



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
MATKAILU-, RAVITSEMIS- JA TALOUSALA

MATKUSTUSKULKUNEUVOJEN KEHITTYMINEN HUOMIODEN KESTÄVÄ KEHITYS

Vesi-, raide- ja lentoliikenne

TEKIJÄ: Anni Pylvänäinen

Koulutusala Matkailu-, ravitsemis- ja talousala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Matkailu- ja ravitsemisalalan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Anni Pylvänäinen			
Työn nimi Matkustuskulkuneuvojen kehittyminen huomioiden kestävä kehitys			
Päiväys	17.12.2019	Sivumäärä/Liitteet	41
Ohjaaja Pauli Verhelä			
Toimeksiantaja SH Traveledu Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia miten eri liikennemuodot (vesi-, raide- ja lentoliikenne) ovat kehittyneet ja miten kestävä kehitys on otettu niissä huomioon sekä kehityksen vaikutukset matkailuun ja matkustamiseen. Työn tarkoituksena oli tarkastella aihetta erityisesti ekologiselta kannalta eli miten eri kulkuneuvoissa otetaan ympäristöasiat huomioon.</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin kirjoituspöytätyönä, jossa käytettiin kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta. Kirjoituspöytätyössä hyödynnetään jo olemassa olevaa aineistoa eli sekundaarista aineistoa. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aihetta on tarkoitettu tarkastella mahdollisimman laajasti ja kattavasti. Opinnäytetyön aineisto kerättiin kirjallisista ja sähköisistä lähteistä, mutta pääasiassa sähköisistä artikkeleista.</p> <p>Työ osoitti, että matkustuskulkuneuvojen kehityskaari on todella pitkä. Kulkuneuvot ovat mahdollistaneet matkustamisen kaukaisimpiinkin kohteisiin. Liikenteen aiheuttamat ympäristöhaitat matkailualalla ovat kiistattomia, minkä vuoksi kulkuneuvoja kehitellään jatkuvasti ympäristöystävällisempään suuntaan. Uusiutuvia energiamuotoja, erityisesti aurinko- ja tuulivoimaa hyödynnetään vahvasti eri kulkuneuvoissa ja uusia ekologisia innovaatioita on kehitteillä suuria määriä. Kulkuneuvoista aiheutuvia päästöjä voidaan vähentää muun muassa vaihtoehtoisilla polttoaineilla, uudella kalustolla sekä moottoritekniikalla.</p> <p>Tulevaisuudessa kulkuneuvoista on tarkoitus saada sähköllä toimivia. Lentokoneisiin kehitellään sähkömoottoreita ja meriliikenteeseen sähköä tuodaan polttokennojärjestelmillä ja akkuyksiköiden avulla. Raideliikenne on tällä hetkellä ainut laajasti sähköistetty liikennemuoto, mutta junien kehittämistä sähköä avulla jatketaan suurten nopeuksien saavuttamiseksi ja, jotta niistä saataisiin entistäkin energiatehokkaampia. Teknologian kehittyminen on mahdollistanut liikennevälineiden automatisaation kehittelyn, mikä tarkoittaa, että liikennevälineiden turvallisuutta, tehokkuutta ja kustannuksia saadaan parannettua.</p> <p>Opinnäytetyö tarjoaa tietoa eri liikennevälineiden päästöistä ja niiden vaikutuksesta ympäristöön. Tietoa voidaan hyödyntää ympäristöystävällisen matkan suunnitteluun sekä liikennevälineiden kehityskaaren tarkasteluun.</p>			
Avainsanat			
Vesiliikenne, raideliikenne, lentoliikenne, kestävä kehitys, ekologisuus			

Field of Study Tourism, Catering and Domestic Services			
Degree Programme Degree Programme in Hotel and Restaurant Management			
Author(s) Anni Pylvänäinen			
Title of Thesis Development of passenger transport with a view of sustainable development			
Date	17.12.2019	Pages/Appendices	41
Supervisor(s) Pauli Verhelä			
Client Organisation /Partners SH Traveledu Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to study how different modes of transport (water-, rail- and air transport) have developed over time and how sustainable development has been taken into account and also how the development influence on tourism and travel. The purpose was to examine the topic from an ecological point of view or how environmental issues are taken into account in different vehicles.</p> <p>The thesis was carried out as a desk study using qualitative research method. A desk study utilizes already existing material or secondary material. In qualitative research the purpose is to examine the topic as widely and comprehensively as possible. The material was collected from written and digital sources, but mainly from digital articles.</p> <p>The results of the research showed that the evolution of passenger vehicles is really long. The vehicles have made it possible to travel to the farthest destinations. The environmental damage caused by transport in the tourism sector is undeniable, which is why vehicles are constantly being developed in towards more environmentally friendly way. The renewable forms of energy, in particular solar and wind power are heavily exploited in different modes of transport and new eco-innovations are being developed in large numbers. The emissions caused by vehicles can be reduced by alternative fuels, new equipment and engine technology.</p> <p>In the future vehicles are expected to become electrically powered. Electric motors are being developed for air planes and electricity is used in maritime transport through fuel cell systems and battery. The rail transport is currently the only wide electrified mode of transport, but development of electricity in trains will continue to achieve high speeds and to make trains even more energy efficient. Technological advances have made it possible to develop automation in transport, which means that safety, efficiency and costs can be improved in transport.</p> <p>This thesis provides information on different transport modes' emissions and their impact on environment. The information can be used to plan an environmentally friendly journey and to examine the evolution of transport.</p>			
Keywords			
Water transport, rail transport, air transport, sustainable development, ecology			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn rajaus	6
1.2	Lyhenteet ja määritelmät	7
1.3	Toimeksiantaja	7
2	KESTÄVÄ KEHITYS JA -MATKAILU.....	8
3	VESILIIKENNE.....	9
3.1	Historia	9
3.2	Ekologisuus	11
3.3	Tulevaisuus	14
4	RAIDELIIKENNE	16
4.1	Junatyyppejä	16
4.2	Historia	17
4.3	Ekologisuus	18
4.4	Tulevaisuus	21
5	LENTOLIIKENNE.....	23
5.1	Lentokonetyypit	24
5.2	Historia	26
5.3	Ekologisuus	28
5.4	Flygskam.....	29
5.5	Tulevaisuus	30
6	TUTKIMUKSEN MENETELMÄT	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
8	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Kestävä kehitys ja erityisesti ympäristöasiat ovat huolenaihe monella eri alalla nykypäivänä. Erityisesti matkailu, joka on kasvava elinkeino, kuluttaa ympäristöä. Matkailussa merkittävän osan hiilijalanjäljestä tuottaa liikenne, etenkin lentomatkailu. Tämän vuoksi halusin työssäni tutkia liikennemuotojen kehittymistä ja etenkin niiden ympäristöystävällisyyttä. Historia on aina kiinnostanut minua ja tässä työssä oli mahdollista tutkia matkailun historiaa. Historian tarkastelu on olennaista tälle työlle, jotta näkee kulkuneuvojen kehityksen ja historia auttaa myös hahmottamaan tulevaisuutta. Liikenteen ja kulkuneuvojen kehittyminen on ollut ratkaisevassa asemassa matkustamisen ja matkailun kehityksessä.

Tutkimuksen kohteena on tutkia vesi-, lento- ja raideliikenteen kehittymistä. Tarkoitus on tarkastella erityisesti suuria henkilömääriä kuljettavia liikennevälineitä, kuten risteilyaluksia, lentokoneita ja junia. Maantieliikenne on jätetty tutkimuksesta pois yksityisautoilun huomattavan suuren määrän vuoksi.

Tutkimuksen tavoitteena on tarkastella miten kulkuneuvot ovat ajansaatossa kehittyneet, millaisia ne ovat tällä hetkellä ja miten ne tulevaisuudessa mahdollisesti muuttuvat. Tarkoituksena on keskittyä erityisesti liikennevälineiden ekologisuuteen.

Ei ole mahdollista matkustaa täysin ekologisesti, sillä matkailu kuluttaa ja saastuttaa ympäristöä aina vähän (Kestävä matkailu 1997, 21)., mutta on kuitenkin kiinnostavaa seurata, miten matkustusmuodot ovat kehittyneet ja tulevat tulevaisuudessa kehittymään ja muuttumaan, kun otetaan huomioon ympäristöasiat ja teknologian kehitys. Erityisesti kasvavien tulojen ja väestön määrän talouksissa, joissa kaupungit kasvavat räjähdysmäisesti, on kysyntää ja tarvetta tehokkaammille, nopeammille ja puhtaammille liikennemuodoille. (IEA 2019).

Liikennevälineistä aiheutuvat ympäristöhaitat ovat monimutkaisia ja niitä on vaikea laittaa arvojärjestykseen. Uudemmissa kulkuvälineissä tekniikka on kehittyneempää ja ne aiheuttavat sen vuoksi vähemmän päästöjä kuin vanhat. Matkan pituus ja matkustajamäärät vaikuttavat myös päästöihin. Täysi kulkuväline on ympäristöystävällisempi kuin osittain tyhjä, koska polttoainetta ei mene tyhjien paikkojen kuljettamiseen. (Kalmari & Kelola 2009, 59.)

Kestävän kehityksen huomioiminen on tullut tärkeäksi osaksi matkailua ja se on myös osana liikennemuotojen kehitystä. Kestävän kehityksen osa-alueita ovat taloudellinen, sosiaalinen ja ekologinen kestävyys. Kaikki nämä osa-alueet on otettava huomioon samantarvoisesti päätöksiä tehdessä. Kestävän kehityksen strategiana voidaan pitää ihmisyyhteisöjen kehityksen edistämistä ekologisesti kestäväällä tavalla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2003, 22).

Taloudellinen näkökulma tarkoittaa vaurauden luomista yhteiskuntaan ja kaiken taloudellisen toiminnan kustannustehokkuuteen puuttumista. Se tarkoittaa yritysten ja toimenpiteiden ja niiden kyvystä

ylläpitää sitä pitkällä aikavälillä (UNWTO 2005, 8.) ”Taloudellinen kestävyys on sisällöltään ja laadultaan tasapainoista kasvua, joka ei perustu pitkällä aikavälillä velkaantumiseen tai varantojen hävittämiseen.” Kestävä talous myös luo pohjan sosiaaliselle kestävyydelle. Kestäväan talouteen tähtäävä talouspolitiikka mahdollistaa hyvät olosuhteet kansallisen hyvinvoinnin vaalimiselle ja lisäämiselle. (Ympäristöministeriö 2017.) Liikennejärjestelmiä on yleisesti pidetty taloudellisen kasvun edistäjänä. Mutta esimerkiksi joukkoliikenteen kasvattaminen vaatii laajoja toimenpiteitä ja rahaa. (Mäntynen.) Uudet innovaatiot tarvitsevat laajaa kehitystyötä ja rahaa niiden toteuttamiseen. Taloudellisessa näkökulmassa on myös varmistettava, että hankinnat ovat vastuullisia ja kestäviä.

