

# **Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja miten niitä voidaan vähentää?**

**Ilmansuojeluyhdistyksen kevätseminaari**

Johanna Niemistö

22.3.2019

## Lentomatkustuksen päästöt

Mistä lentoliikenteen päästöt syntyvät ja  
miten niitä voidaan vähentää?

Johanna Niemistö, Sampo Soimakallio, Ari Nissinen  
ja Marja Salo

Suomen ympäristökeskus

### SISÄLLYS

1.	Johdanto.....	9
2.	Yleiskuva lentoliikenteestä .....	10
2.1	Lentoalan toimijat .....	11
2.2	Lentoliikenne globaalisti ja Euroopassa .....	13
2.3	Lentoliikenne Pohjoismaissa .....	15
2.4	Lentoliikenne Suomessa .....	17
2.4.1	Suomalaisen lentomatkustaminen vuonna 2017 .....	19
2.4.2	Ketkä matkustavat? .....	20
3.	Lentoliikenteen päästöt ja ympäristövaikutukset .....	21
3.1	Lentokoneiden aiheuttamat päästöt .....	22
3.2	Päästöjen seuranta ja laskenta .....	23
3.3	Päästölaskurit ja päästöjen kompensointi .....	25
3.4	Lentoliikenteen päästöt globaalisti ja Euroopassa .....	28
3.5	Suomen lentoliikenteen päästöt .....	29
3.6	Finavian ja Finnairin päästöt vuonna 2017 .....	32
4.	Keinot päästöjen vähentämiseksi.....	33
4.1	Säätelypohjaiset keinot: Standardit koneiden melu- ja päästötasoille .....	34
4.2	Tekniset keinot.....	35
4.2.1	Lentokoneiden ja moottoreiden tekninen kehitys .....	35
4.2.2	Sähkölentokoneet .....	36
4.2.3	Kerosiiniille vaihtoehtoiset lentopolttoaineet .....	36
4.3	Operatiiviset keinot.....	38
4.3.1	Lennonohjaus ja reittien optimointi .....	38
4.3.2	Lentoasemien hiilidioksidipäästöjen hallintaohjelma ja hiilineutraalius .....	39
4.4	Taloudelliset ohjauskeinot .....	40
4.4.1	Lentoliikenteen päästökauppa Euroopassa .....	40
4.4.2	Päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA .....	41
4.4.3	Lentoliikenteen verotus .....	43
4.4.4	Lentoliikenteen saamat tuet .....	45
4.5	Matkustajien ja työntekijöiden vaikutusmahdollisuudet .....	45
4.6	Yhteenveto vähennyskeinoista .....	47
5.	Lentämisen päästöjen kehitys Pariisin ilmastopöytäkirjasta toteutettaessa .....	48
5.1	Globaali hiilibudjetti ja päästöpöytäkirja .....	48
5.2	Lentoliikenteen päästöpöytäkirja vuoteen 2050 .....	49
5.3	Päästöpöytäkirjan raameissa jäljellä olevat lentokilometrit .....	50
6.	Johtopäätökset .....	51

Johanna Niemistö, Sampo Soimakallio, Ari Nissinen ja Marja Salo  
Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, julkaistu 15.1.2019

# Lentoliikenteen päästöt

Taulukko 3. Lentoalan päästölähteitä ja mahdollisia negatiivisia vaikutuksia. Lähteet: EEA 2017, Finavia 2018g, EASA ym. 2016, ICAO 2016b, Lyytimäki & Rinne 2013.

Päästölähde		Mahdolliset haittavaikutukset ympäristölle ja terveydelle
<b>Päästöt ilmaan</b>		
Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) ~70 %	Lentokoneet ja lentokentällä käytettävät moottoriajoneuvot (esimerkiksi VOC-yhdisteitä voi vapautua myös tankkaamisen yhteydessä lentoasemalla), polttoainesten valmistus	Kasvihuonekaasu, ilmastonmuutoksen edistäminen
Rikin oksidit (SO <sub>x</sub> )		Sulfaattihiukkasten muodostuminen (ilmakehää viilentävä vaikutus)
Typen oksidit (NO <sub>x</sub> )		Typen oksidit lisäävät otsonin muodostumista (ilmakehää lämmittävä vaikutus) ja vähentävät metaanin määrää (viilentävä vaikutus)
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)		Häkä, typen oksidit ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet vaikuttavat paikalliseen ilmanlaatuun ja voivat aiheuttaa terveyshaittoja (esim. sydän- ja verisuonisairauksia).
Hiilimonoksidi eli häkä (CO)		
Pienhiukkaset (PM)		Pienhiukkaset lisäävät pilvien muodostusta yläilmakehässä (lämmittävä vaikutus)
Vesihöyry (H <sub>2</sub> O) ~30 %		Jättövanojen vaikutukset pilvien muodostukseen ovat edelleen epäselviä.

