LIIKENNE- JA VIESTINTÄMINISTERIÖN JULKAISUJA 57/2005
Liikenne

Luonnonvarojen kulutus Suomen lentoliikenteessä

(LentoMIPS)

Liikenne- ja viestintäministeriö
Helsinki, 2005

LIIKENNE- JA VIESTINTÄMINISTERIÖ

KUVAILULEHTI

Julkaisun päivämäärä

25.8.2005

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)	Julkaisun laji
Anni Nieminen, Michael Lettenmeier, Arto Saari, Suomen luonnonsuojeluliitto ry	Tutkimusraportti
	Toimeksiantaja: Liikenne- ja viestintäministeriö*

Julkaisun nimi

Luonnonvarojen kulutus Suomen lentoliikenteessä (LentoMIPS)

Tiivistelmä

Tämä tutkimus käsittelee suomalaista lentoliikennettä MIPS (Material Input Per Service unit) -metodologian mukaisesti. MIPS-luvut laskettiin henkilö- ja tavaraliikenteelle muodossa kg/henkilökilometri ja kg/tonnikilometri ja kolmessa MIPS-kategoriassa: abioottiset eli elottomat luonnonvarat, vesi ja ilma.

Laskelmissa käytettiin esimerkkilentoasemia, -reittejä ja -koneita. Tarkasteltavaksi valittiin Helsinki-Vantaan ja Jyväskylän lentoasemat, neljä eri pituista reittiä sekä kuusi näillä reiteillä liikennöivää lentokonetta. Lentoasemien lentoliikennealueiden materiaalivirtojen allokointiin liikenteelle käytettiin kolmea vaihtoehtoista tapaa: ensimmäisessä tavassa allokointi perustui lentoaseman operaatioiden määrään, toisessa lentoaseman matkustajien ja rahdin määrään ja kolmannessa operaatioiden kokonaismäärään siten, että lisäksi painotettiin esimerkkilentokoneen massaa.

Tulokseksi saatiin, että reitistä, lentokoneesta ja allokointitavasta riippuen matkustajaliikenteen abioottinen MIPS vaihteli välillä 0,04–0,88, veden MIPS 0,79–66 ja ilman MIPS 0,07–0,47 kg/henkilökilometri. Tavaraliikenteelle saatiin vastaavasti abioottinen MIPS 0,3–8,7, veden MIPS 7,8–660 ja ilman MIPS 0,54–4,7 kg/tonnikilometri. Kaikkien kategorioiden suurimmat MIPS-luvut saatiin lyhimmällä esimerkkireitillä ja pienimmät luvut kahdella pisimmällä reitillä.

Reitin pituus vaikutti oleellisesti MIPS-lukuun. Myös lentokoneen koolla ja käyttöasteella on merkittävä vaikutus. Vaikka kaikissa kategorioissa lentokoneen polttoaineenkulutus oli merkittävä tekijä, lyhyimmällä esimerkkireitillä myös lentoase-mien infrastruktuuri muodosti suuren osan abioottisista MIPS-luvuista. Pitkillä reiteillä polttoaineenkulutus dominoi abioot-tista ja ilman kategoriaa. Veden kulutuksen osalta tärkeimmät tekijät olivat kaikilla esimerkkireiteillä lentoasemilta pois johdettu sadevesi sekä sähkön tuotantoon kulunut vesi. Myös lentokoneen koko ja käyttöaste vaikuttavat tuloksiin huomattavasti.

Avainsanat (asiasanat)

MIPS, ekotehokkuus, materiaalitehokkuus, luonnonvarat, kulutus, ekologinen selkäreppu, elinkaari, infrastruktuuri, lentoliikenne, lentoasema, lentokone, liikenne

Muut tiedot

* yhdessä ympäristöministeriön, Ilmailulaitoksen, Tiehallinnon, Ratahallintokeskuksen ja Merenkulkulaitoksen kanssa. Tutkimus oli osana toimeksiantajatahojen rahoittamaa, useita liikennemuotoja kattavaa tutkimushanketta FIN-MIPS Liikenne. Muista liikennemuodoista on tuotettu vastaavia tutkimuksia. Yhteyshenkilö/LVM Saara Jääskeläinen

Sarjan nimi ja numero	ISSN	ISBN
Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 57/2005	1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkojulkaisu)	952-201-414-1 (painotuote) 952-201-415-X (verkkojulkaisu

Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
130	suomi	15 €	julkinen

Jakaja	Kustantaja
Edita Publishing Oy	Liikenne- ja viestintäministeriö

KOMMUNIKATIONSMINISTERIET

PRESENTATIONSBLAD

Utgivningsdatum

25.8.2005

Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)	Typ av publikation
Anni Nieminen, Michael Lettenmeier, Arto Saari, Finlands naturskyddsförbund r.f.	Forskningsrapport
	Uppdragsgivare
	Kommunikationsministeriet *

Publikation

Användningen av naturtillgångar för luftfarten i Finland (Flygplans-MIPS)

Referat

Luftfartens användning av naturtillgångar i Finland utreddes med metoden MIPS (Material Input per Service Unit). Utifrån valda flygstationer, linjer och flygplan beräknades användningen av abiotiskt material, vatten och luft som relaterades till antalet person- och tonkilometer.

För undersökningen valdes två flygstationer (Helsingfors-Vanda och Jyväskylä), fyra olika långa linjer samt sex flygplan som trafikerar dessa linjer. Materialintensiteten för flygstationerna beräknades enligt tre alternativ: i förhållande till antalet operationer, till mängden resenärer och gods och till det totala antalet operationer vägt med de valda flygplanens vikt.

Beroende på linje, flygplan och alternativ för beräkning av flygplatsernas materialintensitet är passagerartrafikens MIPS-värde för abiotiskt material mellan 0,04 och 0,88 kg per personkilometer, för vatten 0,79–66 kg och för luft 0,07–0,47 kg. Godstrafikens motsvarande värden för abiotiskt material är 0,3–8,7 kg, för vatten 7,8–660 kg och för luft 0,54–4,7 kg. Den kortaste linjen har de högsta MIPS-värdena för alla tre materialkategorier och de två längsta linjerna de lägsta.

Förutom linjens längd är också flygplanets storlek och användningsgrad av stor betydelse. Förbrukningen av bränsle är en betydande faktor för användningen av alla material, men på den kortaste linjen bidrar flygstationens infrastruktur till en stör del av MIPS-värdet för abiotiskt material. På de långa linjerna står bränsleförbrukningen för den mesta användningen av abiotiskt material och luft. Användningen av vatten härrör oberoende av flyglinje främst av avledningen av vatten på flygfälten samt av användningen av vatten vid elproduktion. Även flygplanets storlek och användningsgrad är av betydelse.

Nyckelord

MIPS, naturresurser, konsumtion, ekologisk ryggsäck, ekoeffektivitet, materialeffektivitet, lifscykel, infrastruktur, flygplan, flygfält, trafik

Övriga uppgifter

* tilsammans med miljöministeriet, Luftfartsverket, Vägförvaltningen, Banförvaltningscentralen, Sjöfartsverket. Undersökningen är en del av forskningsprojektet FIN-MIPS Trafik. Alla andra trafikslag har undersökts på motsvarande sätt. Projektet finansieras av uppdragsgivarna.
Kontaktperson vid kommunikationsministeriet är Saara Jääskeläinen.

Seriens namn och nummer	ISSN	ISBN
Kommunikationsministeriets publikationer 57/2005	1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (nätpublikation)	952-201-414-1 (trycksak) 952-201-415-X (nätpublikation)

Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
130	finska	15 €	offentlig

Distribution	Förlag
Edita Publishing Ab	Kommunikationsministeriet

MINISTRY OF TRANSPORT
AND COMMUNICATIONS FINLAND

DESCRIPTION

Date of publication

25 August 2005

Authors (from body; name, chairman and secretary of the body)	Type of publication
Anni Nieminen, Michael Lettenmeier, Arto Saari, Finnish Association for Nature Conservation	Research study report
	Assigned by
	Ministry of Transport and Communications*

Name of the publication

Natural Resource Consumption in Finnish Air Transport (Flying MIPS)

Abstract

The purpose of this study is to understand the natural resource consumption of air transportation in Finland according to the MIPS-concept. MIPS-values were calculated in the form of kg/passenger kilometer and kg/ton kilometer and separately in abiotic, water and air categories.

The calculation was carried out using case examples: four flight routes of varying range and six aircraft typical for the routes were considered. Two airports were studied: the hub of the Finnish air traffic, Helsinki-Vantaa airport, and the smaller provincial airport of Jyväskylä. Three different methods were used to allocate the material flows of the airport airside structures to the users: one based on the total number of operations on the airport, one based on the total amount of passengers and freight on the airport, and one based on the total number of operations on the airport and in addition weighted with the maximum take-off mass of the aircraft.

The results of the calculations varied heavily depending on the aircraft, flight route and method of allocation used. The abiotic MIPS for passenger transportation varied between 0.04…0.88, the MIPS for water consumption between 0.79…66, and the MIPS for air consumption between 0.07…0.47 kg/person-km. For the freight traffic, the MIPS numbers were 0.30…8.7, 7.8…660 and 0.54…4.7 kg/tkm, respectively.

One of the most notable factors that contribute to the large variance in the results is the range of the route. Although the fuel consumption of the aircraft is the most significant factor contributing to the MIPS of air transport, on short routes the airport infrastructure constitutes a remarkable proportion of the abiotic MIPS number. On the long range routes, the fuel consumption dominates in the abiotic and air categories. In the water category, the drainage water and water needed for the production of electricity has the most important role. The size and load factor of the aircraft also have a significant effect on the results.

Keywords

MIPS, eco-efficiency, resource efficiency, natural resources, consumption, ecological rucksack, life cycle, infrastructure, air transport, airport, aircraft, traffic, transport

Miscellaneous

* together with Ministry of the Environment, Finnish Road Administration, Finnish Rail Administration, Finnish Marine Administration, Finnish Civil Aviation Administration. The study was part of the FIN-MIPS Transport research project covering several transport modes. The results for the other means of transports are published in similar reports.
Contact person at the Ministry: Ms Saara Jääskeläinen

Serial name and number	ISSN	ISBN
Publications of the Ministry of Transport and Communications 57/2005	1457-7488 (printed version) 1795-4045 electronic version)	952-201-414-1 (printed version) 952-201-415-X (electronic version)

Pages, total	Language	Price	Confidence status
130	Finnish	€15	Public

Distributed by	Published by
Edita Publishing Ltd	Ministry of Transport and Communications

Esipuhe

Eri liikennemuotojen ympäristövaikutuksia on perinteisesti tarkasteltu ja verrattu lähinnä vain päästöjen ja energiankulutuksen näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa käytetty MIPS-mittari (material input per unit service) laajentaa näkökulman elinkaarenaikaiseen luonnonvarojen kulutukseen. Se tuo siten uuden näkökulman keskusteluun liikenteen ympäristövaikutuksista ja kestävästä kehityksestä.

Tutkimus on osa laajempaa FIN-MIPS Liikenne -tutkimushanketta. FIN-MIPS Liikenne -hankkeessa on tutkittu eri liikennemuotojen elinkaarensa aikana aiheuttamaa luonnonvarojen käyttöä sekä liikenteen välitöntä pinta-alan käyttöä. Hankkeen alkuvaiheen tutkimukset käsittelivät laiva-, lento-, juna-, tie- sekä polkupyöräliikenteen MIPS-lukuja. Hankkeen loppuvaiheessa tuotetaan tietoa Suomen koko liikennejärjestelmän materiaali-intensiteetistä, paikallisen liikenteen MIPS-luvuista sekä MIPS-laskennan kytkemisestä liikenneinfrastruktuurin suunnitteluun. Lisäksi tavoitteena on erityinen MIPS-laskentasovellutus tietokoneelle.

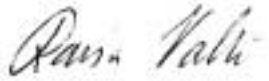
FIN-MIPS -hankkeen päärahoittajina ovat olleet liikenne- ja viestintäministeriö sekä ympäristöministeriö. Lisäksi hankkeen rahoitukseen ovat osallistuneet Tiehallinto, Merenkulkulaitos, Ratahallintokeskus, Ilmailulaitos ja Suomen luonnonsuojeluliitto ry. Suomen luonnonsuojeluliitto on vastannut tutkimuksen toteutuksesta ja koordinoinnista. Hanke on toteutettu osana ympäristöministeriön Ympäristöklusteri-tutkimusohjelmaa.

Hankkeen ohjausryhmän työskentelyyn ovat osallistuneet Raija Merivirta ja Saara Jääskeläinen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Merja Saarnilehto, Mauri Heikkonen ja Jarmo Muurman ympäristöministeriöstä, Arto Hovi Ratahallintokeskuksesta, Niina Rusko ja Mikko Viinikainen Ilmailulaitoksesta, Olli Holm Merenkulkulaitoksesta, Tuula Säämänen ja Anders Jansson Tiehallinosta, Otto Lehtipuu VR-yhtymästä, Pertti Pitkänen Finnairista, Maria Joki-Pesola Helsingin kaupungista sekä Arto Saari ja Michael Lettenmeier Suomen luonnonsuojeluliitosta.

FIN-MIPS -hanketta on johtanut TkT, dos. Arto Saari ja koordinoinut ekotehokkuuskonsultti Michael Lettenmeier. LentoMIPS -osatutkimuksen laskelmat on tehnyt tekn. yo. Anni Nieminen. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja tutkimustavat ovat suunnitelleet ja raportin kirjoittaneet Anni Nieminen, Michael Lettenmeier ja Arto Saari.

Suomen lentoliikennejärjestelmän asiantuntijoina tutkimuksen ohjausryhmässä olivat mukana apulaisjohtaja Mikko Viinikainen ja ympäristösuunnittelija Niina Rusko Ilmailulaitokselta sekä ympäristö- ja turvallisuuspäällikkö Pertti Pitkänen ja moottori-insinööri Janne Pallonen Finnairilta. Liikenne- ja viestintäministeriön puolesta haluan kiittää kaikkia tutkimuksen toteutukseen osallistuneita.

Helsingissä elokuussa 2005



Raisa Valli
liikenneneuvos

SISÄLLYS:

ESIPUHE

SANASTO JA LYHENTEET 9

1 JOHDANTO 10

1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTAA 10

1.2 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA RAJAUKSET 11

1.3 RAPORTIN RAKENNE 11

1.4 LENTOLIIKENNE LIIKENNEJÄRJESTELMÄNÄ 12

1.4.1 Lentoliikenteen lyhyt historia 12

1.4.2 Lentoliikenteen toimijat ja toimintaympäristö 13

1.4.3 Suomen lentoliikenteen suoritteet 15

1.4.4 Suomen lentoasemien verkosto 17

1.4.5 Ilmaliikenteen ympäristövaikutukset 21

2 TUTKIMUSMENETELMÄT 27

2.1 YLEISTÄ 27

2.2 EKOTEHOKKUUS JA MIPS-INDIKAATTORI 27

2.2.1 Ekotehokkuus 27

2.2.2 Ekotehokkuuden mittari MIPS 28

2.2.3 Ekotehokkuuden ja MIPS-indikaattorin kritiikkiä 29

2.2.4 MIPS-laskenta tässä tutkimuksessa 29

2.3 PALVELUSUORITTEEN MÄÄRITTELY 29

2.4 VALITUT ESIMERKKITAPAUKSET 30

2.4.1 Lentoasemat 30

2.4.2 Lentokoneet ja -reitit 34

2.5 TUTKITTAVAN JÄRJESTELMÄN RAJAUS 36

2.6 LASKENNASSA KÄYTETTY MALLI SUOMEN LENTOLIIKENNEJÄRJESTELMÄSTÄ 37

2.7 MATERIAALIPANOSTEN ALLOKOINTI 39

2.7.1 Matkustajat ja rahti 39

2.7.2 Lentoliikennealueen vaihtoehtoiset allokointitavat 39

2.7.3 Lentotoiminnan tukipalveluiden materiaalipanokset 40

2.8 TUTKIMUSAINEISTON HANKINTA 42

2.9 LASKELMISSA KÄYTETYT MI-KERTOIMET 42

3 TULOKSET 44

3.1 LENTOLIIKENNEJÄRJESTELMÄN OSIEN MI-KERTOIMET 44

3.1.1 Lentokoneet 44

3.1.2 Lentoasemat 52

3.1.3 Sadevesi ... *64*
3.1.4 Maakalusto ... *66*
3.1.5 Rahtipalvelut ... *70*
3.1.6 Catering ... *71*
3.2 LENTOLIIKENTEEN MIPS-LUVUT ... 72
3.3 TULOSTEN HERKKYYSTARKASTELU ... 84
3.3.1 Lentokoneiden käyttöasteen vaikutus ... *84*
3.3.2 Lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteiden vaikutus ... *85*
3.3.3 Infrastruktuurin käyttöiän muutos ... *86*
3.3.4 Lentoasemien liikennemäärien kasvu ... *87*
3.3.5 Lentokoneiden polttoaineenkulutuksen muutos ... *87*
4 TULOSTEN YHTEENVETO JA ARVIOINTI ... 89
4.1 KESKEISET LÖYDÖKSET ... 89
4.2 MIPS LENTOLIIKENTEEN YMPÄRISTÖKUORMITUKSEN MITTARINA ... 90
LÄHTEET ... 92
LIITE A: LASKELMISSA KÄYTETYT MI-KERTOIMET ... 99
LIITE B: LASKELMISSA KÄYTETYT MATERIAALIEN TIHEYDET ... 102
LIITE C: SÄHKÖN JA KAUKOLÄMMÖN MI-KERTOIMIEN LASKEMINEN ... 103
LIITE D: LENTOLIIKENNEPUOLEN SÄHKÖLAITTEIDEN MI-KERTOIMIEN LASKENTA 106
LIITE E: HELSINKI-VANTAAN JA JYVÄSKYLÄN LENTOASEMIEN SEKÄ FINNAIRIN LIIKENNETIEDOT ... 110
LIITE F: LENTOLIIKENNEJÄRJESTELMÄN OSIEN MATERIAALIPANOKSET ... 111
LIITE G: JÄRJESTELMÄN OSIEN ALLOKOINTIVAIHTOEHDOT ... 113
LIITE H: MIPS ESIMERKKIREITEILLÄ ... 114

Sanasto ja lyhenteet

Abioottinen materiaali	Eloton, ei eliöihin liittyvä materiaali
CDG	Charles de Gaullen lentokenttä, Pariisi (IATA-lyhenne)
HEL	Helsinki-Vantaan lentoasema (IATA-lyhenne)
hkm	Henkilökilometri
IATA	*International Air Transport Association* eli Kansainvälinen ilmakuljetusliitto
ICAO	*International Civil Aviation Organisation* eli Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö
ILL	Ilmailulaitos
JFK	John F. Kennedyn lentokenttä, New York (IATA-lyhenne)
JYV	Jyväskylän lentoasema (IATA-lyhenne)
LCA-arviointi *(engl. life-cycle assessment)*	Elinkaariarviointi
Lentoliikennepuoli *(engl. air side)*	Lentoaseman ilma-alusten lentoonlähtöön, laskeutumiseen, rullaukseen ja pysäköimiseen tarkoitetut alueet
LPA	Las Palmasin lentokenttä, Gran Canaria (IATA-lyhenne)
LTO-sykli *(engl. Landing and Take-Off cycle)*	Se osuus lennosta, joka suoritetaan lentoaseman läheisyydessä alle 915 m (3000 jalan) korkeudessa. LTO-sykliin kuuluvat siis osa lähestymisestä, laskeutuminen, tulo- ja lähtörullaus, nousukiito sekä osa nousua
Maaliikennepuoli *(engl. land side)*	Lentoaseman maaliikenteen tieyhteydet sekä pysäköintialueet
MIPS	*Material Input Per Service unit* eli materiaalipanos palvelusuoritetta kohti
MTOW	*Maximum Take-Off Weight* eli suurin sallittu lentoonlähtöpaino (massa)
Operaatio	Lentoonlähtö tai laskeutuminen
slot	Aikaväli, jolloin lentoyhtiöllä on lupa saapua tai lähteä lentokentältä
tkm	Tonnikilometri

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen taustaa

Lentoliikenteen aiheuttamista ympäristövaikutuksista perinteisesti eniten esillä ovat olleet polttoaineen kulutuksesta aiheutuvat päästöt ilmakehään, lentoasemien paikalliset ympäristövaikutukset sekä lentomelu. Elinkaariajattelu ei ole kokonaan uusi asia liikenteen ympäristövaikutuksia arvioitaessa, mutta luonnonvarojen kokonaiskulutusta lentoliikenteessä ei ole aiemmin juuri tutkittu. Tässä tutkimuksessa selvitettiin luonnonvarojen kokonaiskulutusta lentoliikenteessä sekä tutkittiin koko lentoliikennejärjestelmän aiheuttamaa ympäristöpainetta ekotehokkuuden käsitteen sekä ekotehokkuutta mittaavan MIPS (Material Input per Service Unit) -indikaattorin kautta.

Ekotehokkuus mittaa luonnonvarojen käytöstä saatavaa hyötyä. Perusajatuksena on tuottaa enemmän hyvinvointia vähemmällä luonnonvarojen kulutuksella. Ekotehokkuuden kehittäminen on hyväksytty yhdeksi tavoitteeksi muiden ohella YK:n ympäristökokouksessa (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1998).

Tämä tutkimus on toteutettu osana laajempaa FIN-MIPS Liikenne –hanketta. Hankkeessa selvitettiin eri liikennemuotojen luonnonvarojen kulutusta Suomessa suhteessa kuljettuihin henkilö- ja tonnikilometreihin. Tutkimuksessa käytettiin ekotehokkuuden mittaamiseen kehitettyä MIPS-mittaria. Saksalaisessa Wuppertal-instituutissa 1990-luvulla kehitetty MIPS-mittari on keino suhteuttaa käytetyt luonnonvarat niillä tuotettuun palvelusuoritteeseen ja näin tuottaa ekotehokkuuden mittariksi vertailtavissa olevia lukuja.

MIPS-indikaattoria ei ole aiemmin sovellettu Suomessa FIN-MIPS Liikenne -hankkeen laajuudessa, ja liikenteelle ylipäänsä on olemassa melko vähän MIPS-tuloksia. Liikenteen MIPS-luvut ovat kuitenkin keskeisessä asemassa, jos jatkossa halutaan laskea MIPS-lukuja sellaisille tuotteille ja palveluketjuille, jotka jossakin tuotantoketjunsa vaiheessa käyttävät liikennejärjestelmien tarjoamia palveluita.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli mallintaa luonnonvarojen kulutusta Suomen lentoliikenteessä sekä laskea kerätyn tiedon pohjalta MIPS-arvot lentoliikenteelle. Yksi päämäärä oli samalla kerätä kokemusta ja tietoa menetelmän soveltuvuudesta lentoliikennejärjestelmän kaltaisen laajan systeemin analysointiin.

MIPS-lukuja laskettiin sekä henkilöliikenteelle että tavaraliikenteelle. Painopiste oli henkilöliikenteessä. Tavaraliikenteestä käsiteltiin matkustajakoneiden ruumassa kulkevaa rahtia. Rahtikoneilla kuljetettavaa lentorahtia tarkasteltiin suppeammin.

Tutkimus rajattiin koskemaan Suomen lentoliikennettä, jolla tässä tarkoitetaan sekä Suomen sisäistä lentoliikennettä että Suomen ja toisen maan välistä lentoliikennettä. Lentoliikenne on vahvasti kansainvälinen toimiala, ja Suomen lentoliikenteestä suuri osa suuntautuu ulkomaille tai ulkomailta, joten kansainvälisten lentojen sisällyttäminen tarkasteluihin oli tarpeellista. Suomen lentoliikenteen osuutta kansainvälisten lentojen materiaalipanokseen arvioitiin olettamalla laskelmissa kansainvälisen reitin toiseen päähän Helsinki-Vantaata vastaava lentoasema. Myös arvio tulosten yleistettävyydestä kansainväliseen lentoliikenteeseen esitetään.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin liikenneilmailua. Sotilas- ja yleisilmailu jätettiin ulkopuolelle, koska ne eivät varsinaisesti kuulu liikennejärjestelmään eikä niille ole mielekästä määritellä henkilö- ja tonnikilometrejä. Sotilas- ja yleisilmailu käyttävät kuitenkin osittain samaa infrastruktuuria liikenneilmailun kanssa, joten niiden osuus otettiin huomioon jaettaessa infrastruktuurin materiaalipanos kaikkien käyttäjien kesken.

1.3 Raportin rakenne

Johdantoluvun lopussa esitellään tutkimuksen taustaksi Suomen ilmaliikennejärjestelmä sekä sen ympäristövaikutuksia. Luvussa 2 esitellään tutkimusmenetelmät, valitut esimerkkitapaukset sekä käytetty aineisto. Luvussa 3 esitellään tutkimuksessa tehdyt MIPS-laskelmat tuloksineen ja herkkyystarkasteluineen. Luvussa 4 esitetään tulosten yhteenveto, keskeiset johtopäätökset sekä arvio menetelmän käyttökelpoisuudesta lentoliikenteen ympäristöpaineen arvioinnissa.

1.4 Lentoliikenne liikennejärjestelmänä

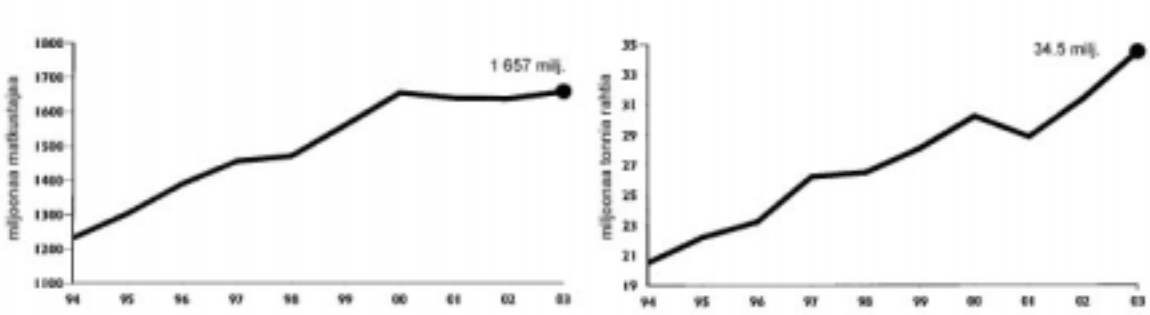
1.4.1 Lentoliikenteen lyhyt historia

Vuonna 2003 tuli kuluneeksi sata vuotta Wrightin veljesten ensimmäisestä onnistuneesta moottorilentokoneella tehdystä lennosta. Siitä asti lentoliikenne ja sen yhteiskunnallinen merkitys ovat kasvaneet huimasti. Lentoliikenteen mahdollistamat ilmiöt, kuten globaali yhteistyö, markkinat ja turismi, kuuluvat erottamattomasti nykyisin tuntemaamme maailmaan.

Lentoliikenne on toisen maailmansodan jälkeen kasvanut vuosittain maailmanlaajuisesti keskimäärin 5-6 prosentin vauhtia; tyypillisesti kasvuvauhti on ollut kaksinkertainen talouskasvuun verrattuna (IATA 2004a). Useimmat lähteet ennustavat lentoliikenteelle vahvaa kasvua myös tulevaisuudessa; esimerkiksi Boeing-yhtiön ennusteen mukaan lentoliikenne yli kaksinkertaistuu vuoteen 2020 mennessä (Boeing 2004).

2000-luvun alun kriisit aiheuttivat lentoliikenteen kasvun notkahduksen, mutta nyt kasvu näyttää taas elpyneen. Vuonna 2004 matkustajaliikenne kasvoi maailmanlaajuisesti kaikkiaan 7,6 %, ja vuoteen 2008 asti Kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA ennustaa 5 % vuotuista kasvua (IATA 2004c). Rahtiliikenne on kasvanut viime vuosina vielä henkilöliikennettä voimakkaammin.

Vuonna 2003 Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön ICAOn jäsenvaltioiden lentoliikenteessä kuljetettiin noin 1,7 miljardia matkustajaa. Henkilökilometreinä liikennesuorite oli tuolloin lähes 3 000 miljardia henkilökilometriä. Lentorahdin suoritteet olivat noin 34,5 miljoonaa kuljetettua rahtitonnia ja 125 miljardia tonnikilometriä. Lentoliikenteen matkustajien ja rahdin määrän kehitys kymmenen vuoden ajalta on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Lentomatkustajien ja -rahdin määrän kehitys maailmassa 1994-2003. (Kuva muokattu lähteestä ICAO 2004)

Matkustajien kuljettaminen on lähes alusta asti tuonut suurimman osan lentoliikenteen tuloista. Aivan viime vuosina rahtitulojen osuus on kuitenkin alkanut nousta, ja nykyään ne muodostavat keskimäärin 10 - 15 % lentoyhtiöiden tuloista (Rauhamäki 2003).

Nopeus on tärkein tekijä, joka erottaa lentorahdin muista kuljetusmuodoista. Lentorahtia on perinteisesti käytetty kiireellisiin toimituksiin pitkillä matkoilla, mutta nykyään se on yhä useammin osa toimitusketjua. Lentorahtina kuljetetaan tyypillisesti kokoonsa tai painoonsa nähden arvokaita, nopeasti pilaantuvia, nopeasti ajankohtaisuutensa menettäviä sekä helposti vahingoittuvia tuotteita sekä nopeaa toimitusta vaativia tuotannon varaosia ja raaka-aineita. (Rauhamäki 2003)

Lentorahti oli pitkään ikään kuin matkustajaliikenteen sivutuote. Suurin osa kaikesta kuljetetusta rahdista kulkee edelleen matkustajakoneiden rahtiruumissa, mutta maailmassa on jo muutama suuri ainoastaan rahtiin keskittyvä yhtiö, ja rahdin osuus on viime vuosina kasvanut nopeasti (Rauhamäki 2003). Koko logistisesta ketjusta huolehtivat, eri kuljetusmuotoja integroivat pikarahtiyritykset (esimerkiksi TNT ja DHL) ovat kasvattaneet markkinaosuuksiaan erityisesti viime vuosina.

1.4.2 Lentoliikenteen toimijat ja toimintaympäristö

Kansainvälinen toimintaympäristö

Lentoliikenne on kansainvälinen toimiala, mikä määrää pitkälti sen toiminnan luonteen sekä asettaa sen erilaiseen asemaan maaliikennemuotojen kanssa. Kansainväliset sopimukset määrittelevät rajat, joiden sisässä valtioiden on toimittava voidakseen harjoittaa kansainvälistä lentoliikennettä.

Tärkeimmät lentoliikennealalla toimivat kansainväliset organisaatiot ovat YK:n alainen Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO (International Civil Aviation Organization) sekä lentoyhtiöitä edustava Kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA (International Air Transportation Association). ICAO määrittelee lentoliikenteen kansainväliset pelisäännöt, joita kansalliset tai alueelliset viranomaiset, kuten Suomen Ilmailulaitos, toteuttavat. Tällä hetkellä ICAO:lla on 188 jäsenvaltiota. IATAan kuuluu yli 270 lentoyhtiötä, jotka yhdessä vastaavat 95 prosentista kansainvälisestä säännöllisestä lentoliikenteestä (IATA 2004a).

Ilmailulaitos

Suomessa ilmailuviranomaisena toimii Ilmailulaitos, jonka asemasta ja tehtävistä säätää laki Ilmailulaitoksesta (Laki Ilmailulaitoksesta. No. 1123/1990). Viranomaisena Ilmailulaitos vastaa Suomen lentoturvallisuustyöstä sekä toteuttaa lentoliikennepolitiikkaa yhteistyössä liikenne- ja viestintäministeriön sekä ulkoasiainhallinnon kanssa. Viranomaistehtävät on Ilmailulaitoksessa eriytetty erilliseen yksikköön, Lentoturvallisuushallintoon. Ilmailulaitos on myös valtion liikelaitos, joka ylläpitää Suomen lentoasemaverkostoa ja lennonvarmistusjärjestelmää sekä niitä tukevia palveluita. (Ilmailulaitos 2004a)

Lentoyhtiöt

Vuonna 2002 maailmassa oli noin 1200 reittilentoyhtiötä. Vuonna 2000 kolmekymmentä suurinta yhtiötä kuljettivat 70 % reittilentojen matkustajista ja rahdista. Euroopassa viisi suurinta yhtiötä vastaavat kahdesta kolmasosasta alueen lentoliikenteestä. Suomen suurimman lentoyhtiön Finnairin Euroopan markkinaosuus oli 1,5 %, mikä vastaa suurin piirtein suomalaisten osuutta EU:n väestöstä. (Rauhamäki 2003)

Perinteisesti lähes joka maalla on ollut valtio-omisteinen, kansallisia tunnuksia kantava lentoyhtiö. Viime vuosina valtion omistusta on useissa maissa pyritty purkamaan. Suomen valtio omistaa Finnairin osakekannasta tällä hetkellä 58 % (Finnair Oyj 2004d).

Lentoliikenne on viimeisten vuosien aikana ollut suurien muutospaineiden alla. Moni perinteinen lentoyhtiö on kokenut suuria taloudellisia vaikeuksia, osa perinteisistäkin yhtiöistä on joutunut lopettamaan toimintansa. Uusia, niin kutsuttuja ”halpalentoyhtiöitä” on tullut markkinoille runsaasti, mikä on pakottanut myös perinteiset yhtiöt tehostamaan toimintaansa.

Suomessa reittiliikennettä harjoittavia yhtiöitä oli vuonna 2004 Ilmailulaitoksen (2004a) mukaan kaikkiaan 27. Kotimaan reittiliikennettä harjoittivat Finnairin lisäksi Golden Air 11 paikkakunnalta Helsinkiin, Finnish Commuter (Finncomm) Airlines reitillä Helsinki-Kemi sekä SAS:n tytäryhtiö Blue1 Oulusta ja Kuopiosta Helsinkiin. Finncomm tuottaa Golden Airin toiminnot Suomessa; lisäksi molemmat yhtiöt tekevät tiivistä yhteistyötä Finnairin kanssa mm. yhteisen varauspalvelun ja aikataulujen yhteensovituksen muodossa.

Lentoyhtiöiden muodostamista globaaleista liittoumista käytetään nimitystä allianssi. Yhteistyön myötä lentoyhtiöt pystyvät tarjoamaan asiakkailleen mm. paremman reittivalikoiman ja maailmanlaajuisen palveluverkoston. Allianssit helpottavat lentoyhtiöiden pääsyä uusille markkinoille yhteistyökumppaneiden reittien ja slotien avulla, parantavat käyttöastetta ja tuottoa tarjottua paikkaa kohti sekä mahdollistavat istuinkapasiteetin paremman optimoinnin. (Rauhamäki 2003)

Lentoyhtiöiden ohella lentoliikenteeseem liittyvää liiketoimintaa harjoittavat esimerkiksi erilaiset maapalveluita tuottavat yritykset ja kuriiriyritykset.

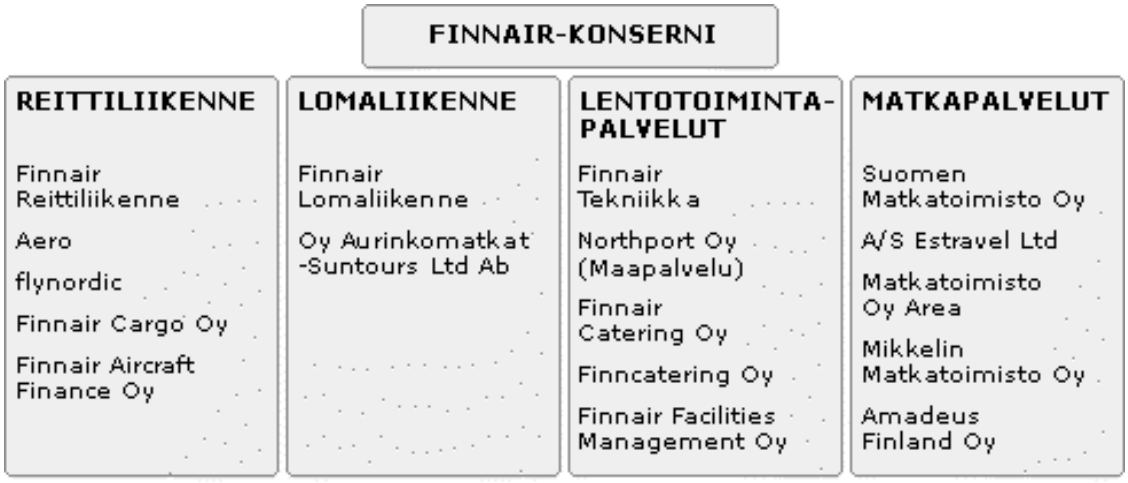
Finnair

Finnair on Suomen suurin lentoyhtiö ja 81-vuotiaana yksi maailman vanhimmista edelleen toimivista lentoyhtiöistä. Konsernin toimialat ovat reitti- ja lomalentotoiminta, lentoliikenteen tekniset palvelut, maapalvelut sekä catering- ja matkustamopalvelut sekä matkailupalvelut. Viime vuosina Finnair on monen muun lentoyhtiön tapaan päätynyt yhtiöittämään toimintojaan. Konsernin organisaatio on esitetty kuvassa 2.

Matkustajamäärien perusteella laskettuna Finnair konsernin markkinaosuus kotimaan reittiliikenteestä oli 41 % vuonna 2003 ja Suomen kansainvälisestä reittiliikenteestä 51 % (Ilmailulaitos 2004b; Finnair Oyj 2004c). Finnairin markkinaosuus Suomen lomalentotoiminnassa on lisääntyneestä kilpailusta huolimatta 80 % (Finnair Oyj 2004d).

Finnairilla on kotimaassa 16 omaa reittilentokohdetta. Yhteistyö Golden Airin kanssa nostaa kotimaan reittikohteiden määrän 22:een. Ulkomaisia reittikohteita konsernilla on aikataulukaudesta riippuen noin viisikymmentä. Viime vuosina Finnair on onnistuneesti hyödyntänyt strategiassaan Kaukoidän liikenteen kysynnän nopeaa kasvua ja Suomen sijaintia Euroopan ja Kaukoidän suorimman lentoreitin varrella kasvattamalla jatkuvasti liikennettä Aasian kohteisiin. Lomalentoja Finnair tekee yli kuuteenkymmeneen kohteeseen.

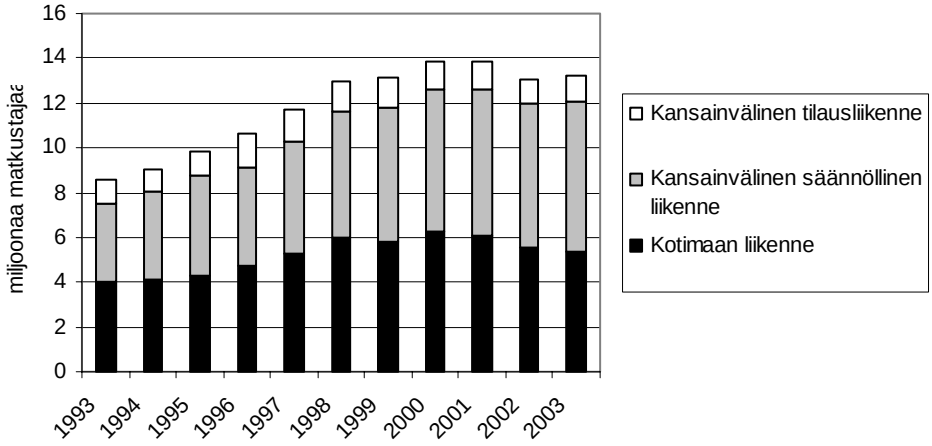
Finnair on osa Oneworld -allianssia. Muut allianssin jäsenet ovat Aer Lingus, American Airlines, British Airlines, Cathay Pasific, Iberia, Lan sekä Qantas. Vuonna 2003 Oneworld kuljetti noin 230 miljoonaa matkustajaa. (Oneworld 2004).



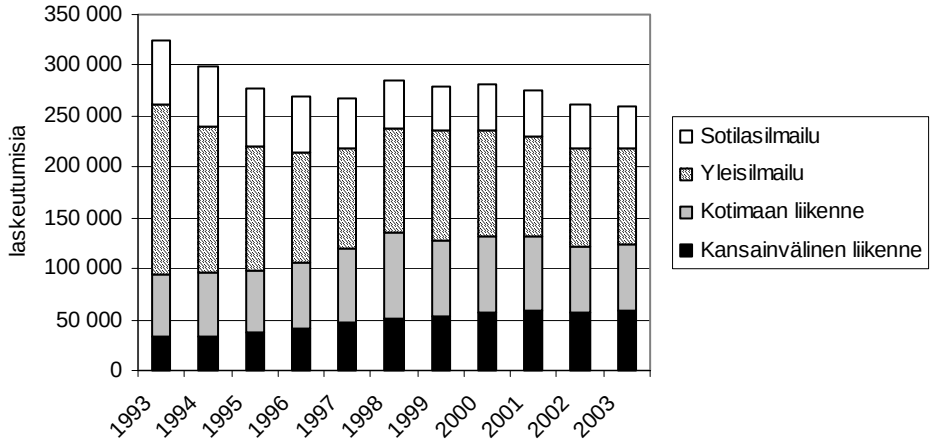
Kuva 2. Finnair -konsernin organisaatiokaavio. (Lähde: Finnair Oyj 2004b).

1.4.3 Suomen lentoliikenteen suoritteet

Suomen sijainti kaukana kansainvälisistä keskuksista sekä pitkät etäisyydet kotimaan sisällä tekevät lentoliikenteestä tärkeän osan Suomen liikennejärjestelmää. Vuonna 2003 Suomen lentoliikenteessä matkusti hieman yli 13 miljoonaa matkustajaa, mikä oli 1,2 % enemmän kuin edellisenä vuonna ja noin 50 % enemmän kuin kymmenen vuotta aikaisemmin. Suomen lentoliikenteen matkustajamäärän kehitys vuosina 1993–2003 on esitetty kuvassa 3. Lentoasemien laskeutumiset samalla ajanjaksolla on esitetty kuvassa 4.

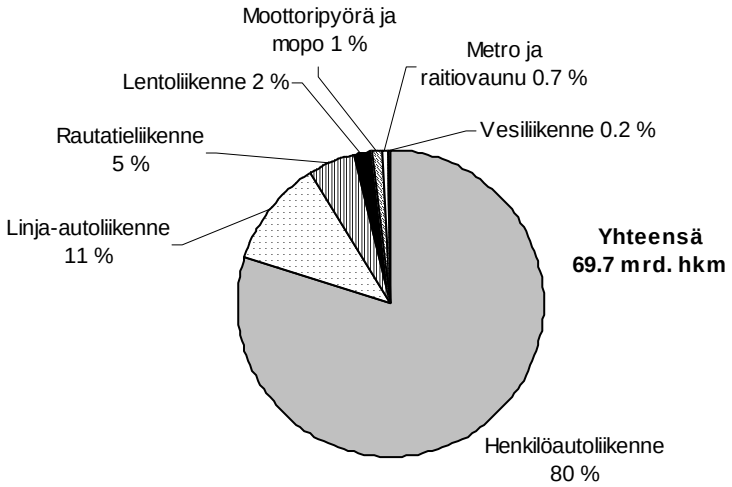


Kuva 3. Lentoliikenteen matkustajat (lähtevät, saapuvat ja vaihtavat) Suomessa vuosina 1993-2003. (Lähde: Ilmailulaitos 2004b)

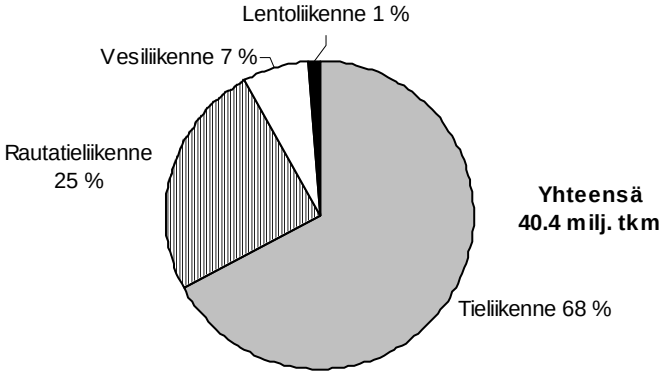


Kuva 4. Lentoliikenteen laskeutumiset Suomessa vuosina 1993–2003. (Lähde: Ilmailulaitos 2004b)

Lentoliikenteen osuus kotimaan henkilökilometrisuoritteesta oli vuonna 2000 noin 2 % ja tavaraliikenteen tonnikilometreistä noin 1 %. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty kotimaan liikenteen kilometrisuoritteiden jakautuminen eri liikennemuotojen kesken vuonna 2000. Kansainvälisessä matkustajaliikenteessä lentoliikenteen osuus on huomattavasti suurempi kuin kotimaassa; vuonna 2000 lentoliikenne vastasi 14 % Suomen kansainvälisestä henkilöliikenteestä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2002). Rahdin määrä lentoliikenteessä on tavaramääränä mitattuna pieni, mutta rahallisessa arvossa mitattuna merkittävä. Vuonna 2003 Suomen ulkomaankaupan rahtitonneista 0,1 % kuljetettiin lentorahtina; arvossa mitattuna osuus oli peräti 12,3 % (Tullihallitus 2004). Kotimaan liikenteessä lentorahdin määrä on vähäinen pienestä kuljetuskapasiteetista ja kustannuksista johtuen (Rauhamäki 2003).



Kuva 5. Eri liikennemuotojen osuudet kotimaan henkilöliikenteen kilometrisuoritteista vuonna 2000. (Lähde: Liikenne- ja viestintäministeriö 2002)



Kuva 6. Eri liikennemuotojen osuudet kotimaan tavaraliikenteen kilometrisuoritteista vuonna 2000. (Lähde: Liikenne- ja viestintäministeriö 2002)

1.4.4 Suomen lentoasemien verkosto

Ilmaliikenteen samoin kuin valtamerien laivaliikenteen väyläkustannukset muodostavat vain pienen osan koko liikennejärjestelmän kustannuksista toisin kuin maaliikennemuotojen kohdalla. Lentoliikenteen väylästön muodostaa vapaa ilmatila, jonka kustannukset muodostuvat lähinnä lennonvarmistuksen kustannuksista. Pääosan lentoliikenteen infrastruktuurista muodostavat lentoasemat, jotka ovat solmupisteitä lentoliikenteen ja muiden liikennemuotojen välillä.