Sosiaalisessa kestävyudessa tarkoitus on varmistaa, että hyvinvoinnin edellytykset siirtyvät sukupolvelta sukupolvelle. Maailmanlaajuisia haasteita, joita sosiaalinen kestävyys kohtaa on muun muassa väestönkasvu, tasa-arvo, köyhyys sekä terveydenhuolto. (Ympäristöministeriö 2017.) Sosiaalisesti kestävässä kehityksessä on keskeistä, että kehitys on sosiaalisesti oikeudenmukaista ja ekologisesti kestävä. (THL 2019.) Myös osallistumis- ja vaikutusmahdollisuudet liittyvät sosiaaliseen kestävyteen. Sosiaaliseen kestävyteen kuuluu erilaiset säädökset ja lait. Siten sosiaalinen kestävyys voi ottaa osaa muun muassa liikennemuotojen kehittämiseen. Maaperään, vesistöihin, ilmaan, eliöihin ja luonnon monimuotoisuuteen vaikuttaa liikenne, ja säädöksillä voidaan muokata liikennesäädöksiä. Esimerkiksi liikennejärjestelmäsuunnitelmissa otetaan huomioon eri liikennemuotoja sekä kulkutapoja. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2003, 37.)

Liikkuminen voidaan myös nähdä perusvapautena. Tämän vuoksi toimivan yhteiskunnan osalta on tärkeää, että liikkuminen on helppoa ja vaivatonta. Liikenteen kasvua voidaan pitää myös merkinä siitä, että hyvinvointi yhteiskunnassa on lisääntynyt. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2003, 46-47.)

Kalmari ja Kelola (2009, 19) toteavat ekologisen näkökulman olevan luonnonvarojen ja ympäristöasioiden pohtimista. Ekologinen kestävyys on tarvittava edellytys taloudelliselle ja sosiaaliselle kestävyydelle. Kestävä kehityksen tavoitteena on viedä eteenpäin yhteisöjen kehitystä ekologisesti kestäväällä tavalla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2003, 22.) Ekologisessa kestävyudessa on otettava huomioon, että ihmisten toiminta sovitetaan luonnon kestävyyskykyyn ja luonnonvaroihin. Ekologisesta kestävydestä puhuttaessa viitataan luonnonympäristöön kokonaisuudessaan, eli maaperään, ilmaan ja vesistöön. Nämä kaikki liittyvät olennaisesti liikennemuotoihin, sillä ne saastuttavat edellä mainittuja alueita.

1.1 Työn rajaus

Tämä työ keskittyy tarkastelemaan aihetta erityisesti ekologisesta näkökulmasta. Matkailu ja erityisesti matkailusta aiheutuva liikenne aiheuttavat suuria määriä päästöjä. Sen vuoksi tarkoituksena on keskittyä nimenomaan matkustuskulkuneuvojen vaikutuksesta ympäristöön. Liikenteen ympäristönäkökulmat on tärkeää ottaa huomioon, erityisesti siksi, koska matkailu on kasvussa ja sen myötä muun muassa lentäminen, joten päästöt tulevat suurenemaan ja vaikuttamaan huomattavasti ympäristöön, jos ei kiinnitetä huomiota kulkuneuvojen ekologisuuteen.

Työssä on tarkoitus tarkastella liikennemuotoja maailmanjaaluisesti, mutta ottaa esimerkkejä erityisesti Suomesta. Suomalaisten matkustaminen ulkomaille on lisääntynyt vauhdilla viime vuosina. Vuonna 2018 vapaa-ajanmatkoja ulkomaille tehtiin hieman yli 8 miljoonaa. (Tilastokeskus 2019.)

Muun muassa Suomessa Uudenmaan ELY-keskus ottaa huomioon, että energiaa ja luonnonvaroja käytetään säästeliäästi, päästöjä vähennetään, luonnon monimuotoisuutta tuetaan ja ilmastomuutosta hillitään. Lisäksi liikennettä kehittäessä on tärkeää keskittyä liikenteen aiheuttamien terveyshaittojen kuten ilmanlaadun, tärinä- ja meluhaittojen sekä pohjavesien saastumisen vähentämiseksi. (Ympäristöhallinto 2013.)

1.2 Lyhenteet ja määritelmät

UNWTO = World Tourism Organization, Maailman matkailujärjestö

ICAO = International Civil Aviation Organization

IATA = International Air Transport Association

NASA = National Aeronautics and Space Administration, Yhdysvaltalainen ilmailu- ja avaruushallintovirasto

LNG = Liquefied natural gas eli nesteytetty maakaasu

IMO= International Maritime Organization

WWF = World Wildlife Fund, kansainvälinen ympäristöjärjestö

1.3 Toimeksiantaja

Toimeksiantajana toimii SH Traveledu Oy. SH Traveledu Oy on perustettu vuonna 1994, ja sen toimiala on matkailuun liittyvä liiketoiminta, kuten opaspalvelut, konsultointi ja kustannustoiminta. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Pauli Verhelä.

SH Traveledu Oy järjestää Kuopion alueella opaspalveluita yhteistyössä Kuopion oppaat ry:n kanssa. Yritys kustantaa myös Pauli Verhelän kirjoja, kuten Matkailun perusteet ja TakeOff 1, ja järjestää matkailualalle hyödyllisiä kursseja kuten, Matkailualueen turvallisuuspassi ja Lentoliikenteenhinnoittelu.

2 KESTÄVÄ KEHITYS JA -MATKAILU

Idea kestävästä matkailusta sai alkunsa 1980-luvulla. Kestävä matkailu tarkoittaa periaatteessa sitä, että matkailua kehittäessä on otettava huomioon tämän hetkiset tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta vastata heidän omiin tarpeisiinsa. (Weaver 2006, 10.) WWF:n mukaan kestävä luontomatkailu vie eteenpäin ympäristön suojelua sekä parantaa alkuperäisasukkaiden hyvinvointia. (Turunen 2017, 22.) Kestävä matkailu sisältää kestävä kehityksen tavoin taloudellisen, ekologisen ja sosiaalisen näkökulman.

Ympäristöongelmat ovat suuri huolenaihe nykypäivänä ja on hyvä näyttää, että myös matkailualalla ollaan tietoisia ongelmista ja pyritään ehkäisemään ja vähentämään matkailusta aiheutuvia päästöjä. Siksi mahdollisimman vähäpäästöisen liikkumismuodon valitseminen on vastuullisuudessa tärkeää. (Kalmari & Kelola 2009, 19.) Luonto on äärimmäisen tärkeä asia matkailuteollisuudelle ja maailman matkailujärjestön (UNWTO) mukaan luontoa tulee hyödyntää ylläpitäen sen monimuotoisuutta.

Matkailu on ilmastoherkkä ala, johon tulevaisuuden ilmastonmuutokset vaikuttavat, mutta matkailu vaikuttaa myös itse vahvasti ilmastonmuutokseen. Fossiilisten polttoaineiden käytöllä on merkittävä vaikutus ilmastonmuutokseen (Dickinson & Lumsdon 2010, 23.) Fossiilisia polttoaineita on muun muassa maakaasu, öljy ja hiili sekä turve (Tilastokeskus).

Ihmisten herääminen ympäristöongelmiin, kuten ilmastonmuutokseen sekä väheneviin luonnonvaroihin on aiheuttanut eräänlaista painetta matkailualalle, ja siten nostanut vastuullisen matkailun suosiota. (Tallgren 2018, 10).

Ihmiset tarvitsevat uusiutuvia ja uusiutumattomia luonnonvarjoja. Luonto tarjoaa ihmisille ravinnon, energian ja raaka-aineet. Uusiutuvien sekä uusiutumattomien luonnonvarojen riittävyys on kiinni siitä, miten niitä käytetään. Etenkin fossiilisten polttoaineiden kulutus uhkaa luonnon kesto- ja uusiutumiskykyä. Matkailussa suurimman osan luonnonvarojen kulutuksesta vie liikkuminen ja siihen käytettävä polttoaine. (Turunen 2017, 7.)

Matkailun toimialaraportin mukaan matkailu tuottaa noin kymmenesosan maailman hiilijalanjäljestä. Lentomatkailun osuus matkailun kokonaispäästöistä on noin 20 prosenttia. Lentoliikennealalla on yhteinen tavoite vähentää lentoliikenteestä aiheutuvia päästöjä 1,5 prosentilla vuoteen 2020 mennessä sekä puolittaa päästöt vuoteen 2050 mennessä vuoden 2005 tasosta. Uusi kalusto on tärkein toimenpide päästöjen vähentämiseksi lentoliikenteessä sekä muissakin liikennemuodoissa, sillä uudet koneet kuluttavat vähemmän kuin vanhat ja säästävät näin ympäristöä. Lisäksi biopolttoaineiden käyttäminen sekä lentokoneen painon alentaminen vähentäisi polttoaineen käyttöä. (Jänkälä 2019, 39.) Biopolttoaineiksi voidaan luokitella kaikki eloperäisestä tai niiden jätteistä tuotettavat polttoaineet.

3 VESILIKENNE

Vesiliikenne kokonaisuudessaan voidaan jakaa tavaroiden ja ihmisten kuljetukseen, joka ei ole pinta-puolisesti täysin erilainen maa- ja lentoliikenteen laajempaan segmentointiin. Ennen teknisiä ja taloudellisia realiteetteja, jotka ovat luoneet tehokkaan, nopean ja halvan lentomatkan, matkat suoritettiin pääsääntöisesti meritse. (Duval 2007, 119-120.)

Matkustajalaivojen käyttötarkoitus oli alkujaan vain kuljettaa ihmisiä paikasta toiseen. Mukavuudet olivat olemattomat, eikä alussa mietitty ympäristöä, vaan laivoista haluttiin rakentaa kestävämpiä ja nopeampia. Nykyään matkustaja-aluksista löytyy monipuolista palvelua ja paljon tekemistä. Esimerkiksi maailman suurimpiin risteilyaluksiin kuuluva Harmony of the Seas tarjoaa uskomattomia elämyksiä. Laivasta löytyy jopa 18 kantta, joihin mahtuu yhteensä lähes 5500 matkustajaa. Tällä risteilyaluksella on mahdollista nauttia Broadway-musikaaleista ja 3D-elokuvateatterista, ruokailla hulpeissa ravintoloissa ja kahviloissa, ja nauttia vauhtia huimaavista vesiliukumäistä. Lisäksi rentoutumista kaipaava voi spa:han tai nauttia saunasta. (Risteilykeskus 2018.)

3.1 Historia

Vesiliikenteellä on ollut huomattava osa ihmiskunnan historiassa. Veneitä ja laivoja on hyödynnetty niin tutkimusmatkoilla kuin myös kaupankäynnissä. Aluksissa on kuljetettu useiden vuosisatojen ajan muun muassa mausteita, vaatteita, kasveja, eläimiä sekä tietenkin ihmisiä. Laivat ja veneet kuljettivat edellä mainittuja asioita huomattavasti helpommin kuin mitä maateitse olisi ollut mahdollista. (Comboats 2017.)

