynyttä polttoainetta voidaan käyttää nykyisissä lentokoneissa ilman muutostarpeita koneeseen tai moottoriin. Tällä hetkellä seossuhde voi olla 50 %. Uusiutuvan polttoaineen tuotanto on vähäistä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin. Vuonna 2017 tuotettiin noin 290 miljardia kiloa fossiilipohjaista lentopolttoainetta ja vain 20 miljoonaa kiloa uusiutuvista raaka-aineista valmistettua polttoainetta. Uusiutuvan polttoaineen hinta on vielä 3-4 kertaa kalliimpaa fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 36.)

Uusiutuvaa lentopolttoaineseosta käytettiin kaupallisella reittilennolla ensimmäistä kertaa Lontoossa vuonna 2008. Finnair testasi uusiutuvaa lentopolttoainetta vuonna 2011. Vuonna 2018 syyskuussa uusiutuvaa polttoainetta on käytetty 145 000 lennolla ja sitä on jatkuvasti saatavilla viidellä lentokentällä: Oslossa, Tukholmassa, Bergenissä, Los Angelesissa ja Brisbanessa. (ATAG 2018c.) Tavoitteena lentoalalla on saavuttaa uusiutuvaa polttoainetta käyttäneen miljoonan lennon raja vuonna 2020 (IATA 2018).

## 5.2 Operatiiviset keinot

### 5.2.1 Hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelma

Lentoasemilla on käytössä lentoasemien hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelma (ACA) ja kaikki Suomen lentoasemat ovat hiilineutraaleja jo vuonna 2019. Euroopan lentoasemien kansainvälinen yhteistyöjärjestö ACI (Airport Council International) ylläpitää lentokenttien kansainvälistä hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelmaa. Ohjelma on perustettu vuonna 2009 ja siinä on neljä tasoa:

1. **Hiilijalanjäljen kartoitus** (mapping) jossa määritetään toiminnalliset rajat ja päästölähteet kasvihuonekaasuprotokollan Scope-luokkien 1 ja 2 mukaisesti (eli suorat ja epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt lämmön, sähkön ja höyryn osalta). Kerätään data, lasketaan vuosittaiset päästöt ja raportoidaan ne. Tulosten tulee olla akkreditoinnin vaatimukset täyttävä ja ISO 14064 -standardin mukainen. Raportti verifioidaan kolmannen osapuolen toimesta.
2. **Hiilijalanjäljen pienentäminen** (reduction); asetetaan tavoitteita päästöjen vähentämisestä, osoitetaan väheneminen seuraamalla päästöjä jatkuvasti. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi uusiutuvan energian käyttö ja vaihtoehtoiset (hybridit, sähkö, vety, nestekaasu) polttoaineet lentokenttäajoneuvoissa.
3. **Optimointi** (optimisation), tarvitaan kolmannen osapuolen, kuten lentoyhtiöt ja muut toimijat ja palveluntarjoajat sitoutuminen hiilijalanjäljen pienentämiseen.
4. **Neutraalisuus** (neutrality) saavutetaan kompensoimalla suorat ja epäsuorat päästöt kansainvälisten kompensointikeinojen avulla.

Hiilineutraalin lentoaseman hiilidioksidipäästöt ovat laskennallisesti nolla ja tällaisille lentoasemille myönnetään ACA-sertifikaatti (ACI 2018).

#### 5.2.2 Reittien optimointi ja lennonohjaus

Lentoasemilla ja lennonjohdolla on oma välillinen roolinsa lentoliikenteen polttoaineen ja päästöjen minimoinnissa. Suurilla lentokentillä ruuhkautuminen lisää päästöjä ja vähentää tehokkuutta, kun rullausajat ovat pitkiä ja koneet joutuvat odottamaan vuoroaan. Lentoasemilla eri toimijoiden välinen yhteistoiminnallinen päätöksenteko lisää tiedonkulkua sekä lyhentää koneiden rullaus- ja odotusaikoja ja vähentää polttoaineen kulutusta ja päästöjä (Finavia 2017).