Lentoaseman infrastruktuuri voidaan jakaa kolmeen osaan: maaliikennepuoleen (land side), ilmaliikennepuoleen (air side) ja terminaaleihin. Maaliikennepuoli käsittää liityntäliikenteen infrastruktuurin kuten liityntäliikenteen kulkuväylät, pysäköintialueet ja -laitokset sekä julkisen liikenteen pysäkit. Lentoliikennepuoli jakautuu liikennealueeseen, johon kuuluvat kiito- ja yhdystiet ja ilmatila sekä asematasoihin, joilla sijaitsevat lentokoneiden seisontapaikat ja portit. Terminaalit yhdistävät toisiinsa maa- ja lentoliikennepuolen.

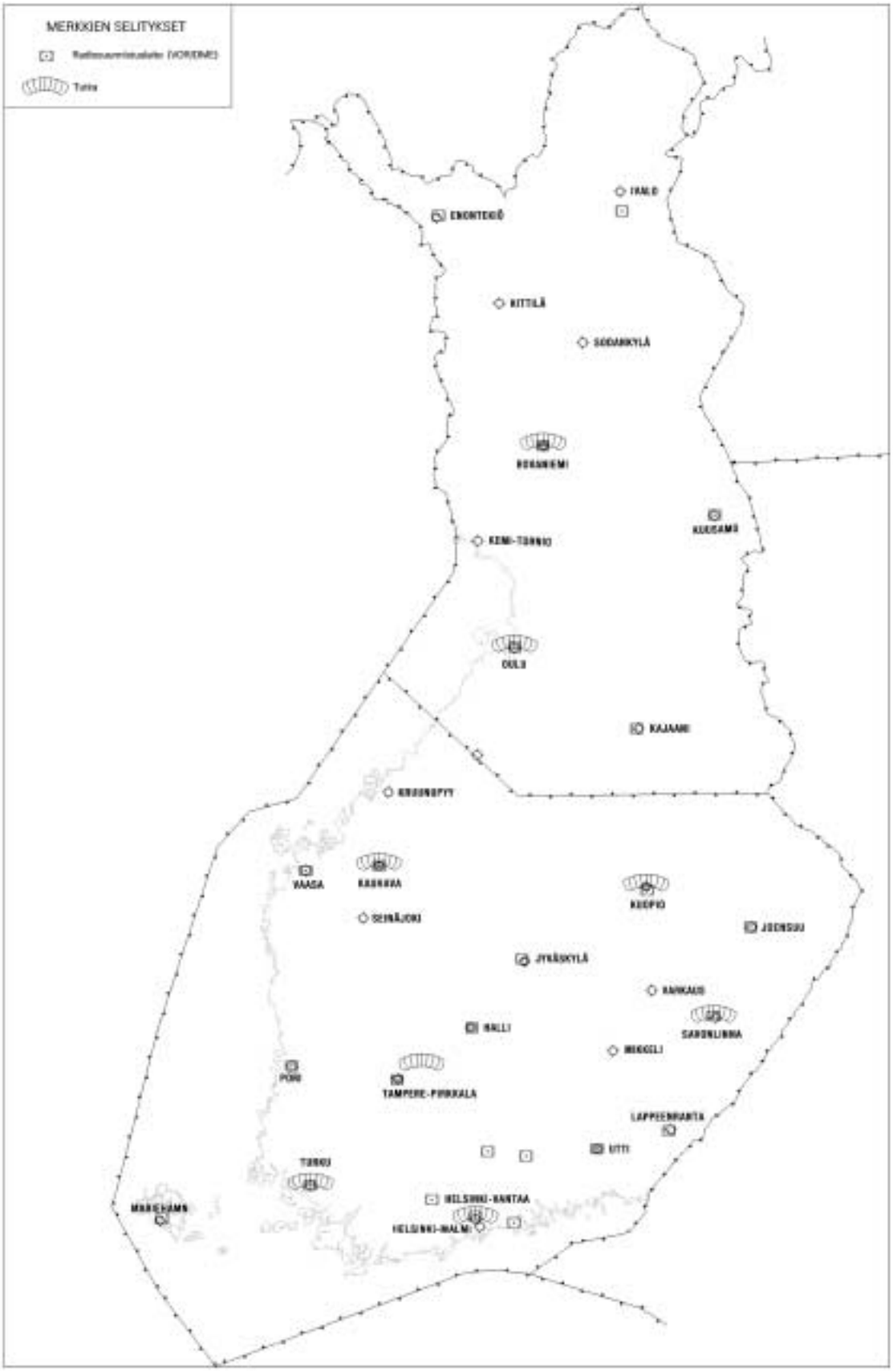
Ilmailulaitos ylläpitää Suomessa 25 lentoaseman verkostoa siten, että kokonaisuus on taloudellisesti kannattava, vaikka yksittäinen lentoasema voi olla tappiollinen. Ilmailulaitos ylläpitää lentoasemillaan 27 kiitotietä talvisin ja 33 kiitotietä kesäisin. Kiitoteiden yhteenlaskettu pituus on noin 75 km (Ympäristöministeriö 2003).

Ilmailulaitoksen lentoasemien lisäksi Suomessa toimii kaksi kunnallista lentoasemaa: Mikkelin lentoasema sekä Seinäjoen lentoasema. Ilmailulaitoksen lentoasemista Rovaniemi, Kuopio, Jyväskylä ja Tampere-Pirkkala ovat yhteistoimintalentoasemia, joilla on sekä siviiliilmailua että pysyvästi sijoitettu ilmavoimien lennosto tai laivue. Kauhava, Utti ja Halli ovat sotilaslentoasemia. Lentoasemien lisäksi Suomessa on muutama kymmenen muuta lentopaikkaa, jotka eroavat lentoasemista siinä, että niillä ei ole järjestetty vakituisia lentoliikennepalveluita. Näillä kentillä ei juuri harjoiteta liikennelentotoimintaa, joten niitä ei myöskään tarkastella tässä tutkimuksessa. Suomen lentoasemaverkosto on esitetty kuvassa 7.

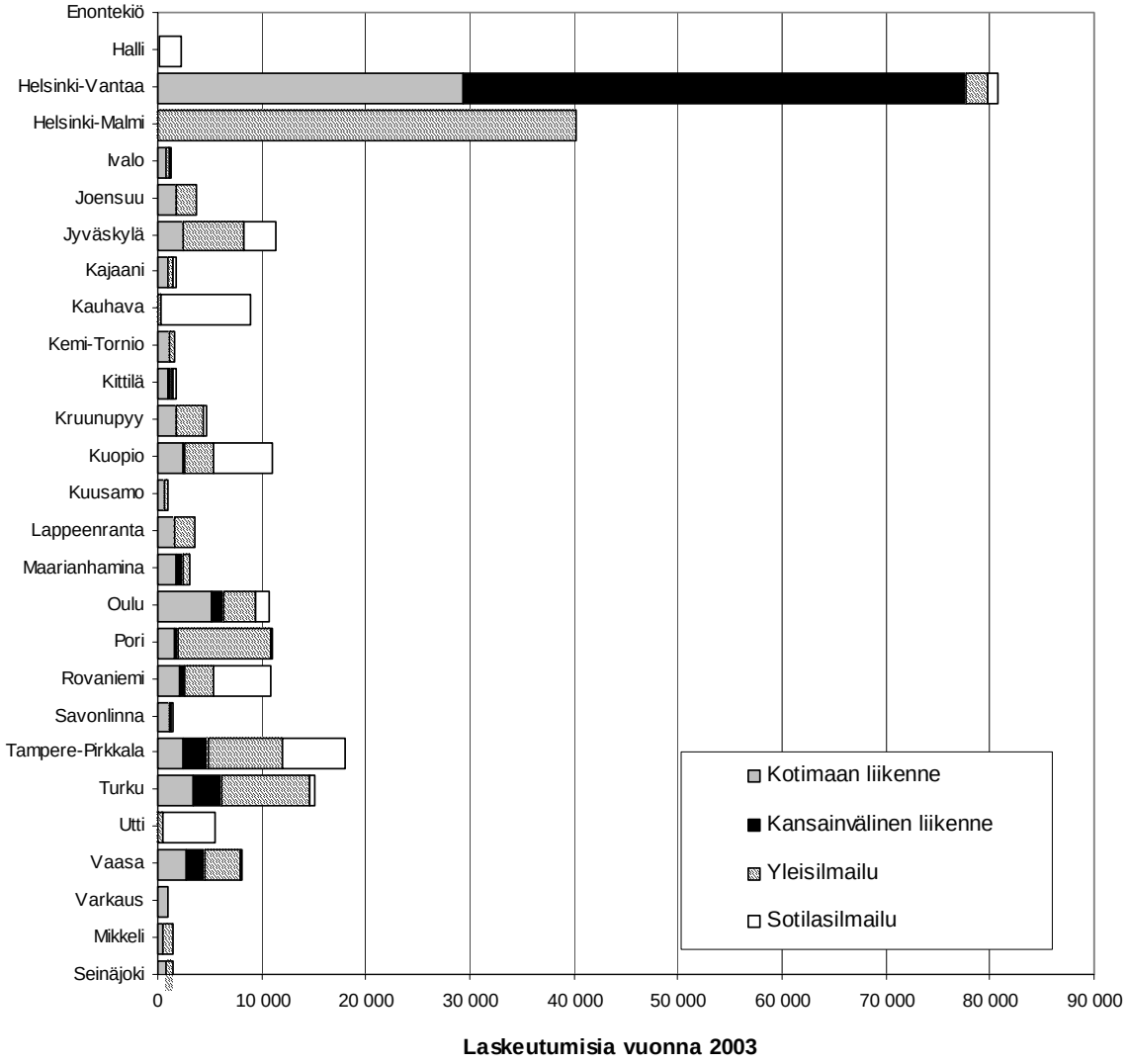
Helsinki-Vantaan lentoasema toimii Suomen hub- eli keskuslentoasemana, jonka kautta suurin osa Suomen lentoliikenteestä kulkee. Kansainvälisestä matkustajaliikenteestä noin 90 % kulkee Helsinki-Vantaan kautta. Kotimaanliikenteen lennoista Helsinki-Vantaa on alku- tai päätepisteenä lähes jokaiselle, eli noin puolet kotimaisten lentoasemien matkustajamäärästä kulkee Helsinki-Vantaan kautta. Kansainvälisestä tavaraliikenteestä lähes 99 % kulkee Helsinki-Vantaan läpi, ja kotimaisesta lentorahdista ja -postista noin 45 % (Ilmailulaitos 2004b). Suomen lentoasemien liikennemääriä vuodelta 2003 on esitetty kuvissa 8 ja 9. Helsinki-Vantaan erityinen asema Suomen lentoasemien joukossa tulee kuvista selvästi esille.

Helsinki-Vantaan jälkeen matkustaja- ja rahtimäärällä mitattuna vilkkain on Oulun lentoasema. Laskeutumisten kokonaismäärässä taas toiseksi suurin lentoasema on vilkkaan yleisilmailu- ja koulutuslentotoimintansa ansiosta Helsinki-Malmi.

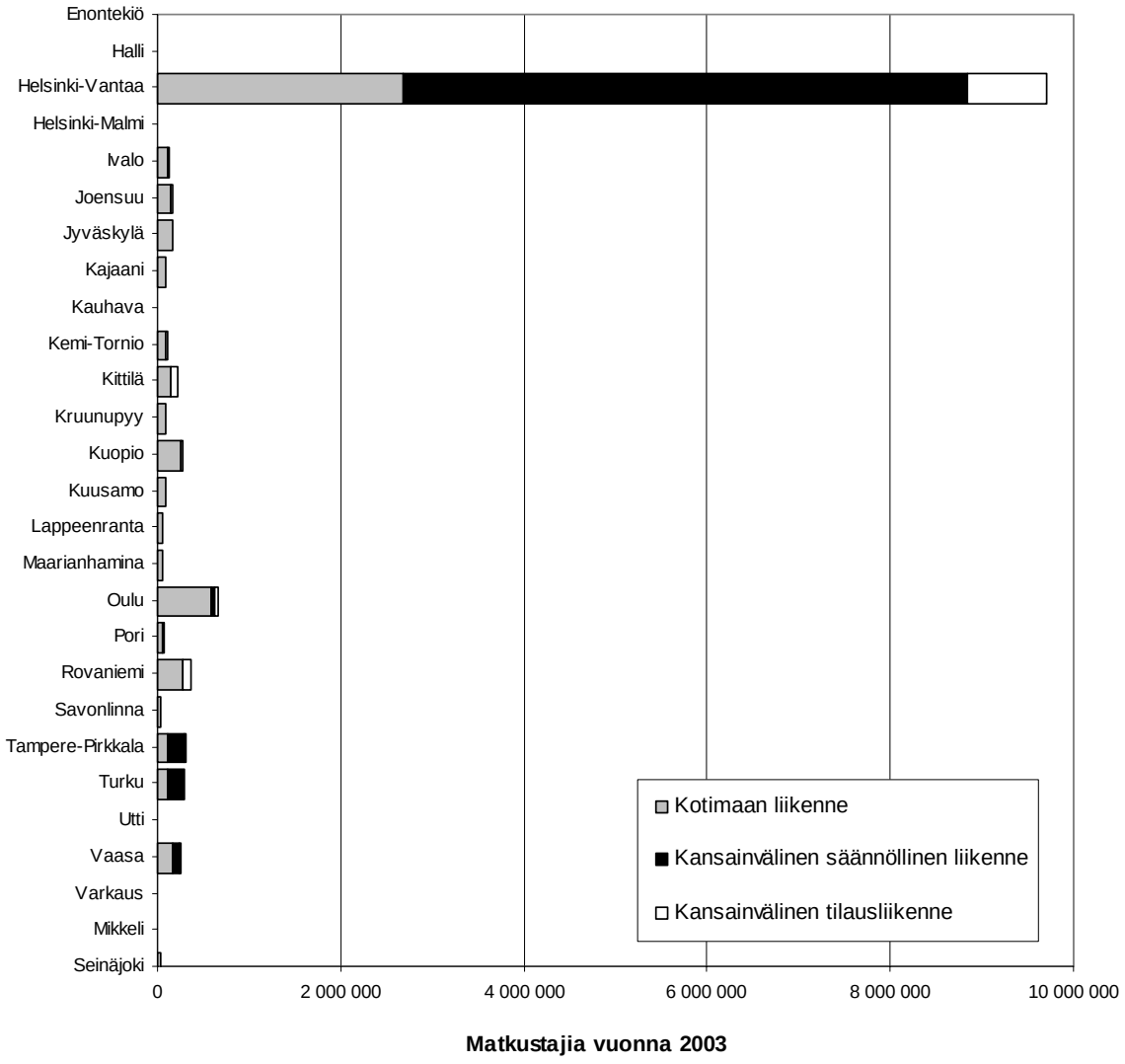
Ilmailulaitos vastaa myös Suomen lennonvarmistuspalveluista. Liikenteestä lentoasemien liikennealueilla ja ilmatilassa niiden välittömässä läheisyydessä vastaa lähilennonjohto. Lähtevän ja saapuvan liikenteen ohjauksen hoitaa vilkkaimmilla lentoasemilla erillinen lähestymislennonjohto. Liikenteestä lentoasemien välisessä ilmatilassa eli aluelennonjohdosta vastaavat Tampereella sijaitseva Etelä-Suomen lennonvarmistuskeskus sekä Rovaniemellä sijaitseva Pohjois-Suomen lennonvarmistuskeskus. (Lentoturvallisuushallinto 2004) Lennonvarmistuksen infrastruktuurin muodostavat lentoasemien ja lennonvarmistuskeskusten rakennusten lisäksi lentoasemien tutkat sekä radiosuunnistusmajakat, joiden sijainti näkyy myös kuvassa 7.



Kuva 7. Suomen lentoasemien verkosto sekä tutkat ja suunnistusmajakat. (Lähde: Ilmailulaitos/Ilmailutiedotuspalvelu 2005)



Kuva 8. Suomen lentoasemien laskeutumiset vuonna 2003. (Lähde: Ilmailulaitos 2004).



Kuva 9. Suomen lentoasemien matkustajaliikenne vuonna 2003.

1.4.5 Ilmaliikenteen ympäristövaikutukset

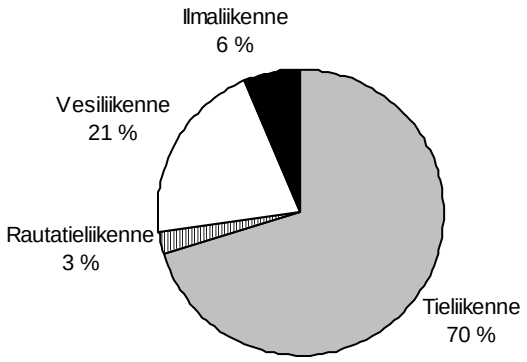
Lentoliikenteen ympäristövaikutuksista merkittävä osa muodostuu lentokoneiden pakokaasu- ja melupäästöistä. Lentoliikenteen energiankulutus ja sen vaikutus globaaliin ilmastonmuutokseen ovat olleet yhä enemmän esillä viime vuosina. Suuri osa toimialan ympäristötyöstä keskittyy lentokoneista aiheutuvan melun ja päästöjen hallintaan, mikä näkyy mm. alan organisaatioiden ympäristöraportoinnissa ja tutkimuksessa. Esimerkiksi IATAn (2005) ympäristökatsaus keskittyy melu- ja päästöasioihin. Pääasiallisena keinona sekä melun että moottoripäästöjen vähentämiseen nähdään moottoritekniikan kehittäminen, mutta myös lentokenttien suunnittelulla ja lennonohjauksella pystytään vaikuttamaan melun ja muiden saasteiden leviämiseen lentoasemien ympäristössä.

Energian kulutus, päästöt ja vaikutukset ilmastoon

Lentoliikenteen polttoaineenkulutus synnyttää pakokaasuja, jotka sisältävät mm. hiilidioksidia, typen oksideja, rikkioksideja, hiilivetyjä sekä vesihöyryä. Vaikka lentokoneiden ominaispäästöt eli päästöt matkustaja- ja tonnikilometriä kohti ovat pienentyneet ja kehityksen arvioidaan jatkuvan uuden teknologian kehittämisen myötä, lisää lentoliikenteen kasvu energiankulutusta ja päästöjä maailmanlaajuisesti. IPCC:n (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) perusskenaarion mukainen lentoliikenteen kuusinkertaistuminen vuoteen 2050 mennessä aiheuttaisi polttoaineenkulutuksen 2.7-kertaisen kasvun (IPPC 1999).

Ilmaston lämpeneminen on yksi tämän päivän tärkeimmistä ympäristökysymyksistä. Ilmaliikenteen osuus ihmisen toiminnan ilmastoa lämmittävästä vaikutuksesta on IPPC:n arvion mukaan noin 3,5 %. Ilmaliikenne vastaa noin 13 % maailman liikenteen hiilidioksidipäästöistä ja 2 % kaikista ihmisen toiminnan hiilidioksidipäästöistä. Lentoliikenteen osuus ilmastoa lämmittävästä vaikutuksesta on siis suurempi kuin sen osuus hiilidioksidipäästöistä, johtuen muun muassa lentoliikenteen aiheuttamista muista kasvihuonekaasupäästöistä sekä päästöjen syntypaikasta yläilmakehässä. Ilmaliikenteen päästöjen kaikkia vaikutusmekanismeja ei toistaiseksi tunneta, ja eri päästölähteiden vaikutuksia on mahdoton erottaa toisistaan, mikä aiheuttaa epävarmuutta arvioihin. (IPCC 1999)

Suomen henkilö- ja tavaraliikenteen energiankulutuksen ja päästöjen seuraamista varten on VTT:ssä kehitetty laskentajärjestelmä LIPASTO. Kuvassa 10 on esitetty Suomen liikenteen energiankulutuksen jakauma eri liikennemuotojen kesken. Lentoliikenteen osuus kaikesta liikenteen energiankulutuksesta Suomessa on noin 6 %. Lukuun sisältyvät kotimaanlennot, kansainvälisten lentojen Suomen lentotiedotusalueella tapahtuvat osat sekä ylilennot Suomen lentotiedotusalueella, joten luku ei ole suoraan verrattavissa kuvassa 5 esitettyihin kotimaan liikenteen suoritetietoihin.

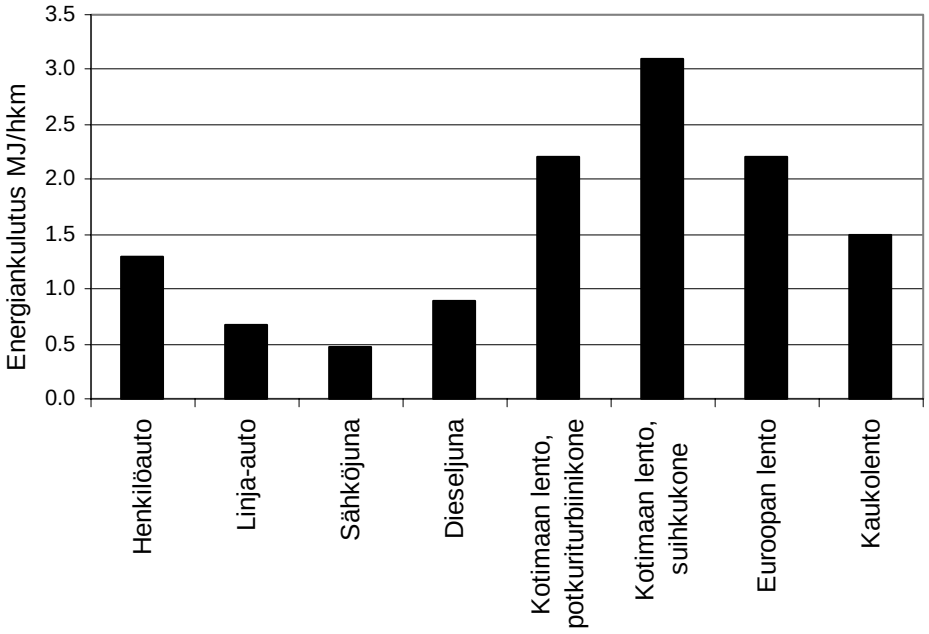


Kuva 10. Eri liikennemuotojen osuus liikenteen primäärienergian kulutuksesta Suomessa vuonna 2003. (Lähde: VTT/Lipasto-tietokanta 2004)

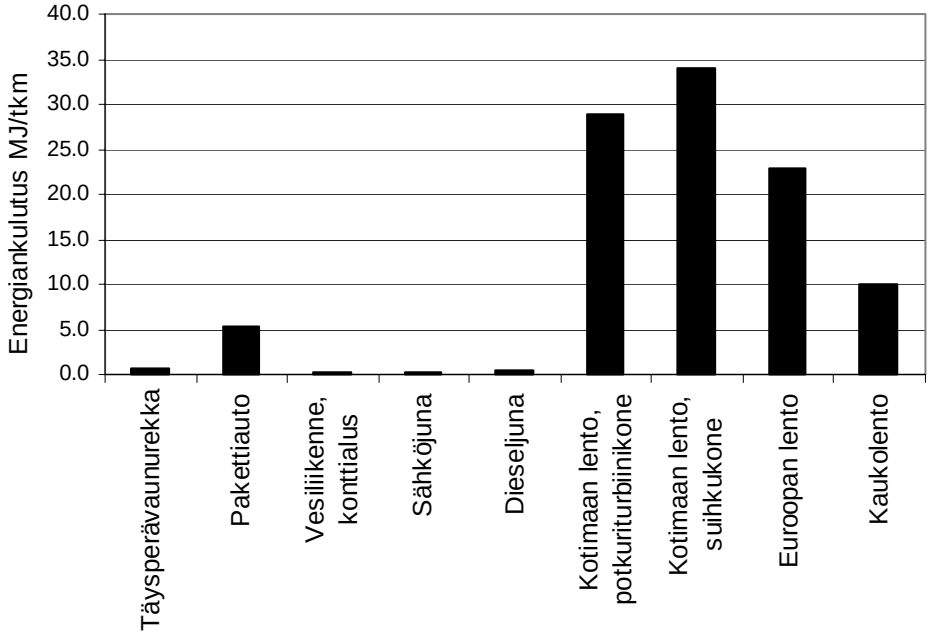
LIPASTOssa on julkaistu myös eri kulkuvälineille lasketut yksikköpäästöt sekä energiankulutus henkilö- ja tonnikilometriä kohti. Kuviin 11 ja 12 on poimittu LIPASTOsta eri liikennemuotojen energiankulutuksen lukuja liikennesuoritteeseen suhteutettuna. Lukuja laskettaessa on käytetty liikennevälineiden ja reittien keskimääräistä matkustaja- ja tavarakuormaa. Esimerkiksi henkilöauton matkustajamääränä on käytetty 1.8 henkilöä, ja ilmaliikenteellä käyttö-

asteita 54 % (kotimaan lennot), 56 % (Euroopan lennot) ja 76 % (mannertenväliset lennot). (VTT/LIPASTO-tietokanta 2004)

Merkittävä osa lentokoneen lennonaikaisesta energiankulutuksesta ajoittuu LTO-sykliin. Noin 500 km pitkällä lennolla LTO-syklin on arvioitu vastaavan noin 36 %:a kokonaisenergiankulutuksesta ja 3000 km:n lennolla noin 10 %:a. Typen oksideja syntyy enimmäkseen nousukiidon ja -lennon aikana, ja häkä- ja hiilivetypäästöjä lähes pelkästään maassa rullauksen, joutokäynnin ja matkalennon aikana (Rauhamäki, 2003). Merkittävä osa polttoaineenkulutuksesta johtuvista päästöistä syntyy siis joko maassa tai matalalla lennettäessä.



Kuva 11. Eri liikennemuotojen liikennevälineiden energiankulutus kuljettuun henkilökilometriin suhteutettuna. (Lähde: VTT/Lipasto-tietokanta 2004)



Kuva 12. Eri liikennemuotojen liikennevälineiden energiankulutus kuljetettuun tonnikilometriin suhteutettuna. (Lähde: VTT/Lipasto-tietokanta 2004)

Lentomelu

Lentokonemelu vaikuttaa lähinnä lentoasemien lähialueilla. Melun häiritsevyyden kokeminen on subjektiivista ja riippuu esimerkiksi ympäristön muista äänistä ja ääniärsykkeen kestosta ja tasaisuudesta, joten kaikissa olosuhteissa ihanteellista indikaattoria ei ole. Lentomelua tarkasteltaessa käytetään käsitettä L_{den} (Day–Evening–Night -Level), joka painottaa ilta-ajan melutapahtumia (klo 19–22) +5 dB ja yöajan tapahtumia (klo 22-7) +10 dB verrattuna vuorokauden keskiäänitasoon.

ICAO luokittelee ääntä hitaammat lentokoneet kolmeen meluluokkaan, joista meluisimmat luokan 1 lentokoneet poistuivat käytöstä 1980-luvulla ja luokan 2 koneet kiellettiin Euroopassa vuonna 2002. Entistä hiljaisempi meluluokka 4 tulee voimaan vuonna 2006; esimerkiksi Finnairin uudet A319- ja A320-koneet täyttävät luokan 4 vaatimukset. Sotilasilma-aluksia meluluokitukset eivät koske.

Lentokonemelun vähentämiseen on panostettu paljon viimeisten vuosien aikana. Helsinki-Vantaan melualuetta ja melualueen asukkaiden määrää on saatu pienennettyä huomattavasti. Osaltaan kehitykseen on vaikuttanut entistä hiljaisemman konekaluston käyttöönotto, mutta melua hallitaan myös käyttämällä ensisijaisesti niitä lentoonlähtö- ja laskeutumissuuntia, joissa asukasmäärä on pienin, suunnittelemalla lentoreitit asutuskeskuksia kiertäviksi ja ottamalla melualueet huomioon jo maankäytön suunnittelussa.

Vuonna 2003 Helsinki-Vantaan melualueen (L_{den} 55 dB) koko oli 56 km^2 eli noin viisinkertainen lentoaseman aidattuun alueeseen verrattuna, kun vuonna 1990 melualue oli 165 km^2 (Ilmailulaitos 2004d).

Lentoasemien ympäristövaikutukset

Lentoliikenteen ympäristövaikutukset voidaan jakaa lentokoneista aiheutuviin vaikutuksiin ja lentoasemien muihin ympäristövaikutuksiin (Rauhamäki 2003). Jako ei ole aivan selvä, sillä esimerkiksi lentokoneiden aiheuttamista päästöistä suuri osa tapahtuu lentoasemilla tai niiden lähiympäristössä ja on siten oleellinen osa lentoaseman aiheuttamasta paikallisesta ympäristökuormasta. Edellisissä kappaleissa käsiteltiin lentokoneiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia; tässä keskitytään lentoasemien muihin ympäristövaikutuksiin. Lentoasemilla ympäristön kuormitusta aiheutuu itse lentotoiminnan ohella esimerkiksi maa-ajoneuvojen ja koneiden käytöstä, liukkaudentorjunta- ja jäänestokemikaalien käytöstä sekä jätehuollosta. Lisäksi lentokoneiden huoltotoiminnassa syntyy jonkin verran ongelmajätettä. (Rauhamäki 2003)

Lentoasemilla päästöjä ilmaan syntyy lentoliikenteen ohella maa-ajoneuvojen käytöstä sekä lentoasemien liityntäliikenteestä. Vuonna 2003 Ilmailulaitoksen maakaluston polttoaineenkulutus ja hiilidioksidipäästöt olivat hieman alle kolme prosenttia lentokoneiden LTO-syklin aikaisista päästöistä, kun mukaan laskettiin kaikki Ilmailulaitoksen hallinnoimat lentoasemat (Ilmailulaitos 2004c). Liityntäliikenteen osuus lentoasema-alueen kaikista pakokaasupäästöistä voi vilkkailla lentoasemilla olla merkittävä. Vuonna 1996 tehdyn selvityksen mukaan maaliikennepuolen autoliikenteen osuus Helsinki-Vantaan lentoaseman typpioksidien päästöistä oli 8 % (Ilmailulaitos 1996).

Suomen ilmasto-olosuhteissa ympärivuotinen lentotoiminta edellyttää kiitoteiden harjauksen ja aurauksen lisäksi kemiallisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttöä. Kemikaaleja pääsee lentoasemien ympäristöön valumavesien mukana. Liukkaudentorjunnassa eniten käytetyt kemikaalit ovat natrium- ja kaliumasetaatti. Lisäksi käytetään vähäisempiä määriä natrium- ja kaliumformiaattia. Yhteensä kemikaaleja kului vuonna 2003 Suomen lentoasemilla 1556 tonnia (100 % liuos). Lentoasemien liukkaudentorjunnassa aiemmin yleisen urean käytöstä on viimeisen kymmenen vuoden aikana luovuttu lähes kokonaan sen suuren typpipitoisuuden ja hajoamisen suuren hapenkulutuksen vuoksi. Myös asetaatit ja formiaatit ovat biologisesti hajoavia, vesiliukoisia orgaanisia yhdisteitä, mutta niiden hajoamisvaiheen hapenkulutus on huomattavasti pienempi kuin urealla, eivätkä ne sisällä lainkaan rehevöitymistä aiheuttavaa ja pohjavesiä pilaavaa typpeä. (Ilmailulaitos 2004c)

Lentoyhtiöt ja niitä palvelevat maahuolitsijat käyttävät lentoasemilla lentokoneiden pintojen jäänestoon ja -poistoon polypropyleeniglykolia, joka myös on vesiliukoinen orgaaninen yhdiste, joka hajotessaan kuluttaa happea. Helsinki-Vantaalla osa asematasoista on yhdistetty jätevesiviemäriin ja glykolipitoiset vedet johdetaan kaupungin vedenpuhdistamolle.

Lentoasemilla syntyvä jäte on suurimmaksi osaksi normaalia yhdyskuntajätettä. Ongelmajätettä syntyy lähinnä lentokoneiden huoltotoiminnan seurauksena. Polttoaineiden kuljetukseen ja varastointiin sisältyy ympäristövahingon riski.

Infrastruktuurin tilantarve

Liikennejärjestelmän infrastruktuuri tarvitsee tilan, joka useimmiten on poissa muusta maankäytöstä. Liikennejärjestelmän tilantarve voidaan määritellä monella tavoin, sillä liikennejärjestelmän vaikutukset ulottuvat myös välittömästi käytettyä pinta-alaa laajemmalle. Lentoliikenteen osalta voidaan tarkastella esimerkiksi lentoasema-alueiden välitöntä pinta-alan käyttöä, jonkin melun tunnusluvun mukaista melualuetta tai aluetta, jolle lentoaseman vaikutukset tiettyjen maankäytön rajoitusten mukaan ulottuvat.

Helsinki-Vantaan lentoasema-alueen aidan sisäpuolinen pinta-ala on 1069 ja Jyväskylän 252 hehtaaria, kun luvuista on vähennetty suuret yhtenäiset metsäalueet, autojen paikoitusalueet sekä sotilasalueet. Yhteensä Ilmailulaitoksen 25 lentoaseman tilantarve on 5420 hehtaaria (Ilmailulaitos 2002).

Ekotehokkuutta voidaan lähestyä myös suhteuttamalla pinta-alan käyttö saatuun hyötyyn. Vuoden 2003 liikennesuoritteita käyttäen Jyväskylän lentoaseman pinta-alavaatimukseksi matkustajaa kohti saatiin 1.5×10^{-5} km^2/hlö/vuosi ja operaatiota kohti 1.1×10^{-4} km^2/operaatio/vuosi. Helsinki-Vantaan lentoasemalla vastaavat luvut ovat 1.1×10^{-6} km^2/hlö/vuosi ja 6.6×10^{-5} km^2/operaatio/vuosi, eli yhtä kertaluokkaa pienemmät. Voidaan sanoa, että tässä mielessä Helsinki-Vantaan pinta-alan käyttö on noin kymmenen kertaa tehokkaampaa kuin Jyväskylän.

Lentoliikenteen elinkaarenaikaiset ympäristöpaineet

Luonnonvarojen kokonaiskulutusta liikenteessä ei aiemmin ole tutkittu Liikenne-MIPS -projektin laajuudessa. Sen sijaan elinkaariarviointia on sovellettu myös liikennejärjestelmiin, ja näistä tutkimuksista saadaan vertailupintaa myös MIPS-näkökulmasta tehdylle analyysille.

Kalenoja (1995 ja 1996) on Tampereen teknillisen yliopiston liikenne- ja kuljetusvälinetekniikan laitoksella tutkinut henkilöliikennemuotojen elinkaarenaikaista energiankulutusta, päästöjä sekä niistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Kalenoja tarkasteli myös liikennevälineisiin ja infrastruktuuriin sitoutunutta energiaa. Kalenojan (1995) mukaan lentoliikenteen suoritekohtaisesta energiankulutuksesta noin 11 % syntyy polttoaineen tuotanto- ja jakeluketjun aikana ja 75 % käytön aikana, eli yhteensä 86 % energiankulutuksesta aiheutuu liikennevälineen polttoaineen käytöstä. Infrastruktuuriin sitoutuneeksi energiaksi Kalenoja arvioi noin 2.5 % energian kokonaiskulutuksesta. Liikennevälineeseen sitoutunut energiamäärä oli pieni (alle 0.1 %).

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Yleistä

Tutkimuksessa sovellettiin MIPS-metodologiaa Suomen lentoliikennejärjestelmään. Laskenta tehtiin viidelle todelliselle Finnairin lentämälle esimerkkireitille sekä vertailun vuoksi yhdelle kuvitteelliselle mutta mahdolliselle rahtikoneella lennetylle reitille. Loppupäätelmissä esitetään arvio tulosten yleistettävyydestä sekä menetelmän soveltuvuudesta liikenteen ja erityisesti lentoliikenteen materiaali-intensiteetin arvioimiseen. FIN-MIPS Liikenne hankkeen osatutkimusten päällekkäisestä valmistumisesta johtuen tämän tutkimuksen yhteydessä ei voida esittää loppupäätelmiä MIPS-lähestymistavan soveltuvuudesta eri liikennemuotojen vertailuun.

2.2 Ekotehokkuus ja MIPS-indikaattori

2.2.1 Ekotehokkuus

Ympäristökeskustelussa jo yli kymmenen vuotta mukana olleella ekotehokkuuden käsitteellä tarkoitetaan luonnonvarojen käytön tehokkuutta, eli tuotteesta tai palvelusta saadun hyödyn ja siihen käytettyjen resurssien suhdetta. Ekotehokkuuden yhtenä keinona kestävän kehityksen toteuttamisessa nosti julkiseen keskusteluun kansainvälistä elinkeinoelämää edustava järjestö World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) YK:n Rio de Janeiron ympäristö- ja kehityskonferenssissa vuonna 1992. Tämän jälkeen keskustelua on käyty vilkkaasti kaikilla tasoilla paikallisesta aina globaaliin asti esimerkiksi ympäristöjärjestöjen, OECD:n ja EU:n toimesta. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1998; Dahlbo et. al. 2003)

Ekotehokkuusajattelun yhtenä oletuksena on, että kestävän kehityksen toteutuminen vaatii yhteiskuntien materiaali-intensiteetin pienentymistä, dematerialisaatiota. Dematerialisaatio puolestaan edellyttää kulutustottumusten muuttamisen lisäksi luonnonvarojen käytön tehostamista. On esitetty, että maailmanlaajuisesti materiaalivirrat pitäisi saada noin puoleen nykyisestä. Jos hyvinvoinnin halutaan jakautuvan tasaisesti, tarkoittaa tämä, että teollisuusmaissa luonnonvarojen tuotto pitäisi kymmenkertaistaa tulevien vuosikymmenien aikana, ja puhutaankin niin kutsutusta factor 10 – tavoitteesta (Schmidt-Bleek 2000).

Ekotehokkuus voidaan ilmaista mm. OECD:n raportissaan Eco-efficiency (1998) esittämällä yhtälöllä

$$Ekotehokkuus = \frac{Tuotteiden\ tai\ palveluiden\ arvo}{Ympäristöön\ kohdistuvien\ paineiden\ summa}.$$

Vielä ei ole yhtä vakiintunutta käytäntöä siitä, millaisia ja millä mitalla ilmaistuja arvoja ja ympäristöpaineita yhtälön nimittäjään ja osoittajaan pitäisi sisällyttää. Niinpä ekotehokkuuden käsitettä käytetään yleensä kuvaamaan yleistä toiminataperiaatetta ”enemmän vähemmästä”. Ekotehokkuuden tavoitteenasettelu ja kehityksen seuranta edellyttää kuitenkin toimivaa mittaria. Ekotehokkuuden mittariksi on esitetty monia vaihtoehtoja, joista tässä työssä käytetty MIPS-indikaattori on yksi.

2.2.2 Ekotehokkuuden mittari MIPS

Saksalaisen Wuppertal-instituutin 1990-luvulla esittelemä MIPS-indikaattori *(Material Input Per Service unit)* pyrkii ilmaisemaan tuotteen tai palvelun koko elinkaarenaikaisen materiaali-intensiteetin suhteutettuna sen tarjoamaan hyötyyn. MIPS-konsepti perustuu oletukseen, jonka mukaan ympäristöongelmat aiheutuvat lopulta ihmisen aikaansaamista materiaalivirroista. Luonnollinen jatko-oletus on, että materiaalivirtojen suuruus on yhteydessä potentiaalisiin ympäristövaikutuksiin. MIPS-indikaattorin puolustajat perustelevat lähestymistapaa myös sillä, että läheskään kaikkia uusien materiaalien mahdollisia ympäristövaikutuksia ei voida tietää etukäteen, jolloin ainoa tapa ongelmien ennaltaehkäisyyn on pienentää materiaalinkulutusta kokonaisuudessaan.

MIPS tarkoittaa luonnonvarojen käyttöä saatua palvelusuoritetta kohti:

$$MIPS = \frac{MI}{S} = \frac{Material\ \ Input}{Service\ unit} = \frac{materiaalipanos}{palvelusuorite}.$$

MIPS-indikaattoria määritettäessä luonnonvarat mitataan kilogrammoissa. MI-luku eli materiaalipanos ottaa huomioon tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikana ”luonnosta teknosfääriin” siirretyt materiaalit. MIPS-metodologian mukaisesti materiaalipanokset lasketaan erikseen viidessä kategoriassa: abioottiset materiaalit, bioottiset materiaalit, vesi, ilma sekä eroosio. Abioottisilla materiaaleilla tarkoitetaan ei-eloperäisiä materiaaleja, bioottisilla eloperäisiä.

Wuppertal-instituutti on julkaissut MIPS-indikaattorin soveltamisen helpottamiseksi niin kutsuttuja MI-kertoimia lukuisille eri materiaaleille ja joillekin palveluille (Wuppertal Institute 2003). MI-kerroin ilmaisee, kuinka paljon kunkin kategorian luonnonvaroja kuluu yhden raaka-ainekilon tai palveluyksikön tuottamiseen. Esimerkiksi perusmateriaaleille kuten teräkselle tai vesijohtovedelle MI-kertoimet on ilmoitettu yksikössä kg/kg ja energiantuotannolle yksikössä kg/kWh.

Euroopassa MIPS-konseptia on käytetty satojen yritysten tuotteiden, palveluiden ja toiminnan ekotehokkuuden tarkastelussa. Tähän mennessä MIPS-konseptia on sovellettu joihinkin tuotteisiin ja hankkeisiin myös Suomessa. Esimerkiksi Nokian tukiasemien ekotehokkuuden kehitystä on arvioitu MIPS-indikaattorin avulla (Pesonen 2001).

MIPS-indikaattoriin läheisesti liittyvä käsite on ”ekologinen selkäreppu”. Tuotteen tai palvelun ekologisella selkärepulla tarkoitetaan tuotannon vuoksi siirrettyjen materiaalien massaa - tuotteen omaa massaa ei oteta lukuun toisin kuin MIPSissä. Ekologisen selkärepun sijaan puhutaan joskus piilovirroista, kun halutaan viitata tuotteen kuluttajalle ”näkymättömään” ympäristökuormitukseen.

Esimerkiksi tuotteen ”villapaita” tarjoamaksi palveluksi voidaan määritellä ”villapaidan käyttö päivän ajan”. Jos halutaan määrittää tuotteen ”villapaita” MIPS, lasketaan villan tuottamisen ja värjäämisen, paidan kutomisen, pakkaamisen ja kuljettamisen sekä aikanaan paidan jätehuollon aiheuttamat luonnonvarapanokset. Esimerkiksi paidan kuljettamisen luonnonvarapanoksessa puolestaan ovat mukana kuljetusvälineen valmistuksen, käytön ja käytöstä poistamisen aiheuttamat materiaalivirrat. Palvelun ”villapaidan käyttö yhden päivän ajan” MIPS-lukuun puolestaan lasketaan edellisten lisäksi paidan koko elinkaaren aikaisten pesemisten, silittämisten ja korjauksien aiheuttamat luonnonvarapanokset. Kun saatu MI-luku

jaetaan paidan käyttökertojen lukumäärällä, saadaan MIPS villapaitaan pukeutumiselle yhden päivän ajan.

2.2.3 Ekotehokkuuden ja MIPS-indikaattorin kritiikkiä

Ekotehokkuuden käsite on saanut osakseen paitsi poliittista mielenkiintoa myös kritiikkiä. Vielä suurempaa vastustusta ovat herättäneet ekotehokkuuden mittareiksi esitetyt indikaattorit kuten MIPS ja ekologinen selkäreppu, jotka suhteuttavat luonnonvarojen kokonaiskulutuksen tuotettuun palveluun, ja ekologinen jalanjälki, joka pyrkii ilmaisemaan sen tuottavan maapinta-alan, joka vaaditaan tuotteen tai palvelun tuottamiseen.

Koskinen (2001) on koonnut ja analysoinut pääasiassa tieteellisissä julkaisuissa esitettyä ekotehokkuusindikaattoreiden kritiikkiä. Koskisen selkeä johtopäätös MIPS-konseptin ja ekologisen selkärepun osalta on, että nämä kelpaavat materiaali-intensiteetin mittareiksi, mutta ympäristöindikaattoreita ne eivät ole, ellei dematerialisaatio ole ainoa ympäristönsuojelulle asetettu tavoite.

Eräs MIPS-kritiikin kohde on myös se, että MIPS on näennäisen neutraali indikaattori, mutta se kätkee sisäänsä arvotusjärjestelmän, joka painottaa materiaaleja niiden massalla (Koskinen 2001). MIPS-indikaattorin laskeminen vähänkin monimutkaisemmalle tuotteelle tai palvelulle vaatii runsaasti päällepäin näkymättömiä oletuksia ja arvotuksia, mikä on yleensä tyypillistä elinkaaritarkastelulle. Jo MIPS-laskennan lähtökohtana olevat Wuppertal-instituutin julkaisemat MI-kertoimet (Wuppertal Institute 2003) täyttävät tämän epämääräisyyden määritelmän. Wuppertal-instituutti ei julkaise MI-kertoimiensa taustalla olevia laskelmia eikä kertoimien luotettavuusrajoja, joten niiden käyttäjällä ei ole mahdollisuutta arvioida kertoimien uskottavuutta tai laatia rajoja niiden avulla lasketuille tuloksille.

2.2.4 MIPS-laskenta tässä tutkimuksessa

Tässä tutkimuksessa sovellettiin MIPS-laskentaa Schmidt-Bleekin (2000) ja Ritthoffin et. al. (2002) kuvaamalla tavalla.

Lentoliikennejärjestelmä jaettiin osiin, joille kullekin laskettiin materiaalipanos ja määriteltiin palvelusuorite, minkä jälkeen osajärjestelmille voitiin laskea MI-kertoimet. Esimerkkireittien MIPS-luvut henkilö- ja tonnikilometriä kohti saatiin kertomalla eri osien painot MI-kertoimilla ja laskemalla lopuksi tulokset yhteen.