Laivan ihan ensimmäistä alkumuotoa voidaan pitää puunrunkoa tai risuista, oksista ja kaisloista kasattua lauttaa. Mela toimi ensimmäisenä lautan liikutteluvälineenä ennen kuin keksittiin purjeet ja moottorit. (Verhelä 2000, 187.)

Kun ihmiset ensimmäisiä kertoja alkoivat matkustaa, syynä oli uskonto ja kaupankäynti. Ennen, kun tiet valmistuivat, liikuttiin pääasiallisesti vesireittejä pitkin. Ensimmäiset kaupankäyntireitit sijoittuivatkin suurien jokien ja vesialueiden varrelle, kuten Niilin, Jordanin ja Välimeren alueille. (Verhelä 2016, 185.)

Antiikin aikaan kreikkalaiset ja roomalaiset yhdistivät egyptiläisten ja assyrialaisien harvaan tehtyjä vesireittejä ja kreikkalaiset kehittävät Välimeren ympäristöön muodostunutta kaupankäyntiä. Suuret kaupungit asettuivat Välimeren rannoille niiden oivien kulkuyhteyksien vuoksi, mikä kehitti entisestään matkustusta meriteitse ja teki vesiliikenteestä merkittävän liikumistavan. (Verhelä 2016, 186.)

Alkujaan kulkuneuvot ovat olleet melko yksinkertaisia. Puuronkoiset alukset olivat ensimmäisiä aluksia. Ne olivat aluksi yksinkertaisia kanootteja ja lauttoja. Farao Kheopsin aurinkolaivaa pronssikaudelta pidetään ensimmäisenä varsinaisena aluksena. On arvioitu, että alus olisi valmistettu noin 4000

vuotta ennen ajanlaskumme alkua. (Airosalmi 2017.) Avoveneiden käyttö jatkui pitkään ja muun muassa viikingit matkasivat 700-1000-luvuilla pitkiäkin matkoja meriä ja jokia pitkin puisilla avoveneillä, joissa oli purjeet ja aivot. (Verhelä 2016, 189.)

Metalli tuli osaksi laivojen rakennetta vasta teollisen vallankumouksen aikana 1800-luvulla. Sotalaivat tarvitsivat paksuja rautalevyjä suojakseen kestääkseen tykityksen. Tämän myötä metallin käyttö yleistyi laivanrakennuksessa ja Ranskan laivaston ensimmäinen virallinen rautaan päällystetty sotalaiva, Gloire, rakennettiin. Vaikka alus oli edelleen perinteinen puualus päällystettynä rautalevyillä, Gloiren rakentaminen aiheutti kilpavarustelun, joka puolestaan johti metallinkäytön nopeaan kehitykseen. Ennen kuin aluksissa alettiin käyttää täysin metallista runkoa, ne rakennettiin sekarakenteisiksi, käyttäen puuta ja metallia. Rauta oli 1800-luvun alussa melko kallista, eikä sen vuoksi laivoja kannattanut vielä siitä täysin rakentaa. (Airosalmi 2017.)

Vaikka puu on metallia helpompi materiaali sen joustavuuden ansiosta, puurunkoinen alus ei pysty samaan kuin metalli. Metallirunko sallii alusten koosta paljon suuremman ja se kestää hyvin moottoreiden aiheuttaman värinärasituksen. Melko pitkään laivat olivat niin sanotusti välikauden aluksia eli niissä oli höyrymoottorin lisäksi purjealuksen masto. Höyrymoottori ei ollut vielä kovin tehokas, joten se toimi niin sanotusti apukoneena. (Airosalmi 2017.) Rauta korvattiin myöhemmin teräksellä, joka oli huomattavasti lujempaa ja kesti rasitusta paremmin. (Konttinen).

Höyrymoottorin kehittyttyä höyrylaivaliikenne oli mullistava muun muassa kaupankäynnin kannalta. Purjehtimiseen ja soutamiseen vaikuttivat huomattavasti luonnonvoimat. Sen vuoksi oli vaikea ennustaa, milloin alus pääsee perille. Höyrylaivoilla liikuttaessa pystyttiin takaamaan kohtuudella aika-
taulunmukaiset kuljetukset, mikä oli suotuisempaa matkustajaliikenteen kannalta. (Turunen 2009, 49.)

Ensimmäiset höyrykoneet olivat ympäristön kannalta erittäin haitallisia, sillä ne vaativat toimiakseen valtavasti hiiltä. Höyrykoneen oli myös oltava melko kookas, jotta se pystyi liikuttamaan suurta alusta. Suuri kone taas vei aluksista rahtitilaa. (Raatikainen 2011, 14.)

Kun vuonna 1838 Atlantin yli seilattiin pelkällä höyryllä kulkevalle aluksella, se oli todiste siitä, että höyrylaivat olivat syrjäyttämässä purjelaivat. Höyrylaivat liikennöivät Atlantin yli noin 15 päivässä sääoloista riippumatta, kun taas purjelaivoille matka saattoi venyä jopa kahdeksi kuukaudeksi. (Raatikainen 2011, 14.)

Höyrylaiva Furst Menschikov alkoi liikennöimään Turun ja Tukholman väliä vuonna 1836. Myös sisävesiliikenne Suomessa alkoi 1800-luvun alkupuolella. Suomen ensimmäinen siipiratahöyrylaiva s/s Ilmarinen valmistui Kiteellä Pohjois-Karjalassa vuonna 1833. Parikymmentä vuotta myöhemmin höyrylaiva Suomi aloitti liikenteen Päijänteellä vuonna 1856. (Verhelä 2016, 193.) Suomen merkittävin historiallinen kanava, 43 km pitkä Saimaan kanava, avattiin vuonna 1856. Saimaan kanava kulkee Saimaan järviolueelta Viipurin kautta Suomenlahdelle. (Visit Lappeenranta 2019.)

1800-luvun puolivälissä potkureiden tekniikka oli kehittynyt huomattavasti, mikä vähensi siipirasalusten asemaa. Lisäksi laivoja voitiin alkaa valmistamaan kokonaan raudasta, sen tuotannon ja jalostuksen ansiosta. Potkureiden kiihtyvän kehityksen ansiosta siipirattaiden käyttö katosi vähitellen ja 1870-luvulla viimeinen Atlantin yli kulkeva siipirasalus otettiin pois käytöstä. (Raatikainen 2011, 15.)

Suomessa 1900-luvun alussa laivamatkailu oli suosiossa ja höyryalukset keräsivät kiitosta keittiöilään. Matkan teko oli rauhallista ja huoletonta. (Visit Savonlinna.) 1960-luvulla Suomessa höyrylaivojen käyttö vähentyi, koska matkustajia alkoi olemaan yhä enemmän, minkä seurauksena myös turvallisuutta täytyi lisätä. Ensimmäiset autolautat otettiin tämän myötä käyttöön. (Blomgren, Malmberg & Raudsepp 2006, 126.) Autolauttaliikenne Ruotsin ja Suomen välillä alkoi kehittyä 1950-luvun lopulla ja jo 1960-luvulla kilpailu kahden merkittävimmän laivayhtiön (Silja Line ja Viking Line) välillä oli jo täydessä käynnissä, ja jatkuu edelleen. (Verhelä 2000, 194.)

Matkustaja-autolauttaliikenne Suomen ja Saksan välillä alkoi 1962, kun otettiin käyttöön Hansa Express. Tästä alkoi nopea kehitys ja jo vuonna 1966 Finnlines-varustamon liikenteeseen tulivat Finnpartner ja Finn hansa. Tähän lisäksi tuli vuonna 1967 Suomen Höyrylaivaosakeyhtiölle (SHO) Finlandia. Matkustuksen lisääntyminen ja kehittyminen vaikuttivat valoisilta, kun oltiin siirtymässä 1970-luvulle, mutta haastettava toivat matkustusmukavuuteen vaikuttavat tekijät, kuten palvelutaso ja varsinkin palvelutarjonnan laajuus. Tämän vuoksi Finnlines alkoi suunnittelemaan tulevia aluksia jo varhaisessa vaiheessa. Suunniteltiin uusi ja edistyksellinen matkustaja-autolautta konsepti, Finnjet. Nopea ja melko suuri alus mahdollisti kokonsa puolesta monipuolisemmat tilat ja autokannen, sekä paremmin myytävän aikataulun matkustajille ja rahtiasiakkaille. (Orama 2009, 44.)

1970-luvulla Suomessa matkailua palvelevaa sisävesiliikennettä toteutti yli 100 yritystä. Näistä merkittävä osa oli yhden tai kahden vesibussin yrityksiä. Nämä pienyritykset harjoittivat omalla paikakkunnallaan tai sen lähistöllä reilun tunnin mittaista risteilyliikennettä. (Laukala 2009, 57.)

3.2 Ekologisuus

Suuret risteilyalukset kuluttavat paljon energiaa, jonka seurauksena myös jätteitä syntyy paljon. WWF:n arvion mukaan keskimäärin 20-40 litraa wc-jätevettä syntyy risteilyaluksilla yhtä henkeä kohden. Harmaata jätevettä, kuten suihku- ja keittiövesiä kertyy päivässä 115-330 litraa henkilöä kohden. (Kalmari & Kelola 2009, 68.)

WWF:n tekemän vuoden 2015 kysely Itämeren saastuttamisen lopettamisesta käsittelemättömillä jätevesillä, nosti esiin, että kansainväliset luksuristeilijät eivät sitoudu lopettamaan saastuttamista. Itämerellä toimii yli 50 risteily- ja matkustajalauttayhtiötä. WWF:n meriasiantuntija Sanna Kuningas kertoo vain yhden kansainvälisestä risteily-yhtiöstä sitoutuneen saastuttamisen lopettamiseen. Mat-

kustajalauttayhtiöistä sen sijaan suurin osa sitoutui tähän. Risteilijöillä liikennöivät matkustajat kuitenkin toivovat saastuttamisen lopettamista, sillä risteilyalus Celebrity Silhouette:n matkustajille tehdyn kyselyn mukaan jopa 95 prosenttia ei hyväksy jätevesien laskemista Itämereen. (Brax 2015.)

Laivaliikenne tuottaa huomattavia päästöjä niin veteen, että ilmaan. Itämeren tilanne on huolestuttava, sillä siellä liikkuu kuukausittain jopa 5000 matkustaja- ja rahtialusta, joista osa laskee jätevetensä suoraan mereen. Matkustajamäärä Itämerellä on jopa noin 80 miljoonaa joka vuosi, ja yli 75 prosenttia laivojen jätöpäästöistä tulee nimenomaan matkustajalautoilta ja -aluksilta. (Turunen 2017, 14.)