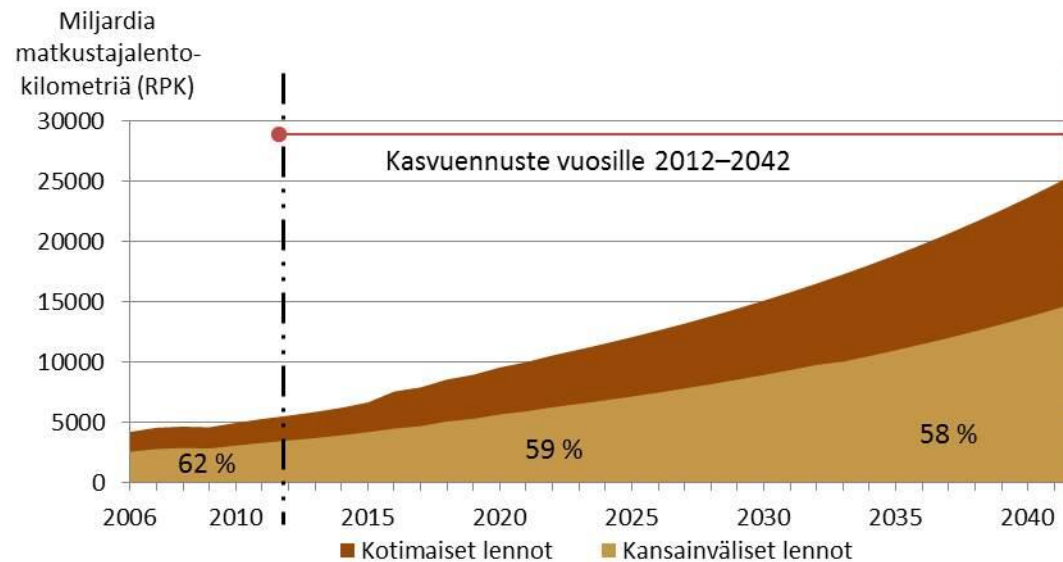
Muita päästölähteitä: melu, polttoaineiden ja energian tuotannosta ja veden käytöstä aiheutuvat päästöt, jätteiden synty ja käsittely, keinovalo, maankäytön muutokset

- 1 kg (~0,8 litraa) lentopetrolia vastaa noin 3,16 kg hiilidioksidia
- Keskimääräinen kulutus noin 3 litraa 100 matkustajalentokilometriä kohti

**Mitkä ovat yhteisvaikutukset (huomioidaan muutkin päästöt hiilidioksidin lisäksi)?**  
Tutkijoiden arvion mukaan noin kaksinkertaiset.