Tässä tutkimuksessa jätettiin bioottisten luonnonvarojen kulutus ja eroosio tarkastelun ulkopuolelle, koska niiden tarkastelu olisi kohdistunut vain muutamaan materiaaliin tai raaka-aineeseen eikä antanut kokonaisuuden kannalta oleellista tietoa.

2.3 Palvelusuoritteen määrittely

Laskelmien tavoitteena oli saada aikaan numeeriset arvot kuvaamaan Suomen lentoliikenteen MIPS-lukuja. Tarkasteltaviksi palvelusuoritteiksi määriteltiin henkilökilometri matkustajaliikenteessä ja tonnikilometri rahtiliikenteessä, jolloin MIPS-luvut ovat muotoa kilogrammaa/henkilökilometri ja kilogrammaa/tonnikilometri.

2.4 Valitut esimerkkitapaukset

2.4.1 Lentoasemat

Koska MIPS-luvut laskettiin käyttämällä esimerkkireittejä, tarkasteltavaksi valittiin kaksi suomalaista lentoasemaa: Helsinki-Vantaa ja Jyväskylä. Kansainvälisiä lentoja tarkasteltaessa oletettiin reitin molempiin päihin Helsinki-Vantaan lentoasema. Helsinki-Vantaan valinta toiseksi tarkasteltavaksi lentoasemaksi oli selvä, koska pääosa Suomen lentoliikenteestä kulkee sen kautta. Jyväskylään päädyttiin, koska sinne lennetään sekä suihku- että potkuriturbiinikoneella, ja reitti Helsinki-Vantaa - Jyväskylä on myös tyypillinen siinä mielessä, että se sijoittuu kotimaisten reittien vertailussa kärjen tuntumaan tarkasteltaessa matkustajamääriä ja puolivälin paikkeille tarkasteltaessa reitin pituutta. Ylivoimaisesti suosituin kotimaan lentoreitti on Helsinki-Oulu, mutta reittiä liikennöidään ainoastaan suihkukoneella. Lisäksi Jyväskylän katsottiin Oulua paremmin edustavan tyypillistä pientä maakuntalentoasemaa, jollaisia suurin osa Suomen lentoasemista on.

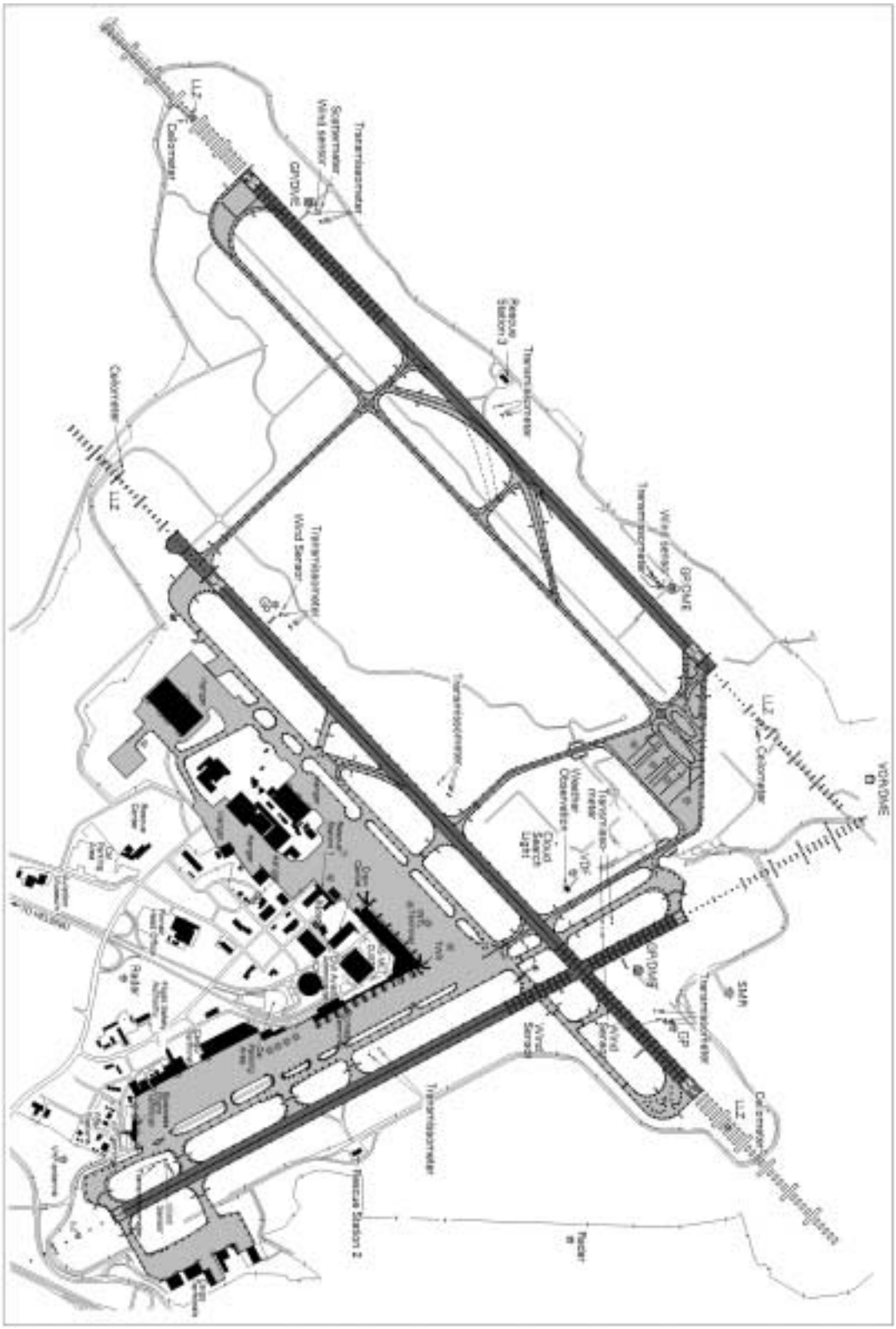
Helsinki-Vantaan lentoasema

Suomen lentoliikenne on hyvin Helsinki-keskeistä. Helsinki-Vantaa on sekä matkustaja- että vielä selvemmin rahtiliikenteen keskus maassamme. Kun Helsinki-Vantaan lentoasema otettiin käyttöön vuonna 1952, siihen kuului 2000 m pitkä kiitotie (kiitotie 1), asemataso, lennonvarmistusrakennus sekä matkustajaparakki. Poikkikiitotie (kiitotie 2) valmistui muutamaa vuotta myöhemmin. Kiitoteitä on myöhemmin jatkettu useampaan otteeseen siten, että kiitotie 1 on 3200 ja kiitotie 2 2800 metriä pitkä. Asemarakennus on vuodelta 1969, minkä jälkeen sitä on laajennettu vuosina 1983 (ulkomaan terminaali), 1993 (uusi kotimaan terminaali), 1996 (ulkomaan terminaalin laajennus sekä koti- ja ulkomaan terminaaleja yhdistävä keskiterminaali), 1997 (VIP-terminaali) sekä 2004 (ulkomaan terminaalin Non-Schengen -osa). Kolmas kiitotie, jolla on pituutta 3000 m, otettiin käyttöön vuonna 2003. (Ilmailulaitos 1997, Ilmailulaitos 2004a)

Helsinki-Vantaa on myös Finnairin kotikenttä, jolla toimivat mm. lentokoneiden huoltoa ja korjausta harjoittava Finnair Tekniikka sekä matkustamo- ja catering-palveluita tuottava Finnair Catering. Rahtiyhtiöistä TNT:llä ja DHL:llä on Helsinki-Vantaalla omat rahtiterminaalinsa.

Helsinki-Vantaalla maapalveluita toimittaa noin 25 eri toimijaa, joista suurimmat ovat Finnair ja GlobeGround.

Helsinki-Vantaan lentoaseman infrastruktuuria havainnollistaa kuva **13**. Kiitotiellä 1 tarkoitetaan kuvan kiitotietä 04R/22L, kiitotiellä 2 poikkikiitotietä 15/33 ja kiitotiellä 3 kiitotietä 04L/22R.



Kuva 13. Helsinki-Vantaan lentoaseman infrastruktuuri. Pohjoinen on kuva-alueen yläreunassa ja tämän sivun oikeassa reunassa. (Lähde: Ilmailulaitos/ Ilmailutiedotuspalvelu 2005)

Jyväskylän lentoasema

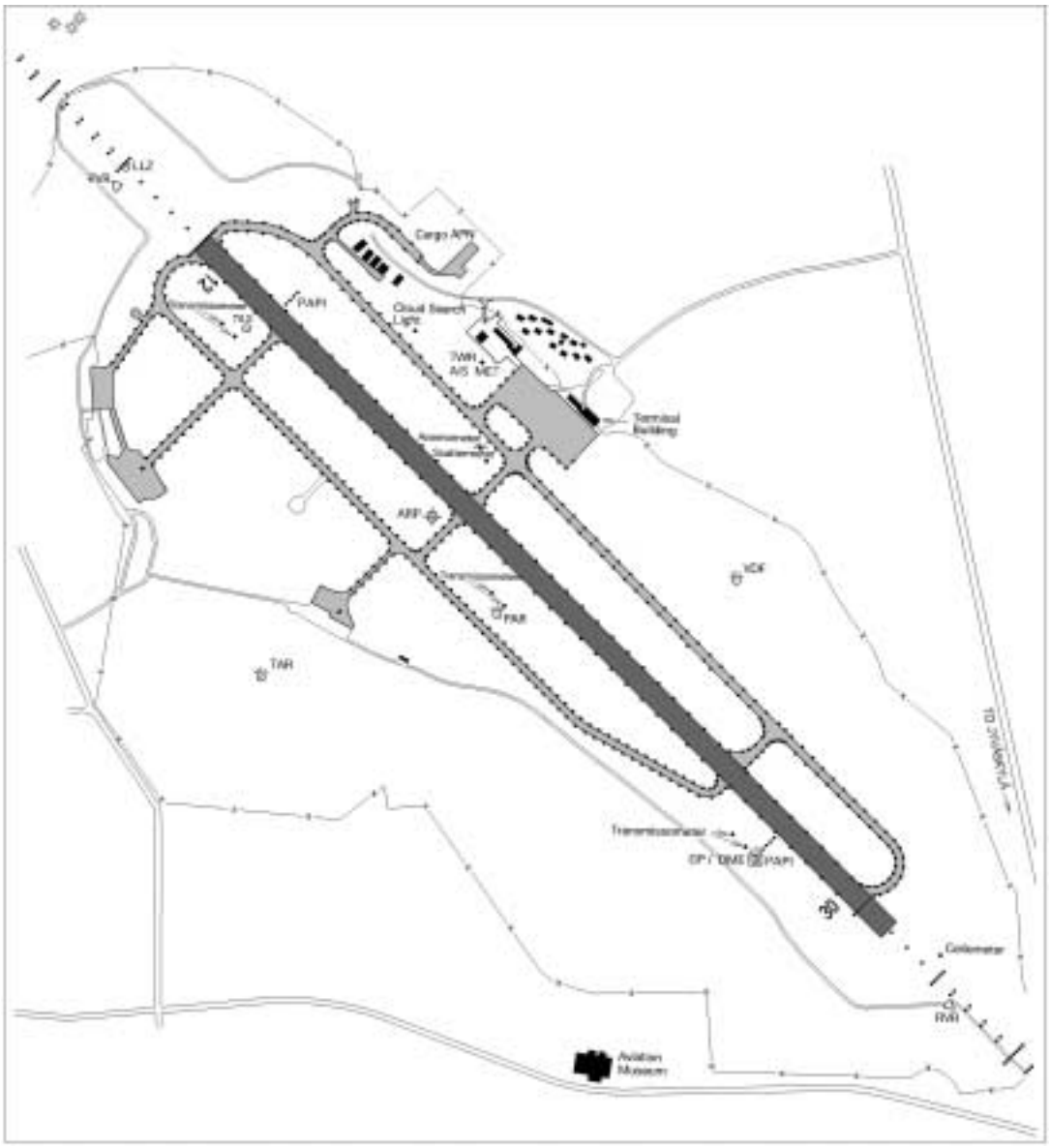
Jyväskylän lentoasema sijaitsee Jyväskylän maalaiskunnassa E13-tien varressa 21 kilometriä Jyväskylästä pohjoiseen. Suora etäisyys Helsinki-Vantaalta on noin 235 kilometriä. Reittiliikennettä Jyväskylään on harjoitettu jo vuodesta 1945 asti, ja kestopäällysteinen kiitotie valmistui 1955 (Ilmailulaitos 1997). Kiitotien nykyinen pituus on 2600 m.

Jyväskylä on ns. yhteistoimintalentoasema, sillä siviili-ilmailun lisäksi kenttää käyttää Ilmavoimien Tukilentolaivue. Myös yleisilmailutoiminta kentällä on vilkasta. Vuonna 2003 operaatioista 21.5 % oli liikenneilmailua, 51 % yleisilmailua ja 27.5 % sotilasilmailua (Ilmailulaitos 2004b).

Reittiliikennettä Jyväskylään harjoittavat kotimaanreiteillä Finnair, sen tytäryhtiö Aero Airlines sekä yhteistyökumppani Golden Air. Ulkomaille Jyväskylästä lennetään yleensä Helsingin kautta. Poikkeuksen muodostavat suorat tilauslennot mm. Välimeren maihin. Vuonna 2003 liikenneilmailun operaatioita oli lentoasemalla vuorokaudessa keskimäärin noin 13. Rahtipalveluita Jyväskylässä tarjoavat Finnair, DHL ja TNT. Maapalveluita Jyväskylässä tuottaa nykyään Keski-Suomen Lentokuormaus Oy, jonka kanssa Finnair solmi yhteistyösopimuksen kesäkuussa 2004.

Jyväskylän lentoasema-aluetta kehitetään määrätietoisesti tarkoituksena lisätä alueen houkuttelevuutta yrityksille. Mm. alueen rahtipalveluita ja maaliikenneyhteyksiä on parannettu, ja uusi terminaalilaajennus vihittiin käyttöön syksyllä 2004. Alueen asemakaava mahdollistaa teollisuus-, logistiikka- ja toimistorakennusten rakentamisen sekä rahtiasematason laajentamisen.

Jyväskylän lentoaseman infrastruktuuri näkyy kuvassa 14. Jyväskylän infrastruktuuri on tyypillinen maakuntalentokentälle, sillä erotuksella, että kaikilla maakuntakentillä ei ole sotilastoimintaa, jonka piiriin kuvan 14 infrastruktuurista kuuluvat kiitotien eteläpuolella näkyvät rullaustiet ja asematasot. Kuvat 13 ja 14 eivät ole samassa mittakaavassa, mutta niissä näkyy kuitenkin selkeä ero Helsinki-Vantaan ja maakuntakentän infrastruktuurin laajuudessa.



Kuva 14. Jyväskylän lentoaseman infrastruktuuri. Pohjoinen on kuvan yläreunassa. (Lähde: Ilmailulaitos/Ilmailutiedotuspalvelu 2005)

2.4.2 Lentokoneet ja -reitit

Maailman kaksi suurinta lentokonevalmistajaa, eurooppalainen Airbus Industries sekä yhdysvaltalainen Boeing Company, valmistavat suurimman osan kaupallisessa lentoliikenteessä käytetyistä suurista koneista. Pienempiä matkustajakoneita valmistavia yrityksiä on lukuisia, kuten Finnairinkin käyttämiä potkuriturbiinikoneita valmistava ATR.

Finnairin lentokoneista ATR-72 -koneet ovat potkuriturbiinikoneita, loput on varustettu suihkumoottoreilla. ATR-72 -koneet liikennöivät lähinnä lyhyillä kotimaahan ja Baltiaan suuntautuvilla matkoilla. Airbusin A320-sarjan koneita (A319, A320 ja A321) käytetään pääasiassa Euroopan sisäisillä keskipitkän matkan lennoilla. Finnairin vanhimmat koneet, MD-80-sarjan suihkukoneet, ovat käytössä enimmäkseen kotimaan pidemmillä reiteillä sekä lähialueille suuntautuvilla reiteillä. Laivaston suurin ja pisimmän kantaman kone MD-11 liikennöi mannertenvälisiä reittejä. B757 on käytössä lähinnä lomalennoilla. Finnairin laivasto 31.3.2004 on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Finnairin laivasto 31.3.2004.

	Matkustaja-paikkoja	Lukumäärä	Omia koneita	Vuokrakoneita
A319	126	10	6	4
A320	144	12	6	6
A321	181	5	4	1
MD-82/83	140 - 156	12	4	8
ATR-72	68	9	9	0
MD-11	296	6	2	4
B757	227	7	0	7
Yhteensä		61	31	30

Lähde: Finnair Oyj 2004b.

Eri lentoreiteillä lentokoneen polttoaineenkulutus matkustajaa tai rahtiyksikköä ja lentokilometriä kohti voi vaihdella suurestikin. Lentokoneet on optimoitu tietylle kantamalle ja tietylle matkustaja- ja rahtimäärälle, mikä vaikuttaa mm. koneen polttoaineenkulutukseen. Myös koneiden käyttöasteet vaihtelevat, ja tämä vaikuttaa suoraan palvelusuoritteeseen matkustajaa tai rahtiyksikköä kohti laskettuna. Finnairin kotimaanlentojen ja Euroopan reittilentojen matkustajakäyttöaste on viime vuosina vaihdellut tyypillisesti viiden- ja kuudenkymmenen prosentin välillä (Finnair Oyj 2005). Kaukolennoilla matkustajakäyttöaste on ollut lähes 80 % ja tilauslennoilla yli 90 % (Finnair Oyj 2005). Tarkasteltavaksi haluttiin valita edustava lentoreitti ja -kone sekä kotimaan liikenteestä, Euroopan liikenteestä, kaukoliikenteestä että lomalennoista.

Tässä työssä käsitellään Finnair Oyj:n laivaston koneita. Syy tähän on yhtälailla tarkoituksenmukainen kuin käytännöllinenkin: Suurin osa Suomen lentoliikenteestä käyttää Finnairin koneita. Suomalaisena lentoyhtiönä ja tämän tutkimushankkeen yhteistyökumppanina Finnairin laivastosta oli myös hyvin saatavilla tietoa.

Kotimaan liikenteessä yleisimmät koneet ovat ATR-72 -potkuriturbiinikoneet sekä MD-82- ja MD-83 -suihkukoneet, joita tästä eteenpäin kutsutaan yhteisesti lyhenteellä MD-80. Koska konetyyppien polttoaineenkulutuksessa on varsin suuri ero, otettiin tarkasteltavaksi sekä ATR 72 että MD-80 reitillä Helsinki-Jyväskylä.

Euroopan liikenteen koneeksi valittiin A320 ja reitiksi Helsinki-Pariisi. Koska ulkomaanmatkan kohdeasemaa kuvataan tässä tutkimuksessa Helsinki-Vantaalla, ei kohteen valinnalla ole muuten väliä, kuin että sinne lennetään valitulla konetyypillä ja että se on etäisyydeltään keskimääräinen sekä havainnollinen ja yleinen kohde. Konetyypiksi otettiin A320-sarjan nimikkokone sen vuoksi, että se on Finnairin laivastossa yleisin ja kooltaan kahden muun A320 -sarjan koneen välissä. Sarjan koneita käytetään liikenteessä eri reiteillä kysynnän mukaan sekaisin, joten kaikki lentävät joka tapauksessa samoja reittejä, joskin pienemmät A319-koneet painottuvat lyhyempien reittien liikenteeseen.

Mannertenvälisillä lennoilla Finnair käyttää ainoastaan MD-11 -konetta, joten sen valinta esimerkkitapaukseksi oli selvä. Kohteeksi valittiin New York.

Lomalennoilla (charter-lennoilla) Finnair käyttää B757-koneita. Kohteeksi valittiin Las Palmas Gran Canarialla.

Lisäksi tarkasteltiin B757:n rahtiversiota samalla reitillä Helsinki-Las Palmas, koska haluttiin vertailun vuoksi käsitystä myös rahtikoneen tonnikilometrin MIPS-luvuista. Rahtikoneena B757:n rahtiversio on todellinen, mutta Finnairilla ei ole omia rahtikoneita eikä Las Palmas ole tyypillinen rahtiliikennekohde, joten B757:n rahtiversio esittäytyy tässä kuvitteellisena tapauksena.

Tarkasteltavia lentokoneita oli valintojen jälkeen kuusi, kun mukaan lasketaan B757 -koneen rahtiversio. Tarkasteltavia lentoreittejä oli neljä. Laskelmissa käytetyt reitti-lentokone -kombinaatiot on kerätty taulukkoon 2. Esimerkkeinä käytettävien lentokoneiden ominaisuuksia on listattu taulukossa 3. Koneiden suhteellisesta koosta saa käsitystä kuvasta 15.

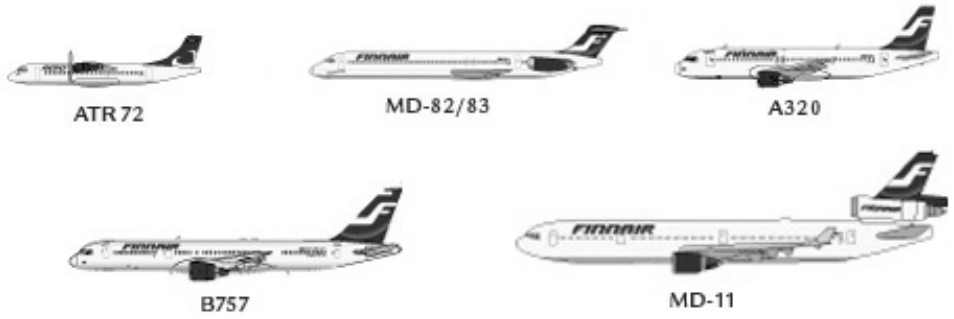
Taulukko 2. Laskelmissa tarkastellut lentoreitit ja –koneet.

	Helsinki – Jyväskylä 235 km	*Helsinki – Pariisi 1536 km*	*Helsinki – Las Palmas 4691 km*	*Helsinki – New York 6602 km*
ATR 72	X			
MD-80	X			
A320		X		
B757			X	
MD-11				X
B757 rahtikone			X	

Taulukko 3. Laskelmissa tarkasteltujen lentokoneiden ominaisuuksia.

Lento-kone	Suurin sallittu lentoonlähtö-massa (kg)	Suurin matkus-taja-määrä (hlöä)	Suurin hyöty-kuorma (kg)	Rahtikapasi-teetti (kg)	Suurin lento-kantama (km)
ATR72	22 000	72	6 500	500	760
MD80	67 800	141	16 600	4 000	2 400
A320	75 500	150	16 700	5 000	3 100
B757	115 700	227	24 400	3 000	7 300
MD11	286 000	296	58 500	28 800	11 700
B757 rahtikone	115 700	-	39 000	39 000	7 300

Lähteet: Finnair Oyj 2004b ja Jane's All the world's aircraft.



Kuva 15. Tarkasteltavat lentokoneet samassa mittakaavassa. (Kuva muokattu lähteestä Finnair Oyj 2004b)

2.5 Tutkittavan järjestelmän rajaus

Lentoliikennejärjestelmä ei ole ympäristöstään eristetty suljettu systeemi, joten myöskään sen rajaaminen ei ole yksiselitteistä. Tässä tutkimuksessa päädyttiin sisällyttämään lentoliikennejärjestelmään

- liikenneväline (lentokone)
- lentoasemien lentoliikenneinfrastruktuuri
- lentoasemien maakalusto
- lennonvarmistusjärjestelmät sekä
- lentoasemien matkustaja-, rahti- ja huoltorakennukset.

Hallinnolliset rakennukset, kuten Ilmailulaitoksen ja Finnairin toimistorakennukset Helsinki-Vantaalla, päätettiin jättää tarkastelun ulkopuolelle sillä perusteella, että ne eivät kuulu siihen tekniseen kokonaisuuteen, jonka lentoliikennejärjestelmä muodostaa. Myös lipunmyyntipisteet sekä muut matkustajapalvelut lentoasema-alueen ulkopuolella jätettiin pois tarkastelusta samalla perusteella. Lisäksi niiden merkitys lopputuloksen kannalta arvioitiin vähäiseksi. Ulkopuolelle jätettiin myös lentoasemien liityntäliikenne, joka tulee tarkastelluksi FIN-MIPS

Liikenne -hankeen tieliikennettä käsittelevässä osatutkimuksessa. Liityntäliikenteen infrastruktuuri rajattiin niin ikään tarkstelun ulkopulelle muilta osin, mutta Ilmailulaitoksen ylläpitämät maaliikennealueet katsottiin lentoliikennejärjestelmän osaksi.

Lentoliikenteen tuote, henkilö- tai tonnikilometri, on monimutkaisen järjestelmän aikaansaama pitkän jalostusasteen tuote, joten tarkastelu oli välttämätöntä katkaista johonkin tuotantoketjun vaiheeseen. Tarkastelun syvyyttä ei rajoitettu etukäteen, vaan se arvioitiin erikseen jokaisen tutkittavan osasysteemin kohdalla. Jos osajärjestelmän merkitys lopputuloksen kannalta näytti alustavan arvion perusteella vähäiseltä eikä siihen muutoin kohdistunut erityistä mielenkiintoa, se jätettiin pois. Tällaiset ratkaisut perustellaan tarkemmin laskennan esittelyn yhteydessä.

Lentoliikenne on nopeasti muuttuva toimiala. Erot peräkkäisten vuosien liikennemäärissä voivat olla suuriakin. Esimerkiksi lähes kaikkialla maailmassa matkustajamäärät notkahtivat selvästi vuoden 2001 terrori-iskujen jälkeen. Rahtimäärät puolestaan ovat olleet voimakkaassa kasvussa jo useita vuosia globalisoituvien ja erikoistuvien markkinoiden vuoksi, minkä johdosta myös lentoasemilla ja lentoyhtiöissä on herätty kehittämään rahtipalveluita. On selvää, että myös lentoliikenteen infrastruktuurin täytyy muuttua liikenteen tarpeiden muuttuessa. Viimeksi kuluneen vuoden aikana matkustajaterminaalien laajennusosia on otettu käyttöön monilla suomalaisilla lentoasemilla, myös Helsinki-Vantaalla ja Jyväskylässä. Tässä työssä MIPS-laskelmat on tehty vuoden 2003 liikennesuoritteiden mukaan, joten myös infrastruktuurin osalta on pyritty huomioimaan tuolloinen tilanne. Siten Helsinki-Vantaan vuonna 2004 valmistunut ulkomaanterminaalin laajennusosa sekä Jyväskylän samana vuonna valmistunut terminaalilaajennus eivät sisälly tämän työn tarkasteluihin. Helsinki-Vantaan viimeaikojen suurin investointi tulevaisuuteen, vuonna 2002 käyttöön otettu kolmas kiitotie, sen sijaan on mukana laskelmissa. Kolmas kiitotie painaa erityisesti infrastruktuurin MIPS-luvuissa, vaikka vuoden 2003 liikennemääriin olisi aiempien vuosien tapaan voitu päästä myös vanhalla kahden kiitotien järjestelmällä. Herkkyystarkasteluiden yhteydessä esitetään arvioita MIPS-luvuista erilaisilla liikennemäärillä.

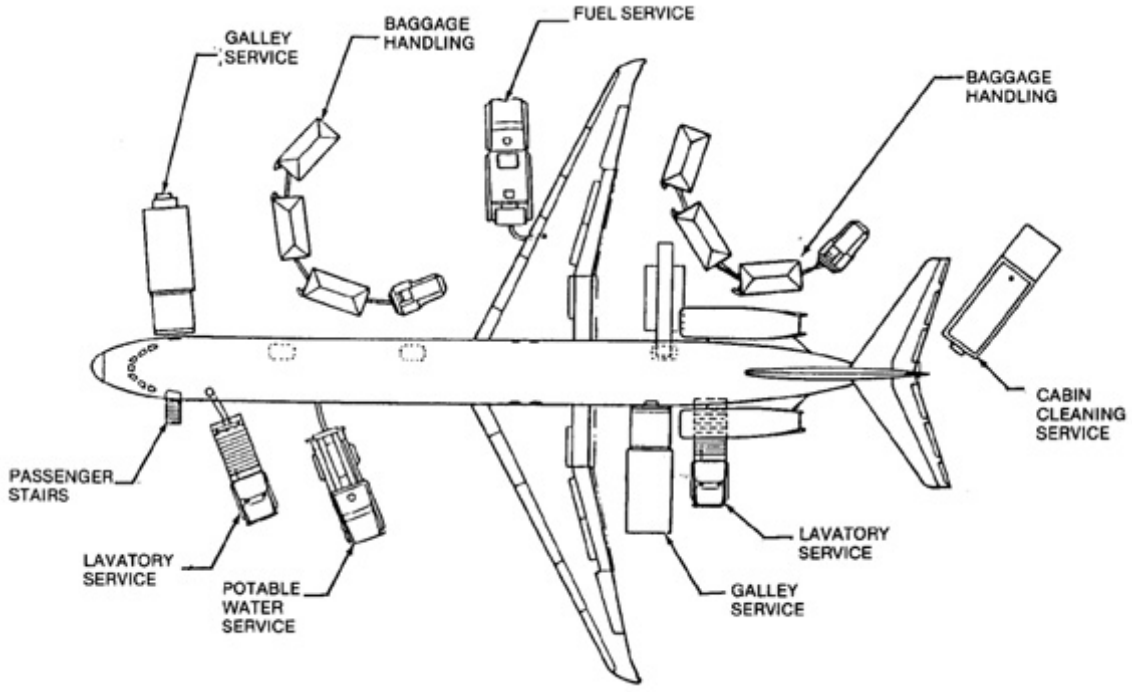
2.6 Laskennassa käytetty malli Suomen lentoliikennejärjestelmästä

Suomen lentoliikennejärjestelmästä pyrittiin valitsemaan tarkasteltavaksi materiaalinkulutuksen kannalta merkittävät osat. MIPS-lukujen laskemista varten oli myös määriteltävä systeemin eri osien käyttäjät, jotta materiaalipanokset voidaan allokoida eri palvelusuoritteille.

Taulukkoon 4 on listattu tarkastellut lentoliikennejärjestelmän osat ryhmiteltyinä otsikoiden ”lentokone”, ”lentoasema” sekä ”catering” alle. Taulukossa kerrotaan myös kuhunkin komponenttiin sovellettu allokointiperiaate ja vaihtoehtoiset allokointitavat niiden osien kohdalle, joille tällaisia käytettiin. Edempänä laskelmien esittelyssä käytetty kappalejako ei täysin vastaa taulukon järjestystä: esimerkiksi sadevesi käsitellään omana kappaleenaan, vaikka taulukon jaottelussa sadevesi on mukana sekä lentoaseman että lentokoneen kunnossapidon kohdalla.

Lennonvarmistustekniikan osuus arvioitiin työryhmässä lähes merkityksettömäksi, joten se jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Helsinki-Vantaan lentoaseman lentoliikennealueen sähköjärjestelmälle laskettiin kokeilumielessä MIPS-luku, mutta koska sen osuus tuloksista jäi pieneksi, jätettiin tämä Jyväskylän osalta tarkastelujen ulkopuolelle. Lentoliikennealueiden sadevesijärjestelmien putket ja kaivot arvioitiin merkityksettömiksi.

Lentoliikenneinfrastruktuurin pitämiseen liikennekelpoisena sekä lentokoneiden tankkaamiseen, huoltoon sekä matkustajien ja lastin pakkaamiseen ja purkamiseen tarvittavia koneita ja laitteita kutsutaan maakalustoksi. Lentoaseman pitäjä, joka Suomessa on yleensä Ilmailulaitos, vastaa liikennealueiden pitämisestä liikennekelpoisena. Huolto- ja kunnossapitokalustoon kuuluu mm. erilaista harjaus- ja lumilinkokalustoa. Maapalveluilla tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, joiden tarkoituksena on avustaa lentokoneiden mahdollisimman sujuvaa toimintaa lentoasemilla. Maapalveluihin kuuluvat mm. matkustajien ja rahdin siirtäminen terminaalin ja koneen välillä, koneiden polttoaineen, lämmön ja sähkön jakelu, koneiden siirto lentoasemalla sekä matkustamon ruoka- ja jätehuolto. Maapalveluita on havainnollistettu kuvassa 16.



Kuva 16. Esimerkki lentoasemalla tapahtuvista maapalveluista ja niissä käytetystä kalustosta. Kuvassa MD-80 -kone. (Lähde: Douglas Aircraft Company 1990)

Maakaluston osalta tutkittiin vain Ilmailulaitoksen ja Finnairin (Northport, Finnair Catering, Finnair Cargo ja Finnair Tekniikka) kalusto, joista tiedot oli helposti saatavilla. Ilmailulaitoksen kalusto on pääosin kunnossapitokalustoa ja Finnairin kalusto varsinaista maapalvelukalustoa. Koska näiden kahden suurimman toimijan maakaluston osuus MIPS-luvuista näytti laskelmien perusteella jäävän suhteellisen pieneksi, ei muiden maapalveluiden tuottajien kalustoa ja energiankulutusta arvioitu lainkaan. Ilmailulaitoksen maakalusto, joka on pääasiassa kenttien kunnossapitokalustoa, allokoitiin lento-operaatioille samaan tapaan kuin ilmaliikennepuolen infrastruktuuri. Finnairilla maakalustoa käyttää usea eri liiketoimintayksikkö tai tytäryritys. Northportin kalusto allokoitiin matkustajille, ja muiden yksiköiden kalusto samoin kuin kunkin yksikön muut materiaalipanokset.

Erityisen ryhmän muodostavat ryhmä ”rahtipalvelut”. Rahtipalveluilla tarkoitetaan tässä sellaisia lentoaseman toimintoja, joita käytetään ainoastaan rahdin käsittelyyn. Mukaan on las-

kettu rahtiterminaalit sekä rahdin käsittelyyn käytetty maakalusto. Nämä olisi voitu laskea myös muualla rakennusten ja maakaluston yhteydessä, mutta käytännön laskennan helpottamiseksi ja selkeyden vuoksi ne otettiin omaksi ryhmäkseen.

2.7 Materiaalipanosten allokointi

Koska lentoliikennejärjestelmällä on paljon osajärjestelmiä ja erityyppisiä käyttäjiä, yksi työn suurimmista kysymyksistä oli selvittää, miten eri lähteistä olevat materiaalipanokset voidaan allokoida tarkasteltaville palvelusuoritteille, ja miten kukin tutkittava allokointitapa vaikuttaa tuloksiin. Ilmailulaitoksen tarjoaman infrastruktuurin ja palveluiden käyttö allokoitiin lentoaseman koko käyttäjämäärälle. Finnairin materiaalipanokset pyrittiin allokoimaan Finnairin asiakkaiden mukaan. Tässä esitetään periaatteet, joihin päädyttiin. Lentoasemien lentoliikenneinfrastruktuurille esitetään vaihtoehtoisia allokointitapoja.

2.7.1 Matkustajat ja rahti

Liikennejärjestelmät kuljettavat yleensä kahdenlaista lastia, henkilöitä ja rahtia. MIPS-lukujen laskennassa oleellista oli valinta siitä, miten liikenneinfrastruktuurin ja kaluston käytöstä syntyvät materiaalivirrat jaetaan näiden kahden erilaisen palvelusuoritteen kesken. Lentoliikennetoimialalla käytetään yleisesti ICAOn suosittamaa liikenneyksikköä, jonka mukaan yksi matkustaja vastaa sataa kilogrammaa rahtia. Tämä otettiin lähtökohdaksi myös tähän tutkimukseen.

Helsinki-Vantaalla rahti kulkee eri terminaalien läpi kuin matkustajat matkatavaroineen, joten rakennuksista pelkästään matkustajille allokoitiin matkustajaterminaalit sekä pysäköintilaitokset. Maaliikennealueet, energian ja veden kulutus sekä lentoliikennealueet allokoitiin matkustajille ja rahdille (matkustaja tai 100 kg rahtia). Koska Jyväskylän lentoaseman läpi kulkevan rahdin määrä on pieni, sen osalta rakennukset, maaliikennealueet, energia ja vesi allokoitiin suoraan matkustajien ja rahdin yhteenlasketulle määrälle.

2.7.2 Lentoliikennealueen vaihtoehtoiset allokointitavat

Lentoliikenteen infrastruktuuria hyödyntävät monenlaiset käyttäjät. Liikenneilmailun lisäksi kenttiä käyttävät sotilas- ja yleisilmailu. Liikenneilmailun sisälläkin koneiden koko ja tyyppi vaihtelee. Tässä esitetään laskelmissa käytetyt kolme vaihtoehtoista allokointitapaa, joilla lentoliikennealueen materiaalipanoksista osoitettiin osuudet erilaisille käyttäjille.

Lentoliikenneinfrastruktuurin käyttäjäksi voidaan ajatella yksittäinen lentokone, jolloin infrastruktuurin materiaalivirrat on loogista allokoida yhtä operaatiota eli lentoonlähtöä tai laskeutumista kohti. Tätä allokointitapaa kutsutaan tästä eteenpäin operaatio-allokoinniksi (allokointi 1). Allokointitapa on selkeä, mutta se ei ota huomioon erilaisten koneiden infrastruktuurin rakentamiselle asettamia erilaisia tarpeita eikä sitä, että eri koneet mahdollisesti varaavat infrastruktuurin eripituiseksi ajaksi tai kuluttavat sitä eri tavoin. Infrastruktuurin käyttämiseen vaikuttavat koneen ominaisuuksien osalta monet muutkin asiat, kuten lennonohjaus ja sääolot. Infrastruktuuri myös rakennetaan aina koko liikennettä ajatellen, joten erottelu yksittäisen koneen ominaisuuksien perusteella on mahdotonta.

Toinen kokeiltu vaihtoehto oli lentoliikenneinfrastruktuurin allokoiminen suoraan matkustajille ja rahdille (matkustaja/100 kg rahtia). Tällöin materiaalipanokset kohdistuisivat suoraan palvelusuoritteen, henkilö- tai tonnikilometrin, kuluttajalle. Allokointitavasta käytetään myö-

hemmin nimitystä ”allokointi matkustajille ja rahdille” (allokointi 2). Tällainen allokointi ei kuitenkaan vastaa lentoliikennealueen todellisuutta, jossa käsitellään koneita, ei matkustajia tai rahtia.

Esimerkin vuoksi raportissa esitetään myös laskelmat, joissa operaatioita on painotettu koneen suurimmalla lentoonlähtöpainolla (MTOW eli *maximum take-off weight*). Tätä kutsutaan jatkossa MTOW-painotetuksi operaatio-allokoinniksi (allokointi 3). Massapainotuksen mukaan ottaminen aiheuttaa sen, että suuremmille koneille allokoidaan infrastruktuurista suurempi osa kuin pienille koneille. Tällaisessa allokoinnissa on mieltä sen vuoksi, että suurten koneiden käyttö aiheuttaa tarpeen pidemmille ja leveämmille kiito- ja rullausteille. Toisaalta suurten koneiden käyttäminen myös vähentää ruuhkaa lentoasemilla ja ilmatilassa, jolloin samassa aikayksikössä saadaan käsiteltyä useampi matkustaja tai rahtiyksikkö. Näistä syistä koneen kokoon perustuvaa allokointia ei haluttu ottaa mukaan muutoin kuin esimerkkinä siitä, miten erilaiseen allokointiin päätyminen voi vaikuttaa tuloksiin.

2.7.3 Lentotoiminnan tukipalveluiden materiaalipanokset

Lentokoneiden huollossa syntyvät materiaalipanokset allokoitiin lentokilometriä kohden, minkä Finnairin edustajat hankkeen työryhmässä näkivät järkeväksi (P. Pitkänen ja J. Pallonen, henkilökohtainen tiedonanto 22.6.2004). Samoin käsiteltiin Finnair Tekniikan maakaluston materiaalipanokset.

Finnairin omistamien rakennusten pinta-alasta yli 90 % muodostuu lentokoneiden huoltohalleista (P. Pitkänen, henkilökohtainen tiedonanto 22.6.2004), joten Finnairin rakennusten sekä energian ja veden kulutuksen materiaalivirrat päätettiin allokoida samoin kuin lentokoneiden huoltotoiminnan materiaalit eli lentokilometriä kohti.

Catering- ja matkustamopalveluita tuottavan Finnair Cateringin materiaalipanokset laskettiin yhtä lentoa kohti. Tämä ei ole täysin realistista, koska lennoilla tarjottavien palveluiden määrä ja sisältö vaihtelee ainakin lennon keston ja matkustajaluokan mukaan, mutta näin saatiin karkea approksimaatio lennonaikaisten palveluiden luonnonvarojen kulutuksesta.

Maahuolintapalveluja tuottavan Northportin (entinen Finnair Ground Handling) materiaalivirrat allokoitiin lentoasemien matkustajille.

Taulukko 4. Tarkastellut lentoliikennejärjestelmän osat ja niiden käsittely MIPS-laskelmissa.

Järjestelmän osa	**Allokointi**
Lentokone	
Valmistus	Koneen elinkaarenaikaisille lentokilometreille.
Polttoaineenkulutus	Reitin lentokilometreille
Lentokoneen huolto ja kunnossapito	Huollettujen koneiden lentokilometreille.
- Rakennukset	
- Sähkön kulutus	
- Lämpöenergian kulutus	
- Veden kulutus	
- Huollon materiaalien kulutus	
- Huollon maakalusto	
- Valmistus	
- Käyttö	
- Sadevesi (huoltoalueelle langennut)	
Lentoasemat	
Rakennukset	
- Terminaalit	Matkustajille
- Pysäköintilaitokset	Matkustajille
- Lentokonehallit, suoja- ja varastoraken-nukset	Vaihtoehtoiset allokoinnit: 1) operaatioille 2) matkustajille ja rahdille 3) operaatioille koneen massalla painottaen
Sähkön kulutus	Matkustajille
Lämpöenergian kulutus	Matkustajille
Veden kulutus	Matkustajille
Maaliikennealueiden maa- ja päällysrakenteet	Matkustajille
Lentoliikennealueen infrastruktuuri	Vaihtoehtoiset allokoinnit: 1) operaatioille 2) matkustajille ja rahdille 3) operaatioille koneen massalla painottaen
- Maa- ja päällysrakenteet	
- I ja II kiitotie	
- III kiitotie	
- Sähköjärjestelmät	
Liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineiden käyttö	Vaihtoehtoiset allokoinnit: 1) operaatioille 2) matkustajille ja rahdille 3) operaatioille koneen massalla painottaen
Maakalusto	ILL:n maakalustolle vaihtoehtoiset allokoinnit: 1) operaatioille 2) matkustajille ja rahdille 3) operaatioille koneen massalla painottaen Finnairin maakalusto eri käyttäjille: matkustajat, rahti, lentokonehuolto ja catering
- Valmistus	
- Käyttö	
Lentoasema-alueelta pois johdettu sadevesi	Vaihtoehtoiset allokoinnit: 1) operaatioille 2) matkustajille ja rahdille 3) operaatioille koneen massalla painottaen
Catering ja matkustamopalvelut	Matkustajille
Rahtipalvelut (Helsinki-Vantaan rahtiterminaali ja -maakalusto)	Rahtitonneille

2.8 Tutkimusaineiston hankinta

Työn luonteesta johtuen käytetty aineisto on laadultaan varsin vaihtelevaa, ja tietoja lentoliikenteen eri osista etsittiin lukuisista eri lähteistä. Pääosan tiedoista muodostavat Ilmailulaitoksen ja Finnairin antamat infrastruktuuria, energiankulutusta, kalustoa sekä käyttäjämääriä koskevat tiedot, joista osa on julkisesti saatavilla www:ssä (www.ilmailulaitos.fi ja www.finnair.fi). Tietoa kerättiin henkilökohtaisilla kyselyillä Ilmailulaitoksen ja Finnairin sisällä sekä muutamilta ulkopuolisilta asiantuntijoilta ja valmistajien edustajilta, organisaatioiden ja valmistajien verkkosivuilta sekä kirjallisuudesta. Ilmailulaitokselta ja Finnairilta saatiin liikennejärjestelmää koskien pääasiassa määrällistä tietoa; valmistusmateriaaleja ja niiden elinkaarenaikaista luonnonvarojen kulutusta etsittiin yleensä kirjallisuuden ja asiantuntijalausuntojen avulla.

2.9 Laskelmissa käytetyt MI-kertoimet

Laskelmissa käytetyt MI-kertoimet lähteineen on esitetty liitteessä A. Materiaalien kertoimet ovat pääasiassa Wuppertal-instituutin julkaisemia (Wuppertal Institute 2003).

Ajoneuvot

Maakaluston ajoneuvoille käytettiin Puseniuksen (2004) henkilö-, paketti-, linja- ja kuormaautoille laskemia MI-lukuja. Luvut sisältävät ajoneuvojen valmistuksen materiaalien ja energian kulutuksen sekä käytöstä poiston materiaalipanokset.

Rakennukset

Terminaalirakennuksille käytettiin Sinivuoren (2004) Helsingin yliopiston Viikin Infokeskukselle laskemia MI-lukuja: 139 kg abioottisia luonnonvaroja, 852 kg vettä ja 5.56 kg ilmaa /brm^2/vuosi.

Vesi

Kaikelle kulutetulle vedelle käytettiin Wuppertal-instituutin julkaisemia vesijohtoveden kertoimia (0.01 kg/kg abioottisia materiaaleja, 1.3 kg/kg vettä ja 0.001 kg/kg ilmaa). Sadevedelle käytettiin veden MI-kerrointa 1 kg/kg abioottisten materiaalien ja ilman kertoimen ollessa nolla.

Sähkö ja kaukolämpö

Lentoasemien ja lentokonehuollon energiankulutuksen MIPS laskettiin käyttämällä sähkölle abioottista MI-kerrointa 0,53kg/kWh, veden MI-kerrointa 189,28kg/kWh ja ilman MI-kerrointa 0,22kg/kWh. Kaukolämmölle käytettiin vastaavasti kertoimia 0,49 kg/kWh, 0,78 kg/kWh ja 0,36 kg/kWh. Kertoimien laskenta on esitetty liitteessä C.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteet

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden MI-kertoimia tarvittiin laskettaessa lentokoneiden valmistuksen sekä lentoliikennealueiden sähköjärjestelmien materiaalipanosta. Muut lentoliikennejärjestelmän sähkö- ja elektroniikkalaitteet joko sisältyvät valmiiksi muihin MI-kertoimiin

(maakaluston ajoneuvot) tai jätettiin pois tarkastelusta (tutka- ja navigointijärjestelmät, lentoasemien turva- ja tietojärjestelmät).