Ilmatilan suunnittelussa tehostamisen kohteita ovat polttoainetehokkaiden reittien optimointi ja taloudellisuus lentokorkeuden ja -nopeuden valinnassa, sekä koneen täyttöasteen maksimointi. Päästöjä voidaan vähentää lentonopeuksia säätämällä, hitaampi lentonopeus vähentää polttoaineen kulutusta ja siten päästöjä. Päästöjä voidaan vähentää myös käyttämällä päästöjä ja melua vähentäviä laskeutumistapoja, rullataan yhdellä moottorilla ja etsitään optimaalisia lentopintoja. (Tekniikka & Talous 2009.)

EU:n komissio on käynnistänyt lainsäädännöllisen aloitteen yhtenäisestä eurooppalaisesta ilmatila - hankkeesta (Single European Sky, SES). Hankkeen avulla pyritään kehittämään Euroopan ilmatilan hallintaa ja tehokkuutta. Tavoitteena on vähentää viivästyksiä ja ympäristövaikutuksia sekä lisätä ilmatilan kapasiteettia ja turvallisuutta. (Sesarju 2018.) Suomi on mukana lentoalan ympäristövaikutusten vähentämisessä edistämällä ilmatilan tehokasta käyttöä ja lentokoneiden modernisointia. Kansallisen ilmatilan rakennetta uusittiin Suomessa vuonna 2014 ja ilmatilan hallinta on hyvin tehokasta. (Trafi 2018a.)

### 5.3 Sääntelypohjaiset keinot

Lentoala on erittäin säänneltyä ja sääntelyä harjoittaa organisaatiot, valtiot, järjestöt ja yhteistyöverkostot. Näiden tahojen tehtävänä on rajoitteiden ja yhteisten päästötavoitteiden asettaminen ja valvonta. Tällaisia tahoja ovat esimerkiksi ICAO, IATA, CORSIA, EU, ETS. Sääntelykohtaisilla keinoilla määritellään standardit koneiden melu- ja päästöta- soille. Lentoalaa ja sen päästöjä säädellään erilaisten lupajärjestelmien ja standardien avulla ja ilma-alusten tulee täyttää kansainväliset rajoitukset. ICAOn ympäristönsuoje- lukomitea CAEP on asettanut kansainväliset standardit melulle vuonna 1971 ja pääs- töille (savu-, häkä-, hiilivety ja typpityppioksidi) vuonna 1981. (EASA, EEA, EUROCONT- ROL 2016).

Hiilidioksidipäästöjä rajoittava standardi on tehty vuonna 2017 ja se koskee uusia kone- tyyppisiä vuodesta 2020 alkaen ja tuotantovaiheessa olevia konetyyppejä vuodesta 2023 alkaen. (ICAO 2017.) Ilma-alusten tyyppihyväksyntää Euroopan unionissa säätelee ko- mission asetus, polttoainejärjestelmää ja ilma-alusten moottoreiden päästöjä Euroopan turvallisuusviraston sertifiointijärjestelmä CS-34, sekä melupäästöjä CS-36. Lentoalaa säätelee lisäksi ympäristömeludirektiivi. Finavian lentoasemat Suomessa ovat ympäris- tölupien alaisia ja lentoasemien ylläpitäjät mittaavat ja ilmoittavat erilaisia tunnuslukuja toiminnastaan, kuten käytetyn veden, energian ja päästöjen määrästä ja ne raportoidaan matkustaja- ja vuositasolla. (Finavia 2018b.)

### 5.4 Taloudelliset keinot

#### 5.4.1 Päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA

ICAO:n yleiskokouksessa vuonna 2016 sovittiin CORSIA-sopimuksesta (Carbon Offset- ting and Reduction Scheme for International Aviation) ja vuonna 2018 ICAO hyväksyi

CORSIAN mukaan kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimukseen. ICAOn jäsenvaltiot ovat asettaneet yhteiseksi tavoitteeksi, että kansainvälisen lentoliikenteen nettopäästöt eivät kasvaisi vuodesta 2020 alkaen. Lentoliikenteen kasvu on kuitenkin niin suurta, että nykyiset tekniset vähennyskeinot eivät riitä päästökasvujen hillitsemiseen (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 41-42).