Kansainvälinen merenkulkujärjestö (IMO) on asettanut vuonna 2016 kiellon, joka kieltää risteilyaluksia laskemasta jätevesiään Itämereen. Jo liikenteessä olevilla aluksilla kiello astuu kuitenkin voimaan vasta vuonna 2021, mutta uusilla aluksilla kiello on astunut voimaan kesällä vuonna 2019. (Fritze 2016.) Kesäsesongin puolella välissä vuonna 2017 suurin osa Helsinkiin saapuneista kansainvälisistä risteilyaluksista (100/106) tyhjensi jätevetensä satamaan. (Keskitalo 2017.)

Monet alukset ovat huolehtineet jätevesistään jo pitkään, kuten esimerkiksi Tallink Silja, Viking Line ja Eckerö Line. (Kalmari & Kelola 2009, 68). Seuraavat lainaukset on otettu Viking Linen vuoden 2018 vastuullisuusraportista. "Olemme nyt ja tulemme olemaan edelläkävijöitä uuden ympäristöystävällisen, päästöjä vähentävän teknologian soveltamisessa. Haluamme jatkaa innovatiivisten energia teknologiayritysten ja tutkijoiden tukemista ja yhteistyötä niiden kanssa. Emme päästä mitään jätevesiä mereen, emme käytä myrkyllisiä pohjamaaleja ja jatkamme työtä veden ja kemikaalien käytön vähentämiseksi toiminnassamme." Viking Linen jäteöljy tuodaan myös maihin kierrätettäväksi. (Viking Line 2018.) Lipaston taulukko, kuitenkin osoittaa, että kotimaanvesiliikenteen hiilidioksidipäästöt ovat huomattavat ja kehitystyötä tarvitaan.

Taulukko 1: Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus

Suomen kotimaanliikenteen päästöt ja energiankäyttö vuonna 2017

LIPASTO 2017

	Yhdiste [t/a]								Polttoaineen kulutus [Milj.t]	Energian käyttö [PJ]
	CO	HC	NOx	Hiukkaset	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂ [Milj.t]		
Kotimaanliikenne⁽¹⁾										
Tieliikenne	35 345	4 031	32 904	734	446	287	45	10	3,8	163
Rautatieliikenne (diesel)	183	79	1 410	29	3,6	1,0	0,24	0,06	0,02	0,87
Vesiliikenne ⁽²⁾	19 560	3 187	8 235	374	152	12	84	0,51	0,17	7,1
Lentoliikenne ⁽³⁾	1 176	162	811	5,9	3	5	51	0,19	0,06	2,7
Yhteensä	56 264	7 459	43 361	1 143	604	306	180	11	4,1	174

⁽¹⁾ IPCC:n raportointiohjeiden mukaan Suomen liikenteen päästöiksi lasketaan vain kotimaanliikenteen päästöt

⁽²⁾ Vesiliikenne sisältää huviveneet ja laivaliikenteen

⁽³⁾ Ennakkotieto

Lähde: LIPASTO 2017, VTT

Päivitetty: 17.9.2019

VTT, Jenni Eckhardt

Email: etunimi.sukunimi@vtt.fi

Neil Palomban johtama Costa Cruises teki merenkulun tekniikan historiaa tilattuaan maailman ensimmäisen LNG-käyttöisen risteilijän. LNG on nesteytettyä maakaasua ja sillä pystytään syrjäyttämään saastuttava polttoöljy. LNG puhdistaa rikkipäästöt laivoista, mikä on merkittävä etappi puhtaampiin meriin. (Laatikainen 2017.) Myös Viking Line varustamon matkustaja-autolautta Viking Grace ja Tallink Siljan Megastar ottivat myös ensimmäisinä LNG:n käyttöön polttoaineena. Grace käyttää LNG:n lisäksi apunaan tuulityöntövoimaa. (Suomen Varustamot ry.) Mutta LNG-tekniikassakin on huonot puolensa. Se puhdistaa rikkipäästöjä, mutta mikäli niitä pääsee ilmakehään se pahentaa ilmastonmuutosta entisestään. Lisäksi nesteytetty maakaasu lämmittää ilmastoa. (Laatikainen 2017.)

ABB on johtava teknologian edelläkävijä ja nyt ABB on mukana kehittämässä puhtaampaa tekniikkaa meri- ja laivaliikenteeseen. Maailman johtava innovatiivisten puhtaan energian toimittaja, Ballard Power Systems, kehittää ABB:n kanssa polttokennojärjestelmää sähköisen merenkulun käyttöön. Yhteistyön on tarkoitus keskittyä nimenomaan matkustajalaivojen polttokennojärjestelmien kehittämiseen. Vetypolttokennot tuottavat energiaa sähkökemiallisessa reaktiossa anodin ja elektrolyysikalvon välillä, minkä ansioista polttoaine saadaan muutettua suoraan sähköksi ja lämmöksi. On vielä tärkeää huomioida, että vedyn tuotantoon käytetään uusiutuvia energioita, jotta koko toiminta olisi päästötöntä. (ABB 2019.)

Norjassa on rakennettu maailman ensimmäinen risteilyalus, MS Roald Amundsen, joka toimii hybridi-teknologialla täysin akkujen avulla. Aluksessa on otettu kestävä kehitys tarkasti huomioon. MS Roald Amundsenin vihreän teknologian lisäksi se on myös suunniteltu siten, että aluksessa ei käytetä kertakäyttöisiä muovituotteita. (Rantapallo 2019.) Myös muut risteilyalukset ottavat ympäristön huomioon. Aikuismatkailijoille tarkoitetuissa Virgin Voyages -risteilijöissä pysytään myös erossa turhasta muovin käytöstä ja kertakäyttötuotteista. Risteilyaluksien sisustuksessa on huomioitu kestävä kehitys ja käytetty kierrätysmateriaaleja. Näihin luksuristeilijöihin hankitaan voimantuotantoratkaisu, joka pitää sisällään generaattorit, sähkönjakelukoneistot, jakelumuintajat ja kauko-ohjausjärjestelmän Azipod-yksikköjen ohjaamiseen komentosillalta. ABB toimittaa kolmeen risteilijään sähkövoimantuotanto- ja Azipod -järjestelmät. Azipod-järjestelmä voi säästää polttoainekustannuksissa jopa 20 prosenttia perinteisiin potkureihin verrattuna. (ABB 2018.)

Rikkipäästöjen rajat erityisesti Euroopassa ovat tiukat. Vuonna 2015 astui voimaan säädös, jonka mukaan Itämerellä liikennöivät alukset saavat käyttää polttoainetta, jonka rikkisällön yläraja on 0,1 prosenttia. IMO tekee kovasti töitä laivojen päästöjen vähentämiseen ja kehitys vain jatkuu. IMO teki päätöksen, että kansainvälisen meriliikenteen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä alennetaan vähintään 40 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi vuonna 2021 Itä- ja pohjanmeren alueella astuu voimaan typpirajoitus koskemaan uusia aluksia. (Raunio & Uusinoka 2019.)

3.3 Tulevaisuus

Aalto-yliopiston meriteknikan opiskelijat ovat miettineet ja suunnitelleet millaisia laivat tulevaisuudessa olisivat. Eräs opiskelijaryhmä esitti suunnitelman, jossa erikoislujasta terästä käytettäisiin laivan kansirakenteessa, jolloin alus painaisi vähemmän. Tämän ansiosta risteilyaluksen hyttikerroksia pystyttäisiin korottamaan, ja matkustajia mahtuisi alukseen lisää. (Aalto-Yliopisto 2017.)

Opiskelijoiden Suomi 100 –juhla-alusta mietittiin Suomen luonnon ja teollisuusinnovaatioiden kautta. Risteilyalus on suunniteltu etenkin Turun saaristoon ja Saimaalle. Aluksen olisi tarkoitus liikennöidä kahta reittiä; Pietarista Saimaalle ja Saimaalta Turun saaristoon. Aluksen rakennuksessa olisi tarkoitus ottaa mallia Euroopan jokiristeilyssä käytettävistä aluksista. Myöskin uusi laivanrakennustekniikka mahdollistaisi suuremman aluksen Saimaan vesille. Saimaan kanava rajoittaa aluksen kokoa huomattavasti, mutta suunnitteluissa ilmeni, että jopa kuusikerroksinen risteilyalus olisi mahdollinen. Meriteknikan professori Pentti Kujalan mukaan aluksen lujuuden ja vakavuuden kanssa ei olisi ongelmaa. Tällainen risteilyalus kehittäisi Suomen vesiliikennettä ja toisi Suomen sisävesille mahdollisuuden luksusristeilyyn. (Tanskanen 2019.)

Saimaan ja Turun saaristoon suunniteltu alus käyttäisi nesteytettyä maakaasua. LNG on ekologinen vaihtoehto polttoaineisiin. (Tanskanen 2019.) LNG:stä on tullutkin kannattava polttoaine meriliikenteessä ja sen kysyntä kasvaa koko ajan. Tämän ansiosta puhtaasti kaasukäyttöisten moottoreiden kehittäminen jatkuu. (Wärtsilä 2019.)

Finnlines tuo sähköä meriliikenteeseen. Se on tilannut uudenlaisia teknologia-aluksia, jotka tulevat tukemaan ympäristöystävällisyyttä. Aluksissa käytetään litium-ioni-akkuyksiköitä, jotka latautuvat laivan ollessa liikkeellä. Akkuihin ladattu sähkö hyödynnetään myöhemmin satamassa, tehden satamakäynnistä päästötöntä. Polttoaineen kulutusta ja päästöjä aluksissa vähentää ilmanpyörytysjärjestelmä vähentäen laivan kitkaa. (Suomen Varustamot ry.)

ABB:n "Electric. Digital. Connected." -strategian mukaan merenkulku kehittyy autonomiseksi. Autonomia ja automaatio tarkoittavat, että etävalvontaa pystytään käyttämään laivojen tekniikan valvomiseen, huoltamiseen ja korjaamiseen. "Electric. Digital. Connected." -strategian mukaan merenkulussa aletaan myös käyttämään sähköisiä akustoja, korkeaa automaatioastetta autonomian lisäksi. Parempi automaatio toisi etuja ympäristön vuoksi, sillä päästöt pienenisivät. Automaation muita hyötyjä on esimerkiksi laivaston kustannuksien pienentyminen sekä turvallisuuden parantuminen. (ABB 2018.)

Digitalisaatio ja automaatio johtavat ennen pitkään parempaan tiedonkulkuun ja etäohjaukseen. Kehitystyö jatkuu muun muassa satamien automaatioissa, tiedonsiirrossa ja väylä- ja olosuhdetiedon saatavuudessa. Jotta merenkulusta saadaan tulevaisuudessa teknillisesti kehittyneempää, on kansainvälisten sekä kansallisten sääntelyiden kehittäminen aloitettu. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2019.) Autonomisten alusten kehittäminen on hyvässä vauhdissa, mutta testausta on vielä jatkettava ja

määräyksiä säädeltävä ennen kuin alukset liikennöisivät täysin ilman miehistöä, sillä tämän hetkiset kansainväliset yleissopimukset on luotu sillä oletuksella, että aluksessa on miehistö. (Marr 2019.)