Kirjallisuudessa on esitetty arvioita joidenkin sähkö- ja elektroniikkateollisuuden tuotteiden materiaali-intensiteetille. Von Geibler & al. (2003) ovat laskeneet kahden Hewlett-Packardin mobiililaitteen valmistuksen materiaali-intensiteetin abioottisten materiaalien ja veden osalta. Kannettavan tietokoneen (Omnibook 500) valmistuksen materiaali-intensiteetiksi he saivat abioottisia luonnonvaroja 156 kg/kg ja vettä 2097 kg/kg. Jornada 565 -kämmentietokoneelle tulokset olivat vastaavasti 97 kg/kg (abioottiset) ja 730 kg/kg (vesi). PC-koneelle puolestaan on esitetty arvio abioottisia luonnonvaroja 65 kg/kg (Hennicke 2004).

Elektroniikkakomponenttien MI on huomattavasti suurempi kuin sähkölaitteiden, johtuen lähinnä elektroniikkateollisuudessa käytetyistä korkean jalostusasteen materiaaleista ja harvinaisista metalleista. Koska tässä tutkimuksessa elektroniikka- ja sähkölaitteiden merkitys ei ollut kovin suuri, käytettiin näille yhteisinä MI-kertoimina kannettavalle tietokoneelle laskettua materiaali-intensiteettiä. Valinnalla pyrittiin mieluummin liioittelemaan kuin vähättelemään sähkö- ja elektroniikkalaitteiden materiaalipanosta, mutta kokonaisuuden kannalta tästä koituva virhe arvioitiin pieneksi. Näin päädyttiin käyttämään seuraavia kertoimia: abioottiset 156 kg/kg ja vesi 2097 kg/kg (von Geibler & al. 2003). Ilman osuus jätettiin huomioimatta, koska kerrointa ei ollut saatavissa.

3 Tulokset

3.1 Lentoliikennejärjestelmän osien MI-kertoimet

3.1.1 Lentokoneet

Lentokoneiden matkustajamäärinä käytettiin laskelmissa reitin keskimääräisellä matkustajakäyttöasteella kerrottua maksimikapasiteettia. Rahdin määränä käytettiin Finnairin kunkin konetyypin vuoden 2003 keskimääräistä rahtikuormaa (P. Pitkänen, henkilökohtainen tiedonanto 13.12.2004).

Laskelmissa käytettiin seuraavia matkustajakäyttöasteita (Finnair Oyj 2004c):

- Kotimaanlennot: 53 % (HEL-JYV)
- Euroopan lennot: 56,6 % (HEL-CHG)
- Mannertenväliset lennot: 73,1 % (HEL-JFK)
- Lomalennot: 88,7 % (HEL-LPA)

Työryhmässä arvioitiin lentokoneen käyttöiäksi 30 vuotta. Käyttöiän aikaiset lentokilometrit arvioitiin Ilmailulaitoksen liikennetietojärjestelmän kautta saadun tiedon avulla (S. Tuparinne, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2004). Lentokilometrien arvioimista varten tutkittiin kaikkien tarkasteltavien koneiden lennot viikon aikana, otettiin tästä keskiarvo ja kerrottiin 52:llä, jolloin saatiin approksimaatio vuoden aikana lennettäville kilometreille. Tästä laskettiin edelleen arvio 30 vuoden aikaisille lentokilometreille konetyypeittäin. Arvion tarkistivat ja hyväksyivät työryhmän Finnairin edustajat. Saatua kilometriarviota käytettiin lentokoneen valmistuksenaikaisten materiaalivirtojen laskemiseen lentokilometriä kohti. Käyttöiän aikaiset lentokilometrit tutkittaville konetyypeille on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Käyttöiän aikaiset lentokilometrit tutkittavilla konetyypeillä.

Lentokone	Lentokilometrit käyttöiän (30 a) aikana
ATR72	19 700 000
MD-80	36 000 000
A320	48 400 000
B757	82 800 000
MD-11	109 900 000
B757 rahtikone	82 800 000

Laskelmissa tarvittavat lentokoneiden tiedot (taulukko 6) ovat peräisin Finnairilta (Finnair Oyj 2004) sekä kausijulkaisun Jane’s All the world’s aircraft useista eri niteistä.

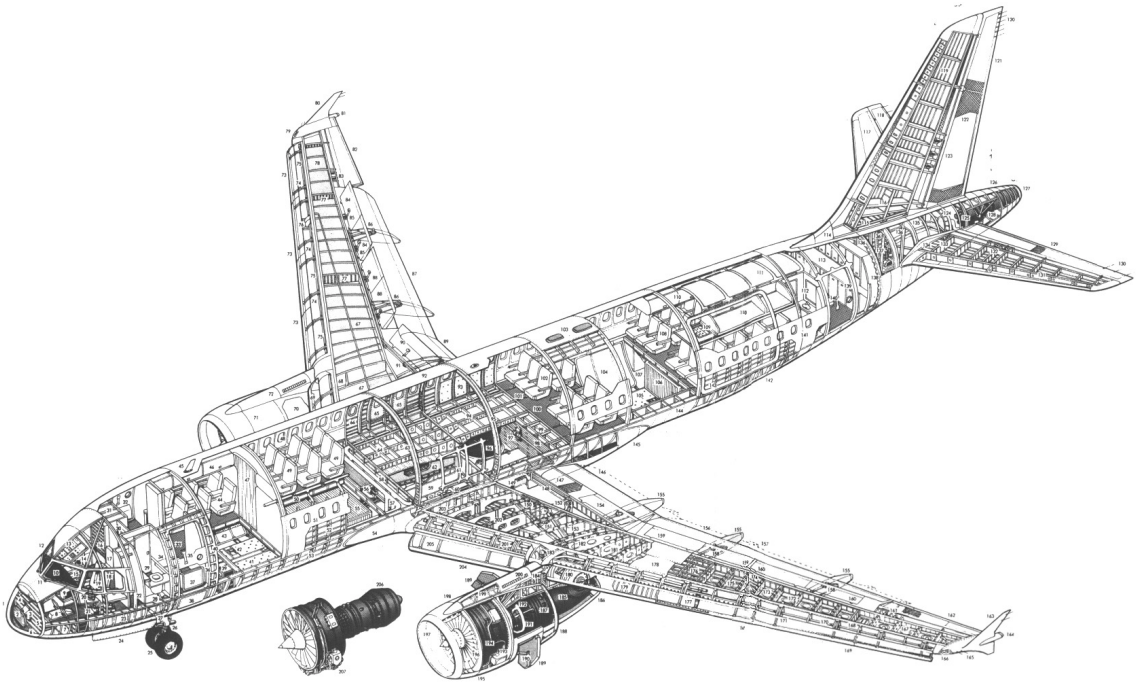
Taulukko 6. Laskelmissa käytetyt lentokoneiden tiedot.

	ATR-72	MD-80	A320	B757	MD-11	B757 FRIGHTER
Suurin sallittu lentoonlähtömassa (kg)	22 000	67 800	75 500	115 666	285 990	115 665
Toimintamassa tyhjänä (kg)	12 950	35 369	41 360	59 170	134 081	51 710
Suurin massa ilman polttoainetta (kg)	20 000	55 340	61 000	84 368	195 045	90 719
Lentokantama (km)	760	2 400	3 120	7 315	11 700	7 315
Suurin matkustajamäärä (hlöä)	72	141	150	227	296	227
Suurin hyötykuorma (kg)	6 500	16 550	16 673	24 350	58 500	39 009
Rahtikapasiteetti (kg)	500	4 000	5 000	3 000	28 800	39 009
Rahtikapasiteetti (m^3)	13	25	18	15	85	238.8
Käyttöikä (a)	30	30	30	30	30	30
Lentokilometrit käyttöiän aikana (km)	19 710 000	35 983 577	48 408 896	82 829 837	109 906 226	82 829 837
Matkustamon pituus (m)	19.2	30.78	27.5	36.09	46.51	36.09
Matkustamon lattiapinta-ala (m^2)	41.7	89.65	89.65*	116	244.7	116
Matkustamon tilavuus (m^3)	76	191.9	191.9*	230.5	599.3	230.5
Moottoreiden massa (kg)	2 x 481	2 x 2 948	2 x 2 948*	2 x 4 603	3 x 6 026	2 x 4 603

*Oletettu samaksi kuin MD-80:ssa.

3.1.1.1 Lentokoneiden valmistus

Tietoja lentokoneen valmistusmateriaaleista kysyttiin suoraan valmistajilta, mutta heikoin tuloksin. Lentokoneen rakenne on monimutkainen (kuva 17) ja liikennevälineen osuus MIPS-luvusta arvioitiin karkeiden laskelmien avulla melko pieneksi, joten kovin tarkkoihin tuloksiin ei edes tähdätty. Esimerkiksi olettamalla lentokoneen valmistusmateriaaliksi pelkkä titaani, jonka MI-kerroin on erittäin suuri (abioottiset materiaalit 1000 kg/kg), jäi valmistuksen osuus kaikissa esimerkkitapauksissa noin prosenttiin lennetyn henkilö- tai tonnikilometrin MIPS-luvusta. Työssä päädyttiin lopulta käyttämään alan oppikirjoissa esitettyjä massa- ja balanssilaskelmia hyödyntäen saatuja approksimaatioita sekä kirjallisuudesta ja valmistajien internetsivuilta löytyviä tietoja käytetyistä materiaaleista. Lisäksi tietoja kysyttiin Teknillisen korkeakoulun kevytrakennetekniikan professori Olli Saarelalta.



Kuva 17. Lentokoneen A320 rakennetta kuvaava cutaway-piirros. (Air International 1987)

Koska massan optimointi on yksi lentokoneensuunnittelun tärkeimmistä päämääristä, oli massaestimaatteja koneen eri osajärjestelmille melko hyvin saatavissa (esimerkiksi Niu 1999 ja Jenkinson & al. 1999). Sen sijaan valmistusmateriaaleista tietoa löytyi lähinnä rungon rakenteellisille osille, jotka tosin massaltaan muodostavat merkittävän osan lentokoneesta. Lentokoneen järjestelmien sekä sisustuksen osalta jouduttiin turvautumaan enemmän tai vähemmän karkeisiin arvauksiin materiaalijakaumasta.

Jenkinsonin et. al (1999) mukaan lentokoneen rakenteellisten osien (mm. runko, siivet, pyrstö, laskutelineet) massa on noin kolmasosa suurimmasta sallitusta lentoonlähtömassasta. Lentokoneen rakenteellisille osille käytettiin seuraavaa materiaalijakaumaa: 62 % alumiinia, 19 % komposiitteja, 11 % terästä, 7 % titaania ja 1 % muita materiaaleja. Jakauma on arvioitu lähteiden Robinson (2002) ja Flower ja Soutis (2003) avulla.

Lentokoneen järjestelmillä tarkoitetaan niitä komponentteja, jotka eivät kuulu rakenteellisiin osiin mutta ovat välttämättömiä lentokoneen tarkoituksenmukaiselle toiminnalle. Tällaisia ovat mm. ohjaus- ja navigointijärjestelmät, jäänestojärjestelmät ja matkustajakoneessa matkustamon sisustus. Järjestelmien massoja arvioitiin taulukon 7 kaavojen mukaisesti. Moottoreille sekä ohjaus- ja navigointijärjestelmille käytettiin elektroniikka- ja sähkölaitteiden MI-kertoimia. Sähköjärjestelmille oletettiin kuparin MI-kerroin. Hydrauli-, paineilma-, ilmastointi ja anti-icing -järjestelmien materiaalisisältöä ei tutkittu, vaan niille oletettiin suoraan alumiinin MI-kerroin. Matkustamon sisustusmateriaaleja etsittiin kirjallisuudesta (mm. National Materials Advisory Board 1995), mutta materiaalien massajakauma jouduttiin arvaamaan.

Valmistusvaiheen MI-luvussa ovat mukana vain materiaalien lopulliset määrät lentokoneessa siten kuin ne on arvioitu, kerrottuna materiaaleille oletetulla 20 % hukkakertoimella.

Autojen ja työkoneiden kohdalla romutuksesta aiheutuvat päästöt ovat pienet verrattuna valmistuksen- ja käytönaikaisiin päästöihin (Tonteri ja Vatanen 2000). Saman oletettiin pätevän lentokoneelle, joten lentokoneen käytöstä poistamisen aiheuttamat materiaalivirrat jätettiin tässä huomiotta.

Taulukko 7. Lentokoneiden massa-arvioissa käytetyt kaavat. (Lähde: Torenbeek 1982)

Järjestelmä	Massa-arvioon käytetty kaava	Symbolien selityksiä
Sisustus (matkustamon istuimet, seinät, lattia yms.)	$0.196 \cdot m_{ZF}^{0.91}$	m_{ZF} = suurin massa ilman polttoainetta (Maximum Zero Fuel Mass)
Kojelauta, navigaatiovälineet ja elektroniikka	$0.37 \cdot m_{DE}^{\frac{5}{9}} \cdot R^{\frac{1}{4}}$	m_{DE} = tyhjäpaino luovutettaessa (Delivery Empty Weight)
Hydrauliikka- ja paineilmajärjestelmät	$0.015 \cdot m_{DE}$	
Ilmastointi- ja jäänestojärjestelmät	$14 \cdot l_{pc}^{1.28}$	l_{pc} = matkustamon pituus (Passenger Cabin Length)
Sähköjärjestelmät	$3.64 \cdot V_{pc}^{0.7}$	V_{pc} = matkustamon tilavuus (Passenger Cabin Volume)

Tässä esitetään MI-lukujen laskeminen yhdelle esimerkkikoneelle (MD-80, taulukko 8). Muilla koneilla laskelmat tehtiin samaan tapaan, joten tässä esitetään niistä vain tulokset (taulukko 9). ATR-72:n laskelmat eroavat tässä esitetyistä siten, että APU *(auxiliary power unit)* puuttuu. B757 -rahtikoneen laskelmat eroavat muista ainoastaan siten, että koneen sisustus on jätetty pois.

Taulukko 8. MI-laskelmat MD-80 -lentokoneen valmistukselle.

MD-80			MI			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Komponentti	Osa/materiaali	Massa; sis. hukat (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Rakenteelliset osat						
	Alumiini	16 646	Alumiini	314 448	8 975 661	98 363
	Komposiitit	5 101	Lentokone-teollisuuden komposiitit	205 816	6 085 307	127 534
	Teräs	2 953	Teräs	27 525	241 881	2 280
	Titaani	1 879	Titaani	1 879 416	0	0
	Muut	269	Abioottiset = 1 kg/kg	268	0	0
Moottorit lisukkeineen		10 118	Sähkö- ja elektroniikka-laitteet	1 578 336	21 216 473	0
APU		212	Sähkö- ja elektroniikka-laitteet	33 105	445 013	0
Sisustus						
(Istuimet, seinät, lattia)	Komposiitit	2 192	Lentokone-teollisuuden komposiitit	88 433	2 614 686	54 798
	Alumiini	1 705	Alumiini	32 203	919 223	10 074
	Uretaanivaahtomuovi	244	Polyuretaani	1 537	123 013	868
	Tekstiili	731	Villa	0	0	0
Kojelauta, navi-gaatiovälineet ja elek-troniikka		981	Sähkö- ja elektroniikka-laitteet	153 003	2 056 717	0
Hydrauliikka- ja paineilma-järjestelmät		637	Alumiini	12 026	343 277	3 762
Sähköjärjestelmät		173	Kupari	31 007	40 932	201
Ilmastointi ja anti-icing		1350	Alumiini	25 499	727 852	7 976
YHTEENSÄ [kg]				**4 382 624**	**43 790 035**	**305 855**
YHTEENSÄ [kg/lentokilometri]				**0.12**	**1.22**	**0.01**

Taulukko 9. Tarkasteltujen lentokoneiden valmistuksen MI-luvut.

Kone	MI [kg/lentokilometri]		
	Abioottiset	Vesi	Ilma
	kg	kg	kg
ATR-72	0.06	0.52	0.01
MD-80	0.12	1.22	0.01
A320	0.10	0.96	0.01
B757	0.09	0.85	0.01
MD-11	0.13	1.17	0.01
B757 RAHTIKONE	0.08	0.78	0.00

3.1.1.2 Lentokoneiden huolto

Lentokoneiden huoltotoiminnan materiaalipanokseksi katsottiin kaikki Finnair Tekniikan materiaalivirrat. Osio sisältää hyvin monenlaisia materiaalipanoksia: mukana ovat huollossa kulutettujen materiaalien lisäksi energian ja veden kulutus, huollon maakaluston valmistus ja käytönaikainen kulutus, huoltoinfrastruktuuri sekä huoltoalueelta pois johdettu sadevesi.

Laskelmat pohjautuvat Finnair Tekniikan vuoden 2003 materiaalien, energian ja veden kulutukseen (Finnair Oyj 2004), Finnairin rakennustietoihin sekä Finnair Tekniikan Helsinki-Vantaalla hallinnoimaa asematasoaluetta koskeviin tietoihin. Huollon materiaalien kulutus laskettiin Finnair Tekniikan jätteiden avulla. Materiaalien kierrätystä ei huomioitu (Finnairin ympäristöraportin mukaan lajittelu- ja kierrätysaste pyritään pitämään korkeana). Finnairin rakennusneliöt sekä energian hankinta on laskettu Finnair Facilities Management -yksikön apulaisjohtajan Olavi Haapasen ilmoituksen mukaan (henkilökohtainen tiedonanto sähköpostitse 20.8.2004). Kaikki Finnairin Helsinki-Vantaan rakennukset päätettiin laskea mukaan lentokonehuollon materiaalinkulutukseen, koska lentokonehallit muodostavat yli 90 % rakennusten pinta-alasta (P. Pitkänen, Finnair Tekniikka, henkilökohtainen tiedonanto 22.6.2004).

Materiaalipanoksista on allokoitu Finnairin omille lentokilometreille 75 % eli se osuus, joka Finnair Tekniikan liikevaihdosta tulee oman kaluston huollosta (P. Pitkänen, Finnair Tekniikka, henkilökohtainen tiedonanto 22.6.2004). Vuonna 2003 Finnair lensi yhteensä 113 892 000 km (Finnair Oyj 2004d), joten kaikki tässä esitetyt Finnair Tekniikan vuotuiset materiaalipanokset on jaettu luvulla $0.75 \times 113\,892\,000$ km.

Taulukko 10. Finnair Tekniikan lentokonehuollon luonnonvarojen kulutus.

Finnair Tekniikan lentokonehuollon jätteet		**MI**			
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Ultrasuodatinkonsentraatti	13 000	Vesi	130	13 000	13
Metallihydroksidisakka	1 400		1 400	0	0
Pesuliuotin	32 000	Nafta	54 080	444 800	1 504
Öljyjäte	64 000	Nafta	108 160	889 600	3 008
Liima- ja maalijäte	34 000	Maali	57 460	472 600	1 598
Maaliohenne	10 000	Nafta	16 900	139 000	470
Muu jäteliuotin	15 000	Nafta	25 350	208 500	705
Raskasmetalleja sisältävät erät kuten akut ja paristot	1 000	Sähkö- ja elektroniikka-laitteet	156 000	289 900	0
Muoviraepuhaltimen pöly	5 800	Polyesteri	29 638	1 090 400	16 791
SER (sähkö- ja elektroniikkajäte)	800	Sähkö- ja elektroniikka-laitteet	124 800	1 677 600	0
Metallijäte	58 700	Alumiini	1 108 843	31 651 040	346 858
Renkaat	11 000	Renkaat	44 308	170 247	10 615
Pahvi	30 000	Kartonki	9 000	747 000	2 100
Paperi	70 000	Paperi	417 200	13 786 500	58 100
Yhdyskuntajäte	260 000	Abioottiset = 1 kg/kg	260 000	0	0
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**2 413 269**	**51 580 187**	**441 763**
YHTEENSÄ [kg/lentokilometri]			**0.016**	**0.34**	**0.003**

Taulukko 11. Finnairin rakennusten MI-luvut.

Finnairin rakennukset		**MI**			
	Pinta-ala (brm²)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Rakennukset [kg/vuosi]	200 000	Lentokonehalli	17 128 000	55 382 000	1 062 000
YHTEENSÄ [kg/lentokilometri]			**0.11**	**0.36**	**0.01**

Taulukko 12. Finnair Tekniikan lentokonehuollon energian ja veden kulutuksen MI-luvut.

Finnair Tekniikan lentokonehuollon energian ja veden kulutus				**MI**			
					Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
		Määrä	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Lämpö	Kaukolämpö	59 850 000	kWh	Kaukolämpö, kansallinen keskiarvo	21 994 875	35 012 250	16 159 500
	Polttoöljy, kevyt	1 575 000	kWh	Polttoöljy, kevyt	150 019	1 038 319	355 556
	Polttoöljy, raskas	1 575 000	kWh	Polttoöljy, raskas	173 644	1 323 000	352 013
Sähkö		55 300 000	kWh	Sähkö, kansallinen keskiarvo	21 981 750	7 850 388 000	9 124 500
Vesi		56 500 000	kg	Vesi	423 750	55 087 500	42 375
YHTEENSÄ [kg/vuosi]					**44 724 038**	**79 428 490 069**	**26 033 944**
YHTEENSÄ [kg/lentokilometri]					**0.39**	**69.7**	**0.23**

Taulukko 13. Finnair Tekniikan asematasoalueen maa- ja päällysrakenteiden MI-luvut.

Finnairin teknillisen alueen asematasojen maa- ja päällysrakenteet					**MI**			
						Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Materiaali	Määrä	Yksikkö	Tiheys (kg/ yksikkö)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Asfaltti	17 473	m³	2 100	36 693 891	Asfaltti	186 826 944	86 579 235	293 551
Betoni	15 927	m³	2 300	36 631 238	Betoni	48 719 546	124 546 208	1 465 250
Hiekka	72 480	m³	1 800	130 463 494	Abioottiset = 1 kg/kg	130 463 494	0	0
Louhe	125 508	m³	1 800	225 914 963	Abioottiset = 1 kg/kg	225 914 963	0	0
Murske	74 042	m³	1 800	133 275 094	Murske	133 315 076	266 550	93 293
Sora	60 496	m³	1 800	108 892 688	Abioottiset = 1 kg/kg	108 892 688	0	0
Tasauksen maansiirrot	30 000	m³	1 800	54 000 000	Abioottiset = 1 kg/kg	54 000 000	0	0
Suodatinkangas	90 294	m²	0.35	31 603	Polypropy-leeni	66 050	1 131 381	46 835
YHTEENSÄ [kg]				**671 902 968**		**888 198 760**	**212 523 373**	**1 898 929**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**8 881 988**	**2 125 234**	**18 989**
Yhteensä [kg/lentokilometri]						**0.06**	**0.01**	**0.00**

3.1.1.3 Lentokoneiden polttoaineen kulutus

Lentokoneen polttoaineenkulutuksen MIPS-laskelmat pohjautuvat Finnair Tekniikan moottori-insinööri Janne Pallosen laskelmiin (henkilökohtainen tiedonanto 7.6.2004).

Taulukko 14. Lentokoneiden polttoaineenkulutuksen MI-luvut.

Reitti-ja kulutustiedot					MI [kg/lentokilometri]			
						Abiottiset	Vesi	Ilma
Reitti	Kone	Etäisyys isoympyrää pitkin (km)	Block Time (h)	Polttoaineen kulutus (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
HEL-JYV	ATR72	235	0.75	488	Diesel	2.8	20.1	6.7
HEL-JYV	MD80	235	0.67	2265	Diesel	13.1	93.5	31.0
HEL-PARIISI	A320	1536	3.08	6710	Diesel	5.9	42.4	14.1
HEL-LAS PALMAS	B757	4691	6.17	20937	Diesel	6.1	43.3	14.4
HEL-NEW YORK	MD11	6602	8.58	60706	Diesel	12.5	89.2	29.6

3.1.2 Lentoasemat

3.1.2.1 Lentoliikennealueen maa- ja päällysrakenteet

Lentoasemien infrastruktuuri voidaan jakaa kolmeen osaan: maaliikennealue, terminaali sekä lentoliikennealue. Maaliikennealueeseen laskettiin tässä työssä molemmilla tutkittavilla lentoasemilla Ilmailulaitoksen hallinnoima osa lentoasemalle johtavasta tieliikennealueesta sekä pysäköintialueet ja -laitokset. Terminaaleihin kuuluvat matkustaja-, liikelento- ja rahtiterminaalit. Lentoliikennealue käsittää asematasot, rullaustiet ja kiitotiet sekä teknisiä ja lennonvarmistukseen liittyviä rakennuksia.

Infrastruktuurista selvitettiin rakentamiseen kuluvat materiaalit. Helsinki-Vantaan lentoliikennealueista lukuun ottamatta uusinta kiitotietä 3 sekä Jyväskylän lentoliikennealueen maanrakennus- ja päällystystöistä saatiin tietoa Ilmailulaitoksen Lentokenttätekniikan rakennepiirustuksista ja -kartoista, joiden perusteella laskettiin rakentamiseen kuluneet materiaalit. Pohjarakenteiden ja tasausten maansiirtomääriä arvioitiin karkeasti vertaamalla kiitoteiden keskilinjojen sekä alkuperäisen maanpinnan pituusleikkauksia. Helsinki-Vantaan kolmannesta kiitotiestä tietoja saatiin valmiiksi tilastoituina suoraan projektitoimistosta.

Helsinki-Vantaan lentoliikennealueen valo- ja ohjausjärjestelmistä saatiin tietoa Helsinki-Vantaan lentoaseman Energia- ja vesi -yksikön ennakkohuoltoteknikko M. Långstedtilta (henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2004). Lentoliikennealueen teknisten järjestelmien materiaalipanos osoittautui merkitykseltään hyvin vähäiseksi maa- ja pintarakenteisiin verrattuna Helsinki-Vantaalla, joten Jyväskylän osalta niitä ei tarkasteltu lainkaan.

Tässä esitetään Helsinki-Vantaan ja Jyväskylän lentoaseman lentoliikennealueen maa- ja päällysrakenteiden aiheuttama luonnonvarojen kulutus.

Helsinki-Vantaan I ja II kiitotien sekä näihin liittyvien rullausteiden sekä asematasojen sekä Jyväskylän lentoliikennealueen rakennusmateriaaleja selvitettiin lentoasemien rakennekartto-

jen ja -piirustusten avulla (M. Viitala / Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2004 ja 30.5.2005; R. Kola / Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 30.5.2005).

Helsinki-Vantaan III kiitotien sekä siihen liittyvän muun infrastruktuurin osalta tiedot saatiin luetteloituna Ilmailulaitoksen III kiitotien projektitoimistolta työmaainsinööri Ulla Paldaniukselta (henkilökohtaiset tiedonannot 14.5.2004 sekä sähköpostitse 3.6.2004).

Koska maa- ja kalliomassojen tilavuus vaihtelee maarakennuksen eri käsittelyvaiheissa, käytettiin massakertoimia rakenteissa olevien massojen luonnollisen tilavuuden arvioimiseen (Rakentajain kalenteri 1999). I ja II kiitotien rakenteiden tilavuudet laskettiin teoreettisista rakennepiirroksista. Todellista kiintotilavuutta approksimoitiin kertomalla aineiston perusteella lasketut teoreettiset rakennetilavuudet kertoimella 1.10. III kiitotien maarakenteista ilmoitettiin valmiiksi tonnimäärä tai teoreettinen kiintotilavuus (m3ktr). Kolmannen kiitotien louhinnan ja maansiirtojen materiaalit on käytetty paikan päällä, joten kuljetuksia ei ole tarvinnut huomioida. Tonnimääräiset tiedot käsiteltiin MIPS-laskelmissa sellaisenaan; teoreettisesta kiintotilavuudesta siirryttiin todelliseen kiintotilavuuteen kertoimella 1.05. Tässä käytetyt massakertoimet ovat taulukoista (Rakentajain kalenteri 1999) arvioituja keskimääräisiä kertoimia; tarkemmat kertoimet määräytyisivät mm. maan raekoon ja vesipitoisuuden mukaan. Massakertoimia ei käytetty asfaltille, eristyslevylle eikä suodatinkankaalle.

Laskelmissa oletetaan, että murskeen valmistamiseen kuluu aina energiaa 2 kWh/tonni mursketta ja että energia on tuotettu dieselöljyllä hyötysuhteella 0.90. Näillä oletuksilla murskaamisen abioottiseksi MI-kertoimeksi saatiin 0.0003 kg/kg mursketta, veden MI-kertoimeksi 0.0020 kg/kg mursketta ja ilman 0.0007 kg/kg mursketta.

Lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteiden käyttöiäksi oletettiin 100 vuotta. Tämä on melko pitkä aika, mutta arvioitiin työryhmässä käyttökelpoiseksi Suomen oloissa. Asfaltin 20 vuoden uusintaväli on laskelmissa huomioitu kertomalla asfaltin MI-kerroin viidellä.

Kaikki rakennusmateriaalien kuljetukset on laskelmissa jätetty huomiotta. Helsinki-Vantaan kolmannen kiitotien osalta kaikki rakentamisessa käytetty maa-aines on peräisin työmaa-alueelta; sama oletettiin muillekin lentoliikennealueen rakenteille, jolloin kuljetusten osuus on pieni.

Taulukko 15. Helsinki-Vantaan lentoaseman asematasojen ja kiitoteiden 1 ja 2 sekä niihin liittyvien rullausteiden maa- ja päällysrakenteiden luonnonvarojen kulutus.

Helsinki-Vantaan lentoliikennealueen maa- ja päällysrakenteet: Asematasot sekä kiitotiet 1 ja 2 rullausteineen					**MI**			
						Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Materiaali	Määrä	Yk-sik-kö	Tiheys (kg/yk sikkö)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Asfaltti	235 594	m³	2100	494 747 249	Asfaltti	2 519 005 619	1 167 356 134	3 957 978
Betoni	20 976	m³	2300	48 244 053	Betoni	64 164 590	164 029 779	1 929 762
Hiekka	378 960	m³	1800	682 127 870	Abioottiset = 1 kg/kg	682 127 870	0	0
Louhe	379 195	m³	1800	682 551 849	Abioottiset = 1 kg/kg	682 551 849	0	0
Murske	451 471	m³	1800	812 647 007	Murske	812 890 801	1 625 294	568 853
Sora	285 907	m³	1800	514 632 690	Abioottiset = 1 kg/kg	514 632 690	0	0
Pinta-maan poisto	484 926 000	kg	1	484 926 000	Abioottiset = 1 kg/kg	484 926 000	0	0
Tasauksen maansiirrot	1 800 000	m³	1 800	3 240 000 000	Abioottiset = 1 kg/kg	3240 000 000	0	0
Polystyreeni-eristyslevy	567	m³	35	19 845	Poly-styreeni	49 811	3 254 580	55 606
Suodatin-kangas (m²)	89 744	m²	0.35	31 410	Poly-propeeni	65 648	1 124 489	46 550
YHTEENSÄ [kg]						**9 000 414 877**	**1 337 390 276**	**6 558 749**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**90 004 149**	**13 373 903**	**65 587**

Taulukko 16. Helsinki-Vantaan lentoaseman kiitotien 3 sekä siihen liittyvien rullausteiden maa- ja päällysrakenteiden luonnonvarojen kulutus.

Helsinki-Vantaan lentoliikennealueen maa- ja päällysrakenteet: Kiitotie 3 rullausteineen					**MI**			
						Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Materiaali	Määrä	Yksikkö	Tiheys (kg/ yksikkö)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Maaleik-kaukset	2 100 000	m³	1 800	3 780 000 000	Abioottiset = 1 kg/kg	3 780 000 000	0	0
Turpeen poisto	1 575 000	m³	400	630 000 000	Abioottiset = 1 kg/kg	598 500 000	0	0
Asfaltti	421 052 632	kg	1	421 052 632	Asfaltti	2 143 789 474	993 473 684	3 368 421
Murske*	3 000 000 000	kg	1	3 000 000 000	Murskaa-misen ener-gian-kulutus	900 000	6 000 000	2 100 000
Louhinta	5 622 661	m³	2 725	15 321 749 864	Abioottiset = 1 kg/kg	15 321 749 864	0	0
Suodatin-kangas	1 000 000	m²	0.35	350 000	Polypropy-leeni	731 500	12 530 000	518 700
Nurmikon kasvu-alusta	80 000	m²	360	28 800 000	Abioottiset = 1 kg/kg	28 800 000	0	0
Betoniva-luraken-teet	950	m³	2 300	2 185 000	Betoni	2 906 050	7 429 000	96 140
YHTEENSÄ [kg]						**21 877 376 888**	**1 019 432 684**	**6 083 261**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**218 773 769**	**10 194 327**	**60 833**

*Pelkkä murskauksen energiankulutus; materiaali sisältyy louhinta- ja maaleikkausmäärään; asfalttilajikkeet vähennetty ja huomioitu asfaltin kohdalla.

Taulukko 17. Jyväskylän lentoaseman lentoliikennealueen maa- ja päällysrakenteiden luonnonvarojen kulutus.

Jyväskylän lentoliikennepuolen maa- ja pääl-lysrakenteet					**MI**			
						Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Mate-riaali	Määrä	Yk-sikkö	Tiheys (kg/yk sikkö)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Asfaltti	37 747	m³	2 100	79 268 109	Asfaltti	403 593 579	187 033 104	634 145
Betoni	5 544	m³	2 300	12 751 200	Betoni	16 959 096	43 354 080	510 048
Hiekka	127 336	m³	1 800	229 204 924	Abioottiset = 1 kg/kg	229 204 924	0	0
Murske	48 022	m³	1 800	86 439 746	Murske	86 465 678	172 879	60 508
Sora	98 537	m³	1 800	177 366 420	Abioottiset = 1 kg/kg	177 366 420	0	0
Pin-tamaan poisto	120 951 250	kg	1	120 951 250	Abioottiset = 1 kg/kg	120 951 250	0	0
Tasauk-sen maansiir-rot	690 000	m³	1 800	1 242 690 000		1 242 690 000	0	0
YHTEENSÄ [kg]						**2 277 230 953**	**230 560 064**	**1 204 701**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**22 772 310**	**2 305 601**	**12 047**

3.1.2.2 Helsinki-Vantaan lentoliikennealueen sähköjärjestelmät

Tässä esitetään MI-lukujen laskeminen Helsinki-Vantaan lentoliikennealueella käytetyille valaisimille, kylteille sekä sähkökaapeloinnille. Taulukossa 18 esitetään koko sähköjärjestelmän materiaalipanos. Valaisimien, kaapeloinnin ja kylttien määrät ovat Helsinki-Vantaan lentoaseman sähköasemalta (M. Långstedt, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2004).

Laskelmat erityyppisten valaisimien ja kaapeleiden MI-laskelmista ovat liitteenä. Kaikki lentoasemalla käytössä olevat valaisinmallit eivät ole mukana laskelmassa, vaan erityyppisistä valaisimista on mukana yksi malli, jota käytettiin approksimoimaan kaikkia kyseisen tyypin valaisimia. Valaisimien materiaalitiedot perustuvat Idman Oy:n tuotekansioon (Idman Oy 1995) sekä Idman Airport Lighting Systemsin A. Tukian henkilökohtaiseen tiedonantoon (puhelimitse 11.8.2004).

Laskelmista on jätetty pois tiedonsiirron kuitukaapelit, joiden määrä kaikkien kaapeleiden yhteismäärästä on melko pieni. Tiedonsiirron kuparikaapelille ja 400 V aluekaapeloinnille ei laskettu omia kertoimia, vaan käytettiin 3. kiitotien 20 kV:n kaapelille laskettuja kertoimia. Kaapeleista laskettiin mukaan vain kupariosa, jonka MI-kerroin on suuri verrattuna eristeisiin. Lähestymisvalojen hiilikuitumastoja ei ole laskettu mukaan.

Laskelmissa on käytetty seuraavia yleisiä periaatteita:

- Sähkökaapelit uusitaan 20 vuoden välein (M. Långstedt, Helsinki-Vantaan lentoasema, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2004). Laskelmissa on käytetty 20 vuoden käyttöikää kaapeleiden lisäksi myös valaisimille ja muille opasteille.
- Valaisimien halogeenipolttimot vaihdetaan keskimäärin vuoden välein. Laskelmissa on oletettu, että pintavalaisimissa on yksi ja uppovalaisimissa kaksi polttimoa. (M. Långstedt, Helsinki-Vantaan lentoasema, henkilökohtainen tiedonanto 12.5.2004)
- Idmanin valaisinkotelot ovat alumiini-pii -seosta (90 % - 10 %). Koska piin MI-kerrointa ei ollut saatavilla, käytettiin laskelmissa alumiinin kerrointa.
- Lähestymisvaloa lukuun ottamatta kaikille valaisimille on laskettu mukaan asennuskaivo. Pintavalojen asennuskaivon massaksi on oletettu 10 kg ja uppovalaisimien 12.5 kg.
- Lähestymisvaloa lukuun ottamatta kaikille pintavalaisimille on laskettu mukaan alumiininen jalkalaatta (2.2 kg).

Taulukko 18. Helsinki-Vantaan lentoliikennealueen sähköjärjestelmän luonnonvarojen kulutus.

Lentokentän sähköjärjestelmät, EFHK					**MI**			
	Kiitotie					**Abioottiset**	**Vesi**	**Ilma**
	I	II	III	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
KIITOTIEVALOT								
Reuna, pääty- ja kynnysvalot	160	150	258	kpl	Kiitotien pintavalo IDM 5848	18 241	280 284	770
Keskilinjavalot	243	193	203	kpl	Kiitotien uppovalaisin IDM 4053	32 023	295 437	2 319
Kosketuskohtavalot	180	180	180	kpl	Kiitotien uppovalaisin IDM 4053	27 062	249 665	1 959
PAPI-liukukulmavalot	8	8	8	kpl	EI HUOMIOIDA			
LÄHESTYMISVALOT								
Lähestymislinja CAT I/III	262	173	262	kpl	Lähestymisvalo IDM 2982	26 683	129 918	824
Lähestymislinja CAT I	173	17	173	kpl	Lähestymisvalo IDM 2983	13 897	67 662	429
RULLAUSTIEVALOT								
Upotettuja	412		1575	kpl	Rullaustien uppovalaisin IDM 5506	91 657	693 682	4 744
Pintavaloja	900		577	kpl	Rullaustien pintavalaisin IDM 5777	56 194	295 767	2 023
KYLTIT	250		183	kpl	Kyltti	28 554	142 946	2 242
KAAPELOINTI								
Ensiökaapelointi	300	200	370	km	Ensiökaapeli	833 793	1 100 689	5 401
Toisiokaapelointi	100	80	300	km	Toisiokaapeli	230 012	303 638	1 490
Tiedonsiirron kupari-kaapeli	0		16	km	20 kV:n kaapelointi, 3. kiitotie	59 483	478 323	4 885
Tiedonsiirron kuitu-kaapeli	16		29	km	EI HUOMIOIDA			
400 V aluekaapelointi	10		20	km	20 kV:n kaapelointi, 3. kiitotie	111 531	896 855	9 159
20 kV aluekaapelointi	0		14	km	20 kV:n kaapelointi, 3. kiitotie	52 048	418 532	4 274
20 kV aluekaapelointi	18		0	km	20 kV:n kaapelointi, 1. ja 2. kiitotie	60 001	341 575	3 341
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**1 641 178**	**5 694 973**	**43 862**

3.1.2.3 Lentoliikennealueiden kunnossapito

Tässä esitetään MIPS-lukujen laskeminen lentoasemilla käytetyille liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineille. Tiedot ovat Ilmailulaitoksen Ympäristötiedot 2003 -julkaisusta (Ilmailulaitos 2004).

Taulukko 19. Helsinki-Vantaan lentoasemalla käytettyjen liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineiden MI-luvut.

Liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineet, HEL		MI			
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	Abioottiset kg	Vesi kg	Ilma kg
Asetaatti, 100 %	749 000	Asetoni	2 389 310	14 006 300	1 415 610
Formiaatti, 100 %	10 000	Asetoni	31 900	31 900	18 900
Glykoli, 100 %	2 598 000	Etyleeniglykoli	7 534 200	346 833 000	9 854 214
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**9 955 410**	**360 871 200**	**11 288 724**

Taulukko 20. Jyväskylän lentoasemalla käytettyjen liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineiden MI-luvut.

Liukkaudentorjunta- ja jäänestoaineet, JYV		MI			
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	Abioottiset kg	Vesi kg	Ilma kg
Asetaatti, 100 %	47 000	Asetoni	149 930	878 900	88 830
Formiaatti, 100 %	1 000	Asetoni	3 190	3 190	1 890
Glykoli, 100 %	13 000	Etyleeniglykoli	37 700	1 735 500	49 309
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**190 820**	**2 617 590**	**140 029**

3.1.2.4 Maaliikennealueet

Maaliikennealueet ovat molemmilla esimerkkikentillä huomattavasti lentoliikennealueita pienempiä. Näiden materiaalitiedot laskettiin Ilmailulaitoksen lentokenttätekniikan toimistoinsinööri M. Viitalan antaman rakennearvion sekä liikennealuekarttojen avulla (henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2004).

Maaliikennepuolen päällystettyjen alueiden rakenne laskettiin Ilmailulaitoksen kenttäosaston M. Viitalan antaman rakennearvion (henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2004) sekä lentoasema-alueen karttojen (E. Johansson, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2004) avulla. Rakenteiden käyttöiäksi oletettiin 100 vuotta ja asfaltin uusimisjaksoksi 20 vuotta, joten taulukoiden massamäärät on MIPS-lukuja laskettaessa kerrottu viidellä. Rakentamisvaiheen maa- tai kallioleikkausten määrää ei arvioitu, mutta kaikki käytetty maamateriaali on oletettu neitseelliseksi. Todellista kiintotilavuutta approksimoitiin kertomalla aineiston perusteella lasketut teoreettiset rakennetilavuudet kertoimella 1,10.

Taulukko 21. Helsinki-Vantaan lentoaseman maaliikennealueiden päällysrakenteiden MI-luvut.

Helsinki-Vantaan maaliikennealueiden päällys-rakenteet Pinta-ala yhteensä: 245 000 m²						**MI**			
	Kerroksen paksuus (m)	Tilavuus yhteensä (m³)	Tiheys (kg/m³)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Asfaltti	0.09	22 050	2 100	231 525 000	Asfaltti	1 178 809 538	5 462 83 238	1 852 200
Murske	0.2	53 900	1 800	97 020 000	Murske	97 049 106	194 040	67 941
Louhe	0.5	134 750	1 800	242 550 000	Abioottiset = 1kg/kg	121 275 000	0	0
YHTEENSÄ [kg]						**1 397 133 644**	**546 477 278**	**1 920 114**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**13 971 336**	**5 464 773**	**19 201**

Taulukko 22. Jyväskylän lentoaseman maaliikennealueiden päällysrakenteiden MI-lukujen laskenta.

Jyväskylän lentoaseman maaliikennepuolen päällysrakenteet Pinta-ala yhteensä: 2 724 m²						**MI**		
s	Kerroksen paksuus (m)	Tilavuus yhteensä (m³)	Tiheys (kg/m³)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Asfaltti	0.09	245	2 100	2 574 180	Asfaltti	13 106 437	6 073 778	20 593
Murske	0.2	545	1 800	980 640	Murske	1 079 028	2 157	755
Louhe	0.5	1 362	1 800	2 451 600	Abioottiset = 1kg/kg	2 696 760	0	0
YHTEENSÄ [kg]						**16 882 225**	**6 075 935**	**21 349**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**168 822**	**60 759**	**213**

3.1.2.5 Rakennukset

Lentoasemien rakennuskannasta eroteltiin kolme rakennustyyppiä, joiden luonnonvarojen kulutuksen arvioitiin selvästi poikkeavan toisistaan: terminaalirakennukset, pysäköintilaitokset sekä lentokonehallit. Näille rakennustyypille haettiin omat MI-kertoimet. Lentoasemien muut rakennukset, jotka ovat enimmäkseen erilaisia varastoja ja kalustosuojia, laskettiin samaan ryhmässä lentokonehallien kanssa. Tästä koituva virhe arvioitiin pieneksi. Taulukossa 23 on esitetty Ilmailulaitoksen Helsinki-Vantaan ja Jyväskylän lentoasemien rakennusten osuus kussakin kolmessa ryhmässä.

Taulukko 23. Erityyppisten rakennusten suhteellinen osuus Ilmailulaitoksen Helsinki-Vantaan rakennuskannasta.

	Helsinki-Vantaa rm^3	Helsinki-Vantaa brm^2	Jyväskylä rm^3	Jyväskylä brm^2
Terminaalit	58 %	27 %	67 %	60 %
Pysäköintilaitokset	32 %	67 %	0 %	0 %
Lentokonehallit	10 %	6 %	33 %	30 %
Yht.	100 %	100 %	100 %	100 %

Terminaalirakennuksille käytettiin Sinivuoren (2004) laskemia MI-kertoimia. Pysäköintilaitoksille ja lentokonehalleille laskettiin MI-kertoimet käyttämällä esimerkkitapauksina Helsinki-Vantaan lentoaseman pysäköintilaitosta P5 sekä Finnair Tekniikan Leko 6 -lentokonehallin laajennusosaa.

Pysäköintilaitoksen MI-luvut laskettiin käyttämällä Helsinki-Vantaan pysäköintilaitoksen P5 tietoja, jotka saatiin lähteistä Sarkimaa (2000b) sekä Poikonen ja Vuorinen (2000). Tulokseksi saatiin abioottisten materiaalien MI-kerroin 64.5 kg/vuosi/brm^2, veden kerroin 72.1 kg/vuosi/brm^2 ja ilman kerroin 0.80 kg/vuosi/brm^2. Pysäköintilaitoksen mitat on esitetty taulukossa 24 ja MI-laskelmat taulukossa 25. Lisäksi tehtiin seuraavat oletukset:

- Rakennuksen käyttöikä on 100 vuotta. Oletus on sama, kuin Sinivuoren (2004) käyttämä.
- Ulkoseinien verhoilun uusimisjakso on 20 vuotta.
- Betonirakenteet koostuvat teräksestä (3.5 %) ja betonista (96.5 %) (Sinivuori 2004).
- Ulkoseinien alumiiniritiläverhouksen massa on 11.2 kg/m^2 (Sinivuori 2004) ja peltikasettiverhouksen 10 kg/m^2 (Rannila 2004).
- Rakennuksessa on kuparikaapelia 0.90 m^3 (arvioitu Sinivuoren (2004) avulla).
- Rakennusmateriaalien hukka on 10 %. Maa- ja kallioleikkauksille ei käytetty hukkaprosentteja.