CORSIA on ensimmäinen lentoliikenteen maailmanlaajuinen järjestelmä hiilidioksidipäästöjen hallintaan ja se astuu voimaan vuonna 2021. Sen ideana on, että lentoliikenteen päästötaso selvitetään ensin lentojen aiheuttamien päästöjen keskiarvona vuosilta 2019-2020. Vertailukohdan ylittävät päästöt kompensoidaan seuraavina vuosina siten, että ostetaan päästöyksiköitä lentoliikenteen ulkopuolisilta sektoreilta. Päästöjen raportointia, tarkkailua ja todentamista varten ICAO laatii ohjeet. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 41-42.)

Päästöhyvitysjärjestelmä jaetaan kolmeen vaiheeseen päästöjen selvittämisen jälkeen: pilottivaihe vuosina 2021 - 2023, ensimmäinen vaihe vuosina 2024 - 2026 ja toinen vaihe vuosina 2027 - 2035. Kaksi ensimmäistä vaihetta ovat vapaaehtoisia ja vuodesta 2027 alkaen järjestelmä on pakollinen kaikille ICAOn jäsenvaltioille. CORSIAan oli ilmoittautunut joulukuussa 2018 mennessä 77 valtiota ja ne kattavat noin 77 % kansainvälisestä lentoliikenteestä (ICAO 2018).

#### 5.4.2 Lentoliikenteen päästökauppa

EU:n päästökauppajärjestelmä on toiminut vuodesta 2005 alkaen. Se on yksi Euroopan unionin tärkeimmistä keinoista saavuttaa 40 %:n päästövähennystavoite vuoden 1990 hiilidioksidipäästöjen tasosta vuoteen 2030 mennessä. Päästökauppajärjestelmän piiriin kuuluu 31 jäsenvaltiota ja niiden 12 000 teollisuus- ja energiantuotantolaitosta sekä noin 500 kaupallista ja ei-kaupallista lentoyhtiötä. Järjestelmä kattaa noin puolet EU:n hiilidioksidipäästöistä. (Trafi 2018b.)

Lentoliikenteen päästökauppa alkoi 1.1.2012 ja se koskee kaikkia Euroopan talousalueen lentoasemilta lähteviä ja niille saapuvia lentoja, jollei niitä ole erityisin perustein rajattu päästökaupan soveltamisalan ulkopuolelle. Lentoliikenne on ainoa liikennemuoto, joka on velvoitettu osallistumaan EU:n päästökauppaan. Vuosina 2013-2023 päästökauppa koskee kuitenkin pelkästään Euroopan talousalueella sijaitsevien lentoasemien välisiä lentoja. Traficom vastaa jaettavien päästöoikeuksien jakamisesta, seurannasta ja raportoinnista ja energiavirasto vastaa päästökauppaoikeuksien hallinnoinnista, kirjauksesta ja tulouttamisesta valtiolle. (Traficom 2019.)

Lentoliikenteen päästökauppa perustuu vaihdettaviin päästöoikeuksiin ja se on kansallisesti pantu täytäntöön lailla lentoliikenteen päästökaupasta (34/2010). Suomen lentoliikenteen päästökaupasta vastaa liikenne- ja viestintäministeriö ja lain mukaisia viranomaistehtäviä hoitaa liikenteen turvallisuusvirasto Traficom sekä energiavirasto. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2019.)