Digitalisaation katsotaan vaikuttavan meriteollisuuteen kahdella tasolla. Ensinnäkin digitaalinen data mahdollistaa alusten toiminta- ja energiatehokkuuden optimoinnin ja parantaa merkittävästi tiedonvaihtoa eri toimijoiden välillä. Digitaalisen tiedon kerääminen ja jakaminen mahdollistaa toiminnan optimoinnin koko toimintaketjussa. Lisäksi digitaalisen tiedon kerääminen ja jakaminen on edellytys toiminnan automatisointiin. Toisekseen digitalisaatio saattaa muuttaa merenkulun liiketoimintamalleja ja alusten yleistä toimintamallia, mikä tulee vaikuttamaan energian käyttöön. Muun muassa liikenne ja satamalogistiikka tulevat muuttumaan digitalisaation myötä. (Ranta, Berg & Kanto 2019, 10.)

Kansainvälisesti menestynyt suomalainen energia ja teknologia yritys Wärtsilä on ottanut tärkeän askeleen kohti Smart-Marine ominaisuuksiensa kehittämistä testaamalla menestyksekkäästi laivojen kauko-ohjausta. Kokeilu tapahtui yhteistyössä yhdysvaltalaisen operaattorin Gulfmark Offshore -yhtiön kanssa, joka toimitti aluksen projektiin. Alusta testattiin käyttämällä manuaalista ohjaussauvaa ja dynaamista paikannusta. Testialus oli sijoitettu Skotlannin Pohjanmeren rannikolle, ja alusta navigoitiin kaukosäätimellä noin 8000 km päässä. (Wärtsilä 2019.)

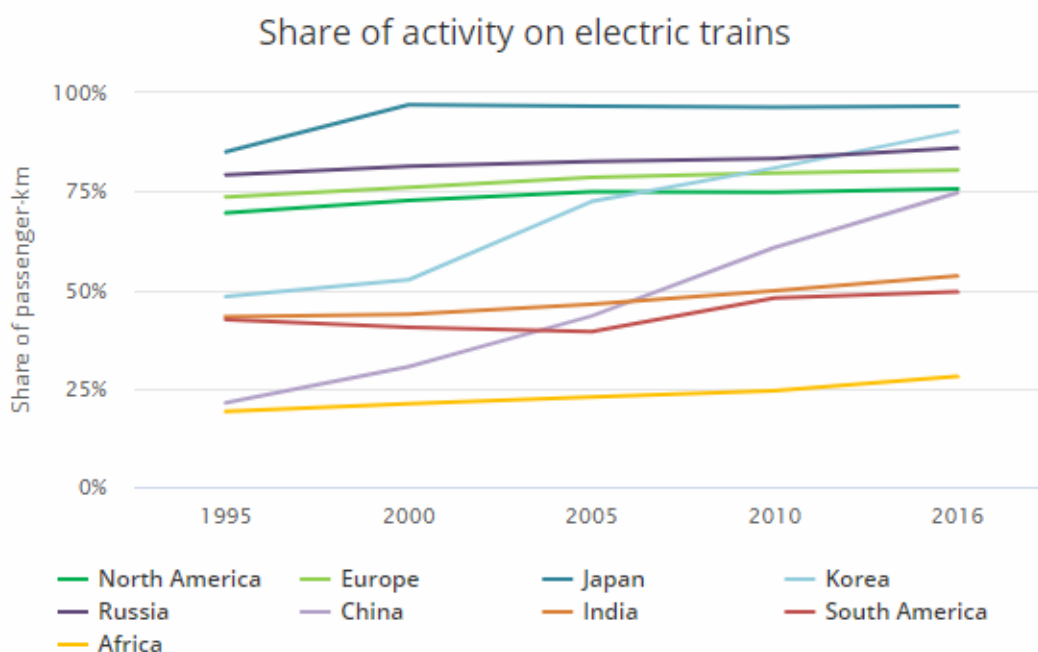
Kauko-ohjauksen lisäksi Wärtsilä keskittyy myös moottoreiden kehittämiseen. Nyt yhtiö esittelee uuden puhtaasti kaasukäyttöisen Wärtsilä 31SG-moottorin merisovelluksille. Uusi Wärtsilä 31SG –moottori alentaa vieläkin enemmän omistajuuden kokonaiskustannuksia sekä sellaisten alusten ympäristövaikutuksia, jotka toimivat alueilla, missä käytetään kaasuinfrastruktuuria. Moottorin kaupallinen julkistaminen toteutettiin syyskuussa Gastech 2019 –messuilla Yhdysvalloissa Houstonissa, Texasissa sekä Venäjällä Neva St. Petersburg –messuilla Pietarissa. (Wärtsilä 2019.)

Wärtsilä uskoo, että tulevaisuuden älykkäämmät alukset antavat laivanvarustajille mahdollisuuden hallita alustensa liikkumista tehokkaammin, vähentää polttoaineen kulutusta ja pienentää päästöjä. Se on määrätietoinen idea reagoida tulevaisuuden haasteisiin, joissa ihmiset ovat samaan aikaan yhä erottamattomammin kiinni globaalissa kaupassa, mutta jossa joudutaan myös kohtaamaan ilmastomuutos, joka voi vaikuttaa muun muassa sääolosuhteisiin ja merenpinnan tason vaihteluun, mitkä taas voivat vaikuttaa liikkumiseen paikasta toiseen. (Baraniuk 2017.)

4 RAIDELIIKENNE

Nykyään kolme neljäsosaa rautateiden matkustajaliikenteestä tapahtuu sähköjunilla, mikä tarkoittaa 60 prosentin nousua vuodesta 2000. Rautatie onkin ainoa liikennemuoto, joka on nykyään laajasti sähköistynyt. Tämä niin sanottu riippuvuus sähköstä tarkoittaa, että rautatieala on kaikkein energia-
muotoisin liikennemuoto (the most energy diverse mode of transport). Matkustajajunaliikenne on sähköistetty huomattavasti enemmän mitä rahtiliikenne. (IEA 2019.)

Japanissa, Euroopassa ja Venäjällä sähköjunien käyttö on suurinta. Toisin kuin Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, joissa taas käytetään edelleen pitkälti diesel käyttöisiä junia. (IEA 2019.)



Kuvio 1: Sähköllä toimivien junien käyttö maailmalla

Lähde: IEA

Tavallisimmat rautatieverkot sijaitsevat Pohjois-Amerikassa, Intiassa, Euroopassa, Venäjällä ja Japanissa. Näiden alueiden osuus tavanomaisen rautatieliikenteen matkustajaliikenteestä on noin 90 prosenttia. Intialla tästä on suurin osuus (39%). (IEA 2019.)

4.1 Junatyyppejä

1. Henkilöjuna = omalla moottorilla kulkeva juna, jossa ei ole erikseen veturia, käytetään lähiliikenteessä
2. Pikajuna = pitkänmatkan junia, jotka pysähtyvät suuremmilla liikennepaikoilla
3. Erikoispikajunat = pysähtyvät suuremmilla liikennepaikoilla, mutta ovat nopeampia kuin pikajunat

4. InterCity-junat = pysähtyvät ainoastaan merkittävimmillä liikenne paikoilla, jonka takia matkustus on nopeampaa
5. Pendolino – erikoisnopea juna, jonka huippunopeus on noin 220km/h (Verhelä 2000, 206.)
6. TGV = Train à grande vitesse, matkustajajuna; ”luotijuna”, jolla pystytään saavuttamaan suuri nopeus, huippunopeus 320km/h (Rail Europe 2019.)
7. Maglev = Magnetic levitation technique, magneettiseen levitaatioon perustuva rautatie ja juna, huippunopeus yli 600km/h

4.2 Historia

Raiteet olivat alkujaan puisia, ja vuonna 1767 raudan hinnan laskiessa puiset raiteet korvattiin valurautaharkoilla. Rautatiet olivat alussa hyvin epätasaiset. 1800-luvun alkupuolella siirryttiin takorautaisiin kiskoihin, jotta raiteista saataisiin tasaisemmat. (Koskimäki 2018, 7.)

Junan tulo yleiseen käyttöön 1830-40 –luvuilla oli ensimmäinen demokratisoitumisen askel. Ensimmäinen rautatie valmistui Ranskassa 1828. Pian tämän jälkeen muihin Euroopan maihin alettiin myös rakentaa rautateitä ja myös Amerikan mantereella rautatieliikenne alkoi 1800-luvun puolivälissä. Ensimmäinen rautatieyhteys Amerikan mantereen halki avattiin 1869. (Verhelä 2000, 201.)

Suomessa rautatie valmistui vuonna 1862, ja 17. maaliskuuta avattiin yleisölle Suomen rataverkon ensimmäinen pitkä rataosuus Helsingin ja Hämeenlinnan välille. Radan rakennutti Suomen suurruhtinaskunta, ja varat tähän kerättiin muun muassa viinanpolttoverolla. (Tulirinta 2013, 74.)

Junat eivät olleet alussa kovinkaan nopeita kulkuneuvoja, sillä niiden huippunopeus oli vain noin 25km/h. (Verhelä 2000, 194). Esimerkiksi matkanteko Helsingistä Hämeenlinnaan kesti jopa viisi tuntia. (Perälä 2008). Matkustajavaunut rakennettiin puisiksi ja niitä pidettiin lämpimänä kamiinalla. Junissa oli kolme eri matkustusluokkaa ja kolmas luokka otettiin pois käytöstä vasta 1956. Teräsvalmisteiset vaunut syrjäyttivät puiset vaunut vasta 1980-luvulla. (Verhelä 2000, 194.)

Höyryveturit toimivat Suomessa aina 1960-luvulle. (Verhelä 2000, 194). VR:n ensimmäinen raskas dieselveturi Dr12, jota nimitettiin myös Huruksi valmistettiin vuosien 1959 ja 1963 välillä hieman yli 40 kappaletta. Kyseinen veturi ei sopinut jokaiselle Suomen rataosuuksille sen raskaan akselipainon vuoksi. Lisäksi veturi oli hidaskiihtymään, minkä vuoksi se ei soveltunut hyvin matkustajaliikenteeseen, mutta sitä käytettiin painavien tavarajunien vetoon 1990-luvulle asti, jolloin ne otettiin pois käytöstä. Dr13-dieselveturi oli ranskalaisen Alstromin suunnittelema. Veturi saikin sen ranskalaisuuden pohjalta lempinimet Ranskanleipä ja Alstikka. Ensimmäiset kaksi veturia valmistettiin Ranskassa vuonna 1962, mutta tämän jälkeen veturien valmistus siirrettiin Suomeen Valmetin ja Lokomonin tehtaalle. Suomen ilmasto aiheutti jonkin verran ongelmia Ranskassa suunnitellulle veturille. Se oli

kuitenkin tuohon aikaan VR:n tehokkain sekä myös nopein dieselveturi, joka soveltui kevyen painonsa vuoksi useille Suomen radoille, toisin kuin Huru. Dr13-veturisarjaa käytettiin Suomessa 2000-luvulle asti. (Pohjola 2014.)