Taulukko 24. Pysäköintilaitoksen P5 mitat.

Kokonaisala	53 150 brm^2
Pohjan ulkomitat pituus x leveys	64.5 m x 121.5 m
Alumiiniritiläverhoilun pinta-ala	3 534 m^2
Peltikasettiverhoilun pinta-ala	1 488 m^2

Taulukko 25. Helsinki-Vantaan pysäköintilaitoksen P5 MI-lukujen laskenta.

Pysäköintilaitos P5, Helsinki-Vantaan lentoasema **Käyttöikä = 100 a**					**MI**			
Komponentti	Määrä (yksikkö)	Yksikkö	Massa/ yksikkö (kg)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Betonirakenteet								
Betoni	13 000	m³	2 450	35 035 000	Betoni	46 596 550	119 119 000	1 541 540
Teräs	1 270 699	kg	1	1 397 769	Teräs	13 027 211	114 477 316	1 079 078
Ulkoseinät								
Alumiiniritiläverhoilu	17 670	m²	11.2	217 694	Alumiini	4 131 840	117 380 820	1 286 356
Peltikasettiverhoilu	7 440	m²	10	81 840	Teräs	762 749	6 702 696	63 180
Maaleikkaukset	35 000	m³	1 800	63 000 000		63 000 000	0	0
Kallioleikkaukset	80 000	m³	2 725	218 000 000		218 000 000	0	0
Sähköjohdot ja – kaapelit	0.9	m³	8 920	8 831	Kupari	1 581 331	2 087 513	10 244
YHTEENSÄ [kg]						**353 709 649**	**395 744 080**	**4 378 438**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**3 537 096**	**3 957 441**	**43 784**
YHTEENSÄ [kg/vuosi/brm²]						**64.5**	**72.1**	**0.80**

Lentokonehallin MIPS-lukujen laskemisessa esimerkkinä käytettiin Helsinki-Vantaan lentoasema-alueella sijaitsevan Finnair Tekniikan hallinnoiman Leko 6-hallin laajennusosaa. Tiedot rakennuksen mittojen (taulukko 26) ja teräsrakenteiden osalta ovat lähteistä Sarkimaa (2000b) ja Normek Group (2004). Lisäksi käytettiin seuraavia oletuksia:

- Maarakenteet oletettiin hallin kohdalla samanlaisiksi kuin ympäröivä asematasoalue.
- Kuparisten sähkö- ja vesijohtimien määrän bruttoneliömetriä kohti oletettiin olevan 25 % Sinivuorien (2004) Helsingin Yliopiston Physicum – rakennukselle arvioimasta määrästä.
- Rakennuksen käyttöikä on 100 vuotta.
- Ulkoseinien verhoilun ja eristeiden uusimisjakso on 50, sähkö- ja vesijohtimien 20 vuotta.
- Rakennusmateriaalien hukka on 10 %. Maarakenteille ei käytetty hukkaprosentteja.

Laskelmat on esitetty taulukossa 27.

Taulukko 26. Lentokonehallin Leko 6 laajennusosan mitat.

Laajennusala	6 100 m^2
Laajennustilavuus	113 000 m^3

Taulukko 27. Finnairin Helsinki-Vantaan lentokonehallin Leko 6 laajennusosan MI-lukujen laskenta.

Lentokonehallin Leko 6 laajennusosa Käyttöikä = 100 a					**MI**			
						Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Komponentti	Määrä (yksikkö)	Yksikkö	Massa/ yksikkö (kg)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Teräsrakenteet	1 200 000	kg	1	1 200 000	Teräs	11 184 000	98 280 000	926 400
Kuorirakenteet	30 000	m2	10	300 000	Teräs	2 796 000	24 570 000	231 600
Pohjarakenteet	6 100	m2	6000	36 600 000	Oletettu ympäröivän asematason maarakenteet	22 286 260	16 718 557	1 580 568
Kupariset sähkö-johtimet	0.414	m3	8920	3 692	Kupari	661 075	872 683	4282
Kupariset vesi-johdot	3 663	kg	1	3 663	Kupari	655 849	865 784	4 249
Lämpöeristeet	30 000	m2	8	240 000	Vuorivilla	960 000	9 528 000	405 600
YHTEENSä [kg]						**38 543 183**	**150 835 025**	**3 152 699**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**385 432**	**1 508 350**	**31 527**
YHTEENSÄ [kg/vuosi/brm^2]						**63.2**	**247.3**	**5.17**
YHTEENSÄ [kg/vuosi/rm^3]						**3.4**	**13.3**	**0.28**

Tiedot rakennusten pinta-aloista saatiin Ilmailulaitoksen osalta Ilmailulaitoksen rakennusrekisteristä (H. Hansson, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 15.3.2004). Finnairin rakennusten pinta-alatiedot saatiin Finnairin vuosikertomuksesta (Finnair 2001). Helsinki-Vantaan lentoaseman rakennusten luonnonvarojen kulutus on laskettu taulukossa 28 ja Jyväskylän taulukossa 29.

Taulukko 28. Ilmailulaitoksen Helsinki-Vantaan lentoaseman rakennusten materiaalipanos.

Rakennukset, Ilmailulaitos, HEL		**MI**			
			Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Rakennustyyppi	Pinta-ala/brm²	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Terminaalirakennukset	90 609	Terminaalirakennus	12 594 651	77 198 868	503 786
Pysäköintilaitokset	223 700	Pysäköintilaitos	14 504 708	161 37 718	178 960
Lentokonehallit, suoja- ja varasto-rakennukset	18 352	Lentokonehalli	1 159 581	4 537 909	94 850
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**28 258 940**	**97 874 495**	**777 596**

Taulukko 29. Ilmailulaitoksen Jyväskylän lentoaseman rakennusten materiaalipanos.

Rakennukset, Ilmailulaitos, JYV			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Rakennustyyppi	Pinta-ala/brm²		Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Terminaalirakennukset	3 618		Terminaalirakennus	502 902	3 082 536	20 116
Lentokonehallit, suoja- ja varasto-rakennukset	1 557		Lentokonehalli	98 380	385 000	8 047
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**601 282**	**3 467 536**	**28 163**

3.1.2.6 Lentoasemien energian ja veden kulutus

Lentoasemien sähkön, lämmön ja veden kulutuksesta tiedot saatiin Ilmailulaitoksen ja Finnairin ympäristöraportoinnista (Ilmailulaitos 2004; Finnair 2004). Tiedot energian ja veden alkuperästä kysyttiin Ilmailulaitokselta (J. Lakka, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 10.5.2004; E. Yrjölä, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 10.5.2004).

Helsinki-Vantaan lentoasema ostaa sähkönsä pohjoismaisesta pörssistä. Suurin osa (95 %) lämmöstä tulee kaukolämpönä. Lisäksi Helsinki-Vantaalla on oma lämpövoimala, jossa loput 5 % lämmöstä tuotetaan polttamalla kevyttä ja raskasta polttoöljyä noin suhteessa 50 % - 50 %. Lentoasemalla on oma vedenottamo.

Jyväskylän lentoasema ostaa sähkönsä Oulun Energialta. Lämpö tuotetaan raskasöljyllä omassa öljylämpökeskuksessa.

Tietojen perusteella laskettiin lentoasemien energian ja veden kulutukselle materiaalipanokset taulukkojen 30 ja 31 mukaisesti.

Taulukko 30. Helsinki-Vantaan lentoaseman energian ja veden kulutuksen aiheuttama luonnonvarojen kulutus.

Lentoaseman energian ja veden kulutus, HEL			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Sähkö	41 261 000	kWh	Sähkö, kansallinen keskiarvo	21 868 330	7 810 707 300	9 077 420
Lämpö						
Kaukolämpö	28 793 550	kWh	Kaukolämpö, kansallinen keskiarvo	14 108 840	22 458 969	10 365 678
Polttoöljy, kevyt	757 725	kWh	Polttoöljy, kevyt	96 231	666 040	228 075
Polttoöljy, raskas	757 725	kWh	Polttoöljy, raskas	111 386	848 652	225 802
Vesi	77 306 000	kg	Vesi	773 060	100 497 800	77 306
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**36 957 846**	**7 935 178 761**	**19 974 281**

Taulukko 31. Jyväskylän lentoaseman energian ja veden kulutuksen aiheuttama luonnonvarojen kulutus.

Lentoaseman energian ja veden kulutus, JYV			**MI**			
				Abiootiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Sähkö	1 162 000	kWh	Sähkö, kansallinen keskiarvo	615 860	219 966 600	255 640
Lämpö	2 104 000	kWh	Polttoöljy, raskas	309 288	2 356 480	626 992
Vesi	4 437 000	kg	Vesi	44 370	5 768 100	4 437
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**969 518**	**228 091 180**	**887 069**

3.1.3 Sadevesi

MIPS-laskelmiin pyritään sisällyttämään kaikki ne materiaalit, joita joudutaan siirtämään pois alkuperäiseltä paikaltaan tarkasteltavan palvelusuoritteen tuottamisen vuoksi. Lentoliikennejärjestelmän tapauksessa määritelmän mukaan on siis tarkasteltava myös sitä sadevettä, jonka luonnollinen imeytyminen ja kulkeutuminen estyy liikennejärjestelmän vuoksi. Tässä laskettiin mukaan sadevesi siltä pinta-alalta, jonka lentoliikenneinfrastruktuurin rakennukset ja päällystetyt alueet sekä salaojitettu maa-ala peittävät. Tämä pinta-ala kerrottiin alueen vuotuisella keskimääräisellä sadannalla. Sadevedestä aiheutuu luonnollisesti materiaalipanos ainoastaan MIPSin vesi-kategoriaan kertoimella 1 kg/kg sadevettä.

Ilmatieteenlaitoksen mukaan Helsinki-Kaisaniemen keskimääräinen vuosisadanta ajalla 1971–2000 oli 642 mm ja Jyväskylän 639 mm (Ilmatieteenlaitos 2004).

Rakennusten peittämä pinta-ala sekä maa- ja lentoliikennealueiden päällystettyjen alueiden pinta-alat laskettiin lentoasema-alueiden karttojen avulla. Maaliikennealueen salaojitusta ei huomioitu. Lentoliikennepuolen salaojitettu pinta-ala laskettiin karttojen sekä seuraavien oletusten (R. Hietala, ILL/Kenttäosasto, henkilökohtainen tiedonanto puhelimitse 7.2.2005) avulla:

- Kiitotien molemmin puolin keskilinjasta lukien 150 metrin kaista on salaojitettu. Koska osa maaperästä on kalliota, oletetaan salaojitetun kaistan leveydeksi 75 % tästä (112,5 m).
- Rullausteitä ympäröivän salaojitetun alueen leveys puolet kiitotietä ympäröivästä (56,25 m).
- Jos kiito- ja rullaustie kulkevat rinnakkain, on myös välialue salaojitettu.

Laskelmat on esitetty taulukoissa 32-34.

Lentoasemien maa- ja lentoliikennealueiden sadevesi allokoitiin suoraan operaatioille, koska ylivoimaisesti suurin pinta-ala muodostuu lentoliikennealueesta.

Finnairin sadeveden MI laskettiin siltä alalta, jonka Finnair Tekniikan Helsinki-Vantaan rakennukset asematasoineen ja rullausteineen sekä niihin liittyvine sala-ojitettuine alueineen

peittävät. Myös sadannan MI ajateltiin korjaamotoiminnasta aiheutuvaksi ja allokoitiin siten Finnairin lentokilometreille, kuten lentokonehuollon muutkin materiaalipanokset.

Taulukko 32. Helsinki-Vantaan lentoasema-alueella sadeveden siirtämisestä aiheutuva materiaalipanos.

Helsinki-Vantaan lentoasema-alueen sadevesi			**MI**
			Vesi
Alue	Pinta-ala (m²)	Sadanta (mm/vuosi)	kg
Rakennusten kattama ala	123 000	642	78 740 000
Lentoliikennealueen päällystetyt alueet	2 233 000	642	1 433 560 000
Lentoliikennealueen salaojitetut alueet	16 618 000	642	10 688 800 000
Maaliikennealue	245 000	642	157 290 000
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**12 338 390 000**

Taulukko 33. Jyväskylän lentoasema-alueella sadeveden siirtämisestä aiheutuva materiaalipanos.

Jyväskylän lentoasema-alueen sadevesi			**MI**
			Vesi
Alue	Pinta-ala (m²)	Sadanta (mm/vuosi)	kg
Rakennusten kattama ala	750	639	479 000
Lentoliikennealueen päällystetyt alueet	254 000	639	162 070 000
Lentoliikennealueen salaojitetut alueet	2 785 000	639	1 779 470 000
Maaliikennealue	3 000	639	1 740 000
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**1 943 760 000**

Taulukko 34. Finnair Tekniikan alueella sadeveden siirtämisestä aiheutuva materaalipanos.

Finnair Tekniikan alueen sadevesi			**MI**
			Vesi
Alue	Pinta-ala (m²)	Sadanta (mm/vuosi)	kg
Rakennusten kattama ala	115 000	642	73 590 000
Päällystetyt sematasoalueet	248 000	642	159 090 000
Salaojitetut alueet	244 000	642	156 960 000
YHTEENSÄ [kg/lentokilometri]			**2,57**

3.1.4 Maakalusto

Tässä tarkastellaan ainoastaan Ilmailulaitoksen ja Finnairin maakalustoa. Muiden maahuolintayritysten osuus arvioitiin pieneksi.

Maakalustoon kuuluu hyvin erityyppisiä koneita henkilöautoista harjalaitteisiin. Maakaluston merkitys lopullisiin MIPS-lukuihin arvioitiin alustavissa laskelmissa pieneksi, joten maakaluston koneiden MIPS-lukuja ei ryhdytty erikseen selvittämään, vaan todettiin, että riittävän tarkkoihin tuloksiin päästään käyttämällä Puseniuksen (2004) FIN-MIPS Liikenne-projektin tieliikennettä käsittelevässä osatutkimuksessa henkilö-, paketti-, linja- ja kuorma-autolle laskemia MI-lukuja. Laskelmiin yritettiin arvioida lähinnä sopiva MI-arvo. Joillekin koneille käytettiin kuorma-auton MI-lukua kahdella jaettuna; tämä on taulukoissa ilmaistu merkinnällä ”kuorma-auto:2”.

Maakaluston koneet ja laitteet jaettiin Ilmailulaitoksen ja Finnairin työkoneluetteloiden perusteella henkilö-, paketti-, linja- ja kuorma-autoihin, perävaunuihin, hinattaviin laitteisiin sekä raskaisiin työkoneisiin. Finnairin maakalusto jaettiin lisäksi osiin laitteita käyttävien yksiköiden mukaan, koska allokointi vaihtelee riippuen siitä, käytetäänkö koneita matkustaja-, catering-, korjaamo- vai rahtitoiminnoissa.

Työkoneluettelot, arviot käyttöiästä sekä muita tietoja antoivat Ilmailulaitoksen ja Finnairin maakalustosta vastaavat tahot (J. Halme, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 4.6.2004; A. Kossila, Finnair Oyj, henkilökohtainen tiedonanto 17.6.2004). Maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus on laskettu taulukoissa 35-41.

Polttoaineenkulutuksen tiedot ovat Ilmailulaitoksen ja Finnairin ympäristöjulkaisuista (Ilmailulaitos 2004c; Finnair Oyj 2004e). Polttoaineenkulutuksen MIPS on laskettu taulukoissa 42 ja 43.

Lisäksi tarkasteltiin Finnairin maakaluston huollon materiaalinkulutusta. Tämä huomioitiin polttoaineenkulutuksen yhteydessä (taulukko 43). Huollon materiaalit ovat enimmäkseen öljyä sekä laitteiden varaosia, joiden tässä oletetaan koostuvan ainoastaan teräksestä (A. Kossila, Finnair Oyj, henkilökohtainen tiedonanto 17.6.2004). Huollon osuus osoittautui pieneksi, joten sitä ei tutkittu Ilmailulaitoksen maakaluston osalta.

Taulukko 35. Ilmailulaitoksen Helsinki-Vantaan lentoaseman maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Ilmailulaitos, HEL			**MI**			
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Henkilöautot	49	20	Henkilöauto	48 059	896 284	13 095
Pakettiautot	48	20	Pakettiauto	72 202	1 595 150	22 399
Paloajoneuvot	16	20	Kuorma-auto	162 115	2 989 638	40 826
Linja-autot	12	20	Linja-auto	84 505	1 591 240	31 869
Kuorma-autot	31	20	Kuorma-auto	314 098	5 792 423	79 100
Harjapuhaltimet, hinattavat	11	25	Kuorma-auto	89 163	1 644 301	22 454
Harjapuhallinajoneuvot	13	25	Kuorma-auto	105 375	1 943 264	26 537
Lumilingot	9	25	Kuorma-auto	72 952	1 345 337	18 372
Traktorit/pyöräkuormaajat	14	20	Kuorma-auto:2	70 925	1 307 966	17 861
Työkoneet	32	20	Henkilöauto	31 386	585 328	8 552
Hiekan-/jäänsulatusaineen levittimet	5	20	Henkilöauto	4 904	91 458	1 336
Tiehöylät	3	20	Kuorma-auto	30 397	560 557	7 655
Varavoimakoneet	2	20	Kuorma-auto	20 264	373 705	5 103
Perävaunut	16	20	Henkilöauto	15 693	292 664	4 276
Imurit/keräävät harjat	6	20	Henkilöauto	5 885	109 749	1 604
Nosturit	4	20	Kuorma-auto:2	20 264	373 705	5 103
III kiitotien kalusto	12	20	Pakettiauto	18 050	398 788	5 600
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**1 166 237**	**21 891 556**	**311 741**

Taulukko 36. Ilmailulaitoksen Jyväskylän lentoaseman maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Ilmailulaitos, JYV			**MI**			
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Kunnossapitokaluston laitteet	34	25	Kuorma-auto	275 596	5 082 384	69 404
Palo- ja pelastuskaluston laitteet	4	20	Kuorma-auto	40 529	747 409	10 206
Muut ajoneuvot	7	20	Henkilöauto	6 866	128 041	1 871
Muu kunnossapitokalusto	2	20	Henkilöauto	1 962	36 583	535
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**324 952**	**5 994 417**	**82 015**

Taulukko 37. Finnairin Helsinki-Vantaan lentoasemalla olevan maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Finnair, Northport, HEL			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Lämmittimet	70	25	Henkilöauto	54 925	1 024 324	14 966
Henkilönostimet	1	25	Henkilöauto	785	14 633	214
Trukit	9	25	Henkilöauto	7 062	131 699	1 924
Traktorit	89	25	Kuorma-auto:2	360 706	6 651 944	90 837
Pakettiautot	56	10	Pakettiauto	168 470	3 722 018	52 265
Henkilöautot	46	10	Henkilöauto	90 234	1 682 818	24 587
Nosturit	29	25	Kuorma-auto:2	117 534	2 167 487	29 599
Erikoisajoneuvot	59	25	Kuorma-auto	478 240	8 819 431	120 436
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**1 277 955**	**24 214 353**	**334 827**

Taulukko 38. Finnairin Jyväskylän lentoasemalla olevan maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Finnair, Northport JYV			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Lämmittimet	1	25	Henkilöauto	785	14 633	214
Trukit	1	25	Henkilöauto	785	14 633	214
Traktorit	2	25	Kuorma-auto:2	8 106	149 482	2 041
Pakettiautot	1	10	Pakettiauto	3 008	66 465	933
Erikoisajoneuvot	2	25	Kuorma-auto	16 212	298 964	4 083
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**28 895**	**544 177**	**7 485**

Taulukko 39. Finnair Cateringin maakaluston valmistuksen luonnnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Finnair Catering, HEL			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Trukit	11	25	Henkilöauto	8 631	160 965	2 352
Pakettiautot	10	10	Pakettiauto	30 084	664 646	9 333
Henkilöautot	10	10	Henkilöauto	19 616	365 830	5 345
Nosturit	2	25	Kuorma-auto:2	8 106	149 482	2 041
Erikoisajoneuvot	29	25	Kuorma-auto	235 067	4 334 975	59 197
Kuorma-autot	2	25	Kuorma-auto	16 212	298 964	4 083
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**317 715**	**5 974 861**	**82 351**

Taulukko 40. Finnair Tekniikan maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Finnair Tekniikka, HEL			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Lämmittimet	4	25	Henkilöauto	3 139	58 533	855
Henkilönostimet	4	25	Henkilöauto	3 139	58 533	855
Trukit	24	25	Henkilöauto	18 831	351 197	5 131
Traktorit	36	25	Kuorma-auto:2	145 904	2 690 674	36 743
Pakettiautot	69	10	Pakettiauto	207 580	4 586 057	64 398
Henkilöautot	23	10	Henkilöauto	45 117	841 409	12 294
Nosturit	8	25	Kuorma-auto:2	32 423	597 928	8 165
Erikoisajoneuvot	18	25	Kuorma-auto	145 904	2 690 674	36 743
Kuorma-autot	4	25	Kuorma-auto	32 423	597 928	8 165
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**634 458**	**12 472 932**	**173 349**

Taulukko 41. Finnair Cargon Helsinki-Vantaan lentoasemalla olevan maakaluston valmistuksen luonnonvarojen kulutus.

Maakalusto, Finnair Cargo, HEL			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä (kpl)	Käyttöikä (a)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Lämmittimet	4	25	Henkilöauto	3 139	58 533	855
Trukit	37	25	Henkilöauto	29 032	541 428	7 911
Traktorit	19	25	Kuorma-auto:2	77 005	1 420 078	19 392
Pakettiautot	8	10	Pakettiauto	24 067	531 717	7 466
Henkilöautot	2	10	Henkilöauto	3 923	73 166	1 069
Nosturit	6	25	Kuorma-auto:2	24 317	448 446	6 124
Erikoisajoneuvot	3	25	Kuorma-auto	24 317	448 446	6 124
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**185 800**	**3521 813**	**48 941**

Taulukko 42. Ilmailulaitoksen maakaluston polttoaineen kulutuksen materiaalipanos Helsinki-Vantaan ja Jyväskylän lentoasemilla.

ILL:n maakaluston polttoaineenkulutus		**MI**			
			Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
HEL [kg/vuosi]	**704 000**	**Diesel**	**957 440**	**6 828 800**	**2 266 176**
JYV [kg/vuosi]	**44 000**	**Diesel**	**59 840**	**426 800**	**141 636**

Taulukko 43. Finnairin maakaluston polttoaineen kulutuksen sekä huollon materiaalien kulutuksen luonnonvarapanos.

Maakaluston käytönaikainen kulutus, Finnair					**MI**			
						Abiootiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä	Yksikkö	Tiheys (kg/ yksikkö)	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Bensiini	80 000	litra	0.75	60 000	Bensiini	174 000	540 000	192 060
Diesel	537 000	litra	0.83	445 710	Diesel	606 166	4 323 387	14 34 740
Polttoöljy	1 290 000	litra	0.87	1 122 300	Kevyt polttoöljy	1 526 328	10 549 620	3 612 684
Huolto; öljyn kulutus	-	-	-	20 000	Nafta	33 800	278 000	940
Huolto; vara-osien kulutus	-	-	-	20 000	Teräs	186 400	1 638 000	15 440
YHTEENSÄ [kg/vuosi]						**2 526 694**	**17 329 007**	**5 255 864**
Josta Finnair Tekniikalle (21 %) [kg/vuosi]						526 395	3 610 210	1 094 972
Northportille (HEL) (39 %) [kg/vuosi]						994 609	6 821 396	2 068 920
Northportille (JYV) (1 %) [kg/vuosi]						19 393	133 008	40 341
Finnair Cargolle (HEL) (9 %) [kg/vuosi]						218 869	1 501 087	455 278
Finnair Cateringille (7 %) [kg/vuosi]						177 312	1 216 071	368 833

Polttoaineenkulutuksen MI jaettiin liiketoimintayksiköille maakaluston ajoneuvojen ja koneiden kokonaismäärän jakauman perusteella.

3.1.5 Rahtipalvelut

Lentorahdin osalta tässä työssä tarkastellaan Finnairin tytäryhtiötä Cargo Oy:tä. Rahtipalveluihin laskettiin lentorahdin käsittelyssä syntyvistä materiaalipanoksista Finnair Cargon Helsinki-Vantaan rahtitermiaali sekä rahdin käsittelyyn tarvittava maakalusto. Materiaalipanos jaettiin Finnair Cargon käsittelemän rahdin kokonaismäärällä 100 000 tonnia (Finnair Oyj 2004a), jolloin saatiin MI-kertoimet muotoa kg/kg rahtia.

Finnair Cargolla on 16 000 m^2:n rahtiterminaali Helsinki-Vantaalla. Terminaali käsittelee noin 100 000 000 kg rahtia vuosittain. (Finnair Oyj 2004a).

Suurin osa Finnair Cargon rahdista kulkee reittilentojen rahtitilassa. Vuonna 2003 Finnair Cargo tarjosi rahtikapasiteettia lisäksi seuraavilla viikoittaisilla rahtilennoilla: reitillä New York – Göteborg – Dubai – Göteborg – New York operoivalla Emirates SkyCargon B747 -rahtikoneella sekä Wien – Helsinki – Wien ja Köln – Helsinki – Köln -reiteillä B757 -rahtikoneella (Finnair Oyj 2004a).

Vuonna 2003 Finnairin rahdista reittilentojen mukana kulki 64 869,6 tonnia, lomalentojen 535,4 tonnia ja rahtilentojen mukana 8011,1 tonnia rahtia. Rahtilentojen kokonaiskäyttöaste oli 71,5 % (Finnair Oyj 2004c).

Finnair Cargon maakaluston aiheuttama vuotuinen materiaalipanos on laskettu muualla, joten niiden osalta tässä esitetään vain allokointi rahtikilogrammoille. Rahtiterminaalin pinta-alatiedot ovat Finnair Cargon www-sivuilta (Finnair Oyj 2004a).

Taulukko 44. Finnair Cargon Helsinki-Vantaan toimintojen materiaalipanos.

Finnair Cargo			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Määrä	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Rakennukset	16 000	m²	Terminaalirakennus	2 224 000	13 632 000	88 960
Finnair Cargon maakalusto (ajoneuvot ja niiden kulutus)				401 503	5 001 153	496 724
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**2 625 503**	**18 633 153**	**585 684**
YHTEENSÄ [kg/kg käsiteltyä rahtia]				**0.03**	**0.19**	**0.01**

3.1.6 Catering

Cateringin materiaalipanos arvioitiin Finnairin ympäristöraportoinnin avulla (Finnair Oyj 2004). Matkustamosekajätteelle laskettiin MI-kerroin lähteessä Li & al. (2003) esitettyjen tietojen mukaan, ja saatua kerrointa sovellettiin Finnairin lukuihin. Catering- ja matkustajapalveluiden materiaalipanos allokoitiin Finnairin matkustajille olettaen, että 75 % Finnair Cateringin aterioista kulutetaan Finnairin omilla lennoilla (Finnair Oyj 2003).

Taulukko 45. Lennonaikaisen matkustamosekajätteen MI-kertoimen laskeminen.

Lennonaikainen catering- ja matkustamosekajäte		**MI**			
			Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Puhdas paperi	0.47	Paperi	2.79	92.24	0.39
Läpinäkyvät muovipakkaukset (PS)	0.13	Polystyreeni	0.32	20.76	0.35
Likainen paperi	0.13	Paperi	0.75	24.93	0.10
Ruoka	0.13	EI HUOMIOIDA			
Tekstiili	0.05	Polyesterikuitu	0.18	0.00	0.00
Muut	0.10	Abioottiset = 1 kg/kg	0.10	0.00	0.00
YHTEENSÄ [kg/kg]			**4.15**	**137.93**	**0.85**

Taulukko 46. Catering- ja matkustelupalveluista aiheutuva luonnonvarojen kulutus.

Catering- ja matkustamopalveluiden materiaalit		**MI**			
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Jätteet					
Sekajäte	1 910 000	Lennonaikainen catering- ja mat-kustamo-sekajäte	7 921 507	263 450 652	1 619 178
Biojäte	51 100	EI HUOMIOIDA			
Energiajäte	186 000	0.5*Polyeteeni HD + 0.5*kartonki	262 260	12 164 400	183 582
Lasi	229 000	Lasi	675 550	2 656 400	170 147
Pahvi	155 000	Kartonki	46 500	3 859 500	10 850
Paperi	372 000	Paperi	2 217 306	73 265 400	308 295
Muovi (kierrätys)	5 800	Polyeteeni HD	14 616	614 220	11 043
Alumiini (yhteensä)	19 900	Alumiini	375 911	10 730 080	117 589
Metalli	12 200	Teräs	113 704	999 180	9 418
Veden kulutus	33 900 000	Vesi	339 000	44 070 000	33 900
Cateringin maakaluston ajoneuvot ja niiden polttoaineenkulutus			492 462	7 173 314	445 111
YHTEENSÄ [kg]			**12 458 816**	**418 983 146**	**2 909 114**
YHTEENSÄ [kg/matkustaja]			**1.36**	**45.9**	**0.32**

3.2 Lentoliikenteen MIPS-luvut

Laskelmien tuloksena saatiin, että lentoreitistä, lentokoneesta ja allokointitavasta riippuen matkustajaliikenteen

- abioottinen MIPS vaihteli välillä 0.041-0.879 kg/hkm,
- veden MIPS 0.79-66.2 kg/hkm ja
- ilman MIPS 0.074-0.467 kg/hkm.

Vastaavasti tavaraliikenteelle saatiin

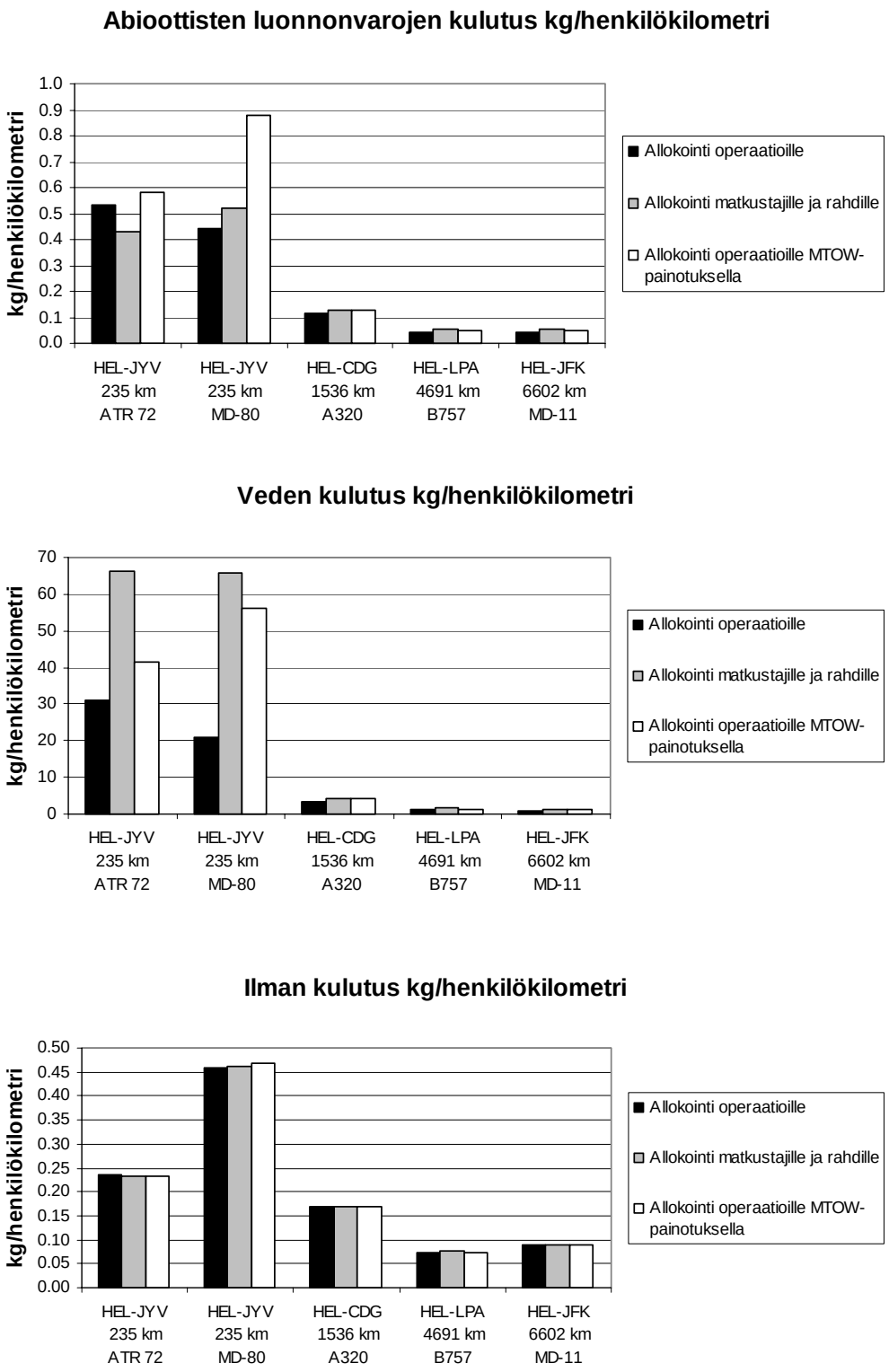
- abioottinen MIPS 0.30-8.70 kg/tkm,
- veden MIPS 7.79-660.4 kg/tkm ja
- ilman MIPS 0.54-4.66 kg/tkm.

Tulokset on taulukoitu (taulukko 47) sekä esitetty graafisesti kuvissa 18 ja 19.

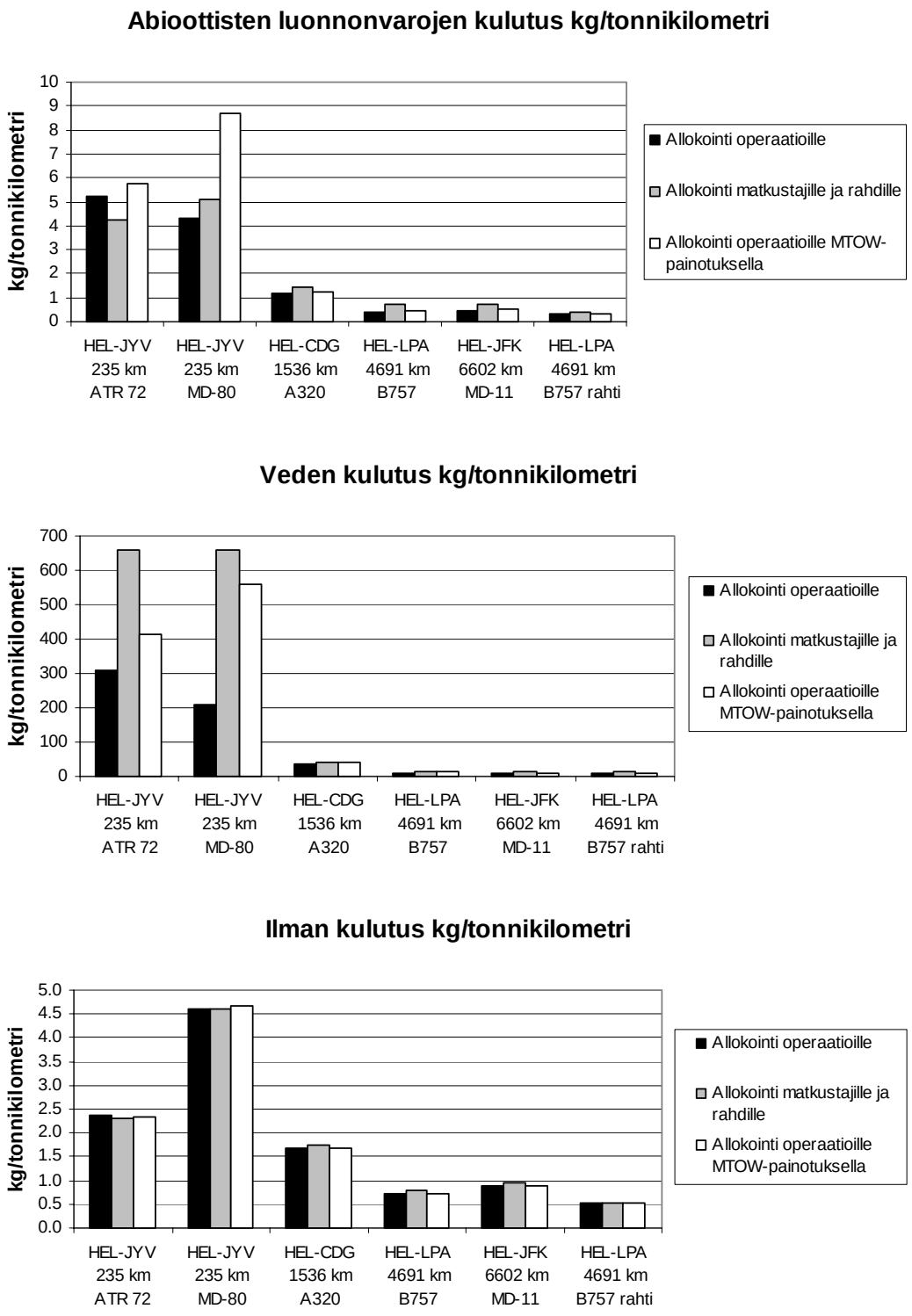
Lentoliikennejärjestelmän eri osien materiaalipanokset ovat liitteenä F, allokointivaihtoehdot liitteenä G ja esimerkkitapausten laskelmat liitteenä H.

Taulukko 47. MIPS-luvut henkilö- ja tonnikilometrille valituilla lentoreiteillä. Allokointivaihtoehdossa 1 lentoliikenneinfrastruktuuri on allokoitu operaatioille, vaihtoehdossa 2 suoraan matkustajille ja rahdille, ja vaihtoehdossa 3 operaatioille lentokoneiden koolla (lentoonlähtömassalla) painottaen.

	MIPS [kg/henkilökilometri]								
	Allokointi 1: Operaatio-allokointi			Allokointi 2: matkustajille ja rahdille			Allokointi 3:Operaatioille MTOW-painotuksella		
	Abiootti-set	Vesi	Ilma	Abiootti-set	Vesi	Ilma	Abiootti-set	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä (235 km), ATR 72	0.531	31.01	0.237	0.431	66.23	0.232	0.583	41.49	0.234
Helsinki-Jyväskylä (235 km), MD-80	0.442	20.92	0.459	0.521	65.91	0.461	0.879	56.28	0.467
Helsinki-Pariisi (1536 km), A320	0.117	3.51	0.168	0.130	3.99	0.170	0.129	3.98	0.169
Helsinki-Las Palmas (4691 km), B757	0.041	1.08	0.074	0.055	1.58	0.075	0.046	1.27	0.074
Helsinki-New York (6602 km), MD-11	0.043	0.79	0.089	0.056	1.25	0.090	0.051	1.09	0.089
	MIPS [kg/tonnikilometri]								
	Allokointi 1: Operaatio-allokointi			Allokointi 2: matkustajille ja rahdille			Allokointi 3:Operaatioille MTOW-painotuksella		
	Abiootti-set	Vesi	Ilma	Abiootti-set	Vesi	Ilma	Abiootti-set	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä (235 km), ATR 72	5.23	308.4	2.37	4.22	660.4	2.31	5.75	413.0	2.32
Helsinki-Jyväskylä (235 km), MD-80	4.34	207.5	4.59	5.12	657.3	4.59	8.70	560.9	4.66
Helsinki-Pariisi (1536 km), A320	1.15	34.9	1.69	1.42	39.3	1.73	1.27	39.6	1.69
Helsinki-Las Palmas (4691 km), B757	0.41	10.7	0.74	0.70	15.4	0.79	0.46	12.6	0.74
Helsinki-New York (6602 km), MD-11	0.43	7.8	0.89	0.72	12.1	0.94	0.51	10.8	0.89
Helsinki-Las Palmas (4691 km), B757 rahtikone	0.30	8.6	0.53	0.40	12.3	0.54	0.34	10.0	0.54



Kuva 18. MIPS-luvut kg/henkilökilometri eri reiteillä, koneilla ja infrastruktuurin allokointitavoilla.



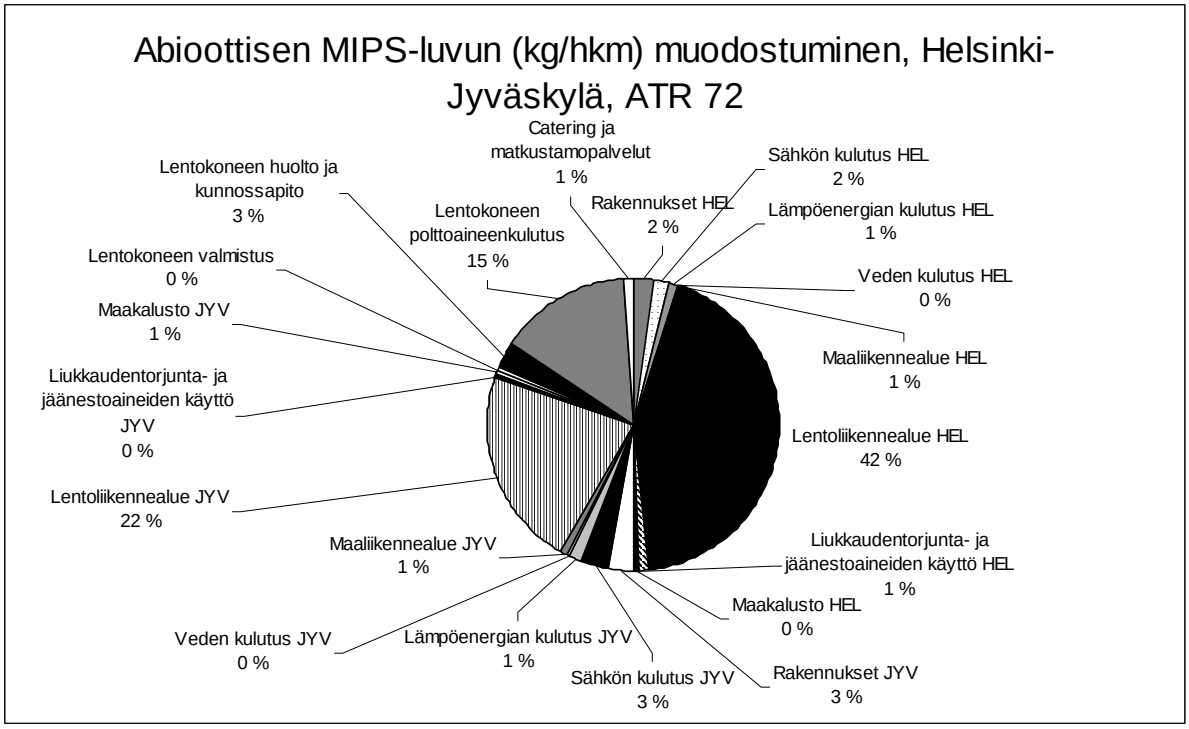
Kuva 19. MIPS-luvut kg/tonnikilometri eri reiteillä, koneilla ja infrastruktuurin allokointitavoilla.

Kuvissa 20-28 on esitetty eri osatekijöiden vaikutus MIPS-lukuihin. Kuvissa on käytetty operaatio-allokointia. B757 -rahtikoneen tulokset on jätetty näistä kuvista pois, koska sen MIPS-luvun muodostuminen ei juuri eroa koneen matkustajaversion tonnikilometrille lasketun MIPS-luvun muodostumisesta.

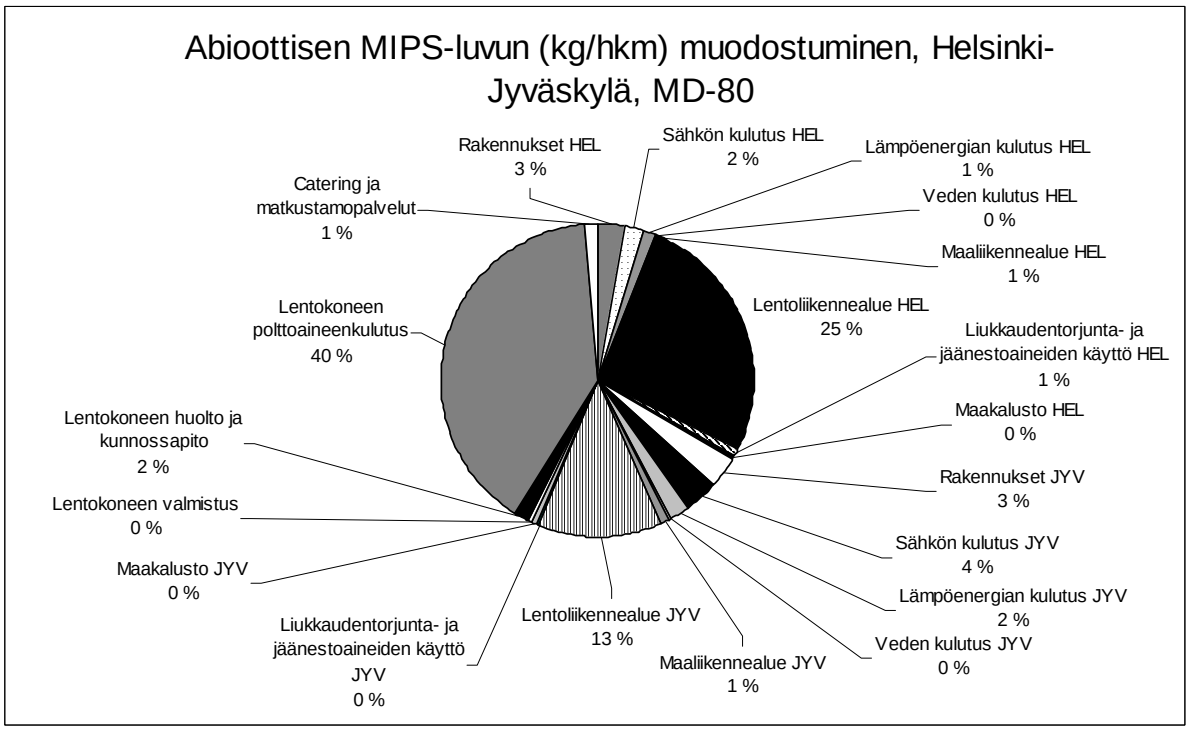
Tulosten mukaan lentoasemien infrastruktuurin ja palveluiden vaikutus MIPS-lukuihin on suurin lyhyillä reiteillä. Täten myös infrastruktuurin allokointitavan valinnalla on eniten merkitystä lyhyillä reiteillä. Reitin pituuden kasvaessa polttoaineenkulutuksen osuus MIPS-luvusta kasvaa hallitsevaksi. Samoin lentokoneen huollon, jonka materiaalipanos on vakio jokaisella lentokilometrillä, suhteellinen osuus kasvaa pitkillä reiteillä lentoasemien merkityksen pienentyessä.