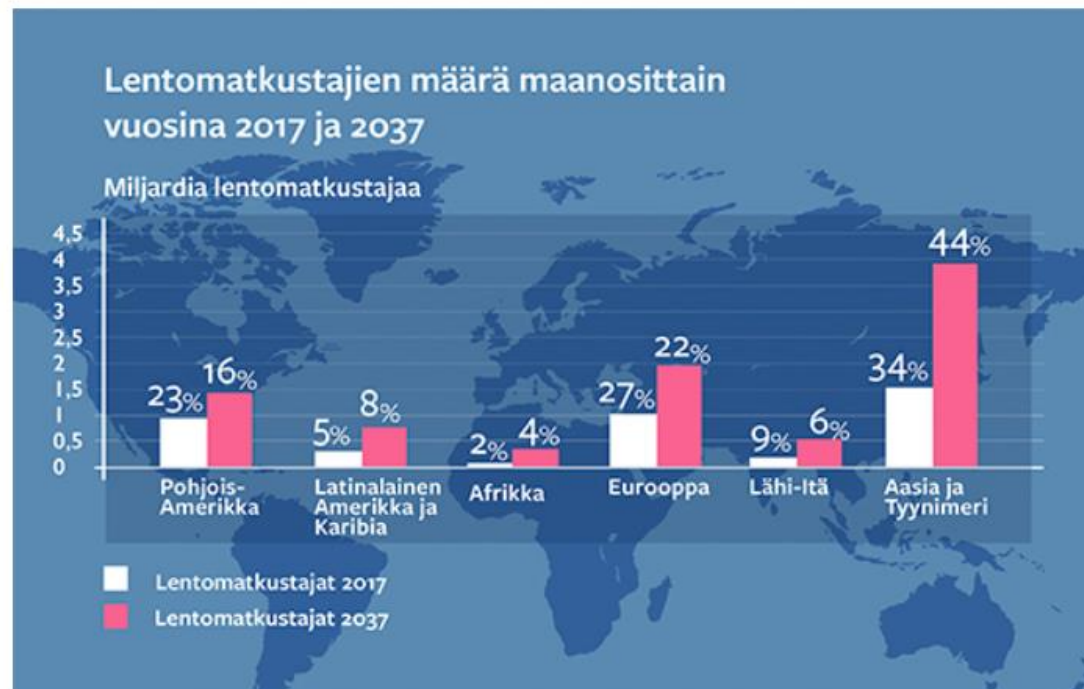
# Nykytilanne

- Lentoliikenne (sis. myös rahtilennot) aiheutti globaalisti 859 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt vuonna 2018.
- Lentoliikenteen osuus ihmisen toiminnan aiheuttamista suorista hiilidioksidipäästöistä on noin 3 prosenttia EU:ssa ja noin 2 prosenttia globaalisti.
- Yhteisvaikutuksiltaan, kun huomioidaan hiilidioksidin lisäksi myös muut tekijät, lentoliikenteen osuus ilmakehävaikutuksista on noin 4–5 prosenttia.
- Noin 65 prosenttia lennoista on kansainvälisiä lentoja ja 35 prosenttia kotimaan lentoja.



# Lentoliikenne kasvaa edelleen

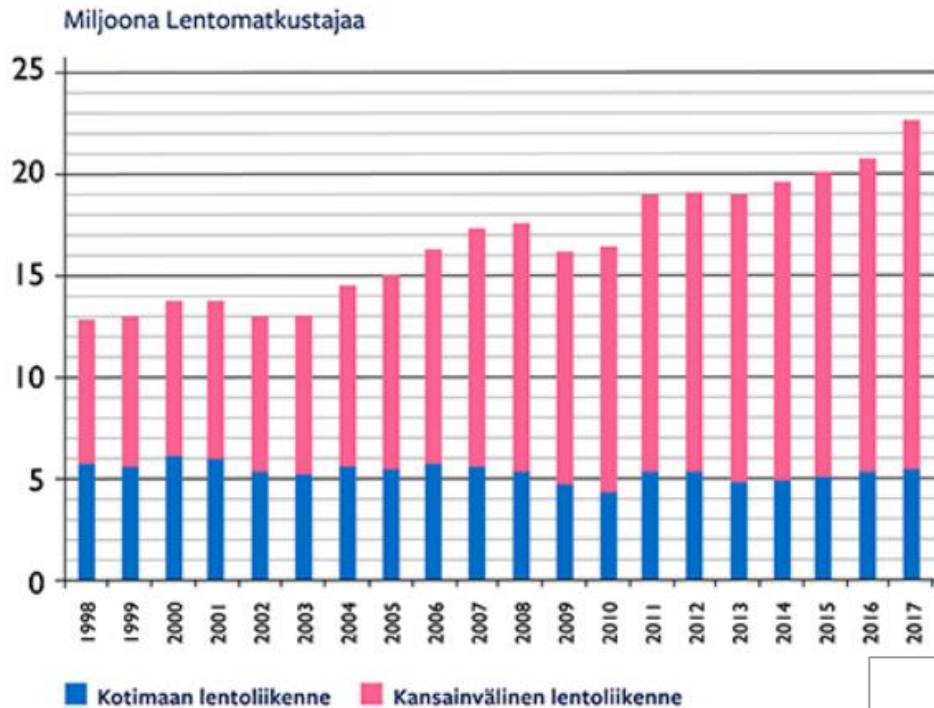
- Lentomatkustajien määrä oli vuonna 2017 yli 4 miljardia, määrän odotetaan tuplaantuvan 8,2 miljardiin vuonna 2037.
- Eniten kasvua ennustetaan Aasian ja Tyynenmeren alueelle.
- Lentoala on hyvin kansainvälistä ja kytköksissä moneen muuhun alaan, joten todellinen kasvu riippuu mm. yleisestä talous- ja liike-elämän kasvusta, sääntelyjärjestelmistä, polttoaineiden ja lentolippujen hinnoista sekä kilpailevien matkustusmuotojen kehittymisestä.