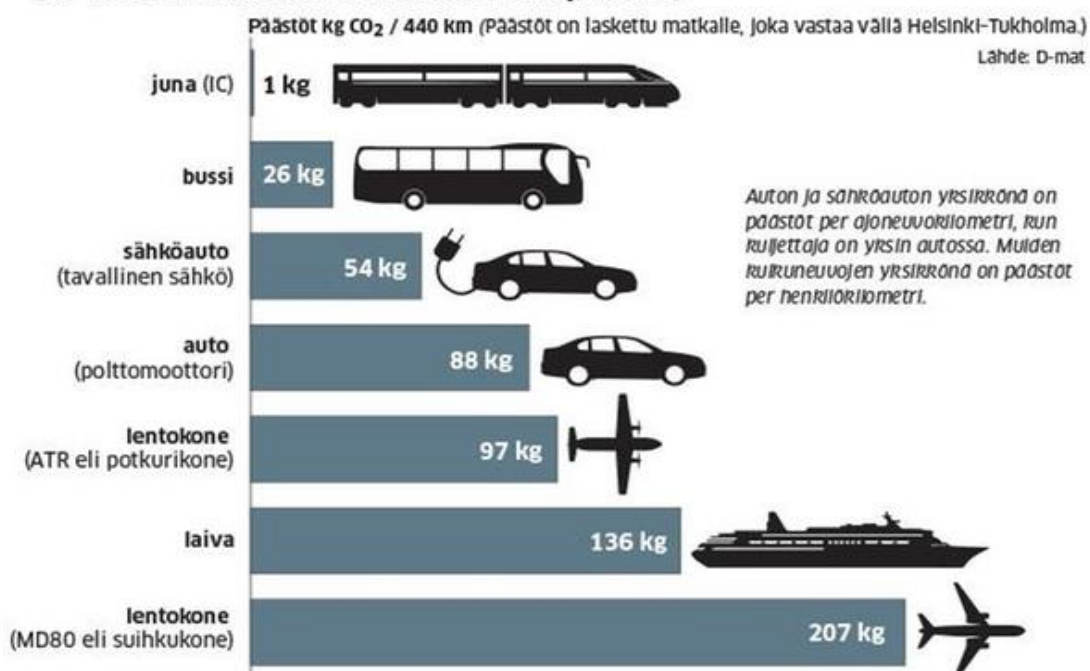
Vuonna 1964 dieselmoottorijuna "Lättähattu" otettiin käyttöön lyhyemmille raiteille. Tämän jälkeen kotimaiset dieseljunat- ja veturit otettiin käyttöön sekä tavara-, että pikkujunissa. Nopeat Pendolinot saapuivat 1990-luvulla ja Intercity-vaunut ilmestyivät yksi- ja kaksikerroksisina 2000-luvulla. (Verhelä 2000, 194.) Ratojen sähköistys alkoi Suomessa 1960-luvun lopussa. Sähköistämisen ansiosta energiankulutusta saatiin pienennettyä ja saasteita vähennettyä. Ensimmäinen sähköistetty rata tuli Suomessa Helsingin ja Kirkkonummen välille vuonna 1969. (Rytsä 2014.) Vasta 1990-luvulla alettiin sähköistää vilkkaimpia rataosuuksia. (Raidepuolue).

Ensimmäinen huippunopea juna, joka avattiin matkustajaliikenteelle, otettiin käyttöön Japanissa vuonna 1964. Junan huippunopeus oli 210km/h. TGV junat saatiin raiteille vasta vuonna 1981. (Koskimäki 2018, 10, 13.)

4.3 Ekologisuus

Sähköjunat ovat ekologisempia kuin dieseljunat, mutta joissakin junissa käytetään uusiutuvan sähköenergian lisäksi dieseliä. Vaikka dieseljunat aiheuttavat päästöjä ja kuormittavat ympäristöä, ne ovat silti ympäristöystävällisempi keino matkustaa kuin esimerkiksi risteileminen tai lentäminen. (Turunen, 15.) Sähköveturimoottoreiden kustannukset ovat noin 20 prosenttia pienemmät mitä dieselmoottoreiden sekä kunnossapitokustannukset ovat 25-35 prosenttia vähemmän. Siirtyminen dieselistä sähköön auttaisi korvaamaan öljypohjaiset nestemäiset polttoaineet puhtaammilla vaihtoehdoilla. (Nunno 2018).

Eri liikennevälineiden hiilidioksidipäästöt



Grafiikassa kulkuneuvojen polttoaineenkulutus perustuu VTT:n Lipasto-tietokantaan. Polttomoottoriautossa on käytetty pohjana Suomen ajoneuvokannan keskimääräistä ikää. Laiva on autolautta. Lentokoneiden täyttöasteeksi on oletettu 60 prosenttia.

Kuva 1: Liikennevälineiden hiilidioksidipäästöt

Lähde: Maaseudun tulevaisuus.

Juna on matkustuskulkuneuvoista se vihrein valinta ja sitä kehitetään yhä ympäristöystävällisempään suuntaan. Alankomaat hyödyntävät tuulesta saatavaa energiaa junaliikenteeseen ja vuonna 2017 junaliikenne siirtyi käyttämään pelkkää tuulisähköä. Alankomaat on täten ensimmäinen maa, joka on ottanut käyttöön 100 prosenttisesti tuulisähköllä toimivat junat. (Rautiainen 2017.)

Alankomaiden valtion rautatieyhtiö NS kertoo, että NS kuluttaa vuosittain 1,3 terawattituntia sähköä, mikä vastaa vain yhtä prosenttia Alankomaiden sähkönkulutuksesta. Kestävää sähköä, jota NS käyttää, tuottavat tuulipuistot. Puolet sähköstä on peräisin Alankomaista, ja toinen puoli tuodaan Ruotsista (33%), Suomesta (15%) ja Belgiasta (2%). (NS 2019.)

Kiina on vielä hyvin paljon kiinni kivihiilestä saatavasta energiasta, se tarjoaa jopa noin 60 prosenttia Kiinan energiasta. Mutta Kiina on muiden maiden tavoin lisännyt auringosta ja tuulesta saatavaa energian käyttöä huomattavasti. (Bloomberg 2019.) Aurinkoenergiaa hyödynnetään sähköntuottamiseen rautatieasemilla. China Sunenergyn tuottamat aurinkopaneelit on asennettu Nanjingin eteläisen rautatieaseman katolle. (Beetz 2011). Maailman toiseksi suurin rautatieasema Nanjing palvelee neljää suurta nopeaa rautatietä ja muita Kiinassa kulkevia rautatieverkkoja. Suurin osa rautatieaseman katosta on päällystetty aurinkopaneelilla, jotka pystyvät tuottamaan 7,17 megawattia sähköä. (Elmich Pte Ltd 2014.)

Parempi energiatehokkuus on tärkeä huolenaihe junien ostamisessa tai uudistamisessa. Esimerkiksi NS on tehnyt muutoksia juniin jarrutusenergian toimittamiseksi ilmajohtoihin. Ympäröivällä alueella olevat junat voivat käyttää uudelleen tätä sähköä. (NS 2019.)

Tuulivoiman hyödyntämisen lisäksi Iso-Britanniassa tutkitaan, miten aurinkoenergiaa voi hyödyntää junien käyttöön. Lontoon Imperial College ja ilmastojärjestö 10:10 miettivät mahdollisuutta, että junaraiteiden varrelle laitetaan aurinkopaneeleja, jotka tuottavat junille sähköä. Auringosta saatava sähkö tulisi näin ollen suoraan juniin yhdistettyihin sähkölinjoihin ilman, että sähkö kulkisi ensin sähköverkon kautta. (Rautiainen 2017.) Sähkön kantaverkot saavuttavat nopeasti täyden kapasiteetin ja vaikeuttavat sähkön tuotantoa uusiutuvista lähteistä rautateiden käyttämiseen, joten tällainen järjestelmä parantaisi ratojen toimivuutta. (Railway Technology 2019.)

Vuosia kestänyt yhteistyö 10:10, Energy Southin ja Network Railin välillä on tuottanut tulosta ja Hampshiresä Iso-Britanniassa avattiin ensimmäinen aurinkoenergialla toimiva rautatie elokuussa 2019. Mutta tämä ei ole ensimmäinen malli aurinkoenergian hyödyntämisestä. Esimerkiksi Guwathin kaupunkiin perustettiin 100 prosenttisesti aurinkovoimalla toimiva juna-asema. Samankaltaisia hankkeita on käynnistynyt myös Argentiinassa ja Australiassa, tosin toistaiseksi melko pienissä paikoissa. (Railway Technology 2019.)

Australian Byron Bayssa aurinkoenergiaa on hyödynnetty junan liikkumiseen. Byron Bay –juna on maailman ensimmäinen aurinkovoimalla kulkeva juna. (Byron Bay Railroad 2019.) Byron Bayn juna-auvaujen katolle on asennettu mittatilaustyönä tehtyjä kaarevia aurinkopaneeleja. Junassa on kuitenkin varmuuden vuoksi 77kWh akku siltä varalta, että aurinkovoima ehtyy. Myös toinen dieselmoottori on jätetty varmuuden vuoksi energialähteeksi (Keränen 2017.) Tämä juna ei vielä kulje pitkiä matkoja, vaan sen reitti on noin kolme kilometriä. Lyhyen ja tasaisen junaradan vuoksi, juna ei tarvitse paljon energiaa. (Tekniikan maailma 2017).

Myös NS aikoo hyödyntää auringonvaloa junissaan. He ottavat käyttöön junia, jotka ovat varustettu tehokkaammalla ilmastointijärjestelmällä ja älykkäällä valaistusjärjestelmällä, joka säätää valaistustasoa käytettävissä olevan auringonvalon perusteella. Nämä junat ovat energiatehokkaampia kuin edeltäjänsä ja materiaaleja käytetään tehokkaammin uudistamisen aikana. (NS 2019.)

Aurinkoenergian potentiaali on osoittautunut menestyväksi joillakin alueilla, mutta vielä on epävarmaa voiko sitä soveltaa laajemmassa rautatieverkossa koko maailmassa. Esimerkiksi, vaikka Iso-Britannian etelärannikolla, aurinkoenergiaa pystytään hyödyntämään, on otettava huomioon koko maan sääolosuhteet, kuten auringonpaisteen riittävyys. (Railway Technology 2019.)

Bankset Energy Corporation suunnittelee asentavansa aurinkopaneeleja rautateiden ratapölkkyihin ympäri maailman. Mikäli tavoite onnistuisi, se olisi maailman suurin aurinkoenergia-asennus, joka pystyy toimittamaan gigawatteja vihreää energiaa takaisin verkkoon ja ihmisten koteihin. Aurinkopaneelit valmistetaan silikonista ja alumnista ja ne on suunniteltu puristumaan kiinni olemassa oleviin

ratapölkkyihin ja tuottamaan 200 megawattia sähköä jokaista rataverkon 1000 kilometrin rataosuutta kohden. (Songer 2018.) Projekti on tällä hetkellä käynnissä Saksassa ja sen pitäisi valmistua vuoden 2019 aikana. Yhtiö vie hanketta kuitenkin myös eteenpäin Iso-Britanniassa, Ranskassa, Yhdysvalloissa, Kiinassa ja Italiassa. (Beetz 2018.)