Helsinki-Jyväskylä reitillä kahden eri koneen MIPS-luvun muodostuminen eroaa selvästi: ATR 72 -koneella infrastruktuurin osuus on suuri ja polttoaineenkulutuksen vain 21 %. MD-80:lla polttoaine muodostaa 46 % abioottisesta MIPS-luvusta. Erot selittyvät koneiden koon sekä polttoaineenkulutuksen eroilla: ATR 72:n polttoaineenkulutus henkilökilometriä kohti reitillä on lähes puolet pienempi kuin MD-80:n, mutta toisaalta MD-80:n keskimääräinen matkustajamäärä on noin kaksinkertainen ATR 72 -koneeseen verrattuna, joten infrastruktuurin osuus yhtä matkustajaa kohti on puolet pienempi. Voidaan siis sanoa, että vaikka ATR 72 on polttoaineenkulutukseltaan tehokkaampi, niin MD-80 suuremman kokonsa ansiosta käyttää infrastruktuuria tehokkaammin.

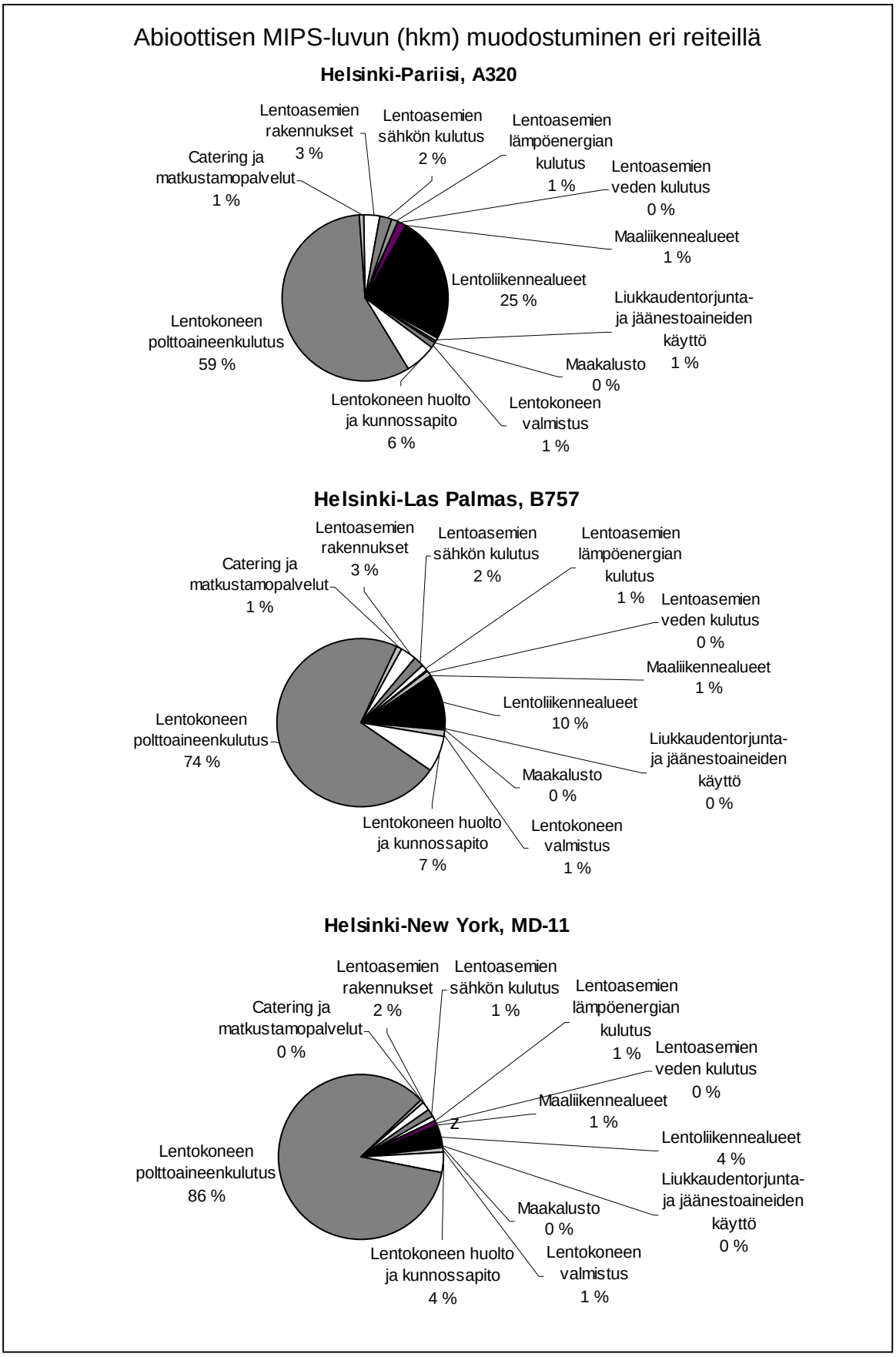
Koko reitillä yhtä matkustajaa kohti kuluvat luonnonvarat eri allokointitavoilla on esitetty kuvassa 29.



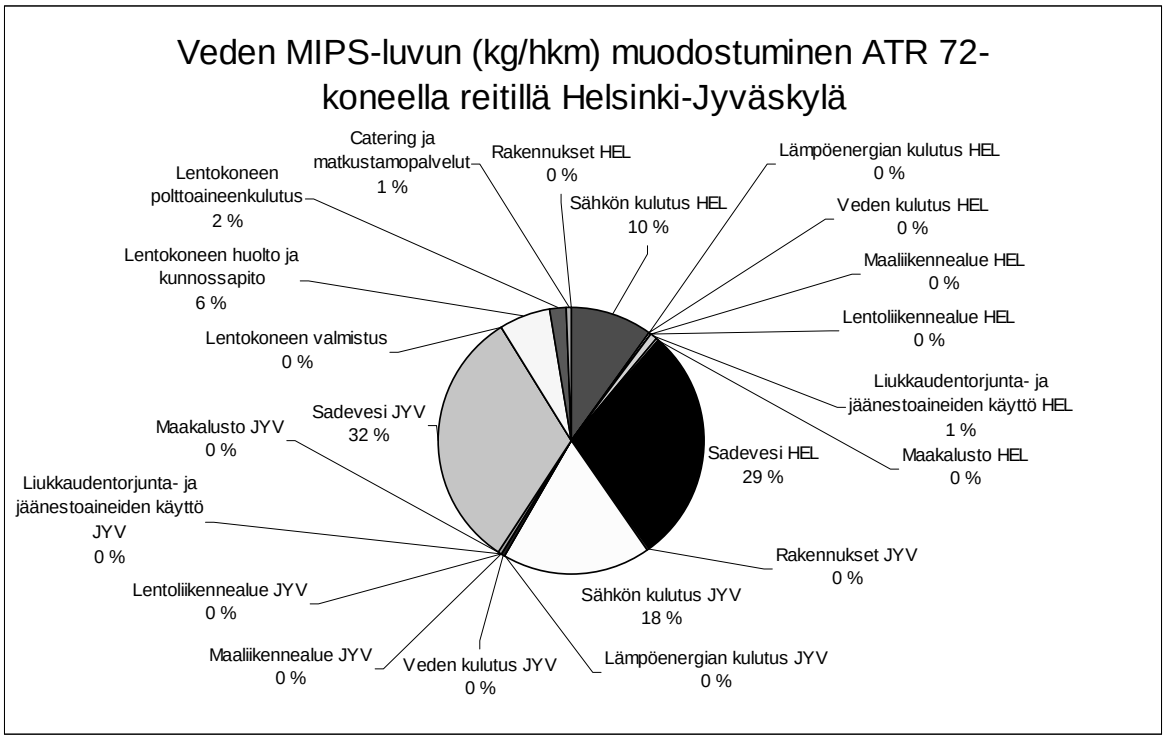
Kuva 20. Henkilökilometrin abioottisen MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin ATR 72 – koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio-allokointia käyttäen (allokointi 1).



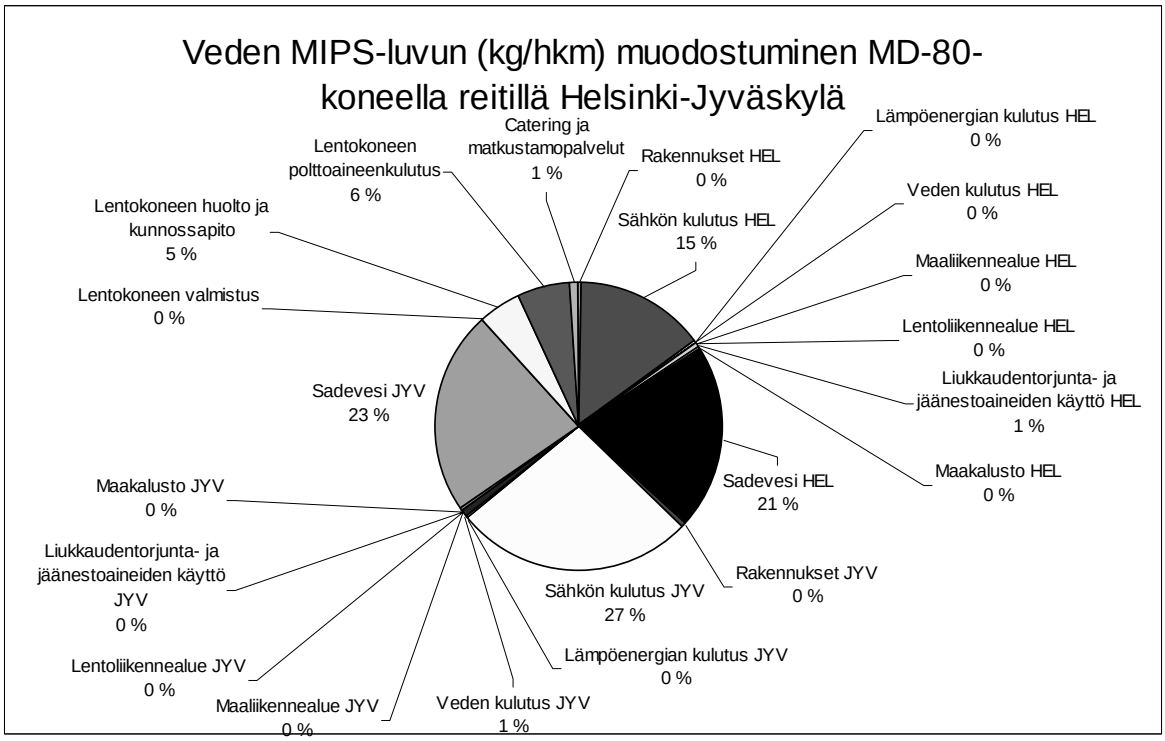
Kuva 21. Henkilökilometrin abioottisen MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin MD-80 – koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio –allokointia käyttäen (allokointi 1).



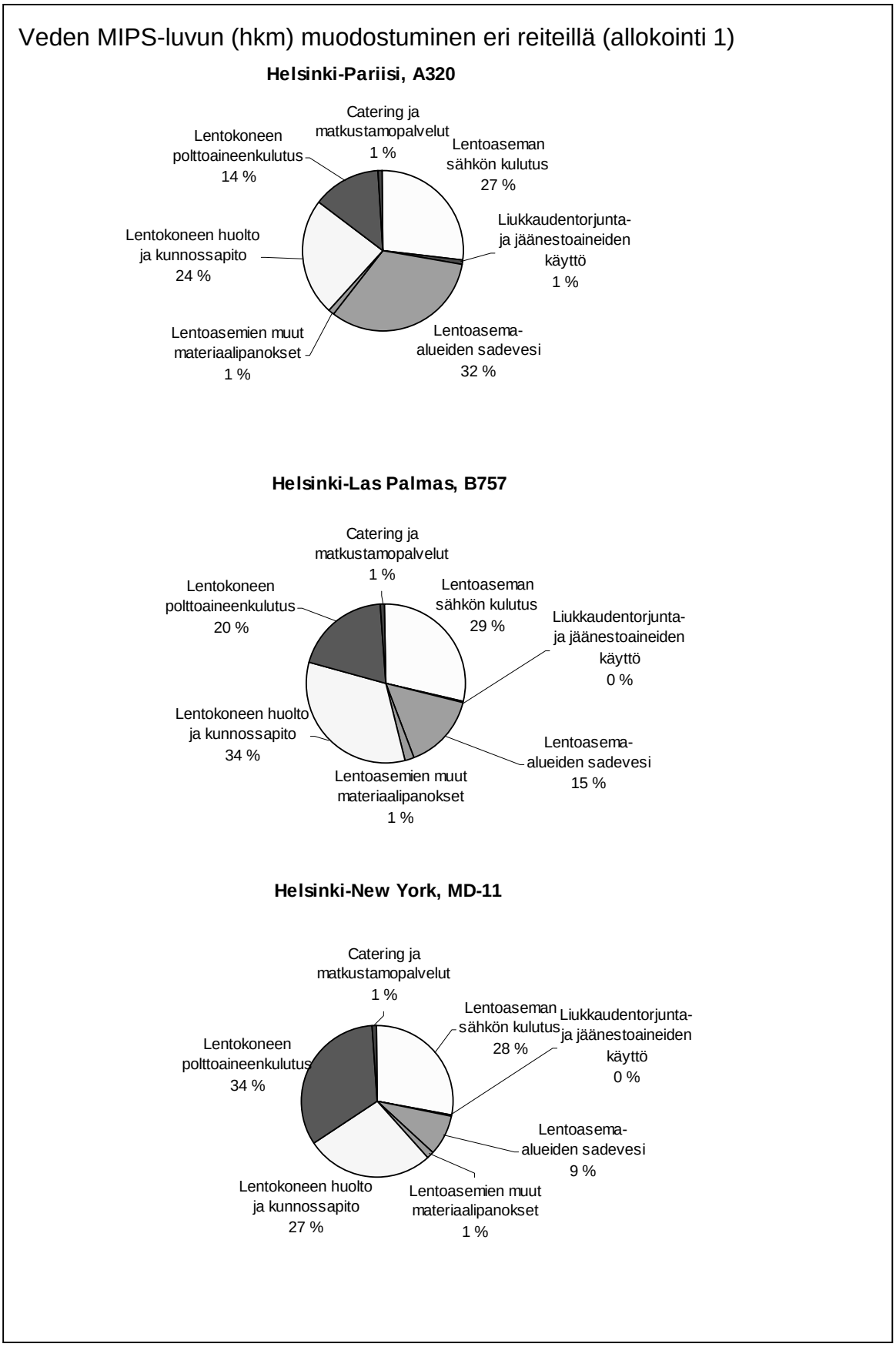
Kuva 22. Henkilökilometrin abioottisen MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin eri reiteillä operaatio-allokointia (allokointi 1) käyttäen.



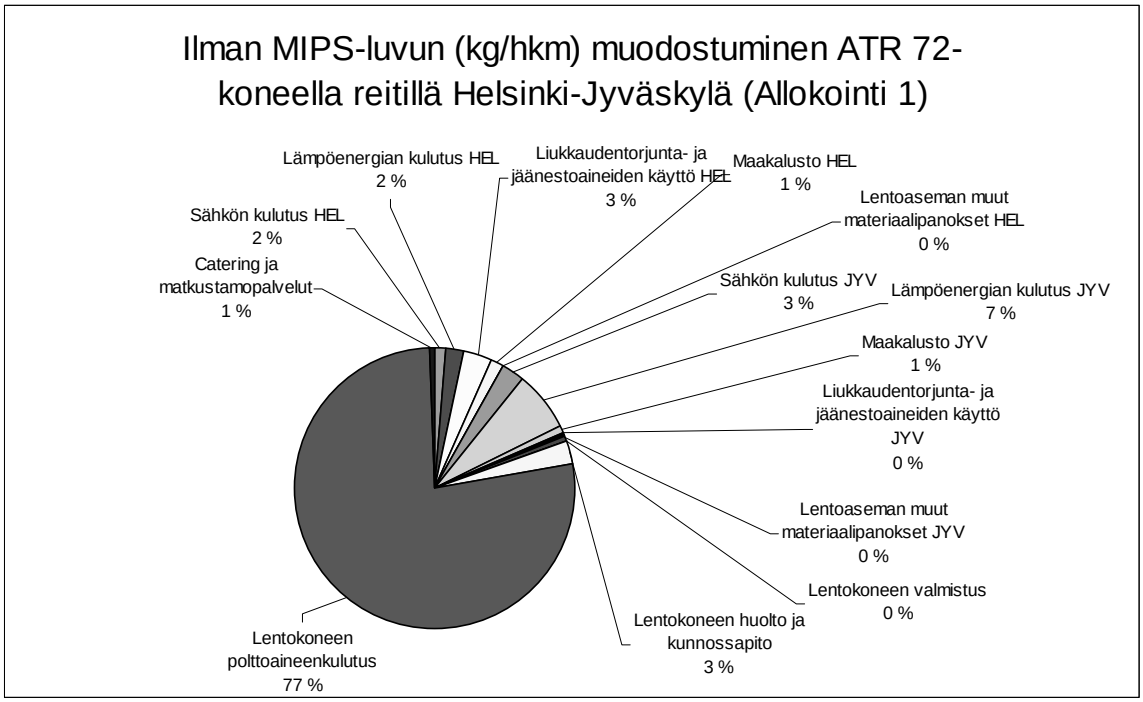
Kuva 23. Henkilökilometrin veden MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin ATR 72 –koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio-allokointia käyttäen (allokointi 1).



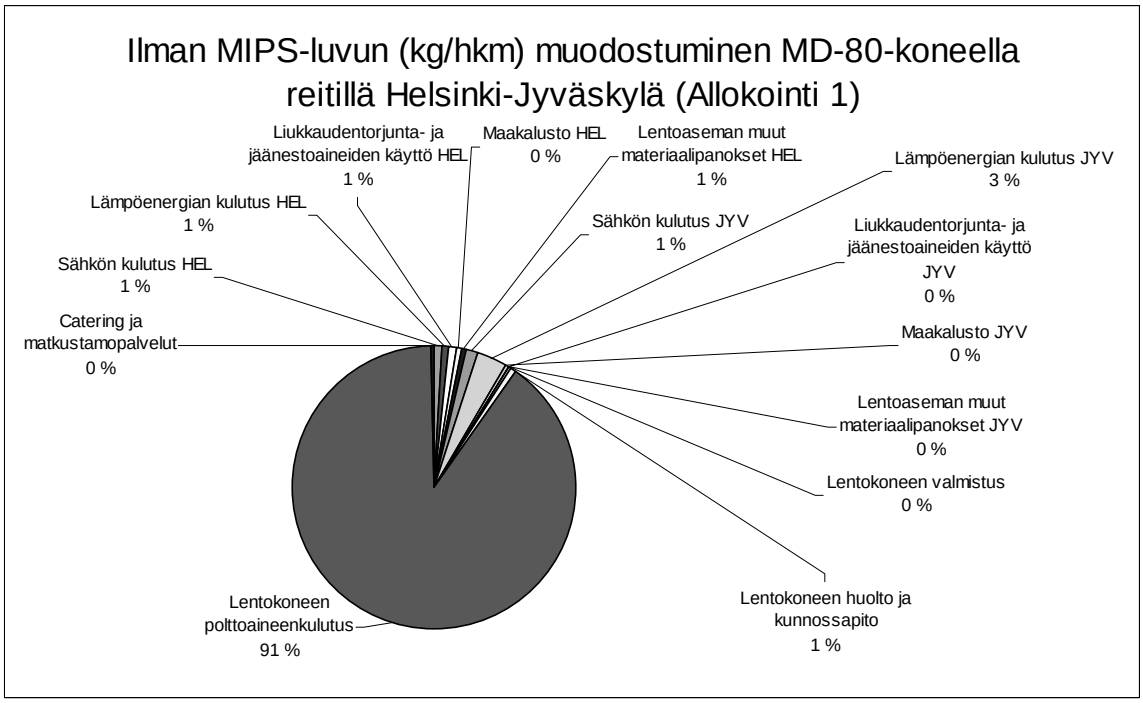
Kuva 24. Henkilökilometrin veden MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin MD-80 –koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio-allokointia käyttäen (allokointi 1).



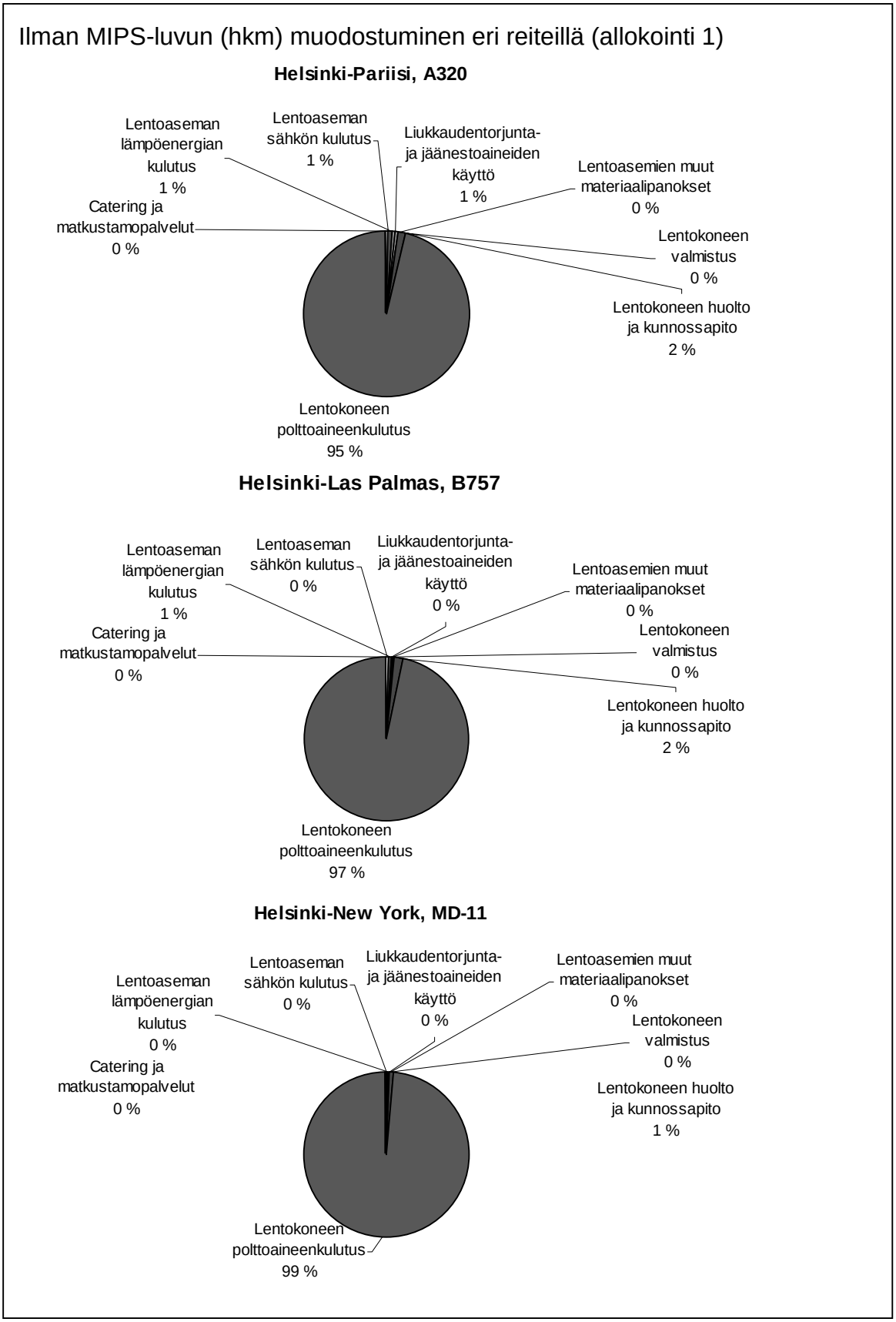
Kuva 25. Henkilökilometrin veden MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin eri reiteillä operaatio-allokointia (allokointi 1) käyttäen.



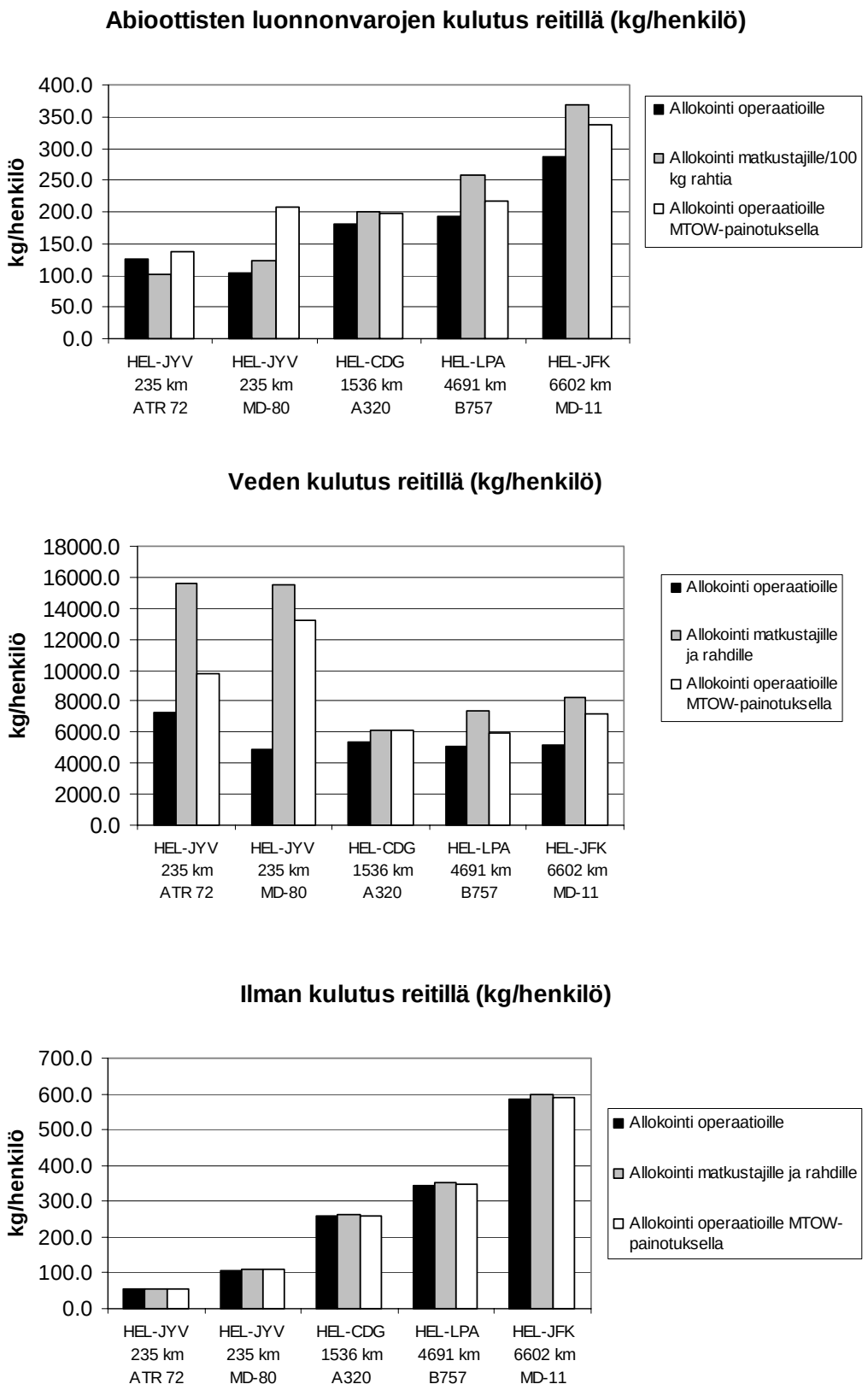
Kuva 26. Henkilökilometrin ilman MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin ATR 72 –koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio-allokointia käyttäen (allokointi 1).



Kuva 27. Henkilökilometrin ilman MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin MD-80 –koneella reitillä Helsinki-Jyväskylä operaatio-allokointia käyttäen (allokointi 1).

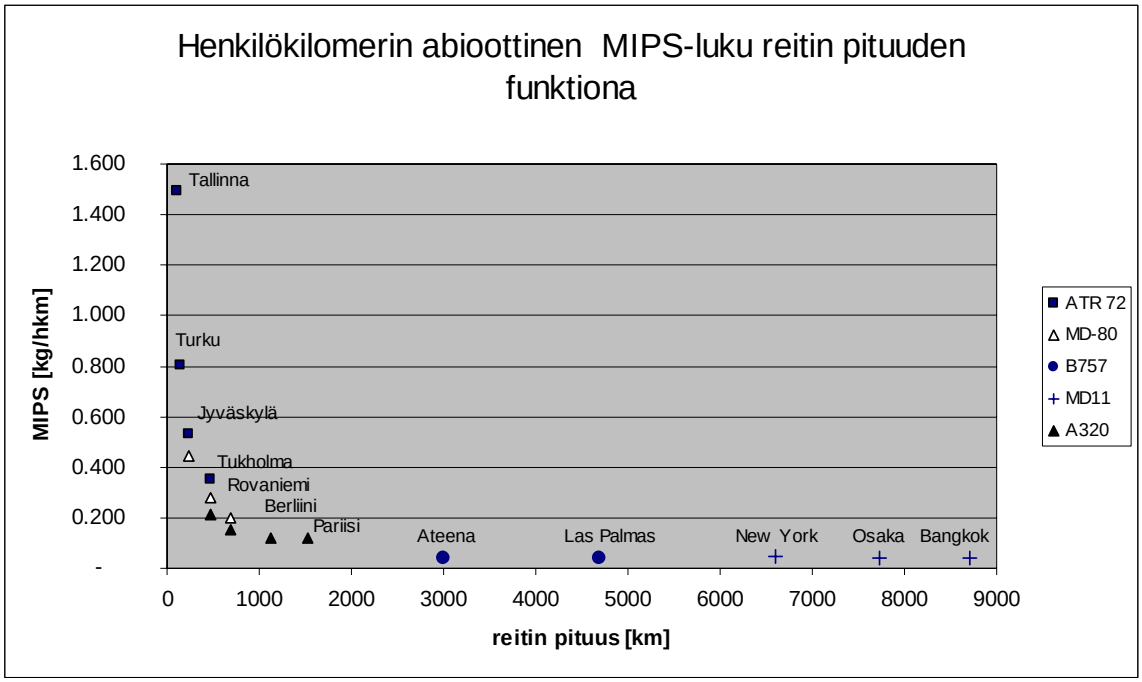


Kuva 28. Henkilökilometrin ilman MIPS-luvun jakautuminen tekijöihin eri reiteillä operaatio-allokointia (allokointi 1) käyttäen.



Kuva 29. Luonnonvarojen kulutus henkilöä kohti koko reitillä (kg/henkilö) eri reiteillä, koneilla ja infrastruktuurin allokointitavoilla.

Kuvassa 30 esitetään henkilökilometrin abioottinen MIPS-luku reitin pituuden funktiona allokointia 1 käyttäen. Kuvaan on laskettu esimerkkitapausten lisäksi muutamien muiden reittien MIPS-lukuja. Erot samalla koneella lennettyjen eri reittien MIPS-luvuissa johtuvat ainoastaan reitin pituuden vaikutuksesta materiaalipanosten jakautumiseen kilometriä kohti sekä koneen polttoaineenkulutuksen muuttumisesta reitin pituuden muuttuessa.



Kuva 30. Henkilökilometrille laskettu abioottinen MIPS-luku reitin pituuden funktiona. Etäisyydet kuvan esimerkkikohteisiin on laskettu Helsinki-Vantaan lentoasemalta.

3.3 Tulosten herkkyystarkastelu

MIPS-lukujen herkkyyttä eri allokointitavoille tarkasteltiin jo tulosten esittelyn yhteydessä. Tässä tutkitaan tarkemmin MIPS-lukujen käyttäytymistä, kun eräitä muita tekijöitä muutetaan. Tässä esiteltävissä herkkyystarkasteluissa esitetään ainoastaan operaatioallokoinnilla eli allokointitavalle 1 lasketut tulokset. Vaihtoehtoisilla allokointitavoilla lasketut MIPS-luvut käyttäytyvät kuitenkin samansuuntaisesti.

3.3.1 Lentokoneiden käyttöasteen vaikutus

MIPS-lukuja laskettaessa lentokoneiden käyttöaste on merkittävässä asemassa. Käyttöaste vaikuttaa suoraan suurimpien yksittäisten tekijöiden kuten polttoaineenkulutuksen ja lentoliikennealueen infrastruktuurin materiaalipanosten jakautumiseen käyttäjille, joten on odotettavissa, että MIPS-luvut ovat herkkiä sen muutoksille.

Taulukossa 48 on esitetty MIPS-lukujen muutos, kun matkustajakäyttöastetta lasketaan tai nostetaan viidellä prosenttiyksiköllä. Varsinkin ilman MIPS-luvut ovat herkkiä käyttöasteen muutokselle, johtuen polttoaineenkulutuksen suuresta vaikutuksesta kategoriassa.

Taulukko 48. Käyttöasteen vaikutus henkilökilometrille laskettuihin MIPS-lukuihin (allokointi 1).

	MIPS-luvun muutos, kun käyttöasteiden muutos on -5 prosenttiyksikköä			MIPS-luvun muutos, kun käyttöasteiden muutos on +5 prosenttiyksikköä		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä ATR 72	+8.7 %	+7.3 %	+8.9 %	-7.2 %	-6.0 %	-7.3 %
Helsinki-Jyväskylä MD-80	+8.4 %	+5.8 %	+9.6 %	-7.0 %	-4.8 %	-8.0 %
Helsinki-Pariisi A320	+8.5 %	+6.7 %	+9.2 %	-7.2 %	-5.6 %	-7.8 %
Helsinki-Las Palmas B757	+5.4 %	+4.1 %	+5.9 %	-4.9 %	-3.7 %	-5.3 %
Helsinki-New York MD-11	+4.3 %	+3.2 %	+4.5 %	-3.9 %	-2.9 %	-4.1 %
Helsinki-Las Palmas B757 FREIGHTER	+6.7 %	+4.7 %	+7.4 %	-5.9 %	-4.1 %	-6.4 %

3.3.2 Lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteiden vaikutus

Taulukossa 49 on esitetty MIPS-lukujen muutos, kun sekä Helsinki-Vantaan että Jyväskylän lentoasemien lentoliikennealueen kaikkien maa- ja päällysrakenteiden materiaalipanosta on nostettu 50 %. Helsinki-Vantaan kiitoteiden 1 ja 2 sekä niihin liittyvien yhdysteiden ja asematasojen sekä Jyväskylän koko lentoliikennepuolen maa- ja päällysrakenteiden materiaalimääriä arvioitiin kartoista mittaamalla ja rakennepiirrosten avulla melko karkeasti. Lisäksi materiaalien hukkakertoimista tehtiin varsin karkeita arvioita. Näistä syistä suurikin virhe maa- ja päällysrakenteiden määräestimaateissa on mahdollinen. Herkkyystarkasteluihin valittiin suurehko 50 % lisäys, jotta suurin osa mahdollisesta virheestä peittyisi.

Koska kolmannen kiitotien osalta materiaalitiedot saatiin suoraan rakennustoimistosta, voidaan niitä pitää oikeampina. Tämän vuoksi taulukossa 50 on vastaava herkkyystarkastelu siten, että kolmannen kiitotien materiaalipanos on jätetty ennalleen. Koska kolmannen kiitotien maarakenteet ovat niin hallitsevat infrastruktuurin materiaalipanoksessa, ovat muutokset nyt paljon pienempiä.

Taulukko 49. Lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteiden materiaalipanoksen kasvattamisen vaikutus henkilökilometrille laskettuihin MIPS-lukuihin (allokointi 1).

	MIPS-luvun muutos, kun lentoliikennepuolen kaikkien maarakenteiden materiaalipanos 50 % suurempi		
	Abioottiset	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä ATR 72	+32.3 %	+0.1 %	+0.2 %
Helsinki-Jyväskylä MD-80	+18.8 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Pariisi A320	+7.9 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757	+4.9 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-New York MD-11	+2.0 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757 RAHTIKONE	+4.8 %	0.0 %	0.0 %

Taulukko 50. Lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteiden, poislukien Helsinki-Vantaan kiitotie 3, materiaalipanoksen kasvattamisen vaikutus henkilökilometrille laskettuihin MIPS-lukuihin (allokointi 1).

	MIPS-luvun muutos, kun lentoliikennepuolen maarakenteiden materiaalipanos 50 % suurempi		
	Abioottiset	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä ATR 72	+17.5 %	+0.1 %	+0.2 %
Helsinki-Jyväskylä MD-80	+10.0 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Pariisi A320	+3.6 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757	+1.4 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-New York MD-11	+0.6 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757 RAHTIKONE	+1.4 %	0.0 %	0.0 %

Kuten taulukoista nähdään, lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteiden määrän virheellinen estimointi saattaa aiheuttaa merkittävän virheen lyhyiden reittien abioottisiin MIPS-lukuihin. Pidemmillä reiteillä tällä ei suurta ole merkitystä, ja myöskään veden ja ilman MIPS-lukuihin maa- ja päällysrakenteet eivät juuri vaikuta. Lentoliikennealueiden maa- ja päällysrakenteet muodostavat todennäköisesti laskelmien suurimman yksittäisen virhelähteen.

3.3.3 Infrastruktuurin käyttöiän muutos

Laskelmissa arvioitiin lentoliikennepuolen infrastruktuurin käyttöiäksi sata vuotta, mikä saattaa olla epärealistisen pitkä aikaväli. Infrastruktuurin todellista käyttöikää ei kuitenkaan voi ennakoida varmasti mm. siksi, että siihen vaikuttaa fyysisen kestävyyden lisäksi aina liikenteen, ympäröivän yhdyskunnan ja koko yhteiskunnan yleinen kehitys. Jos käyttöikä alennetaan laskelmissa 50 ja 75 vuoteen, saadaan taulukon 51 mukaiset tulokset. Edellä tarkasteltiin 50 % virheen lisäämistä infrastruktuurin materiaaliestimaatteihin, millä on käytännössä sama vaikutus kuin käyttöiän laskemisella sadasta vuodesta $\frac{100}{1.50} = 66.7$ vuoteen.

Taulukko 51. Henkilökilometrille laskettujen MIPS-lukujen muutos, kun lentoliikennepuolen infrastruktuurin käyttöikä lasketaan sadasta vuodesta 75 ja 50 vuoteen (allokointi 1).

	MIPS-lukujen muutos, kun lentoliikennepuolen infrastruktuurin käyttöikä 100 → 75 vuotta			MIPS-lukujen muutos, kun lentoliikennepuolen infrastruktuurin käyttöikä 100 → 50 vuotta		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä ATR 72	+21.5 %	0.0 %	+0.1 %	+64.6 %	+0.1 %	+0.3 %
Helsinki-Jyväskylä MD-80	+12.5 %	0.0 %	0.0 %	+37.5 %	+0.1 %	0.0 %
Helsinki-Pariisi A320	+5.3 %	0.0 %	0.0 %	+15.8 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757	+3.3 %	0.0 %	0.0 %	+9.8 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-New York MD-11	+1.3 %	0.0 %	0.0 %	+3.9 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757 RAHTIKONE	+3.2 %	0.0 %	0.0 %	+9.6 %	0.0 %	0.0 %

Nähdään, että lentoliikennepuolen infrastruktuurin käyttöiän valinta vaikuttaa merkittävästi ainoastaan abioottisiin MIPS-lukuihin, ja että vaikutus on suurin lyhyillä reiteillä. Sekä Helsinki-Vantaan ensimmäinen kiitotie että Jyväskylän lentoaseman ainoa kiitotie on rakennettu jo 1950-luvulla, vaikka tämän jälkeen niitä onkin pidennetty. Kiitotien käyttöiäksi 100 tai 75 vuotta on kuitenkin mitä ilmeisimmin 50 vuotta parempi arvio, ja näin ollen käyttöiän valinnasta aiheutuvaksi virheeksi voidaan taulukon tulosten perusteella arvioida enintään noin 20 % lyhyillä reiteillä, mikä on kuitenkin jo melko suuri poikkeama. Pitkillä reiteillä käyttöiän valinnasta johtuva virhe olisi tällöin korkeintaan muutaman prosentin luokkaa.

3.3.4 Lentoasemien liikennemäärien kasvu

Useat tahot ovat ennustaneet lentoliikenteelle voimakasta kasvua. Myös Suomessa varaudutaan liikenteen kasvuun mm. lisäämällä lentoasemien kapasiteettia. Helsinki-Vantaan kolmannen kiitotien rakentaminen ovat osa tulevaan kasvuun valmistautumista. Siten esimerkiksi Helsinki-Vantaan nykyisen kolmen kiitotien järjestelmän kapasiteetti on noin 40 % suurempi kuin ennen kolmannen kiitotien käyttöönottoa, ja tulevaisuudessa kapasiteetti on mahdollista kaksinkertaistaa terminaali- ja asematasojärjestelyin (Ilmailulaitos 2001).

Helsinki-Vantaan kolmannen kiitotien osuus lyhyiden reittien MIPS-luvuista on mittavista maarakennustöistä johtuen varsin suuri. Jos oletetaan, että Helsinki-Vantaan kolmannen kiitotien käyttäjämäärä olisi 40 % nykyistä suurempi (eli 40 % enemmän operaatioita vuodessa), muuttuvat MIPS-luvut taulukon 52 mukaisesti. Voidaan arvioida, että mikäli lentoliikenne kehittyy ennustetusti, liikenteen kasvu tulee tehostamaan infrastruktuurin käyttöä ja näin alentamaan lyhyiden reittien abioottisia MIPS-lukuja joitakin prosenttiyksiköitä. Tässä yhteydessä on kuitenkin hyvä muistaa, että liikenteen lisääntyminen kasvattaisi luonnonvarojen kulutusta kokonaisuudessaan, vaikka yhtä henkilö- tai tonnikilometriä kohti laskettu MIPS-luku alenisikin infrastruktuurin lisääntyvän käytön johdosta.

Taulukko 52. Henkilökilometrille laskettuihin MIPS-lukujen muutos, jos Helsinki-Vantaan kiitotien 3 käyttäjämäärä kasvaa 40 %.

	MIPS-luvun muutos, kun Helsinki-Vantaan kiitotien 3 käyttäjämäärä 40 % suurempi		
	Abioottiset	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä ATR 72	-8.5 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Jyväskylä MD-80	-5.0 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Pariisi A320	-4.9 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757	-2.0 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-New York MD-11	-0.8 %	0.0 %	0.0 %
Helsinki-Las Palmas B757 RAHTIKONE	-1.9 %	0.0 %	0.0 %

3.3.5 Lentokoneiden polttoaineenkulutuksen muutos

Lentokoneiden moottoritekniikan kehitys nähdään tärkeänä keinona hillitä lentoliikenteen meluhaittoja ja polttoaineenkulutusta sekä siitä aiheutuvia päästöjä. Lentokoneiden polttoaineen-

kulutus on myös yksi lentoyhtiöiden suurimmista kustannusten aiheuttajista, joten entistä taloudellisempia moottorityyppejä lienee realistista odottaa tulevaisuudessa. Kerosiinin arvioidaan säilyttävän asemansa tärkeimpänä lentopolttoaineena ainakin seuraavat 50 vuotta. Arvioidaan, että seuraavien 50 vuoden aikana polttoainetehokkuuden 30-50 % parantaminen on mahdollista aerodynamiikkaa, työntövoimaa ja rakenteellista tehokkuutta lisäämällä (Green 2002).

Taulukossa 53 on esitetty MIPS-luvut siinä tapauksessa, että kaikkien lentokoneiden polttoaineenkulutus olisi 30 % nykyistä pienempi. Vaikutus on luonnollisesti suurin niissä MIPS-luvuissa, joissa polttoaineen osuus vastaa suuresta osasta lukua. Esimerkiksi Helsinki-New York -reitillä MD-11 -koneella ilman MIPS-luku pienenee lähes samassa suhteessa kuin polttoaineen kulutus.

Taulukko 53. Henkilökilometrille laskettujen MIPS-lukujen muutos, kun polttoaineen kulutus on 30 % pienempi.

	MIPS-luvun muutos, kun polttoaineenkulutus 30 % pienempi		
	Abioottiset	Vesi	Ilma
Helsinki-Jyväskylä ATR 72	-4.4 %	-0.5 %	-23.2 %
Helsinki-Jyväskylä MD-80	-11.9 %	-1.8 %	-27.1 %
Helsinki-Pariisi A320	-17.5 %	-4.1 %	-28.7 %
Helsinki-Las Palmas B757	-21.9 %	-6.0 %	-29.0 %
Helsinki-New York MD-11	-25.5 %	-10.0 %	-29.5 %
Helsinki-Las Palmas B757 FREIGHTER	-21.5 %	-5.4 %	-28.8 %

4 Tulosten yhteenveto ja arviointi

4.1 Keskeiset löydökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa luonnonvarojen kulutuksesta Suomen lentoliikennejärjestelmän eri osissa sekä laskea tietojen pohjalta lentoliikenteen materiaaliintensiteetti esimerkkireiteille henkilö- ja tonnikilometriä kohti MIPS-metodologian mukaisesti. MIPS-luvut laskettiin kuudelle eri esimerkkikoneelle neljällä eri reitillä. Tarkasteltujen reittien pituus vaihteli välillä 235…6602 km. Infrastruktuurin materiaalipanos kohdennettiin palvelusuoritteille kolmella vaihtoehtoisella tavalla.