Lentomatkustajien määrä maanosittain vuosina 2017 ja 2037. © SYKE

# Lentoliikenne Suomessa

## Suomen lentomatkustajamäärä 1998–2017



Suomen lentomatkustajat 1998-2017. © SYKE

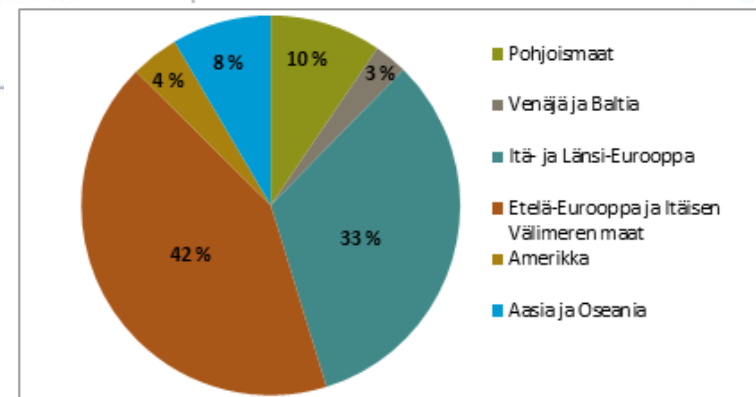
Lähes 23 miljoonaa lentomatkustajaa vuonna 2017

Vuonna 2017 suomalaiset tekivät ulkomaille 5,4 miljoonaa lentomatkaa

- 72 % vapaa-ajan matkoja
- 28 % työmatkoja

Kotimaan lentomatkkoja 750 000

- 53 % työhön liittyviä
- 47 % vapaa-ajan matkoja



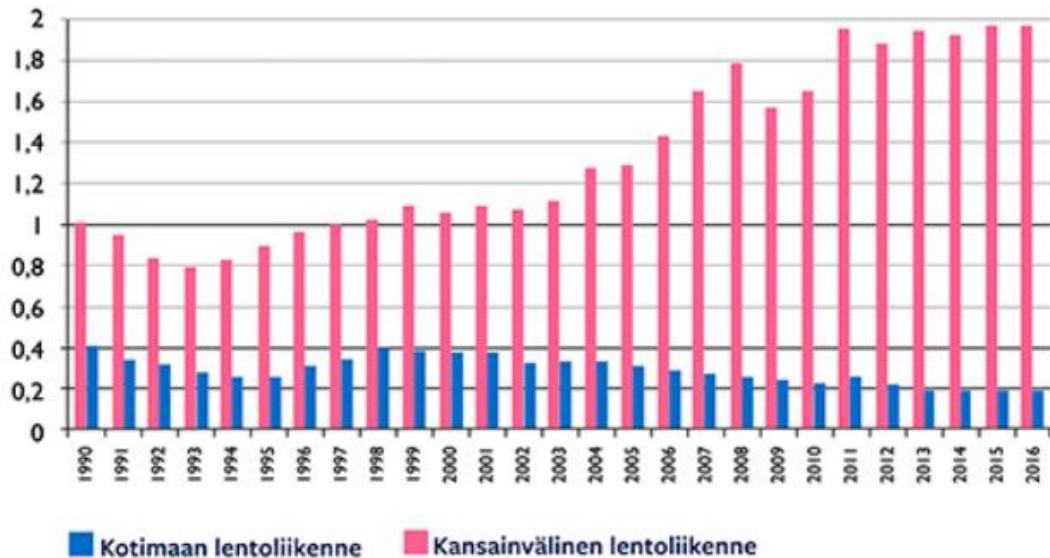
Suomalaisten vuonna 2017 lentäen tekemät vapaa-ajanmatkat maanosittain (Data: Tilastokeskus 2018a).