Suomessa keskitytään myös ekologiseen toimintaan junaliikenteessä. Suomen lisäksi muun muassa Ruotsissa ja Sveitsissä sähköjunat kulkevat uusiutuvalla energialla, kuten tuuli- ja vesivoimalla. Uusiutuvalla energialla liikkuva juna onkin hyvä ja ekologinen tapa matkustaa paikasta toiseen. Junilla voi kulkea pitkiäkin matkoja ja esimerkiksi Helsingistä pääse vain yhdellä vaihdolla Pekingiin asti. (Kalmari & Kelola 2009, 63.) Suomen VR Group on ympäristöystävällinen ja vastuullisesti toimiva matkustuksen ja logistiikan palveluyritys. VR Groupin ympäristövastuun kannalta tärkeää on hillitä ilmastonmuutosta käyttämällä enemmän uusiutuvaa energiaa. VR:n Suomen toimintojen käyttämä sähkö tuotetaan vesivoimalla. VR:n tietojen perusteella sähkövedon osuus junakilometreistä oli 89,7 prosenttia vuonna 2017 ja sähkövedon osuus matkustajaliikenteessä oli 94,5 prosenttia. (VR-Yhtymä Oy 2019.)

4.4 Tulevaisuus

Rautatieliikenteen tulevaisuus määräytyy sen mukaan, miten se vastaa sekä kasvavan liikenteen kysyntään, että kilpailevien liikennemuotojen aiheuttamaan kasvavaan paineeseen. (IEA 2019.)

On selvää, että digitalisoituminen ja tulevat palvelutarpeet, kaupungistuminen sekä ilmastonmuutoksen hillintä vaikuttavat siihen, miten yritystoiminta toimii nyt ja tulevaisuudessa. Megatrendit johtavat siihen, että raideliikenne on tulevaisuuden toimiala. Ilmastonmuutoksen torjumiseksi on melkein välttämätöntä alkaa kehittää ja kasvattaa raideliikennettä. (VR-Yhtymä Oy. 2019.)

Tulevaisuudessa teknologia kehittyy ja todennäköisesti myös junat saavat lisää ja uudenlaisia ominaisuuksia. Kiinassa Maglev-juna ei tarvitse toimiakseen edes kiskoja. Sen sijaan se käyttää liikkumiseen suuritehoisia sähkömagneetteja. Sähkömagneettien ansiosta juna liikkuu leijuen ja sen nopeus kasvaa jopa 430 km/h. Kiinassa on myös suunniteltu junaa, jolla aikaa säästäisi mahdollisimman paljon. Junaan haluavat matkustajat asettuisivat erilliseen matkustajakapseliin, joka junan saapuessa kiinnittyisi sen katolle, ja matkustajat pääsevät siten itse junaan. Samalla junan peräosan kapseli jäisi asemalla ja päästäisi matkustajia pois junasta. Kun junan ei tarvitse pysähtyä asemalla ja odottaa ihmisten nousevan kyytiin, aikaa säästäisi huomattavasti. (Porada 2013.)

Ranskan startup-yritys Spacetrain kehittää tekniikkaa, jolla yhtiö toivoo vähentävän matkustusaikaa, kustannuksia ja päästöjä. Spacetrain sukkulan idea on hyvin samantapainen kuin mitä Maglev-junassa. Maglev käyttää sähkömagneetteja apuna levitaatioon, kun taas Spacetrain käyttää ilmatyynyjä. Sukkulan virta saadaan käyttämällä vetypolttokennoja, ja sen keskimääräinen nopeus olisi noin

540km/h ja maksiminopeus jopa 720km/h. Prototyyppiä kokeillaan parhaillaan, mutta yhtiön tavoitteena on saada toimiva prototyyppi valmiiksi vuonna 2020 ja todellinen juna liikennöimään vuoteen 2025 mennessä. (Saraogi 2019.)

Spacetrain -yrityksen strategia- ja kehitysjohtaja Thomas Bernin kertoo monen olevan kiinnostunut Spacetrainista sen kustannusten vuoksi. Sillä monet maat haluavat kehittää alueitaan nopealla kuljetusratkaisulla, mutta olemassa olevien ratkaisujen, kuten Maglevin ja TGV:n kustannukset ovat liian korkeat. Spacetrainin tärkein etu on sen alhaiset kustannukset. (Saraogi 2019.)

Aurinkoenergian onnistuneet kokeilut junan raiteilla ovat esimerkki siitä, että aurinkoenergian hyötyjä tullaan tulevaisuudessa kehittämään lisää. Myös suuret yritykset tukevat tutkimuksia aurinkoenergian käytöstä ja pyrkimyksiä vähentää rautateiden hiilidioksidipäästöjä. Ison-Britannian South Western Railway -yrityksen tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 56 prosentilla verkostosaan, ja aurinkopaneelien käyttö voi olla merkittävä askel kohti tätä. (Railway Technology 2019.)

Ranskan rautatie yhtiö SNCF aikoo hankkia tulevaisuudessa uusia huippunopeita junia korvaamaan vanhoja, ikääntyviä TGV-junia. Uusien junien energian kulutus on vähäisempää uuden muotoilun ja jarrutusenergian talteenoton vuoksi. Myös junien valmistaja Alstomin mukaan huoltokustannukset tulevat pienemmään noin 30 prosenttia tämän hetkisiin juniin verrattuna. Huippunopeiden ratojen rakentaminen on kuitenkin yleensä todella kallista. Tämän vuoksi rautatieuudistukset saattavat aiheuttaa vastarintaa joidenkin ihmisten keskuudessa. Esimerkiksi Ranskassa rautatyöläisten kolme kuukautta kestänyt lakko vuonna 2018 aiheutti rautatieyhtiölle lähes 790 miljoonan euron kulut. (Heima 2018.)

Sanotaan, että tekniikka voi parantaa rautatieteollisuuden suorituskykyä ja tehdä siitä kilpailukykyisemmän etenkin autoteollisuuden suhteen. Junissa voidaan käyttää muun muassa eri tasoisia automaatioita. Yksi vaihtoehto on, että kuljettaja hallitsee edelleen useimpia toimintoja junassa. Puoliautomaattinen (GoA 2) junayhteys taas tarkoittaa, että junan liikkuminen ja pysähtyminen tapahtuvat automaattisesti, mutta kuljettaja vastaa edelleen osasta toiminnasta kuten, esimerkiksi ovien avaamisesta ja sulkemisesta, ja puuttuu tilanteisiin, jos järjestelmä epäonnistuu. GoA3 ja GoA4 keskittävät automaation siihen pisteeseen, että junassa ei ole ollenkaan kuljettajaa. (Railway Technology 2017.) Automaattiset järjestelmät pystyvät havaitsemaan ongelmat ja vaaratilanteet liikenteessä nopeammin kuin ihminen, minkä vuoksi automaattinen järjestelmä on hyvä sijoitus turvallisuuteen. NS suorittaa testit yhteistyössä infrastruktuuri hallinto ProRailin ja infrastruktuuri ja vesiministeriön kanssa osana laajempaa ohjelmaa, jolla arvioidaan automaattisen junatoiminnan mahdollisia vaikutuksia verkon kapasiteettiin, kestävyys ja turvallisuuteen. (Railway Gazette 2019.)

Rautatiealalla on merkittäviä etuja, joita voidaan hyödyntää kilpailussa, mutta se edellyttää strategisia lisäinvestointeja rautatieinfrastruktuuriin, kaupallisen kilpailukykyyn parantamista ja teknisiä innovaatioita. (IEA 2019.)

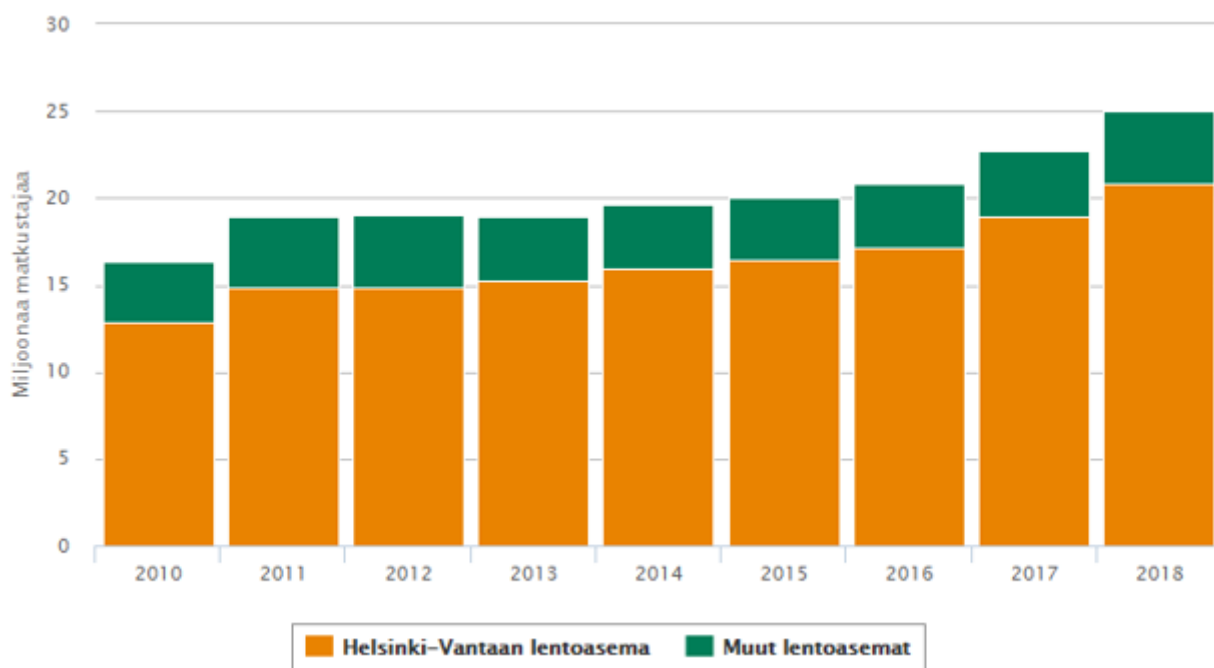
5 LENTOLIIKENNE

Ilmailu on muuttanut perusteellisesti yhteiskuntaa viimeisen 40 vuoden aikana. Taloudelliset ja sosiaaliset hyödyt ympäri maailmaa ovat olleet huomattavat. (ACARE.) Lentoliikenne työllistää jopa noin 100 000 ihmistä ja maailmanlaajuisesti lentoalalla vaikuttaa kymmeniä tuhansia yrityksiä. (Finavia 2019.) Maailma on kutistunut lentomatkailun myötä, sillä lentoliikenne on nopea ja tehokas tapa ihmisten ja tavaroiden kuljettamiseen. (ACARE.)