Reitistä, lentokoneesta ja allokointitavasta riippuen matkustajaliikenteen abioottinen MIPS vaihteli laajasti välillä 0.041-0.879 kg/hkm, veden MIPS 0.79-66.2 kg/hkm ja ilman MIPS 0.074-0.467 kg/hkm. Tavaraliikenteelle saatiin vastaavasti abioottinen MIPS 0.30-8.70 kg/tkm, veden MIPS 7.79-660.3 kg/tkm ja ilman MIPS 0.54-4.66 kg/tkm. Kaikkien kategorioiden suurimmat MIPS-luvut saatiin lyhimmällä esimerkkireitillä ja pienimmät luvut kahdella pisimmällä reitillä.

Lyhyillä matkoilla merkittäväksi tekijäksi abioottisten luonnonvarojen osalta nousi polttoaineenkulutuksen lisäksi lentoaseman infrastruktuuri, ennen kaikkea lentoliikennealueen maa- ja päällysrakenteet. Pienimmällä tarkastellulla koneella (ATR 72) reitillä Helsinki-Jyväskylä Helsinki-Vantaan lentoliikennealueen infrastruktuuri oli peräti suurin yksittäinen tekijä, kun käytettiin operaatio-allokointia (42 % henkilökilometrin MIPS-luvusta). Samalla polttoaineenkulutuksen osuus oli minimissä eli vain 15 % MIPS-luvusta. Pitkillä reiteillä polttoaineenkulutus dominoi selvästi. Toisessa ääripäässä reitillä Helsinki-New York operaatio-allokoinnilla polttoaineenkulutus oli 86 % matkustajaliikenteen abioottisesta MIPS-luvusta.

Veden MIPS-lukuja hallitsee sadeveden osuus sekä sähkön kulutus, jonka vesi-MI-kerroin on suuri johtuen vesivoiman suhteellisen suuresta osuudesta Suomen sähköntuotannossa. Lyhyillä reiteillä lentoasemien sadeveden osuus on noin puolet veden MIPS-luvuista. Pitkillä matkoilla korostuu polttoaineen sekä lentokonehuollon vaikutus. Lentokonehuollosta on huomattava, että sielläkin veden suuri MI johtuu huollon sähkönkulutuksesta eikä suinkaan suorasta veden kulutuksesta. Pisimmällä reitillä Helsinki-New York veden MIPS koostuu suurimmaksi osaksi kolmesta lähes yhtä vahvasta tekijästä: lentoasemien sähkönkulutuksesta, lentokonehuollosta (huollon sähkönkulutuksesta) sekä polttoaineen kulutuksesta.

Ilman MIPS-luvusta jo lyhyimmällä reitillä potkuriturbiinikoneella 77 % muodostuu polttoaineen kulutuksesta, pisimmällä reitillä 99 %. Lyhyillä reiteillä Jyväskylän lentoaseman lämpöenergian kulutuksella on merkitystä (7 %); muut yksittäiset tekijät jäävät alle viiteen prosenttiin.

Tulokset ovat samansuuntaiset Kalenojan (1995) arvion kanssa, jonka mukaan lentoliikenteen kokonaisenergiankulutuksesta 86 % muodostuu polttoaineen tuotannosta ja kulutuksesta.

Mielenkiintoinen tulos on, että lyhyellä reitillä Helsinki-Jyväskylä suihkuturbiinikoneen MD-80 abioottinen ja veden MIPS-luku ovat pienemmät kuin potkuriturbiinikoneen ATR 72, kun lentoliikennealueiden materiaalipanokset allokoidaan operaatioiden (allokointi 1) eikä matkustaja- ja rahtimäärän (allokointi 2) perusteella. Vaikka MD-80 kuluttaa reitillä polttoainetta huomattavasti enemmän henkilökilometriä kohti kuin ATR 72, on infrastruktuurin osuus niin merkittävä, että matkustajakapasiteetiltaan noin kaksi kertaa suurempi MD-80 osoittautuu

MIPS-tarkastelussa tehokkaammaksi. Suurempi kone siis käyttää samalla käyttöasteella infrastruktuuria tehokkaammin. Ilman MIPS-luku, josta polttoaineenkulutus muodostaa myös lyhyillä reiteillä suurimman osan, on kuitenkin ATR-72:lle huomattavasti pienempi kuin MD-80:lle. Vaihtoehtoisia allokointitapoja käyttäen ATR 72 on lähes kaikilla MIPS-luvuilla mitattuna näistä kahdesta koneesta tehokkaampi.

Herkkyystarkasteluin nähtiin, että lyhyiden reittien eli lähinnä kotimaanreittien MIPS-luvut reagoivat infrastruktuurin laskennan parametrien muutoksiin melko voimakkaasti, kun taas pitkien matkojen MIPS-luvut, jotka aiheutuvat pääasiassa lentokoneen polttoaineenkulutuksesta, ovat paljon stabiilimpeja.

Tämän tutkimuksen tuloksia ei voida suoraan yleistää koskemaan lentoliikennettä esimerkkireittejä ja -koneita laajemmin. Lyhyillä reiteillä infrastruktuurin osuus tuloksista on suuri abioottisten materiaalien osalta johtuen lentoliikennealueiden rakentamisesta sekä veden osalta vesivoimalla tuotetun sähkön kulutuksesta sekä sadevedestä lentoasemien alueilla. Nämä tekijät voivat vaihdella suuresti lentoaseman sijainnista riippuen. Esimerkiksi Suomessa infrastruktuuri on roudan vuoksi oltava massiivisempaa kuin lämpimillä alueilla. Samoin Suomessa sähköstä huomattava osa tuotetaan vesivoimalla, mikä pienentää sähkön abioottista ja ilman MI-kerrointa, mutta kasvattaa veden kerrointa. Myös sateen määrä vaihtelee alueittain. Mikäli tuloksia halutaan käyttää jonkin muun alueen lentoliikenteen tarkasteluun, on nämä tekijät syytä ottaa huomioon. Ilman MIPS-luku taas koostuu myös lyhyillä reiteillä lähinnä lentokoneen polttoaineenkulutuksesta, joten sen voi melko pienin varauksin yleistää koskemaan lentoliikennettä yleensä. Tällöinkin on huomattava, että tulokset pätevät luotettavasti vain esimerkkien lentokonetyypeille ja reiteille, missä matkan pituus on ratkaisevassa asemassa.

Lentoliikenne käsitteenä pitää sisällään laajan järjestelmän, johon kuuluu hyvin monentyyppisiä osia. MIPS-näkökulmasta tarkasteltuna järjestelmä on hyvin monimutkainen ja siihen kuuluu valtava määrä materiaaleja ja eri tavoin määriteltäviä palvelusuoritteita. Vähemmälle tarkastelulle tai kokonaan tarkastelun ulkopuolelle jätetyt osatekijät arvioitiin kuitenkin pieniksi, joten laskentatarkkuuden rajoissa niillä ei todennäköisesti olisi vaikutusta MIPS-lukuihin.

4.2 MIPS lentoliikenteen ympäristökuormituksen mittarina

Kun lentoliikenteen ympäristökuormitusta mitataan useimmilla nykyisillä ympäristöindikaattoreilla, niin suurin osa ympäristökuormasta näyttää syntyvän koneiden polttoaineenkulutuksen seurauksena. MIPS-indikaattori näyttää aivan samoin, mutta sillä mitattuna lyhyillä reiteillä myös lentoasemainfrastruktuurin rakentaminen nousee merkittävään osaan. MIPS-metodologian vahvuus onkin nimenomaan siinä, että se pyrkii järjestelmätasoiseen tarkasteluun, ja ottaa siten karkealla tasolla huomioon myös infrastruktuurin rakentamisen aiheuttamat ympäristöpaineet.

MIPS-luku kuvaa infrastruktuurin ja polttoaineen käytön tehokkuutta, kun tuotteena on lentokilometri. Tätä tehokkuutta voidaan nimittää myös ekotehokkuudeksi, koska infrastruktuurin ja polttoaineen tuottamiseen ja käyttöön liittyy paljon erilaisia ympäristövaikutuksia. Suoritekohtainen MIPS-luku ja matkakohtainen MI-luku eivät siis yksinään kerro varsinaisista ympäristövaikutuksista, mutta niitä pienentämällä voidaan pienentää myös erilaisia ympäristövaikutuksia.

Suoritekohtaisten MIPS-lukujen tarkastelu ainoana ympäristökuormituksen mittarina saattaisi antaa sen virheellisen vaikutelman, että kauas lentäminen on huomattavasti ympäristöystävällisempää kuin lähelle. Tämä olisi kuitenkin väärä johtopäätös, koska matkan kokonaispituus vaikuttaa keskeisesti matkan aiheuttamaan luonnonvarojen kokonaiskulutukseen. Suoritekohtainen MIPS-luku onkin ainoastaan väline tai laskennallinen välivaihe eripituisten matkojen tai eri liikennevälineillä tehtyjen matkojen vertaamiseen.

Määriteltäessä palvelusuoritteeksi henkilö- tai tonnikilometri, jätetään kokonaan huomiotta eri liikennejärjestelmien tuottamien palveluiden muut ominaisuudet. Syy lentoliikenteen valitsemiseen kuljetusmuodoksi ei koskaan ole ainoastaan se, että halutaan siirtää materiaa paikasta toiseen, vaan myös se, että tämä halutaan tehdä nopeasti. Henkilökilometri lento-, laiva-, tie- tai rautatieliikenteessä ei siis läheskään aina ole sama tai korvattavissa, mikä pätee yhtä hyvin tässä esitetyille MIPS-luvuille kuin millä tahansa suoritekohtaiselle indikaattorille. Kilometrisuoritteelle laskettu indikaattori muodostaa kuitenkin pohjan pidemmälle meneville tarkasteluille ja vertailuille.

MIPS ei myöskään huomioi sitä, missä materiaalien siirrot tapahtuvat ja miten laajalle alueelle vaikutus leviää. Lentoasemien tapauksessa merkittävimmät materiaalivirrat syntyvät lentoliikennealueiden infrastruktuurin rakentamisesta. Tuloksissa näkyvät suuret massat muodostuvat suurista maarakennustöistä, jotka kuitenkin sijoittuvat pinta-alaltaan melko suppealle alueelle. Biologinen toiminta keskittyy maaperän pintakerrokseen, joten elollisen ympäristön kannalta suurin merkitys on nimenomaan sillä, miten pinta-alaa käytetään.

Voidaan ajatella, ettei liikennejärjestelmien olemassaolon tarkoitus ole liikkuvuus *(mobility)* itsessään, vaan käyttäjien liikkuvuuden avulla saavuttama hyödykkeiden, palveluiden ja muiden ihmisten tavoitettavuus *(access)*. Raportissaan Eco-efficiency in transport OECD (1997) toteaa, että ekotehokkuuden soveltaminen liikennejärjestelmiin implikoi liikkuvuuden käsitteen korvaamisen tavoitettavuuden käsitteellä. Ekotehokkuuden parantamisesta seuraisi täten myös liikkumisen tarpeen vähentäminen, eli saman saatavuustason toteuttaminen pienemmällä liikkuvuudentarpeella. Näin laaja-alaiseen poliittiseen ajatteluun MIPS-indikaattorin avulla voidaan saada käyttöön lukuja tarkastelun pohjaksi, jos tarkastelu kattaa liikennejärjestelmän riittävän laajasti, kuten FIN-MIPS Liikenne -hankkeessa kokonaisuudessaan on tavoitteena. Tässä työssä palvelusuoritteen määritteleminen henkilö- ja tonnikilometriksi pysyttää tarkastelun liikkuvuuden tasolla, joten tavoitettavuuden tarkastelu jää seuraavien tutkimusten tehtäväksi.

Lähteet

Association of plastics manufacturers in Europe (2001). Plastics. A material of innovation for the electrical and electronic industry. Insight into consumption and recovery in Western Europe 2000. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.apme.org.

ATR (7/2003). ATR 72-500 brochure. URL: http://www.atraircraft.com/download.htm. [viitattu 2.9.2004]

Autio, S. & Lettenmeier M. (2002). Ekotehokkuus - Business as future. Yrityksen ekotehoopas. Dipoli-raportit C. TKK koulutuskeskus Dipoli. 80 s.

Boeing Company (2004). Air traffic management background. URL: http://www.boeing.com/atm/background/longview.html. [viitattu 19.8.2004]

Dahlbo, H., Seppälä, J., Tenhunen, J., Pylkkö, T. & Lohi, T. (2003). Ympäristövaikutusten kuvaaminen ekotehokkuuden arvioinnissa. Suomen ympäristö 617. Suomen ympäristökeskus. Helsinki 2003. saatavissa www:ssä. URL: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=33510&lan=fi.

Douglas Aircraft Company (1990). MD-80 series. Airplane characteristics for airport planning. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.boeing.com/assocproducts/aircompat/m80.htm.

Federico, A., Musmeci, F. & Mancini D.P. (2001). MIPS of the Italian mobile telephone network. Prepared for presentation at the open meeting of the Global Environmental Change Research Community, Rio de Janeiro, October 6-8, 2001. Saatavissa www:ssä. URL: http://sedac.ciesin.org/openmeeting/downloads/1004554152_presentation_federico_tel_mips2.pdf.

Fibertex Geotextiles 2004. Product data sheet. URL: http://portal.fibertex.com/images/flash/ConstBC/Data/GB1104s.pdf. [viitattu 22.11.2004]

Finnair Oyj (2003). Vuosikertomus 2002. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.finnairgroup.com/linked/fi/sijoittaja/Vuosikertomus_2002.pdf.

Finnair Oyj (2004a). Finnair Cargo. Service info. URL: http://www.finnair.com. [viitattu 6.9.2004]

Finnair Oyj (2004b). Konserni-info. URL: http://www.finnairgroup.com/konserni/. [viitattu 6.9.2004]

Finnair Oyj (2004c). Lehdistötiedote 14.1.2004. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.finnairgroup.com/linked/fi/sijoittaja/Monthly_traffic_data_Dec_2003_FinnishII.pdf.

Finnair Oyj (2004d). Vuosikertomus 2003. Edita Prima Oy. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.finnairgroup.com/linked/fi/sijoittaja/Vuosikertomus_2003.pdf.

Finnair Oyj (2004e). Ympäristötiedot 2003. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.finnair.fi/konserni.

Finnair Oyj (2005). Liikennetietoja. Useita eri tiedotteita joulukuusta 2000 lähtien. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.finnairgroup.com/konserni/konserni_6.html.

Flower, H.M. ja Soutis, C. (2003). Materials for airframes, The Aeronautical Journal, June 2003. S. 331-341.

Geibler, J. von, Kuhndt, M. & Türk, V. (2003). The environmental impacts of mobile computing. A case study with Hewlett Packard. Final report. Wuppertal Institute. “Digital Europe: ebusiness and sustainable development “-projektin raportteja. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.forumforthefuture.org.uk/uploadstore/HP_case_study.pdf.

Green, J. E. (2002) Greener by design. Aeronautical journal 106:1056.

Hennicke, P. (2004). Economic benefits of sustainable development and climate protection: trends, potentials, instruments. 1st European Conference on Sustainability in Practice (ENCOS 2004) -tilaisuuden esitelmän kalvot. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.wupperinst.org/download/PH-encos2004.pdf.

Hoskin, B.C. & Baker, A.A. (1986). Composite materials for aircraft structures. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. New York. 237 s.

IATA (2004a). International Air Transportation Association. URL: http://www.iata.org. [viitattu 20.12.2004]

IATA (2004b). International Air Transportation Association. IATA International Traffic Statistics July 2004. URL: http://www.iata.org/pressroom/industry_stats/2004-08-26-02.htm. [viitattu 20.12.2004]

IATA (2004c). International Air Transportation Association. IATA International Cargo and Passenger Forecasts 2004 to 2008. URL: http://www.iata.org/pressroom/industry_stats/2004-12-15-03.htm. [viitattu 20.12.2004]

IATA (2005). Environmental review 2004. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.iata.org/NR/ContentConnector/CS2000/Siteinterface/sites/whatwedo/file/IATA_Environmental_Review_2004.pdf

ICAO (2004). Annual review of civil aviation 2003. ICAO Journal 59(2004)6. s. 4-24. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.icao.org//icao/en/jr/2004/5906.djvu.

Idman Oy (1995). Airport Lighting Equipment. Tuotekansio.

Ilmailulaitos (1997). Ilmailuasiain esittelijästä Ilmailulaitokseksi. Katsaus ilmailuhallinnon menneisyyteen ja nykypäivään. Saatavissa www:ssä. URL: http://ilmailulaitos.fi/historiikki.

Ilmailulaitos (2001) Helsinki-Vantaan kiitotie 3 -esite. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.ilmailulaitos.fi/files/fcaa/julkaisut_pdf/Kiitotie_Suomi_WEB_PDF.pdf.

Ilmailulaitos (2002). ILL:n infrastruktuurin tilantarve. Johdon katselmus, liite 4.

Ilmailulaitos (2004a). URL: http://www.ilmailulaitos.fi. [viitattu 10.9.2004]

Ilmailulaitos (2004b). Ilmailulaitoksen lentoliikennetilasto 2003. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.ilmailulaitos.fi/files/fcaa/liikennetilastot_pdf/Lentoliiikennetilasto2003.pdf.

Ilmailulaitos (2004c). Ilmailulaitoksen ympäristökatsaus 2003. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.ilmailulaitos.fi/files/fcaa/ymparistoraportit_pdf/Ymparistokatsaus03FIN.pdf.

Ilmailulaitos (2004d). Helsinki-Vantaan ympäristöraportti 2003. Saatavissa www:ssä. URL: http://ilmailulaitos.fi/files/fcaa/ymparistoraportit_pdf/EFHKymparistoraportti2003.pdf.

Ilmailulaitos (2005). Matkustajat 1994-2004. URL: http://www.ilmailulaitos.fi/files/fcaa/matkustajat_pdf/Aikasarja94-04SU.pdf. [viitattu 28.2.2005]

Ilmailulaitos/Ilmailutiedotuspalvelu 2005. Vastaavat kartat saatavissa www:ssä. URL: http://ilmailulaitos.fi/ais/aipcharts/AipKartat.htm.

Ilmatieteenlaitos (2004). Ilmastotilastot. Vuositilastot. URL: http://www.fmi.fi/saa/tilastot_99.html.

Jane’s All the world’s aircraft. Kausijulkaisun useita eri osia. Jane’s Information Group.

Jenkinson, L.R., Simkpin, P. & Rhodes, D. (1999). Civil jet aircraft design. Arnold Publishers. Iso-Britannia. 418 s.

Juutinen, A. (29.2.2000). Energiamateriaalien virrat. Ekotehokas Suomi -projekti, osaraportti 7. Saatavissa www:ssä. URL: http://thule.oulu.fi/ecoef/assets/pdfs/energia.pdf. Oulun yliopisto, Thule-instituutti.

Kalenoja, H. (1995). Henkilöliikennemuotojen elinkaarianalyyttinen vertailu. Henkilöliikennemuotojen energiankulutus ja ympäristövaikutukset. MOBILE 209T-3. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Liikenne- ja kuljetustekniikka.

Kalenoja, H. (1996). Henkilöliikennemuotojen vertailu: elinkaarianalyysi ja ominaiset käyttöalueet. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Liikenne- ja kuljetustekniikka; tutkimuksia 13.

Kauppa- ja teollisuusministeriö (1998). Ekotehokkuus ja factor –ajattelu. Ekotehokkuustyöryhmä. Kauppa- jateollisuusministeriön
työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/1998. Helsinki 1998.

Koskinen, H. (2001). MIPS ja ekologinen selkäreppu tuotteiden potentiaalisten ympäristövaikutusten vertailun menetelminä: ongelmakohtien tarkastelu. Pro gradu –työ. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. Saatavissa www:ssä. URL: http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/maa/limno/pg/koskinen/mipsjaek.pdf

Laki Ilmailulaitoksesta. No. 1123/1990.

Lentoturvallisuushallinto (2004). URL: http://www.lentoturvallisuushallinto.fi. [viitattu 10.12.2004]

Li, X.D., Poon, C.S., Lee, S.C., Chung, S.S. & Luk, F., (2003). Waste reduction and strategies for the in-flight services in the airline industry, Resources, Conservation and Recycling. 37 (2003) 87-99, s. 87-99.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2002). Väylät 2030. Väestön ja elinkeinoelämän haasteet liikenneväylien pidolle. Liikenne- ja viestintäministeriön ohjelmia ja strategioita 1/2002. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.mintc.fi/www/sivut/dokumentit/julkaisu/strategiat/2002/vaylat2030.pdf.

Miller, C. (2002). Profiles in garbage: Scrap tires. Waste age 33(2002)3. s. 20-21.

National Materials Advisory Board (1995). Fire- and smoke-resistant interior materials for commercial transport aircraft. S. 12-21. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.nap.edu/openbook/0309053897/html/12.html

Nikula J. (2004). Suomessa vesivoimalla tuotetun sähköenergian MIPS-käsitteen mukainen materiaali-intensiteetti. Erikoistyö. Ympäristöstrategiat Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Teknillinen korkeakoulu.

Niu, M.C.Y. (1999). Airframe structural design: practical design information and data on aircraft structures, 2nd edition. Hong Kong: Conmilit. 612 s.

Normek Group (2004). Referenssit. Leko 6 lentokonehalli. URL:http://www.normek.fi/fin/leko6.htm. [viitattu 16.8.2004]

OECD (1997). Eco-Efficiency in Transport. Workshop Report and Background Paper. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.olis.oecd.org/olis/1998doc.nsf/LinkTo/ENV-EPOC-PPC-T(98)5

OECD (1998). Eco-efficiency. Paris.

Oneworld (2004). Fact sheet. URL: www.oneworld.com. [viitattu 15.11.2004]

Oulun Energia (2004). Ympäristö ja yhteiskunta 2003. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.oulunenergia.fi/index.php?109.

Oulun kauppakamari (2004). Ympäristötietopaketti 2003. URL: http://www.oulu.chamber.fi/ypak2002/16/16.html. Viimeksi päivitetty 29.2.2004. [viitattu 31.10.2004]

Pesonen, I. (2001). Development of eco-efficiency of base stations by means of the MIPS indicator. The Finnish Environment 470. Ministry of the Environment. Helsinki.

Poikonen, J. & Vuorinen, P. (2000). Helsinki-Vantaan lentoaseman pysäköintilaitos P5, Betoni (2000) 2, s.38-43.

Primo Finland Oy (2004). Materiaalien ominaisuudet –taulukko. URL: http://www.primo.fi/Suomi/ominaistaulukko.htm. [viitattu 14.11.2004.]

Pusenius, K. (2004). Suomen yleisten teiden ja tieliikenteen luonnonvarojen kulutus – tutkimusmenetelmänä MIPS. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, Maantieteen laitos, luonnonmaantiede.

Rakentajain kalenteri 1999. Rakennustieto Oy. Helsinki 1998. s. 31-33.

Rannila (2004). Casetti –teräskasettien tuotetiedot. URL: www.rannila.fi. [viitattu 18.8.2004]

Rauhamäki, H. (toim.) (2003). Ilmaliikenne. Opetusmoniste / Tampereen teknillinen yliopisto, liikenne- ja kuljetustekniikan laitos; 36. Tampere. 136 s.

Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. & Merten, T. (2002). MIPS-laskenta. Tuotteiden ja palveluiden luonnonvaratuottavuus. Wuppertal Spezial 27fi. Suomen luonnonsuojeluliitto. Helsinki. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.wupperinst.org/Publikationen/Wuppertal_Spezial/ws27fi.pdf.

Robinson, J.S., Aircraft materials (25.11.2000). URL: http://www.ul.ie/~mst/jeremy/abstract/elements_ac.html. [viitattu 5.5.2004]

Saarela, O. ym. (2003). Komposiittirakenteet. Muoviyhdistys Ry. Helsinki 2003. 494 s.

Sarkimaa, S. (2000a). Finnairin huoltohallia jatkettiin ja korotettiin, Projektiuutiset (2000) 2, s. 106-111.

Sarkimaa, S. (2000b). Lentoasema kehittää palvelujaan, Projektiuutiset (2000) 5, s. 34-45.

Savola, M. (1996). Lentokoneen päästöjen mallintaminen ja arvioiminen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto. Espoo. 152 s.

Schmidt-Bleek, F. (2000). Luonnon uusi laskuoppi: ekotehokkuuden mittari MIPS. Toimittanut, valikoiden suomentanut sekä esipuheella varustanut Michael Lettenmeier. Gaudeamus. Helsinki.

Schmidt-Bleek, F., Manstein, C. & Weihs, G. (1999). “Klagenfurt Innovation” - Transnational Report. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.factor10-institute.org/pdf/Klagenfurt.pdf.

Sinivuori, P. (2004). Kahden Helsingin yliopiston rakennuksen luonnonvarojen kulutuksen selvittäminen MIPS-laskennan avulla. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. Helsinki. 51 s. + liitteet 40 s. Saatavissa www:ssä. URL: http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut//bio/bioja/pg/sinivuori/

Syntypaikkalajittelujärjestelmän vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun ja REF-laitosten koeajot. URL: http://www.vtt.fi/virtual/waste/tiiv_t20.htm. [viitattu 10.10.2004]

Tilastokeskus (2000). Energiatilastot 1999. Energia 2000:2. Helsinki.

Tilastokeskus (2003). Energiatilasto 2002. Energia 2003:2. Helsinki.

Tilastokeskus (2004). Sähkön ja lämmön tuotannon polttoaineet. URL: http://www.stat.fi/tk/yr/khkaasut_polttoaineluokitus.pdf. [viitattu 15.11.2004]

Tilastokeskus (2004). Polttoaineiden tehollist lämpöarvot ja tiheydet. URL: http://www.stat.fi/tk/yr/yemuuntokertoimet2.html. [viitattu 15.11.2004]

Tonteri, H. & Vatanen, S. (2000). Recyclability and life cycle thinking in the design of vehicles and work machines. VTT tiedotteita 2021. Espoo 2000.

Torenbeek, E. (1982). Synthesis of subsonic airplane design. Kluwer Academic Publishers. Delft. 598 s.

Tullihallitus (2004). Ulkomaankaupan kuljetukset 2003. Helsinki. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.tulli.fi/fi/05_Ulkomaankauppatilastot/01_Tilastokatsaukset/pdf/2004_M14.pdf.

Vaahterus, T. & Saari, A. (2001). Jäähallirakennuksen aiheuttamat ympäristökuormitukset. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion raportteja 194. Teknillinen korkeakoulu. Espoo. 65 s.

Vantaan Energia Oy (2004). Yhteiskuntavastuuraportti 2003. Saatavissa www:ssä. URL: http://www.vantaanenergia.fi/content_images/VE_Yhteiskuntavastuu2003.pdf.

Vihermaa, L. (2005). Suomen raideliikenteen ekotehokkuus MIPS-laskentaa hyödyntäen. Pro gradu –työ. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. Saatavissa www:ssä. URL: http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/bio/bioja/pg/vihermaa/

Viitanen M. 29.2.2000. Metallien materiaalivirrat Suomessa 1970-1997, Ekotehokas Suomi-Projekti, osaraportti 8. Oulun yliopisto, Thule-instituutti. 28 s. Saatavissa www:ssä. URL: http://thule.oulu.fi/ecoef/assets/pdfs/metalli.pdf.

VTT. Lipasto-tietokanta. 2003. URL: http://lipasto.vtt.fi/. [viitattu 10.12.2004]

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (28.10.2003). Material intensity of materials, fuels and transport services. URL:http://www.mips-online.com. [viitattu 10.8.2004]

Ympäristöministeriö 2003. Lentoasemien ympäristölupien erityispiirteet. Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriön moniste 118. Helsinki.

Liite A: Laskelmissa käytetyt MI-kertoimet

Materiaalien MI-kertoimia

Materiaali / tuote	**MI-kerroin** (kg/kg)			**Lähde**	**Huomautuksia**
	Abioottinen	Vesi	Ilma		
ABS	3.97	206.9	3.75	1	
Alumiini	18.89	539.20	5.91	1	Average
Asetoni	3.19	18.70	1.89	1	
Asfaltti	1.02	0.47	0.0016	5	
Betoni	1.33	3.4	0.04	1	
Bitumi	1.36	9.4	0.02	1	Kevyen polttoäljyn kerroin. Michael Ritthoffin/ Wuppertal Institut suositus
Sähkö- ja elektroniikkalaitteet	156	2 097	0	Kuhndt, 5	
Epoksihartsi	13.73	289.90	5.50	1	
Etyleeniglykoli; sis. hapenkulutuksen hajotessa	2.90	133.50	3.79	1	
Hiilimusta	1.5	11.4	3.033		Oletettu raskaan polttoöljyn palamisen kertoimet
Hopea	7500	-	-	1	
Kartonki	0.3	24.9	0.07	1	Chipboard
Kumi	5.00	-	-	4	
Kupari	179.07	236.39	1.16	1	50 % primary / 50 % secondary
Lasi	2.95	11.60	0.74	1	Float glass
Lentokoneteollisuuden komposiitit	40.35	1192.90	25.00	1, 6	Hiilikuitu 60% / epoksihartsi 40%
Maali	8	-	-	2	Mönjä
Murske	1.0003	0.0020	0.0007	5	Oletettu 2 kWh dieselöljyä/tonni murskettа; hyötysuhde 0.90.
Nafta	1.69	13.90	0.05	1	
Nikkeli	141.29	233.30	40.83	1	
Paperi	5.96	196.95	0.83	1, 7	Bleached; 35 % kierrätyspaperia (maailman keskiarvo)
PET	6.45	294.20	3.72	1	
Polyamidi	5.51	921.00	4.61	1	
Polyesteri	5.11	188.00	2.90	1	Resin, Gelcoat Aussenschutz
Polyesterikuitu	3.60	-	-	4	
Polyeteeni HD	2.52	105.9	1.90	1	
Polykarbonaatti	6.94	212.2	4.70	1	
Polypropeeni	2.09	35.8	1.48	1	Granulate
Polystyreeni	2.51	164	2.80	1	General purpose, GPPS
Polyuretaani	6.31	505.1	3.56	1	Hartschaum
PVC	3.47	305.3	1.70	1	Bulk
Renkaat	3.95	12.43	1.12	5	41 % kumi , 28 % hiilimusta, 16 % teräs, 15 % muut (jolloin abioottiset 1 kg/kg). Jakauma Millerin (2002) perusteella.
Silikonikumi	8	-	-	15	
Teräs	9.32	81.9	0.77	1	Plate, hot dipped galvanised, basic oxygen steel
Tiili	2.11	5.70	0.05	1	Lightweight clay brick (PS) / solid clay brick
Titaani	1000	-	-	4	
Vesi	0.01	1.30	0.001	1	
Vuorivilla	4	39.7	1.69	1	

Energiamateriaalien MI-kertoimia

Materiaali	MI-kerroin (kg/kg)			Lähde	Huomautuksia
	Abioottinen	Vesi	Ilma		
Bensiini (sis. palaminen)	2.9	9	3.201	1	
Diesel (sis. palaminen)	1.36	9.7	3.219	1	
Kivihiili FIN (sis. palaminen)	5.42	10.59	1.94	1, 14	Vuonna 1999 Suomessa käytetyn kivihiilen keskiarvo
Kivihiili GER (sis. palaminen)	2.36	9.1	2.348	1	Saksa
Kivihiili POL (sis. palaminen)	2.15	12.9	2.036	1	Puola
Kivihiili RUS (sis. palaminen)	7.4	10	1.854	1	Venäjä
Kivihiili RSA (sis. palaminen)	7.7	1.9	2.012	1	Etelä-Afrikka
Kivihiili WORLD (sis. palaminen)	5.06	4.6	1.817	1	Maailman keskiarvo
Maakaasu (sis. palaminen)	1.22	0.5	3.602	1	
Polttoöljy kevyt (sis. palaminen)	1.36	9.4	3.219	1	
Polttoöljy raskas (sis. palaminen)	1.5	11.4	3.033	1	
Turve (sis. palaminen)	1.22	-	1.8	11	Oletettu kivihiilen (RUS) palamisilma

Energian tuotannon MI-kertoimia

Energialähde	MI-kerroin (kg/kWh)			Lähde	Huomautuksia
	Abioottinen	Vesi	Ilma		
Diesel (sis. palaminen)	0.127	0.907	0.301	1	Hyötysuhde 90 %
Kaukolämpö, kansallinen keskiarvo	0.49	0.78	0.36	5	
Polttoöljy, kevyt	0.127	0.879	0.301	5	Hyötysuhde 90 %
Polttoöljy, raskas	0.147	1.120	0.298	5	Hyötysuhde 90 %
Sähkö, kansallinen keskiarvo	0.53	189.28	0.22	5	
Tuulivoima	0.07	0.17	0	13	
Vesivoima	0.18	1113	0.001	8	
Ydinvoima	0.31	79.5	0.005	9	

Erityyppisten rakennusten MI-kertoimia (ei sis. energian ja veden kulutusta)

Rakennustyyppi	MI-kerroin (kg/brm²)			Lähde	Huomautuksia
	Abioottinen	Vesi	Ilma		
Lentokonehalli	85.64	276.91	5.31	5	
Pysäköintilaitos	64.48	72.14	0.80	5	
Terminaalirakennus	139	852	5.56	13	Helsingin yliopiston Viikin Infokeskus

Erityyppisten ajoneuvojen MI-kertoimia (sis. valmistuksen ja käytöstä poistamisen materiaalipanokset)

Ajoneuvo	MI (kg/kpl)			Lähde
	Abioottinen	Vesi	Ilma	
Henkilöauto	19 616	365 830	5 345	16
Pakettiauto	30 084	664 646	9 333	16
Linja-auto	140 841	2 652 067	53 115	16
Kuorma-auto	202 644	3 737 047	51 032	16

Lähteet:

1 Wuppertal Institute 2003
2 Autio & Lettenmeier 2002
3 Association of plastics manufacturers in Europe 2001
4 Schmidt-Bleek et. al. 1999
5 Oma laskelma
6 Kevytrakennetekniikan professori O. Saarela, Teknillinen Korkeakoulu. Henkilökohtainen tiedonanto 10.6.2004.
7 Oulun kauppakamari 2004
8 Nikula 2005
9 Ritthoff
10 Vihermaa 2005
11 Juutinen 2000
12 Tilastokeskus 2004
13 Sinivuori 2004
14 Tilastokeskus 2000
15 Federico et. al. 2001
16 Pusenius 2004

Liite B: Laskelmissa käytetyt materiaalien tiheydet

Materiaali	kg/m³	Huomautus
Maaleikkaukset	1800	Soran tiheys (Rakentajain kalenteri 1999)
Kallioleikkaukset	2725	Oletettu 50 % graniittia ja 50 % gneissiä (Rakentajain kalenteri 1999).
Hiekka	1800	Rakentajain kalenteri 1999
Kupari	8920	
Alumiini	2700	
Polyeteeni HD	950	(Primo Finland 2004)
Asfaltti	2100	Rakentajain kalenteri 1999
Louhe	1800	Soran tiheys (Rakentajain kalenteri 1999)
Murske	1800	Soran tiheys (Rakentajain kalenteri 1999)
Betoni	2300	Rakentajain kalenteri 1999
Sora	1800	Rakentajain kalenteri 1999
Turve	380	Palaturve (Tilastokeskus 2002)
Bensiini	750	Tilastokeskus 2004b
Diesel	840	Tilastokeskus 2004b
Kevyt polttoöljy	845	Tilastokeskus 2004b
Suodatinkangas	0.3	Yksikkö on kg/m². Arvio lähteen Fibertex (2004) pohjalta.

Liite C: Sähkön ja kaukolämmön MI-kertoimien laskeminen

Sähkön ja kaukolämmön tuotannon MIPS-luvuille laskettiin kansallinen keskiarvo käyttäen Tilastokeskuksen julkaisemia tietoja energian tuotannosta ja kulutuksesta (Tilastokeskus 2003). Lentoliikennejärjestelmän eri osissa energiaa hankitaan useilta eri toimittajilta, ja energiantuotannon MI-luvut taas vaihtelevat voimakkaasti mm. tuotantotavasta ja voimalaitoksen hyötysuhteesta riippuen. Tulosten haluttiin kuitenkin olevan riippumattomat energian toimittajasta, joten laskelmissa päädyttiin käyttämään valtakunnallisia keskiarvoja. MI-kertoimien laskennassa käytetyt tuotanto- ja kulutustiedot on esitetty taulukoissa 54 ja 55.

Energiayksikköjen muunnoksissa käytettiin yhteyttä 1 MWh=3.6 GJ. Taulukon 56 tehollisia lämpöarvoja käytettiin muunnettaessa polttoaineen määriä energiayksiköistä kilogrammoiksi kulutettua polttoainetta.

Tarkastelujen ulkopuolelle jätettiin kaukolämmön osalta puutähde ja metsähake, kierrätyspolttoaine sekä teollisuuden jätelämpö ja sekä sähkön että kaukolämmön osalta tilastoissa ilmoitetut muut ja tuntemattomat polttoaineet. Myös tuontisähkö jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle. MI-kertoimien laskennassa käytetyistä energian kulutusta ilmaisevista luvuista nämä ryhmät on poistettu. Sähkön osalta kulutuksesta vähennettiin tilastoissa suoraan ilmoitetut näillä tuotantotavoilla tuotetut energiamäärät. Kaukolämmön kulutuksesta on tilastoitu vain kokonaiskulutus, joten siitä vähennettiin sama osuus, mikä on poisjätettyjen tuotantotapojen osuus kokonaistuotannosta.

Wuppertal-instituutti on julkaissut eri maissa tuotetulle kivihiilelle eri MI-kertoimia. Suomessa kulutetun kivihiilen jakaumana käytettiin Tilastokeskuksen julkaisemia tuontitietoja (taulukko 57). Laskelmissa tarkasteltiin erikseen Suomen kahden suurimman tuojan (Venäjä ja Puola) kivihiiltä. Muualta tuotu kivihiili laskettiin yhteen ja sille käytettiin MI-kertoimena kivihiilen maailmankeskiarvoa.

Sähkölle saatiin abioottinen MI-kerroin 0.51 kg/kWh, veden MI-kerroin 288 kg/kWh ja ilman MI-kerroin 0.23 kg/kWh. Kaukolämmölle saatiin vastaavasti 0.36 kg/kWh, 1.26 kg/kWh ja 0.59 kg/kWh.

Taulukko 54. Sähkön tuotannon energialähteiden kulutus Suomessa vuonna 2002.

	Sähköntuotannon energialähteiden kulutus, TJ	Sähkön hankinta ja kokonaiskulutus, TWh
Vesivoima	38 243	10.62
Tuulivoima	227	0.06
Ydinvoima	233 400	21.40
Kivihiili	97 563	12.40
Öljy	8 921	1.60
Maakaasu	46 155	9.40
Turve	42 574	5.90
Muut polttoaineet	57 942	10.30
Nettotuonti	42 930	11.90
Yhteensä	567 955	83.58

Lähde: Tilastokeskus 2003.

Taulukko 55. Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannon energialähteiden kulutus Suomessa vuonna 2002.

	Energialähteiden kulutus, TJ	Kaukolämmön kulutus, GWh	Sähkön kulutus, GWh
Kivihiili	52 043		
Raskas polttoöljy	11 204		
Kevyt polttoöljy	982		
Maakaasu	71 506		
Turve	37 235		
Puutähde, metsähake	18 683		
Kierrätyspolttoaine	803		
Teollisuuden jätelämpö	1 581		
Sähkö	85		
Muut	2 750		
Tuntemattomat	1 500		
Yhteensä	198 372	30 411	14 200

Lähde: Tilastokeskus 2003.

Taulukko 56. Polttoaineiden lämpöarvoja.

Polttoaine	Lämpöarvo (MJ/kg)
Kivihiili RUS	23.44
Kivihiili POL	24.90
Kivihiili WORLD	23.25
Polttoöljy raskas	40.70
Polttoöljy kevyt	42.80
Puu (metsätähdehake)	6.50
Maakaasu	41.00
Jyrsinturve	10.1

Lähteet: Wuppertal Institute 2003 ja Tilastokeskus 2003.

Taulukko 57. Kivihiilen tuonti Suomeen alkuperämaan mukaan vuonna 2002.

Alkuperämaa	1000 t
Venäjä	2 473
Puola	1 293
Muu maailma	764
Yht.	4530

Lähde: Tilastokeskus 2003.

Taulukko 58. Sähkön MI-lukujen laskeminen.