Päästöjä voidaan vähentää lentämisen määrää vähentämällä tai parantamalla lentämisen tai polttoaineiden tehokkuutta. Päästöjen määrän kehitys riippuu lentämisen määrästä (lentokilometrit), polttoaineen hiili-intensiteetistä sekä energiaintensiteetistä. Jos lentämisen osuus globaaleista hiilidioksidipäästöistä pysyisi noin kahdessa prosentissa, aiheuttaisi lentoliikenne vain noin 0,1 miljardia hiilidioksiditonnia vuonna 2050. Lentämisen päästöintensiteetti koostuu polttoaineen päästöintensiteetistä sekä lentokoneiden keskimääräisestä polttoaineen kulutuksesta matkustajakilometriä kohden. (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, 47, 50.)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lentoliikenteen päästöt aiheutuvat sekä itse lentoliikenteestä että muista lentämiseen liittyvistä toiminnoista. Tällaisia toimintoja ovat mm. polttoaineiden jalostus, lentokoneiden valmistus, lentoasemien ylläpito (talvikunnossapito, energia, lentokenttälogistiikka jne) sekä matkustajien tuo- ja lähtöliikenne lentoasemille. Suurin osa lentoliikenteen päästöistä syntyy kuitenkin varsinaisen lennon aikana noin 10 kilometrin matkalentokorkeudessa.

Polttoaineen käyttö matkustajaa ja matkakilometriä kohden on tänä päivänä noin 70 % tehokkaampaa kuin 40 vuotta sitten. Lentoliikenteen energiatehokkuus on viime vuosikymmenen parantunut yli prosentin vuodessa. Päästöjen vähentämiskeinoja on erilaisia, ne voivat olla teknisiä, operatiivisia, taloudellisia tai sääntelyyn liittyviä. Kaikkia päästöjä ei kuitenkaan voida välttää ja hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi jäljelle jäävät päästöt kompensoidaan päästöhyvitysjärjestelmä CORSIAN kautta.

Suomessa lentoliikenteen matkustajamäärä oli ennätysellinen vuonna 2018, lähes 25 miljoonaa matkustajaa lensi Finavian lentoasemien kautta. Kasvua vuoteen 2017 oli 10,1 %. Suomen vetovoimaisuutta osoittaa Lapin matkailun voimakas lisääntyminen ennen kaikkea englantilaisten taholta. Helsinki-Vantaa on merkittävässä asemassa Aasian ja Euroopan välisessä liikenteessä ja jopa kolmasosa Helsinki-Vantaan matkustajista on vaihtomatkustajia eli sitä käytetään vaihtokenttänä esimerkiksi lennettäessä Euroopasta Aasiaan.

Lentomatkustuksen kysyntä kasvaa ja suomalaisten matkustaminen ulkomaille on lisääntynyt runsaasti viimeisen vuosikymmenen aikana. Kotimaan lentoliikenne on pysynyt tasaisena, mutta kansainvälinen lentoliikenne on kasvanut huimasti. Päästökeskustelut eivät ole vähentäneet lentomatkustamisen intoa, vaan lentomatkustus kasvaa vuosi vuodelta. Ilmastonmuutoksen kannalta keskeinen kysymys on, kasvaako lentoliikenne entisestään. Tulevaisuudessa lentoalan kasvuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. polttoaineen ja lentolippujen hinnan kehitys, kysyntä, lentokoneiden tekninen kehitys sekä yleinen liike- ja talouselämän kasvu

## LÄHTEET

ACI 2018. ACI (Airport Council International) Europe 2018. . [Viitattu 25.9.2019]. Saatavissa <https://www.airportcarbonaccreditation.org/airport/4-levels-of-accreditation/introduction.html>

ATAG 2017. ATAG (Air Transport Action Group) 2017. Beginner´s Guide to Sustainable Aviation Fuel. [Viitattu 30.9.2019]. Saatavissa [https://aviationbenefits.org/media/166152/beginners-guide-to-saf\\_web.pdf](https://aviationbenefits.org/media/166152/beginners-guide-to-saf_web.pdf)

ATAG 2018a. [Viitattu 25.9.2019]. Saatavissa: <https://www.atag.org/facts-figures.html>

ATAG 2018b. Aviation Benefits Beyond Borders 2018. [Viitattu 12.8.2019]. Saatavissa: [https://aviationbenefits.org/media/166344/abbb18\\_full-report\\_web.pdf](https://aviationbenefits.org/media/166344/abbb18_full-report_web.pdf)

ATAG 2018c. Sustainable aviation fuel in flight. [Viitattu 2.10.2019]. Saatavissa <https://aviation.benefits.org/environmental-efficiency/our-climateplan/sustainable-aviation-fuel-in-flight/>