# Lentoliikenteen päästöt Suomessa

Suomen lentoliikenteen päästöt 1990–2016

Hiilidioksidipäästöt, miljoonaa tonnia



Matkustajamäärien kasvusta huolimatta päästöjen kasvu on tasaantunut, lähinnä konekannan uusimisen ja lentoalan tehostumisen vuoksi.

Suomen lentoliikenteen päästöt 1990-2016. © SYKE

# Huomioita tilastoinneista

- Yksittäinen matkustaja saatetaan laskea jopa kaksi tai kolme kertaa yhden matkan aikana: kotimaan lähtevä matkustaja, kotimaan saapuva matkustaja, vaihtomatkustaja...
- Kansallisuudet eivät näy tilastoissa selkeästi.
- Ei ole tietoa, kuinka suuri osa esimerkiksi suomalaisista lentää, todennäköisesti lentäminen jakaantuu hyvin epätasaisesti.
- Päästölaskurien tulokset vaihtelevat: eroja mm. laskennan taustatiedoissa, rahdin huomioinnissa ja päästöjen yhteisvaikutusten huomioinnissa
- Yksittäisen kuluttajan henkilökohtaisessa päästöbudjetissa jo yksittäinen lento voi olla suuressa roolissa.



# Päästöjen vähentämiskeinot

Lentoliikenteen päästöt [t CO<sub>2</sub>] =  
lentokilometrit [km]\*  
energiaintensiteetti [MJ/km] \*  
polttoaineiden päästöintensiteetti  
[t CO<sub>2</sub>/MJ]

- Lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi on joko
  - **Lisättävä lentämisen energiatehokkuutta**
    - **Ilma-alusten teknologinen kehitys:** pienempi polttoaineen kulutus per matkustajalentokilometri, massan vähentäminen (materiaalien kehitys) ym.
    - **Muutokset lentotoiminnassa:** lentotapojen ja lentoreittien optimointi, ilmatilan hallinta
  - **Vaihdettava polttoaine/energianlähde vähähiilisempään**
    - Uusiutuvat, kestävästi tuotetut lentopolttoaineet
    - Sähkölentokoneet, hybridit
  - **Vähennettävä lentokilometrejä**
    - **Toimintatapojen muutokset:** etäkokoukset, lomakohteet lähempänä kotoa, matkustusmuotojen muuttaminen ja/tai yhdistely
    - Matkustajat tärkeässä roolissa!

# Taloudelliset ohjauskeinot

- **Verotus**

- Verotus: polttoaineet ja ulkomaan lentoliput verottomia, kotimaan lentolipuissa alennettu verokanta (10 %)
- Lentovero osassa Euroopan maista (Ruotsi, Norja, Saksa, Italia, Iso-Britannia, Itävalta, Kreikka) käytössä, hinnoittelu vaihtelee.

- **Päästökauppa**

- Euroopan talousalueen väliset lennot kuuluneet päästökaupan piiriin vuodesta 2012 lähtien.

- **Jakeluelvoitteiden asettaminen**

- Esimerkiksi Norjassa 0,5 % jakeluelvoite lentopolttoaineille 2020 lähtien.

- **Tuet tai kannustimet**

- Esimerkiksi uusiutuvien polttoaineiden käyttöön ottamiselle.