Sähkö, kansallinen keskiarvo			**MI**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Energialähde	Kulutetun polttoaineen tai energian määrä	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Vesivoima	10 623 000 000	kWh	Vesivoima	1 912 140 000	11 823 399 000 000	10 623 000
Tuulivoima	63 000 000	kWh	Tuulivoima	4 410 000	10 710 000	0
Ydinvoima	21 395 000 000	kWh	Ydinvoima	6 632 450 000	1 700 902 500 000	106 975 000
Kivihiili RUS	2 272 236 088	kg	Kivihiili RUS	16 814 547 053	22 722 360 882	4 212 725 708
Kivihiili POL	1 118 371 579	kg	Kivihiili POL	2 404 498 895	14 426 993 370	2 277 004 535
Kivihiili WORLD	707 713 281	kg	Kivihiili WORLD	3 581 029 200	3 255 481 091	1 285 915 031
Raskas polttoöljy	189 915 417	kg	Polttoöljy raskas	284 873 126	2 165 035 755	576 013 460
Kevyt polttoöljy	27 837 442	kg	Polttoöljy kevyt	37 858 921	261 671 956	89 608 726
Maakaasu	1 125 731 707	kg	Maakaasu	1 373 392 683	562 865 854	4 054 885 610
Turve	4 215 247 525	kg	Turve	5 142 601 980	0	3 203 588 199
Muut polttoaineet	EI KÄSITELLÄ					
YHTEENSÄ [kg]				**38 187 801 858**	**13 567 706 618 907**	**15 817 339 186**
YHTEENSÄ [kg/kWh]				**0.53**	**189.28**	**0.22**

Taulukko 59. Kaukolämmön MI-lukujen laskeminen

Kaukolämpö, kansallinen keskiarvo			**MIPS**			
				Abioottiset	**Vesi**	**Ilma**
Energialähde	Polttoaineen tai energian määrä	Yksikkö	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Kivihiili RUS	1 212 078 172	kg	Kivihiili RUS	8 969 378 476	12 120 781 724	2 247 192 932
Kivihiili POL	596 572 595	kg	Kivihiili POL	1 282 631 079	7 695 786 476	1 214 621 803
Kivihiili WORLD	377 515 270	kg	Kivihiili WORLD	1 910 227 265	1 736 570 241	685 945 245
Raskas polttoöljy	275 282 555	kg	Polttoöljy raskas	412 923 833	3 138 221 130	834 931 990
Kevyt polttoöljy	22 943 925	kg	Polttoöljy kevyt	31 203 738	215 672 897	73 856 495
Maakaasu	1 744 048 780	kg	Maakaasu	2 127 739 512	872 024 390	6 282 063 707
Turve	3 686 633 663	kg	Turve	4 497 693 069	0	2 801 841 584
Puutähde, metsähake	EI KÄSITELLÄ					
Kierrätyspolttoaine	EI KÄSITELLÄ					
Teollisuuden jätelämpö	EI KÄSITELLÄ					
Sähkö	23 611 111	kWh	Sähkö, kansallinen keskiarvo	12 666 962	4 469 087 045	5 265 057
Muut	EI KÄSITELLÄ					
Tuntemattomat	EI KÄSITELLÄ					
YHTEENSÄ [kg]				**19 244 375 710**	**30 248 143 904**	**14 145 663 854**
YHTEENSÄ [kg//kWh]				**0.49**	**0.78**	**0.36**

Liite D: Lentoliikennepuolen sähkölaitteiden MI-kertoimien laskenta

Kiitotien uppovalaisin IDM 4052			MIPS			
		Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Valaisin						
	Lasi	0.2	Lasi	0.5	1.9	0.1
	Teräs	0.2	Teräs	1.4	12.3	0.1
	Alumiini	10.0	Alumiini	190	5 403	59.2
	Silikonikumitiivisteet	0.1	Silikonikumi	0.5	0.0	0.0
Muuntaja		3.0	Kupari	537	709	3.5
Asennuskaivo		12.5	Teräs	117	1 024	9.7
Halogeenipolttimot (2 kpl)		1.0	Sähkö- ja elekt-roniikka- laitteet	156	2 097	0
YHTEENSÄ [kg]				**1 002**	**9 247**	**72.6**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**50.1**	**462.3**	**3.6**

Kiitotien pintavalo IDM 5848			MIPS			
		Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Valaisin+jalkalaatta						
	Lasi	1.1	Lasi	3.1	12.2	0.8
	Alumiini	3.2	Alumiini	0	1 698	19
Muuntaja		3.0	Sähkö- ja elek-troniikka- lait-teet	468	6 291	0
Asennuskaivo		10	Teräs	93	819	8
Halogeenipolttimo		0.5	Sähkö- ja elek-troniikka- lait-teet	78	1 049	0
YHTEENSÄ [kg9				**642**	**9 869**	**27**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]				**32.1**	**493.5**	**1.36**

Lähestymisvalo IDM 2982			MIPS		
			Abiootiset	Vesi	Ilma
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Valaisin					
Lasi	0.3	Lasi	0.7	2.9	0.2
Alumiini	1.8	Alumiini	33.2	943.6	10.3
Muuntaja	3.0	Kupari	537	709	3.5
Asennuskaivo	12.5	Teräs	117	1 024	9.7
Halogeenipolttimo	0.5	Sähkö- ja elektroniikka- laitteet	78	1 049	0.0
YHTEENSÄ [kg]			**766**	**3 728**	**23.7**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**38.3**	**186.4**	**1.2**

Rullaustien uppovalaisin IDM 5506			MIPS		
			Abiootiset	Vesi	Ilma
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Valaisin					
Lasi	0.2	Lasi	0.5	1.9	0.1
Teräs	0.2	Teräs	1.4	12.3	0.1
Alumiini	5.8	Alumiini	110.5	3138.1	34.4
Silikonikumitiivisteet	0.1	Silikonikumi	0.5	0.0	0.0
Muuntaja	3.0	Kupari	537	709	3.5
Asennuskaivo	12.5	Teräs	116.5	1023.8	9.7
Halogeenipolttimot (2 kpl)	1.0	Sähkö- ja elektroniikka- laitteet	156	2 097	0
YHTEENSÄ [kg]			**922.6**	**6 982.2**	**47.8**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**46.1**	**349.1**	**2.4**

Rullaustien pintavalaisin IDM 5777			MIPS		
			Abiootiset	Vesi	Ilma
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	kg	kg	kg
Valaisin + jalkalaatta					
Lasi	0.9	Lasi	2.6	10.2	0.7
Alumiini	2.6	Alumiini	49.9	1418.1	15.5
Muuntaja	3.0	Kupari	537	709	3.5
Asennuskaivo	10.0	Teräs	93.2	819.0	7.7
Halogeenipolttimo	0.5	Sähkö- ja elektroniikka- laitteet	78	1 049	0
YHTEENSÄ [kg]			**760.9**	**4 055.0**	**27.4**
YHTEENSÄ [kg/vuosi]			**38.0**	**200.2**	**1.4**

Ensiökaapeli		MIPS			
	Massa (kg/m)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
12 mm²:n kuparikaapeli	0.11	Kupari	19.2	25.3	0.1
YHTEENSÄ [kg/m]			**19.2**	**25.3**	**0.1**
YHTEENSÄ [kg/m/vuosi]			**0.96**	**1.3**	**0.01**

Toisiokaapeli		MIPS			
	Massa (kg/m)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
6 mm²:n kuparikaapeli	0.05	Kupari	9.6	12.7	0.1
YHTEENSÄ [kg/m]			**9.6**	**12.7**	**0.1**
YHTEENSÄ [kg/m/vuosi]			**0.48**	**0.63**	**0.00**

20 kV:n kaapelointi, 3. kiitotie		MIPS			
	Massa (kg/m)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
3x120mm²:n alumiinikaapeli	0.97	Alumiini	18.4	524.1	5.7
YHTEENSÄ [kg/m]			**18.4**	**524.1**	**5.7**
YHTEENSÄ [kg/m/vuosi]			**0.92**	**26.2**	**0.29**

20 kV:n kaapelointi, 1. ja 2. kiitotie		MIPS			
	Massa (kg/m)	Käytetty MI-kerroin	**Abioottiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
3x70mm²:n alumiinikaapeli	0.57	Alumiini	10.8	305.7	3.4
YHTEENSÄ [kg/m]			**10.8**	**305.7**	**3.4**
YHTEENSÄ [kg/m/vuosi]			**0.54**	**15.3**	**0.17**

Kyltti (olettu pinta-ala 0.50m² ja sivun pituus 0.707m)			**MIPS**		
	Massa (kg)	Käytetty MI-kerroin	**Abiootiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Runko (5mm alumiiniprofiili, reunat 10cm)	10.57	Alumiini	200.6	5698.2	62.4
Etupaneeli (4mm polykarbonaatti)	2.40	Poly- karbo-naatti	16.7	509.3	11.3
Jalat (2x1.050m jalat Ø61 mm x 3 mm alu-miiniputkesta)	3.10	Alumiini	58.8	1671.2	18.3
Kaapeli (2x2.5mm² kuparikaapeli, pituus 1.5m)	0.07	Kupari	12.0	15.8	0.1
Heijastinlevy (1mm alumiinilevy)	1.35	Alumiini	25.6	727.9	8.0
Halogeenivalaisin	2.00	Sähkö- ja elekt-roniikka- laitteet	312	4 194	0
Halogeenipolttimo	1.00	Sähkö- ja elekt-roniikka- laitteet	156	2 097	0
YHTEENSÄ [kg]			**1 318.9**	**15 622.6**	**103.6**
YHTEENSÄ [kg//vuosi]			**65.9**	**781.1**	**5.2**

Kaapeliputki			**MIPS**		
	Massa (kg/m)	Käytetty MI-kerroin	**Abiootiset** kg	**Vesi** kg	**Ilma** kg
Ø75 mm muoviputki	0.44	Polyeteeni HD	1.1	46.1	0.8
YHTEENSÄ [kg/m]			**1.1**	**46.1**	**0.8**
YHTEENSÄ [kg/m/vuosi]			**0.05**	**2.3**	**0.04**

Liite E: Helsinki-Vantaan ja Jyväskylän lentoasemien sekä Finnairin liikennetiedot

Helsinki-Vantaan lentoasema		**Lähde**
Laskeutumisia*	80 743	Ilmailulaitos 2004
Liikenneilmailu	77 744	Ilmailulaitos 2004
Yleisilmailu	2 016	Ilmailulaitos 2004
Sotilasilmailu	983	Ilmailulaitos 2004
Laskeutumisten MTOW-summa (tonnia)*	4 357 040	Ilmailulaitos 2004
Liikenneilmailu	4 324 522	Ilmailulaitos 2004
Muut	32 518	Ilmailulaitos 2004
Matkustajia	9 710 920	Ilmailulaitos 2004
Tavaraliikenne; lähtevä ja saapuva (tonnia)	104 421	Ilmailulaitos 2004
Kansainvälinen rahti	88 405	Ilmailulaitos 2004
Kansainvälinen posti	10 619	Ilmailulaitos 2004
Kansainvälinen yhteensä	99 024	Ilmailulaitos 2004
Kotimainen rahti	3 122	Ilmailulaitos 2004
Kotimainen posti	2 275	Ilmailulaitos 2004
Kotimainen yhteensä	5 397	Ilmailulaitos 2004
Jyväskylän lentoasema		Ilmailulaitos 2004
Laskeutumisia*	11 387	Ilmailulaitos 2004
Liikenneilmailu	2 462	Ilmailulaitos 2004
Yleisilmailu	5 785	Ilmailulaitos 2004
Sotilasilmailu	3 140	Ilmailulaitos 2004
Laskeutumisten MTOW-summa (tonnia)*	96 519	M. Schalin, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 22.3.2004
Liikenneilmailu	60 390	M. Schalin, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 22.3.2004
Muut	36 129	M. Schalin, Ilmailulaitos, henkilökohtainen tiedonanto 22.3.2004
Matkustajia	165 966	Ilmailulaitos 2004
Tavaraliikenne; lähtevä ja saapuva (tonnia)	129	Ilmailulaitos 2004
Kansainvälinen rahti	2	Ilmailulaitos 2004
Kansainvälinen posti	-	Ilmailulaitos 2004
Kansainvälinen yhteensä	2	Ilmailulaitos 2004
Kotimainen rahti	127	Ilmailulaitos 2004
Kotimainen posti	-	Ilmailulaitos 2004
Kotimainen yhteensä	127	Ilmailulaitos 2004
Finnair		
Lentokilometrit	113 892 000	Finnair Oyj 2004d
Matkustajia	6 849 000	Finnair Oyj 2004d
Rahtia ja postia (tonnia)	73 416	Finnair Oyj 2004d
Kotimaanliikenteen matkustajakäyttöaste	53.0 %	Finnair Oyj 2004c
Kotimaanliikenteen kokonaiskäyttöaste	40.2 %	Finnair Oyj 2004c
Euroopan liikenteen matkustajakäyttöaste	56.6 %	Finnair Oyj 2004c
Euroopan liikenteen kokonaiskäyttöaste	44.5 %	Finnair Oyj 2004c
Kaukoliikenteen matkustajakäyttöaste	73.1 %	Finnair Oyj 2004c
Kaukoliikenteen kokonaiskäyttöaste	56.7 %	Finnair Oyj 2004c
Lomaliikenteen matkustajakäyttöaste	88.7 %	Finnair Oyj 2004c
Lomaliikenteen kokonaiskäyttöaste	76.0 %	Finnair Oyj 2004c
Rahtiliikenteen kokonaiskäyttöaste	71.5 %	Finnair Oyj 2004c

* Huom.: Laskelmissa tarvittava operaatioiden määrä = 2 $\times$ laskeutumisten määrä.

Liite F: Lentoliikennejärjestelmän osien materiaalipanokset

Järjestelmän osa	Materiaalipanos			Yksikkö
	Abioottiset	Vesi	Ilma	
LENTOKONE				
ATR 72, Helsinki-Jyväskylä, 235 km				
Valmistus	0.06	0.52	0.01	kg/lentokm
Polttoaineenkulutus	2.82	20.14	6.68	kg/lentokm
MD-80, Helsinki-Jyväskylä, 235 km				
Valmistus	0.12	1.22	0.01	kg/lentokm
Polttoaineenkulutus	13.11	93.48	31.02	kg/lentokm
A320, Helsinki-Pariis, 1536 km				
Valmistus	0.10	0.96	0.01	kg/lentokm
Polttoaineenkulutus	5.94	42.37	14.06	kg/lentokm
B757, Helsinki-Las Palmas, 4691 km				
Valmistus	0.09	0.85	0.01	kg/lentokm
Polttoaineenkulutus	6.07	43.29	14.37	kg/lentokm
MD-11, Helsinki-New York, 6602 km				
Valmistus	0.13	1.17	0.01	kg/lentokm
Polttoaineenkulutus	12.51	89.19	29.60	kg/lentokm
B757 rahtikone, Helsinki-Las Palmas, 4691 km				
Valmistus	0.08	0.78	0.00	kg/lentokm
Polttoaineenkulutus	6.07	43.29	14.37	kg/lentokm
LENTOKONEEN HUOLTO JA KUNNOSSAPITO				
- Rakennukset	0.11	0.36	0.01	kg/lentokm
- Huoltoalueen maa- ja päällysrakenteet	0.06	0.01	0.00	kg/lentokm
- Sähkön kulutus	0.19	69	0.08	kg/lentokm
- Lämpöenergian kulutus	0.20	0.33	0.15	kg/lentokm
- Veden kulutus	0.00	0.48	0.00	kg/lentokm
- Huollon materiaalien kulutus	0.00	0.00	0.00	kg/lentokm
- Huollon maakalusto				
- Valmistus	0.00	0.08	0.00	kg/lentokm
- Käyttö	0.00	0.03	0.01	kg/lentokm
- Sadevesi		1.92		kg/lentokm
LENTOASEMA HEL				
Rakennukset				
- Terminaalit	12 594 651	77 198 868	503 786	kg/vuosi
- Pysäköintilaitokset	14 504 708	16 137 718	178 960	kg/vuosi
- Lentokonehallit, suoja- ja varastorakennukset	1 159 581	4 537 909	94 850	kg/vuosi
Sähkön kulutus	21 868 330	7 810 707 300	9 077 420	kg/vuosi
Lämpöenergian kulutus	14 316 456	23 973 661	10 819 555	kg/vuosi
Veden kulutus	773 060	100 497 800	77 306	kg/vuosi
Maaliikennealueet				
- Maa- ja päällysrakenteet	13 971 336	5 464 773	19 201	kg/vuosi
Lentoliikennealue				
Maa- ja päällysrakenteet				
- I ja II kiitotie ja asematasot	122 404 149	13 373 903	65 587	kg/vuosi
- III kiitotie	218 773 769	10 194 327	60 833	kg/vuosi
- Sähköjärjestelmät	1 641 178	5 694 973	43 862	kg/vuosi
- Liukkaudentorjunta	9 955 410	360 871 200	11 288 724	kg/vuosi
Maakalusto ILL				
- Valmistus	1 166 237	21 891 556	311 741	kg/vuosi

- Käyttö	957 440	6 828 800	2 266 176	kg/vuosi
Maakalusto Finnair				
- Valmistus	1 277 955	24 214 353	334 827	kg/vuosi
- Käyttö	994 609	6 821 396	2 068 920	kg/vuosi
Sadevesi	0	12 338 388 005	0	kg/vuosi
LENTOASEMA JYV				
Rakennukset	601 282	3 467 536	28 163	kg/vuosi
Sähkön kulutus	615 860	219 966 600	255 640	kg/vuosi
Lämpöenergian kulutus	309 288	2 356 480	626 992	kg/vuosi
Veden kulutus	44 370	5 768 100	4 437	kg/vuosi
Maaliikennealueet				
- Maa- ja päällysrakenteet	168 822	60 759	213	kg/vuosi
Lentoliikennealue				
- Maa- ja päällysrakenteet	22 772 310	2 305 601	12 047	kg/vuosi
- Liukkaudentorjunta	190 820	2 617 590	140 029	kg/vuosi
Maakalusto ILL				
- Valmistus	324 952	5 994 417	71 809	kg/vuosi
- Käyttö	59 840	426 800	141 636	kg/vuosi
Maakalusto Finnair				
- Valmistus	28 895	544 177	7 485	kg/vuosi
- Käyttö	19 113	131 081	39 677	kg/vuosi
Sadevesi		1 943 757 326		kg/vuosi
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	1.36	45.9	0.32	kg/matkustaja
RAHTIPALVELUT	0.03	0.19	0.01	kg/rahti-kg

Liite G: Järjestelmän osien allokointivaihtoehdot

Järjestelmän osa	**Allokointi 1** (Operaatio - allokointi)	**Allokointi 2** (Matkustaja-allokointi)	**Allokointi 3** (MTOW-painotettu operaatio -allokointi)
LENTOKONE			
Valmistus	Käytön aikaisille lentokilometreille		
Polttoaineenkulutus	Matkustajille ja rahdille		
Huolto ja kunnossapito			
- Rakennukset	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Huoltoalueen maa- ja päällysrakenteet	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Sähkön kulutus	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Lämpöenergian kulutus	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Veden kulutus	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Huollon materiaalien kulutus	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Huollon maakalusto			
- Valmistus	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Käyttö	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
- Sadevesi	Huollettujen koneiden lentokilometreille		
LENTOASEMAT			
Rakennukset			
- Terminaalit	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille		
- Pysäköintilaitokset	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille		
- Lentokonehallit, suoja- ja varastorakennukset	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille		
Sähkön kulutus	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille		
Lämpöenergian kulutus	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille		
Veden kulutus	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille		
Maaliikennealueet			
- Maa- ja päällysrakenteet	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille		
Lentoliikennealue			
- Maa- ja päällysrakenteet			
- I ja II kiitotie	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
- III kiitotie	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
- Sähköjärjestelmät	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
- Liukkaudentorjunta	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
Maakalusto ILL			
- Valmistus	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
- Käyttö	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
Maakalusto Finnair			
- Valmistus	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille
- Käyttö	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille
Sadevesi	Operaatioille	Lentoaseman läpi kulkeville matkustajille ja rahdille	Operaatioille MTOW-painotuksella
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	Matkustajille		
RAHTIPALVELUT	Käsitellylle rahdille		

Liite H: MIPS esimerkkireiteillä

Helsinki-Jyväskylä, ATR 72	**Allokointi 1**			**Allokointi 2**			**Allokointi 3**		
Matkustajaliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE ATR 72									
Valmistus	0.0015	0.0142	0.0001	0.0015	0.0142	0.0001	0.0015	0.0142	0.0001
Polttoaineenkulutus	0.0772	0.5507	0.1827	0.0772	0.5507	0.1827	0.0772	0.5507	0.1827
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0031	0.0100	0.0002	0.0031	0.0100	0.0002	0.0031	0.0100	0.0002
- Huoltoalueen maa- ja	0.0016	0.0004	0.0000	0.0016	0.0004	0.0000	0.0016	0.0004	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0053	1.8848	0.0022	0.0053	1.8848	0.0022	0.0053	1.8848	0.0022
- Lämpöenergian kulutus	0.0054	0.0090	0.0040	0.0054	0.0090	0.0040	0.0054	0.0090	0.0040
- Veden kulutus	0.0001	0.0132	0.0000	0.0001	0.0132	0.0000	0.0001	0.0132	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0004	0.0093	0.0001	0.0004	0.0093	0.0001	0.0004	0.0093	0.0001
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0001	0.0023	0.0000	0.0001	0.0023	0.0000	0.0001	0.0023	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0007	0.0002	0.0001	0.0007	0.0002	0.0001	0.0007	0.0002
- Sadevesi	0.0000	0.0526	0.0000	0.0000	0.0526	0.0000	0.0000	0.0526	0.0000
HEL									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0055	0.0338	0.0002	0.0055	0.0338	0.0002	0.0055	0.0338	0.0002
- Pysäköintilaitokset	0.0064	0.0071	0.0001	0.0064	0.0071	0.0001	0.0064	0.0071	0.0001
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0005	0.0018	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000
Sähkön kulutus	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036
Lämpöenergian kulutus	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043
Veden kulutus	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0648	0.0096	0.0000	0.0343	0.0051	0.0000	0.0264	0.0039	0.0000
- III kiitotie	0.1574	0.0073	0.0000	0.0833	0.0039	0.0000	0.0642	0.0030	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0012	0.0041	0.0000	0.0006	0.0022	0.0000	0.0005	0.0017	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0072	0.2597	0.0081	0.0038	0.1375	0.0043	0.0029	0.1059	0.0033
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0008	0.0158	0.0002	0.0004	0.0083	0.0001	0.0003	0.0064	0.0001
- Käyttö	0.0007	0.0049	0.0016	0.0004	0.0026	0.0009	0.0003	0.0020	0.0007
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0006	0.0106	0.0001	0.0006	0.0106	0.0001	0.0006	0.0106	0.0001
- Käyttö	0.0004	0.0029	0.0009	0.0004	0.0029	0.0009	0.0004	0.0029	0.0009
Sadevesi	0.0000	8.8804	0.0000	0.0000	4.7004	0.0000	0.0000	3.6205	0.0000
JYV									
Rakennukset	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007
Sähkön kulutus	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065
Lämpöenergian kulutus	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160
Veden kulutus	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000
Lentoliikennealue									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.1162	0.0118	0.0001	0.1253	0.0127	0.0001	0.3016	0.0305	0.0002
- Liukkaudentorjunta	0.0010	0.0134	0.0007	0.0010	0.0144	0.0008	0.0025	0.0347	0.0019
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0017	0.0306	0.0004	0.0018	0.0330	0.0004	0.0043	0.0794	0.0010
- Käyttö	0.0003	0.0022	0.0007	0.0003	0.0023	0.0008	0.0008	0.0057	0.0019
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0140	0.0002
- Käyttö	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0034	0.0010
Sadevesi	0.0000	9.9200	0.0000	0.0000	49.4530	0.0000	0.0000	25.7472	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0058	0.1952	0.0014	0.0058	0.1952	0.0014	0.0058	0.1952	0.0014
RAHTIPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
YHTEENSÄ kg/hkm	0.53	31.01	0.24	0.43	66.23	0.23	0.58	41.49	0.23

Helsinki-Jyväskylä, ATR 72	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Tavaraliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/100**			**Materiaalipanos kg/100**			**Materiaalipanos kg/100**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE ATR 72									
Valmistus	0.0015	0.0142	0.0001	0.0015	0.0142	0.0001	0.0015	0.0142	0.0001
Polttoaineenkulutus	0.0772	0.5507	0.1827	0.0772	0.5507	0.1827	0.0772	0.5507	0.1827
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0031	0.0100	0.0002	0.0031	0.0100	0.0002	0.0031	0.0100	0.0002
- Huoltoalueen maa- ja	0.0016	0.0004	0.0000	0.0016	0.0004	0.0000	0.0016	0.0004	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0053	1.8848	0.0022	0.0053	1.8848	0.0022	0.0053	1.8848	0.0022
- Lämpöenergian kulutus	0.0054	0.0090	0.0040	0.0054	0.0090	0.0040	0.0054	0.0090	0.0040
- Veden kulutus	0.0001	0.0132	0.0000	0.0001	0.0132	0.0000	0.0001	0.0132	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0004	0.0093	0.0001	0.0004	0.0093	0.0001	0.0004	0.0093	0.0001
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0001	0.0023	0.0000	0.0001	0.0023	0.0000	0.0001	0.0023	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0007	0.0002	0.0001	0.0007	0.0002	0.0001	0.0007	0.0002
- Sadevesi	0.0000	0.0526	0.0000	0.0000	0.0526	0.0000	0.0000	0.0526	0.0000
HEL									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0005	0.0018	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000
Sähkön kulutus	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036
Lämpöenergian kulutus	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043
Veden kulutus	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0648	0.0096	0.0000	0.0343	0.0051	0.0000	0.0264	0.0039	0.0000
- III kiitotie	0.1574	0.0073	0.0000	0.0833	0.0039	0.0000	0.0642	0.0030	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0012	0.0041	0.0000	0.0006	0.0022	0.0000	0.0005	0.0017	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0072	0.2597	0.0081	0.0038	0.1375	0.0043	0.0029	0.1059	0.0033
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0008	0.0158	0.0002	0.0004	0.0083	0.0001	0.0003	0.0064	0.0001
- Käyttö	0.0007	0.0049	0.0016	0.0004	0.0026	0.0009	0.0003	0.0020	0.0007
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sadevesi	0.0000	8.8804	0.0000	0.0000	4.7004	0.0000	0.0000	3.6205	0.0000
JYV									
Rakennukset	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007
Sähkön kulutus	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065
Lämpöenergian kulutus	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160
Veden kulutus	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001
Maaliikennealueet	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000
Lentoliikennealue	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Maa- ja päällysrakenteet	0.1162	0.0118	0.0001	0.1253	0.0127	0.0001	0.3016	0.0305	0.0002
- Liukkaudentorjunta	0.0010	0.0134	0.0007	0.0010	0.0144	0.0008	0.0025	0.0347	0.0019
Maakalusto ILL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Valmistus	0.0017	0.0306	0.0004	0.0018	0.0330	0.0004	0.0043	0.0794	0.0010
- Käyttö	0.0003	0.0022	0.0007	0.0003	0.0023	0.0008	0.0008	0.0057	0.0019
Maakalusto Finnair	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Valmistus	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0140	0.0002
- Käyttö	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0034	0.0010
Sadevesi	0.0000	9.9200	0.0000	0.0000	49.4530	0.0000	0.0000	25.7472	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0112	0.0793	0.0025	0.0112	0.0793	0.0025	0.0112	0.0793	0.0025
YHTEENSÄ kg/100 kg rahtia	0.52	30.84	0.24	0.42	66.04	0.23	0.57	41.30	0.23

Helsinki-Jyväskylä, MD-80	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Matkustajaliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE MD-80									
Valmistus	0.0016	0.0163	0.0001	0.0016	0.0163	0.0001	0.0016	0.0163	0.0001
Polttoaineenkulutus	0.1753	1.2504	0.4150	0.1753	1.2504	0.4150	0.1753	1.2504	0.4150
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0015	0.0049	0.0001	0.0015	0.0049	0.0001	0.0015	0.0049	0.0001
- Huoltoalueen maa- ja	0.0008	0.0002	0.0000	0.0008	0.0002	0.0000	0.0008	0.0002	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0026	0.9220	0.0011	0.0026	0.9220	0.0011	0.0026	0.9220	0.0011
- Lämpöenergian kulutus	0.0026	0.0044	0.0020	0.0026	0.0044	0.0020	0.0026	0.0044	0.0020
- Veden kulutus	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0002	0.0045	0.0000	0.0002	0.0045	0.0000	0.0002	0.0045	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0011	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001
- Sadevesi	0.0000	0.0257	0.0000	0.0000	0.0257	0.0000	0.0000	0.0257	0.0000
HEL									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0055	0.0338	0.0002	0.0055	0.0338	0.0002	0.0055	0.0338	0.0002
- Pysäköintilaitokset	0.0064	0.0071	0.0001	0.0064	0.0071	0.0001	0.0064	0.0071	0.0001
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0005	0.0018	0.0000	0.0004	0.0017	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000
Sähkön kulutus	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036
Lämpöenergian kulutus	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043
Veden kulutus	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0317	0.0047	0.0000	0.0343	0.0051	0.0000	0.0399	0.0059	0.0000
- III kiitotie	0.0771	0.0036	0.0000	0.0833	0.0039	0.0000	0.0969	0.0045	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0006	0.0020	0.0000	0.0006	0.0022	0.0000	0.0007	0.0025	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0035	0.1272	0.0040	0.0038	0.1375	0.0043	0.0044	0.1598	0.0050
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0004	0.0077	0.0001	0.0004	0.0083	0.0001	0.0005	0.0097	0.0001
- Käyttö	0.0003	0.0024	0.0008	0.0004	0.0026	0.0009	0.0004	0.0030	0.0010
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0006	0.0106	0.0001	0.0006	0.0106	0.0001	0.0006	0.0106	0.0001
- Käyttö	0.0004	0.0029	0.0009	0.0004	0.0029	0.0009	0.0004	0.0029	0.0009
Sadevesi	0.0000	4.3490	0.0000	0.0000	4.7004	0.0000	0.0000	5.4642	0.0000
JYV									
Rakennukset	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007
Sähkön kulutus	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065
Lämpöenergian kulutus	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160
Veden kulutus	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000
Lentoliikennealue									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0569	0.0058	0.0000	0.1253	0.0127	0.0001	0.4553	0.0461	0.0002
- Liukkaudentorjunta	0.0005	0.0065	0.0003	0.0010	0.0144	0.0008	0.0038	0.0523	0.0028
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0008	0.0150	0.0002	0.0018	0.0330	0.0004	0.0065	0.1198	0.0014
- Käyttö	0.0001	0.0011	0.0004	0.0003	0.0023	0.0008	0.0012	0.0085	0.0028
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0140	0.0002
- Käyttö	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0034	0.0010
Sadevesi	0.0000	4.8581	0.0000	0.0000	49.4530	0.0000	0.0000	38.8589	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0058	0.1952	0.0014	0.0058	0.1952	0.0014	0.0058	0.1952	0.0014
RAHTIPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
YHTEENSÄ kg/hkm	0.44	20.92	0.46	0.52	65.91	0.46	0.88	56.28	0.47

Helsinki-Jyväskylä, MD-80	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Tavaraliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/100**			**Materiaalipanos kg/100**			**Materiaalipanos kg/100**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE MD-80									
Valmistus	0.0016	0.0163	0.0001	0.0016	0.0163	0.0001	0.0016	0.0163	0.0001
Polttoaineenkulutus	0.1753	1.2504	0.4150	0.1753	1.2504	0.4150	0.1753	1.2504	0.4150
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0015	0.0049	0.0001	0.0015	0.0049	0.0001	0.0015	0.0049	0.0001
- Huoltoalueen maa- ja	0.0008	0.0002	0.0000	0.0008	0.0002	0.0000	0.0008	0.0002	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0026	0.9220	0.0011	0.0026	0.9220	0.0011	0.0026	0.9220	0.0011
- Lämpöenergian kulutus	0.0026	0.0044	0.0020	0.0026	0.0044	0.0020	0.0026	0.0044	0.0020
- Veden kulutus	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0002	0.0045	0.0000	0.0002	0.0045	0.0000	0.0002	0.0045	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0011	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001
- Sadevesi	0.0000	0.0257	0.0000	0.0000	0.0257	0.0000	0.0000	0.0257	0.0000
HEL									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0005	0.0018	0.0000	0.0004	0.0017	0.0000	0.0005	0.0018	0.0000
Sähkön kulutus	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036	0.0087	3.0903	0.0036
Lämpöenergian kulutus	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043	0.0057	0.0095	0.0043
Veden kulutus	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000	0.0003	0.0398	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000	0.0055	0.0022	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0317	0.0047	0.0000	0.0343	0.0051	0.0000	0.0399	0.0059	0.0000
- III kiitotie	0.0771	0.0036	0.0000	0.0833	0.0039	0.0000	0.0969	0.0045	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0006	0.0020	0.0000	0.0006	0.0022	0.0000	0.0007	0.0025	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0035	0.1272	0.0040	0.0038	0.1375	0.0043	0.0044	0.1598	0.0050
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0004	0.0077	0.0001	0.0004	0.0083	0.0001	0.0005	0.0097	0.0001
- Käyttö	0.0003	0.0024	0.0008	0.0004	0.0026	0.0009	0.0004	0.0030	0.0010
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sadevesi	0.0000	4.3490	0.0000	0.0000	4.7004	0.0000	0.0000	5.4642	0.0000
JYV									
Rakennukset	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007	0.0153	0.0882	0.0007
Sähkön kulutus	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065	0.0157	5.5964	0.0065
Lämpöenergian kulutus	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160	0.0079	0.0600	0.0160
Veden kulutus	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001	0.0011	0.1468	0.0001
Maaliikennealueet	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000	0.0043	0.0015	0.0000
Lentoliikennealue	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0569	0.0058	0.0000	0.1253	0.0127	0.0001	0.4553	0.0461	0.0002
- Liukkaudentorjunta	0.0005	0.0065	0.0003	0.0010	0.0144	0.0008	0.0038	0.0523	0.0028
Maakalusto ILL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Valmistus	0.0008	0.0150	0.0002	0.0018	0.0330	0.0004	0.0065	0.1198	0.0014
- Käyttö	0.0001	0.0011	0.0004	0.0003	0.0023	0.0008	0.0012	0.0085	0.0028
Maakalusto Finnair	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Valmistus	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0138	0.0002	0.0007	0.0140	0.0002
- Käyttö	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0033	0.0010	0.0005	0.0034	0.0010
Sadevesi	0.0000	4.8581	0.0000	0.0000	49.4530	0.0000	0.0000	38.8589	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0112	0.0793	0.0025	0.0112	0.0793	0.0025	0.0112	0.0793	0.0025
YHTEENSÄ kg/100 kg rahtia	0.43	20.75	0.46	0.51	65.73	0.46	0.87	56.09	0.47

Helsinki-Pariisi, A320	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Matkustajaliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE A320									
Valmistus	0.0011	0.0110	0.0001	0.0011	0.0110	0.0001	0.0011	0.0110	0.0001
Polttoaineenkulutus	0.0681	0.4856	0.1611	0.0681	0.4856	0.1611	0.0681	0.4856	0.1611
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0013	0.0042	0.0001	0.0013	0.0042	0.0001	0.0013	0.0042	0.0001
- Huoltoalueen maa- ja	0.0007	0.0002	0.0000	0.0007	0.0002	0.0000	0.0007	0.0002	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0022	0.7899	0.0009	0.0022	0.7899	0.0009	0.0022	0.7899	0.0009
- Lämpöenergian kulutus	0.0022	0.0038	0.0017	0.0022	0.0038	0.0017	0.0022	0.0038	0.0017
- Veden kulutus	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0002	0.0039	0.0000	0.0002	0.0039	0.0000	0.0002	0.0039	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001
- Sadevesi	0.0000	0.0221	0.0000	0.0000	0.0221	0.0000	0.0000	0.0221	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0017	0.0104	0.0001	0.0017	0.0104	0.0001	0.0017	0.0104	0.0001
- Pysäköintilaitokset	0.0019	0.0022	0.0000	0.0019	0.0022	0.0000	0.0019	0.0022	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0001	0.0005	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000
Sähkön kulutus	0.0026	0.9456	0.0011	0.0026	0.9456	0.0011	0.0026	0.9456	0.0011
Lämpöenergian kulutus	0.0017	0.0029	0.0013	0.0017	0.0029	0.0013	0.0017	0.0029	0.0013
Veden kulutus	0.0001	0.0122	0.0000	0.0001	0.0122	0.0000	0.0001	0.0122	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0017	0.0007	0.0000	0.0017	0.0007	0.0000	0.0017	0.0007	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0083	0.0012	0.0000	0.0105	0.0016	0.0000	0.0116	0.0017	0.0000
- III kiitotie	0.0202	0.0009	0.0000	0.0255	0.0012	0.0000	0.0283	0.0013	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0002	0.0005	0.0000	0.0002	0.0007	0.0000	0.0002	0.0007	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0009	0.0333	0.0010	0.0012	0.0421	0.0013	0.0013	0.0467	0.0015
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0001	0.0020	0.0000	0.0001	0.0026	0.0000	0.0002	0.0028	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0006	0.0002	0.0001	0.0008	0.0003	0.0001	0.0009	0.0003
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0002	0.0032	0.0000	0.0002	0.0032	0.0000	0.0002	0.0032	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0009	0.0003	0.0001	0.0009	0.0003	0.0001	0.0009	0.0003
Sadevesi	0.0000	1.1401	0.0000	0.0000	1.4383	0.0000	0.0000	1.5951	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0009	0.0299	0.0002	0.0058	0.1952	0.0014	0.0009	0.0299	0.0002
RAHTIPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
YHTEENSÄ kg/hkm	0.12	3.51	0.17	0.13	3.99	0.17	0.13	3.98	0.17

Helsinki-Pariisi, A320	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Tavaraliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE A320									
Valmistus	0.0011	0.0110	0.0001	0.0011	0.0110	0.0001	0.0011	0.0110	0.0001
Polttoaineenkulutus	0.0681	0.4856	0.1611	0.0681	0.4856	0.1611	0.0681	0.4856	0.1611
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0013	0.0042	0.0001	0.0013	0.0042	0.0001	0.0013	0.0042	0.0001
- Huoltoalueen maa- ja	0.0007	0.0002	0.0000	0.0007	0.0002	0.0000	0.0007	0.0002	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0022	0.7899	0.0009	0.0022	0.7899	0.0009	0.0022	0.7899	0.0009
- Lämpöenergian kulutus	0.0022	0.0038	0.0017	0.0022	0.0038	0.0017	0.0022	0.0038	0.0017
- Veden kulutus	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0002	0.0039	0.0000	0.0002	0.0039	0.0000	0.0002	0.0039	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001
- Sadevesi	0.0000	0.0221	0.0000	0.0000	0.0221	0.0000	0.0000	0.0221	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0001	0.0005	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000
Sähkön kulutus	0.0026	0.9456	0.0011	0.0026	0.9456	0.0011	0.0026	0.9456	0.0011
Lämpöenergian kulutus	0.0017	0.0029	0.0013	0.0017	0.0029	0.0013	0.0017	0.0029	0.0013
Veden kulutus	0.0001	0.0122	0.0000	0.0001	0.0122	0.0000	0.0001	0.0122	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0017	0.0007	0.0000	0.0017	0.0007	0.0000	0.0017	0.0007	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0083	0.0012	0.0000	0.0105	0.0016	0.0000	0.0116	0.0017	0.0000
- III kiitotie	0.0202	0.0009	0.0000	0.0255	0.0012	0.0000	0.0283	0.0013	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0002	0.0005	0.0000	0.0002	0.0007	0.0000	0.0002	0.0007	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0009	0.0333	0.0010	0.0012	0.0421	0.0013	0.0013	0.0467	0.0015
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0001	0.0020	0.0000	0.0001	0.0026	0.0000	0.0002	0.0028	0.0000
- Käyttö	0.0001	0.0006	0.0002	0.0001	0.0008	0.0003	0.0001	0.0009	0.0003
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sadevesi	0.0000	1.1401	0.0000	0.0000	1.4383	0.0000	0.0000	1.5951	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0034	0.0243	0.0008	0.0223	0.1586	0.0050	0.0034	0.0243	0.0008
YHTEENSÄ kg/100 kg rahtia	0.12	3.49	0.17	0.14	3.93	0.17	0.13	3.96	0.17

Helsinki-Las Palmas, B757	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Matkustajaliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE B757									
Valmistus	0.0004	0.0042	0.0000	0.0004	0.0042	0.0000	0.0004	0.0042	0.0000
Polttoaineenkulutus	0.0301	0.2146	0.0712	0.0301	0.2146	0.0712	0.0301	0.2146	0.0712
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0006	0.0018	0.0000	0.0006	0.0018	0.0000	0.0006	0.0018	0.0000
- Huoltoalueen maa- ja	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0010	0.3417	0.0004	0.0010	0.3417	0.0004	0.0010	0.3417	0.0004
- Lämpöenergian kulutus	0.0010	0.0016	0.0007	0.0010	0.0016	0.0007	0.0010	0.0016	0.0007
- Veden kulutus	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0017	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
- Sadevesi	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0006	0.0034	0.0000	0.0006	0.0034	0.0000	0.0006	0.0034	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0006	0.0007	0.0000	0.0006	0.0007	0.0000	0.0006	0.0007	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
Sähkön kulutus	0.0009	0.3096	0.0004	0.0009	0.3096	0.0004	0.0009	0.3096	0.0004
Lämpöenergian kulutus	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004
Veden kulutus	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0006	0.0002	0.0000	0.0006	0.0002	0.0000	0.0006	0.0002	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0012	0.0002	0.0000	0.0034	0.0005	0.0000	0.0025	0.0004	0.0000
- III kiitotie	0.0029	0.0001	0.0000	0.0083	0.0004	0.0000	0.0061	0.0003	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0001	0.0047	0.0001	0.0004	0.0138	0.0004	0.0003	0.0101	0.0003
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0011	0.0000	0.0001	0.0011	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001
Sadevesi	0.0000	0.1615	0.0000	0.0000	0.4709	0.0000	0.0000	0.3462	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0003	0.0098	0.0001	0.0058	0.1952	0.0014	0.0003	0.0098	0.0001
RAHTIPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
YHTEENSÄ kg/hkm	0.04	1.08	0.07	0.05	1.58	0.08	0.05	1.27	0.07

Helsinki-Las Palmas, B757	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Tavaraliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE B757									
Valmistus	0.0004	0.0042	0.0000	0.0004	0.0042	0.0000	0.0004	0.0042	0.0000
Polttoaineenkulutus	0.0301	0.2146	0.0712	0.0301	0.2146	0.0712	0.0301	0.2146	0.0712
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0006	0.0018	0.0000	0.0006	0.0018	0.0000	0.0006	0.0018	0.0000
- Huoltoalueen maa- ja	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0010	0.3417	0.0004	0.0010	0.3417	0.0004	0.0010	0.3417	0.0004
- Lämpöenergian kulutus	0.0010	0.0016	0.0007	0.0010	0.0016	0.0007	0.0010	0.0016	0.0007
- Veden kulutus	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0017	0.0000	0.0001	0.0017	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
- Sadevesi	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000	0.0000	0.0095	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
Sähkön kulutus	0.0009	0.3096	0.0004	0.0009	0.3096	0.0004	0.0009	0.3096	0.0004
Lämpöenergian kulutus	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004
Veden kulutus	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0006	0.0002	0.0000	0.0006	0.0002	0.0000	0.0006	0.0002	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0012	0.0002	0.0000	0.0034	0.0005	0.0000	0.0025	0.0004	0.0000
- III kiitotie	0.0029	0.0001	0.0000	0.0083	0.0004	0.0000	0.0061	0.0003	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0001	0.0047	0.0001	0.0004	0.0138	0.0004	0.0003	0.0101	0.0003
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sadevesi	0.0000	0.1615	0.0000	0.0000	0.4709	0.0000	0.0000	0.3462	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0011	0.0079	0.0002	0.0223	0.1586	0.0050	0.0011	0.0079	0.0002
YHTEENSÄ kg/100 kg rahtia	0.04	1.07	0.07	0.07	1.54	0.08	0.05	1.26	0.07

Helsinki-New York, MD11	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Matkustajaliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE MD11									
Valmistus	0.0004	0.0034	0.0000	0.0004	0.0034	0.0000	0.0004	0.0034	0.0000
Polttoaineenkulutus	0.0368	0.2628	0.0872	0.0368	0.2628	0.0872	0.0368	0.2628	0.0872
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0003	0.0011	0.0000	0.0003	0.0011	0.0000	0.0003	0.0011	0.0000
- Huoltoalueen maa- ja	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0006	0.2031	0.0002	0.0006	0.2031	0.0002	0.0006	0.2031	0.0002
- Lämpöenergian kulutus	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004
- Veden kulutus	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
- Sadevesi	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0004	0.0024	0.0000	0.0004	0.0024	0.0000	0.0004	0.0024	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0005	0.0005	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Sähkön kulutus	0.0006	0.2200	0.0003	0.0006	0.2200	0.0003	0.0006	0.2200	0.0003
Lämpöenergian kulutus	0.0004	0.0007	0.0003	0.0004	0.0007	0.0003	0.0004	0.0007	0.0003
Veden kulutus	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0028	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0004	0.0002	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0005	0.0001	0.0000	0.0024	0.0004	0.0000	0.0026	0.0004	0.0000
- III kiitotie	0.0012	0.0001	0.0000	0.0059	0.0003	0.0000	0.0064	0.0003	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0001	0.0020	0.0001	0.0003	0.0098	0.0003	0.0003	0.0106	0.0003
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
Sadevesi	0.0000	0.0682	0.0000	0.0000	0.3346	0.0000	0.0000	0.3615	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0002	0.0069	0.0000	0.0058	0.1952	0.0014	0.0002	0.0069	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
YHTEENSÄ kg/hkm	0.04	0.79	0.09	0.06	1.25	0.09	0.05	1.09	0.09

Helsinki-New York, MD11	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Tavaraliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu operaatio -allokointi)		
Järjestelmän osa	**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**			**Materiaalipanos kg/hkm**		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE MD11									
Valmistus	0.0004	0.0034	0.0000	0.0004	0.0034	0.0000	0.0004	0.0034	0.0000
Polttoaineenkulutus	0.0368	0.2628	0.0872	0.0368	0.2628	0.0872	0.0368	0.2628	0.0872
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0003	0.0011	0.0000	0.0003	0.0011	0.0000	0.0003	0.0011	0.0000
- Huoltoalueen maa- ja	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0006	0.2031	0.0002	0.0006	0.2031	0.0002	0.0006	0.2031	0.0002
- Lämpöenergian kulutus	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004
- Veden kulutus	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
- Sadevesi	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Sähkön kulutus	0.0006	0.2200	0.0003	0.0006	0.2200	0.0003	0.0006	0.2200	0.0003
Lämpöenergian kulutus	0.0004	0.0007	0.0003	0.0004	0.0007	0.0003	0.0004	0.0007	0.0003
Veden kulutus	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0028	0.0000	0.0000	0.0028	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0004	0.0002	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000	0.0004	0.0002	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0005	0.0001	0.0000	0.0024	0.0004	0.0000	0.0026	0.0004	0.0000
- III kiitotie	0.0012	0.0001	0.0000	0.0059	0.0003	0.0000	0.0064	0.0003	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0001	0.0020	0.0001	0.0003	0.0098	0.0003	0.0003	0.0106	0.0003
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sadevesi	0.0000	0.0682	0.0000	0.0000	0.3346	0.0000	0.0000	0.3615	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0008	0.0056	0.0002	0.0223	0.1586	0.0050	0.0008	0.0056	0.0002
YHTEENSÄ kg/100 kg rahtia	0.04	0.78	0.09	0.07	1.21	0.09	0.05	1.08	0.09

Helsinki-Las Palmas, B757 RAHTIKONE	Allokointi 1			Allokointi 2			Allokointi 3		
Tavaraliikenteen MIPS	(Operaatio -allokointi)			(Matkustaja-allokointi)			(MTOW-painotettu		
Järjestelmän osa	Materiaalipanos kg/hkm			Materiaalipanos kg/hkm			Materiaalipanos kg/hkm		
	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma	Abioottiset	Vesi	Ilma
LENTOKONE B757 RAHTIKONE									
Valmistus	0.0003	0.0028	0.0000	0.0003	0.0028	0.0000	0.0003	0.0028	0.0000
Polttoaineenkulutus	0.0218	0.1552	0.0515	0.0218	0.1552	0.0515	0.0218	0.1552	0.0515
Huolto ja kunnossapito									
- Rakennukset	0.0004	0.0013	0.0000	0.0004	0.0013	0.0000	0.0004	0.0013	0.0000
- Huoltoalueen maa- ja	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000
- Sähkön kulutus	0.0007	0.2471	0.0003	0.0007	0.2471	0.0003	0.0007	0.2471	0.0003
- Lämpöenergian kulutus	0.0007	0.0012	0.0005	0.0007	0.0012	0.0005	0.0007	0.0012	0.0005
- Veden kulutus	0.0000	0.0017	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000
- Huollon materiaalien	0.0001	0.0012	0.0000	0.0001	0.0012	0.0000	0.0001	0.0012	0.0000
- Huollon maakalusto									
- Valmistus	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
- Sadevesi	0.0000	0.0069	0.0000	0.0000	0.0069	0.0000	0.0000	0.0069	0.0000
LENTOASEMAT (2 X HEL)									
Rakennukset									
- Terminaalit	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Pysäköintilaitokset	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Lentokonehallit, suoja- ja	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
Sähkön kulutus	0.0009	0.3096	0.0004	0.0009	0.3096	0.0004	0.0009	0.3096	0.0004
Lämpöenergian kulutus	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004	0.0006	0.0010	0.0004
Veden kulutus	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000
Maaliikennealueet									
- Maa- ja päällysrakenteet	0.0006	0.0002	0.0000	0.0006	0.0002	0.0000	0.0006	0.0002	0.0000
Lentoliikennealue									
Maa- ja päällysrakenteet									
- I ja II kiitotie ja asematasot	0.0009	0.0001	0.0000	0.0034	0.0005	0.0000	0.0018	0.0003	0.0000
- III kiitotie	0.0021	0.0001	0.0000	0.0083	0.0004	0.0000	0.0044	0.0002	0.0000
- Sähköjärjestelmät	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
- Liukkaudentorjunta	0.0001	0.0034	0.0001	0.0004	0.0138	0.0004	0.0002	0.0073	0.0002
Maakalusto ILL									
- Valmistus	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
Maakalusto Finnair									
- Valmistus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
- Käyttö	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sadevesi	0.0000	0.1168	0.0000	0.0000	0.4709	0.0000	0.0000	0.2503	0.0000
CATERING JA MATKUSTAMOPALVELUT	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RAHTIPALVELUT	0.0011	0.0079	0.0002	0.0011	0.0079	0.0002	0.0011	0.0079	0.0002
YHTEENSÄ kg/100 kg rahtia	0.03	0.86	0.05	0.04	1.23	0.05	0.03	1.00	0.05