EASA, EEA, EUROCONTROL 2016. [Viitattu 25.9.2019]. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/292417/SYKEra\\_2\\_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/292417/SYKEra_2_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Eurocontrol 2016. [Viitattu 29.9.2019]. Saatavissa: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-03/emep-eea-air-pollution-emission-inventory-method-v1.0.pdf>

Eurocontrol 2018. [Viitattu 20.6.2019]. Saatavissa: <https://www.eurocontrol.int/search?keywords=environmental%20issues%20aviation>

Euroopan Unioni 2017. Clean-Sky 2. [Viitattu 26.9.2019]. Saatavissa: [https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/clean-sky2\\_fi](https://europa.eu/european-union/about-eu/agencies/clean-sky2_fi)

Finavia 2016. Uutishuone 2016. [Viitattu 20.6.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2016/tasta-kysymys-lentokoneiden-jaanpoistossa>

Finavia 2017a. Helsinki-Vantaalle aurinkovoimala - Finavia tukee ilmasto-ohjelmallaan kansainvälistä ilmastositimusta. Lehdistötiedote. [Viitattu 20.5.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/helsinki-vantaalle-aurinkovoimala-finavia-tukee-ilmasto-ohjelmallaan-kansainvalista>

Finavia 2017b. Uutishuone 2017. [Viitattu 20.7.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/helsinki-vantaalle-aurinkovoimala-finavia-tukee-ilmasto-ohjelmallaan-kansainvalista>

Finavia 2017c. Helsinki-Vantaan lentoasema. Lentokonemelun hallintasuunnitelma. [Viitattu 28.9.2019]. Saatavissa: [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Lentokonemelun\\_hallintasuunnitelma\\_Final\\_netiversio.pdf](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Lentokonemelun_hallintasuunnitelma_Final_netiversio.pdf)

Finavia 2018a. Uutishuone 2018. [Viitattu 20.7.2019]. Saatavissa <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2017/helsinki-vantaalle-aurinkovoimala-finavia-tukee-ilmasto-ohjelmallaan-kansainvalista>

Finavia 2018b. Vastuullisuusraportti 2017. [Viitattu 28.9.2019]. Saatavissa [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia\\_Vastuullisuusraportti\\_2017.pdf?navref=paragraph](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia_Vastuullisuusraportti_2017.pdf?navref=paragraph)

Finavia 2018c. Vuosi 2017. [https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia\\_Vuosi2017.pdf?navref=paragraph](https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Finavia_Vuosi2017.pdf?navref=paragraph)

Finavia 2019a. Tietoa Finaviasta. [Viitattu 12.6.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/finavia-yrityksena/visio-ja-strategia>

Finavia 2019b. Tietoa Finaviasta. [Viitattu 12.6.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/tietoa-lentoliikenteesta>

Finavia 2019c. Uutishuone 2019. [Viitattu 12.8.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2019/puheenvuoro-lentamisen-tulevaisuus-taataan-kansainvalisilla-paastoratkaisuilla>

Finavia 2019d. Uutishuone 2019. [Viitattu 12.8.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2019/ennatysten-vuosi-2018-helsinki-vantaalla-20-miljoonaa-rikki-ja-lentoasemien>

Finavia 2019e. Helsinki Airport – Key Facts and figures. [Viitattu 12.8.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/sites/default/files/documents/Helsinki%20Airport%20Facts%20and%20Figures%202018.pdf>



Finavia 2019f. Tietoa Finaviasta. Finavian ilmasto-ohjelma. [Viitattu 16.8.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/vastuullisuus/ilmasto-ohjelma>

Finavia 2019g. Tietoa Finaviasta. Finavian ympäristötyö. [Viitattu 11.8.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/vastuullisuus/ymparistovastuu/ymparistotyö>

Finavia 2019h. Vastuullisuusraportti 2018. [Viitattu 20.8.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/taloustiedot/vuosikertomukset/2018>

Finavia 2019i. Tietoa Finaviasta. Finavian ympäristötyö. [Viitattu 7.9.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/vastuullisuus/ymparistovastuu/ilmanlaatu-ja-paastot>