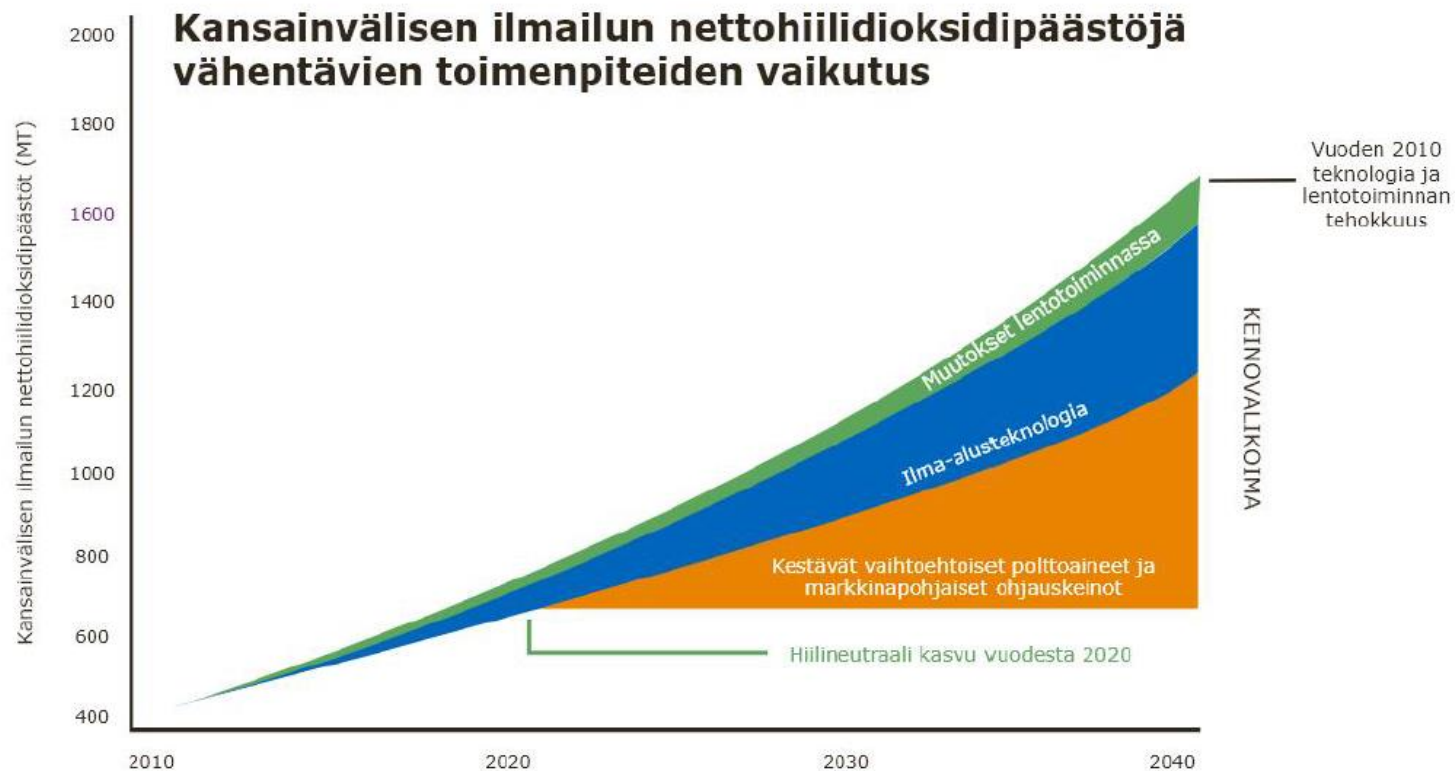
- **Kompensaatiot**

- Päästöhyvitysjärjestelmä CORSIA
- Matkustajien vapaaehtoiset kompensatiot erilaisten toimijoiden kautta

# CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)

- Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAOn jäsenvaltioiden (=192 kpl eli lähes kaikki maailman valtiot) asettamana tavoitteena on, etteivät kansainvälisen lentoliikenteen nettopäästöt kasvaisi vuoden 2020 jälkeen.
- Kansainvälisten lentojen päästöt monitoroidaan ja raportoidaan vuodesta 2019 lähtien ICAOn laatimien ohjeiden mukaan.
- Vuosien 2019 ja 2020 lentopäästöjen keskiarvo toimii vertailukohtana.
- Tämän vertailukohdan ylittävät päästöt kompensoidaan seuraavina vuosina.
- Päästöhyvitysjärjestelmä koostuu kolmesta vaiheesta vuosina 2021–2023, 2024–2026 ja 2027–2035. Vasta viimeinen vaihe on pakollinen kaikille.
- Standardit ja ohjeet päästöyksiköiden kriteereihin liittyen eivät ole vielä saatavilla (ICAO laatii).

# ICAO:n arvio toimien vaikuttavuudesta kv-lentoliikenteen päästöjen vähentämisessä



Kuva 14. ICAO:n arvio toimien vaikuttavuudesta kansainvälisen lentoliikenteen päästöjen vähentämiseksi (valtioiden sisäisten lentojen päästöjä ei siis ole huomioitu kuvassa) (Lähde: ICAO ja Trafi 2018d).