Finavia 2019j. Uutishuone 2019. [Viitattu 18.9.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2019/finavian-lentoasemilla-kaytetaan-sataprosenttisesti-uusiutuva-sahkoa>

Finavia 2019k. Uutishuone 2019. [Viitattu 25.9.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2019/kansainvalinen-lentoliikenne-lukuina> Finavia 2019l. Uutishuone 2019. [Viitattu 27.9.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2019/puheenvuoro-sahkolentokoneilla-matkustetaan-suomessa-ehka-jo-2030-luvulla>

Helsingin Sanomat 2018a. Talous. Lentämisen tulevaisuus voi olla sähkössä, ja kohta siivilleen nousee Suomen ensimmäinen sähkömoottorikone – ”Nyt ajatellaan, että pahat ihmiset lentävät, sähköistyminen muuttaa sen” Julkaistu 20.6.2018. [Viitattu 27.9.2019]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000005727766.html>

Helsingin Sanomat 2018b. Kotimaa. Lentämisestä aiheutuvaa ilmastoahdistusta voi hyvittää rahalla – mutta mihin rahat menevät ja mistä voi tietää oikean summan? Julkaistu 23.10.2018. [Viitattu 2.10.2019]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005874539.html>

IATA 2018. IATA Forecast Predicts 8.2. billion Air Travelers in 2037. Press Release No. 62, published 24.10.2018. [Viitattu 27.9.2019]. Saatavissa: <https://www.iata.org/press-room/pr/Pages/2018-10-24-02.aspx>

ICAO 2016a. On Board a Sustainable Future. [Viitattu 24.9.2019]. Saatavissa: [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAOEnvironmental\\_Brochure-1UP\\_Final.pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAOEnvironmental_Brochure-1UP_Final.pdf)

ICAO 2016b. ICAO Environmental Report. Aviation and climate change. [Viitattu 28.9.2019]. Saatavissa: <https://www.icao.int/environmentalprotection/Documents/ICAO%20Environmental%20Report%202016.pdf>

ICAO 2017. ICAO Council adopts new CO2 emissions standard for aircraft. Published 6.3.2017. [Viitattu 24.9.2019]. Saatavissa: <https://www.icao.int/Newsroom/News-Doc2017/COM.05.17.EN.pdf>

ICAO 2018. CORSIA States for Chapter 3 State Pairs. [Viitattu 24.9.2019]. Saatavissa: <https://www.icao.int/enviromental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx>

Lentoliikenne ja ilmastositut 2018. [Viitattu 1.10.2019]. Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/lentoliikenne-ja-ilmasto>

Sesarju 2018. About Single European Sky. [Viitattu 28.9.2019]. Saatavissa: <https://www.sesarju.eu/background-ses>

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019. [Viitattu 23.8.2019]. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/292417/SYKEra\\_2\\_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/292417/SYKEra_2_2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Tekniikka & Talous 2009. [Viitattu 28.9.2019]. Saatavissa: Lentoliikenne ja ilmasto – kompleksinen suhde. Julkaistu 12.10.2009. <https://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2009-10-12/Lentoliikenne-ja-ilmasto---kompleksinen-suhde-3280045.html>

Tekniikka & Talous 2019. [Viitattu 28.9.2019]. Saatavissa <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/slovenialainen-sahkolentokone-nousi-ilmaan-malmilla-hinta-150000-euroa-lentoaika-tunnin-video/6388797a-6c58-3783-9283-7b6a72a77e26>

Tilastokeskus 2018. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2016. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. 15 April 2018. [Viitattu 23.9.2019]. Saatavissa: [https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi\\_nir\\_un\\_2016\\_20180415.pdf](https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/fi_nir_un_2016_20180415.pdf)

Tilastokeskus 2019. Suomalaisten matkailu 2018. [Viitattu 19.8.2019]. Saatavissa: [https://www.stat.fi/til/smat/2018/smat\\_2018\\_2019-03-28\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/smat/2018/smat_2018_2019-03-28_tie_001_fi.html)

Trafi 2018a. Trafin julkaisuja 7/2018. State Action Plan of Finland International Aviation CO2 Emissions. [Viitattu 12.6.2019]. Saatavissa: [https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1531731619/cd3a5096c1aca9af86acd2a079dac9c9/31344-State\\_Action\\_Plan\\_of\\_Finland\\_2018\\_International\\_Aviation\\_CO2\\_Emissions.pdf](https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1531731619/cd3a5096c1aca9af86acd2a079dac9c9/31344-State_Action_Plan_of_Finland_2018_International_Aviation_CO2_Emissions.pdf)

Trafi 2018b. Päästökauppa. [Viitattu 12.6.2019]. Saatavissa: <https://www.trafi.fi/ilmailu/ymparistoasiat/paastokauppa>

Traficom 2019. EU:n lentoliikenteen päästökauppa. [Viitattu 12.6.2019]. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/ilmailu/eun-lentoliikenteen-paastokauppa>

Työ- ja elinkeinomiisteriö 2019. Lentoliikenteen päästökauppa. [Viitattu 12.6.2019]. Saatavissa: <https://tem.fi/lentoliikenteen-paastokauppa>

Yle.fi. Sähkölentokoneen ensilento Suomessa. [Viitattu 27.9.2019]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10331126>

## SANASTO

ACA	Airport Carbon Accreditation, kansainvälisten lentokenttien hiilipäästöjen hallintaohjelma
ACI	Airport Council for Aviation Research and Innovation in Europe, ilmailualan eurooppalainen teknologiayhteisö
ANS	Air Navigation Services, lennonvarmistuspalvelut
ATAG	Air Transport Action Group, lentoalan eri ammattijärjestöjen ja lentokoneiden valmistajien yhteinen järjestö
CCD	Climb, Cruise, Descent, nousu- matkalento- ja liukuvaiheet. CCD-sykliä käytetään lentopäästöjen laskennassa
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, päästöhyvitysjärjestelmä
ICAO	International Civil Aviation Organization, Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö
LTO	Landing and Take off Cycle, LTO-sykliä käytetään lentoliikenteen päästöjen laskennassa
RESGO	Renewable Energy Sources, Guarantees of Origin, järjestelmä jonka kautta varmistetaan tuulisähkön alkuperä
SAF	Sustainable Aviation Fuels, kestävä lentopolttoaine
SES	Single European Sky, yhtenäinen eurooppalainen ilmatila
SLOT	Lentokoneiden lähtö- ja tulovuorot lentoasemalle järjestetään slot-koordinaation avulla

## LIITTEET

**Kyselytutkimus Kuopion lentoasemalla tammikuu - joulukuu 2018.**

Vastaajia 500 matkustajaa, n=500.

**1. What is the main purpose of your trip?**

Business	55 %
Leisure/holiday	37 %
Visiting acquaintances or relatives	5 %
Other	3 %

**2. Is your flight scheduled or a charter?**

Scheduled flight	90 %
Charter flight	10 %

**3. What type of vehicle did you use to arrive at this airport today?**

A private car, as a passenger	35 %
A private car, parked at the airport	20 %
A taxi	37 %
A rental car	5 %
A bus	3 %
An aeroplane	0 %

**Kyselytutkimus Kuopion lentoasemalla tammikuu - kesäkuu 2019.**

Vastaajia 243 matkustajaa, n=243.

**1. Mikä on postinumeronne?**

Kuopio	70-75	51,9 %
Muu	01-02	13,2 %
Helsinki	00	11,5 %
Joensuu	80-83	4,9 %
Pieksämäki	76-79	2,9 %
Turku	20-22, 24-27	2,5 %
Keski-Uusimaa	03-05	2,1 %
Jyväskylä	40-44	1,6 %
Länsi-Uusimaa	08-10	0,8 %
Hämeenlinna	11-14	0,8 %
Lahti	15-19	0,8 %
Tampere	33-39	0,8 %
Kajaani	87-89	0,8 %
Itä-Uusimaa	06-07	0,4 %
Kotka	48-49	0,4 %
Oulu	90-93	0,4 %
Rovaniemi	96-99	0,4 %
Ei vastausta		3,7 %