Trafi 2018: [https://www.trafitalks.fi/artikkelit/62/corsia\\_karsimaan\\_lentoliikenteen\\_paastoja](https://www.trafitalks.fi/artikkelit/62/corsia_karsimaan_lentoliikenteen_paastoja)

# Päästöpolut ja Pariisin ilmastososopimus

Taulukko 11. Maailman hiilidioksidipäästöjen, väestön ja väestöä kohden laskettujen hiilidioksidipäästöjen kehitys 1,5 asteen lämpötilatavoitteen saavuttamiseen johtavalla päästöpolulla (Rockström ym. 2017, IPCC 2018) vuosina 2017–2050 sekä havainnollistus siitä, kuinka suuren osuuden yksi edestakainen matka nykyteknologialla kuluttaisi yhden henkilön keskimääräisestä vuotuisesta päästömäärästä. Huomioi, ettei tässä ole otettu huomioon reaktioita yläilmakehässä, jotka voivat yli kaksinkertaistaa lentojen ilmastovaikutukset verrattuna polttoaineen palamisesta syntyviin hiilidioksidipäästöihin. Lentojen päästöissä ei myöskään ole otettu huomioon muun muassa öljynjalostuksen päästöjä.

	2017	2020	2030	2040	2050
<b>Maailman kokonaishiilidioksidipäästöt (miljardia hiilidioksiditonnia)</b>	37	34,2	24,8	15,4	6
<b>Maailman väestö (miljardia asukasta)</b>	7,6	7,8	8,5	9,3	10
<b>Maailman CO<sub>2</sub>-päästöt per henkilö (kg CO<sub>2</sub>/capita)</b>	4868	4372	2901	1660	600
<b>Kuinka suuren osan (%) yksi edestakainen nyky lento kuluttaisi henkilön hiilibudjetista (laskettu Finnairin laskurilla):</b>					
<b>Helsinki-Oulu (134 kg hiilidioksidia)</b>	2,8 %	3,1 %	4,6 %	8,1 %	22,3 %
<b>Helsinki-Wien (272 kg hiilidioksidia)</b>	5,6 %	6,2 %	9,4 %	16,4 %	45,3 %
<b>Helsinki-Bangkok (826 kg hiilidioksidia)</b>	17,0 %	18,9 %	28,5 %	49,8 %	>100

Taulukko 12. Erilaisia arvioita lentoliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2050.

Arvion peruste	Päästöt vuonna 2050, miljardia CO <sub>2</sub> -ekv. tonnia
Nykyisellä kasvuennusteella ilman päästövähennystoimenpiteitä	2,7
Nykyisellä kasvuennusteella ja ICAOn päästövähennystoimenpiteillä	0,7
Jos koko globaali hiilibudjetti vuonna 2050 annettaisiin öljynjalostustuotteille, ja lentokerosiinin osuus öljyn jatkojalostuksessa olisi nykytasolla	0,5
Jos lentämisen osuus globaaleista hiilidioksidipäästöistä pysyisi nykyisessä noin kahdessa prosentissa	0,1

# Lopuksi

- Tekninen kehitys ja kompensatiot tuskin riittävät päästöjen vähentämiseen jos lentoliikenteen kasvu jatkaa nykykasvuun.
- Kuluttajat voivat osaltaan vaikuttaa lentämisensä päästöihin.
- Tiukemmat ohjauskeinot ja esimerkiksi verotus, polttoaineen jakeluvelvoitteet ja muut toimet vaihtoehtoisten polttoaineiden käytön lisäämiseksi voivat olla merkittäviä keinoja tulevaisuudessa.
- Sääntelyn yhtenäistäminen ja uudistaminen yhtenäisesti globaalisti tai vähintään Euroopassa mahdollistaisi tasaisemman kohtelun matkustajien, operaattoreiden ja lentoasemien välillä.

Lähteet: Johanna Niemistö, Sampo Soimakallio, Ari Nissinen ja Marja Salo

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2019, julkaistu 15.1.2019, <http://hdl.handle.net/10138/292417>

[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lentamisen\\_paastot\\_kasvavat\\_tekninen\\_ke\(48975\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Lentamisen_paastot_kasvavat_tekninen_ke(48975))

[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Paaosa\\_suomalaisten\\_lentamisesta\\_on\\_ulko\(48980\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Paaosa_suomalaisten_lentamisesta_on_ulko(48980))