Lentoliikenteeseen vaikuttavat monet kansainväliset ja kansalliset lait sekä säännökset. Turvallisuus, ympäristöasiat ja henkilöstön pätevyys ovat esimerkkejä tarkkaan säädellyistä alueista lentoalalla. (Finavia 2019.)

Lentoliikenne kasvaa maailmalla ja myös Suomessa. Finavian tietojen mukaan Suomen lentoliikenteen kokonaismatkustajamäärä on kasvanut viime vuosien aikana. Vuoden 2017 ja vuoden 2018 välillä matkustajamäärä on kasvanut noin 10,1 prosenttia. (Liikennefakta 2019.)

Alla olevassa taulukossa on kuvattuna Suomen lentokenttien matkustajamäärät vuodesta 2010 vuoteen 2018. Vuonna 2010 matkustajamäärä on ollut noin 16 miljoonaa, kun vuonna 2018 määrä on noussut jopa 25 miljoonaan.



Kuvio 2: Matkustajamäärät Suomen lentokentillä

Lähde: Finavian liikenne- ja lentoliikennetilastot

5.1 Lentokonetyypit

1. Airbus 350-900, Airbus 330-300 ja Airbus A321

Airbus 350-900 on melko kookas ja laajarunkoinen kone. Sen on pituudeltaan lähes 70 metriä ja sen siipien kärkiväli on 64,8 metriä. Koneesta löytyy 297 paikkaa matkustajille. Sen huippunopeus on 900 km/h. Tämä konetyyppi on otettu Finnairin käyttöön vuonna 2015 ja sillä lennetään pääsääntöisesti Euroopan ja Aasian välisiä lentoreittejä.

Finnairilla on käytössä myös Airbus A330-300 -laajarunkokoneet, joilla lennetään muun muassa Helsingin ja New Yorkin lentoreittiä. Kone on vain hieman pienempi kuin Airbus A350-900, sillä matkustajapaikkoja Airbus A330-300 on 263-289, ja sen pituus on 63,6 metriä ja siipien kärkiväli 60,3 metriä. Lisäksi Airbus A330-300 on hitaampi kuin A350-900.

Airbus A321 on kapearunkoinen lentokone ja pienempi kuin A330- ja A350-mallit. Airbus A321 –kone on 44,5 metriä pitkä ja sen siipien kärkiväli on noin 34 metriä. Tämä lentokonetyyppi ovat Finnairin toiseksi yleisin konetyyppi, ja sillä liikennöidään muun muassa Lontooseen.

2. Boeing 787 Dreamliner

Norwegian käyttää Boeing 787 Dreamlinerin laajarunkokoneita kaukolennoilla muun muassa Tukholman ja New Yorkin välillä. Tästä konetyypistä löytyy istumapaikkoja 291 tai 344 riippuen koneesta. Boeing 787 Dreamliner –lentokoneet ovat matkustajapaikoiltaan suurimpia matkustajakoneita. Pituutta Boeing 787 Dreamlinerilta löytyy 57 metriä ja se pystyy saavuttamaan 903 km/h lentovauhdin.

3. Boeing 737-800

Myös Norwegianin käytössä oleva Boeing 737-800 konetyyppi on maailman ympäristöystävällisimpiä lentokoneita. Ne ovat kevyitä, minkä ansiosta niiden päästöt ovat alhaisemmat verrattuna muihin vastaaviin konemalleihin. Norwegian käyttää Boeing 737-800 -koneita lyhyen välimatkan lennoilla. Koneen pituus on 39,5 metriä eli ne ovat melko pieniä. Istumapaikkoja koneessa on 186-189.

Embraer 190 –koneet ovat muun muassa Finnairin käyttämiä pieniä kapearunkoisia kaksimoottorisia koneita. Niitä käytetään paljon Euroopan sisäisillä lentoreiteillä ja ne soveltuvatkin hyvin lyhyen tai keskipitkän matkan lennoille. Monet lentoyhtiöt suosivat Embraer 190 –koneita, koska niissä on tilavat sisätilat yksikäytäväiseksi lentokoneeksi. (Khanji 2017.)

Päästömäärät vaihtelevat suuresti kaluston mukaan. Alla kuvatussa taulukossa on nähtävillä, että uusimmat laajarunkokoneet, kuten esimerkiksi Airbus A350-900 on selvästi taloudellisin ko-

netyyppi kaukolennoilla. On myös nähtävillä, että vähempi määrä matkustajapaikkoja lisää kulutuslukemia. Matkustajille mukavuutta tuovat väljät ykkös- ja businessluokat vievät lentokoneelta istuinpaikkoja ja näin ollen lisäävät kulutusta. Voisi siis sanoa, että matkustusmukavuus lisää päästöjä. (Turkula 2019.)

Taulukko 2: Lentokonetyyppien polttoaineen kulutus

Kulutus konetyypeittäin, lennot Atlantin ylitse vuonna 2017 (Lähde: ICCT)		
Konetyyppi	Moottorien lukumäärä	Polttoaineen kulutus, litraa/100 km/matkustaja
Airbus A 350-900	2	2,35
Boeing 787-9	2	2,38
Boeing 787-8	2	2,5
Airbus A 330-300	2	2,8
Boeing 777-300 ER	2	2,8
Boeing 757-300	2	2,8
Airbus A 321	2	2,8
Boeing 737 MAX-8	2	2,8
Keskiarvo	-	2,94
Boeing 737-800	2	2,99
Airbus A 330-200	2	3,12
Airbus A 340-300	4	3,12
Boeing 767-400 ER	2	3,12
Boeing 767-300 ER	2	3,12
Boeing 777-200 ER	2	3,23
Boeing 747-8I	4	3,23
Airbus A 380-800	4	3,33
Airbus A 340-600	4	3,33
Boeing 757-200	2	3,45
Boeing 747-400	4	3,7
Boeing 737-700 (86 istuinpaikkaa)	2	5,26
Airbus A 318 (32 istuinpaikkaa, vain Business-luokka)	2	14,28

5.2 Historia

Huolimatta 1800-luvulla tapahtuneesta nopeasta tekniikan kehitymisestä, ilmatila oli vielä valloittamatta ihmisiltä. 1900-luvun alussa yhdysvaltalaiset Wrightin veljekset, Orville ja Wilbur, tekivät historiallisen ensimmäisen lentonsa. Joulukuun 17. päivänä 1903 Orville Wright onnistui tekemään maailman ensimmäisen ilmaa painavammalla, moottoroidulla lentokoneella, Wright Flyer I., hallitun lennon, jonka kesto oli noin 12 sekuntia. (Tulirinta 2014, 16.)

Tekniikasta kiinnostuneet veljekset tekivät useita erilaisia mekaanisia kokeita. Lentämisen teoria ja nostovoima ilmiönä oli tunnettu jo vuosisatojen ajan, mutta lentämisestä tehdyt tutkimukset olivat melko pitkälti pelkkää spekulatiota. Veljekset päättivät soveltaa lennokkiinsa hiirihaukkojen lentotapaa nostamalla siipiensä kärkiä. He asensivat lennokkinsa siipiin narut, joilla he pysyivät ohjaamaan niitä maasta käsin. Onnistuneen kokeilun jälkeen Wrightit rakensivat liitimen, jota ohjattiin myös siivenkärkiä nostamalla ja laskemalla. Veljekset myös lisäsivät myöhemmin peräsimen, johon he lisäsivät saranat, jotta siitä saatiin liikkuva. Sitten he yhdistivät peräsimen vaijerilla siipiä ohjaaviin vaijerihin. Näin lentäjä kykeni muuttamaan vaijerien avulla sekä siipien, että peräsimen asentoa. (Tulirinta 2014, 17-19.)

Seuraavaksi lentokone tarvitsi moottorin, joka olisi tarpeeksi tehokas saadakseen lentokoneen ilmaan, mutta myös kevyt ja luja. Sellaista moottoria ei ollut, joten Wrightit yhdessä mekaanikko Charlie Taylorin kanssa rakensivat sellaisen. Potkurista tehtiin lentokoneen siipeä muistuttava malli, joka liikkui spiraalimaisesti eteenpäin. (Tulirinta 2014, 20.)

Vaikka Wrightit kehittivät lentokonettaan ja heistä tuli jo taitavia lentäjiä tehden kuvioita ilmassa, ihmiset eivät olleet kiinnostuneita heidän keksinnöstään. Itseasiassa valtaosa ihmisistä ei edes uskonut heidän puheisiinsa lentämisestä. Kukaan ei myöskään halunnut ostaa lentokonetta, jonka toimivuus oli epävarmaa. Veljekset saivat vasta vuonna 1908 tehtyä kauppasopimuksen Yhdysvaltojen puolustusministeriön kanssa ja tuotantosopimuksen ranskalaisen lentokonetehtaan kanssa. Tämän jälkeen suosio lentokoneita kohtaan kasvoi. Wilbur Wright kuoli pian tämän jälkeen lavantautiin vuonna 1912. Orville Wright jatkoi lentotekniikan kehitystyötä ja keksi muun muassa automaattiohjauksen. (Tulirinta 2014, 21.)

1900-luvun alussa höyrykonetta alettiin hyödyntämään lentokoneissa. Saksassa aloitettiin 1903 ilma-laivakokeilu, jonka seurauksena myöhemmin syntyi lentoyhtiö Lufthansa. Alussa lentoliikenne oli postiliikenteen hoitamista ja 1920-luvulla alettiin kehittämään reittiliikennettä. (Verhelä 2016, 191.) 1920-luku oli ensimmäinen aikakausi, jolloin lentokoneita oli suunniteltu nimenomaan matkustajakoneiksi. (Appelbaum 2017.)

Vuonna 1920 perustettiin Suomen Ilmailuliikenne Oy ja Lento Oy. Siviili-ilmailu aloitettiin kuitenkin varsinaisesti vuonna 1923, vaikkakin postilentoja olikin tehty jo vuonna 1919. Myöskin vuosina 1920-21 Suomen Ilmailuliikenne ja Lento Oy tekivät huvilentoja Helsingistä Tallinnaan ja Viipuriin.

Myöhemmin Helsingin ja Tallinnan välisen lentoliikenteen aloitti saksalaisten rahoittama AS Aeronaut -yhtiö. Suomen Välityskeskus Oy hoiti AS Aerotin huolintapalvelut, ja myöhemmin syyskuussa 1923 Suomen Välityskeskuksen johtaja Bruno Lucander perusti Aero Oy:n. Yhtiöllä ei ollut alkujaan lentotoimintaa ennen kuin saksalainen Hugo Junkers tuli yhtiön osakkaaksi ja myi sille neljä kappaletta Junkers F 13 –merkkistä matkustajakonetta. Ensimmäinen kone saatiin Suomeen vuonna 1924, ja pian sen jälkeen aloitettiin reittiliikenne Tallinnaan ja myöhemmin Tukholmaan. (Verhelä 2016, 195.)

1920-luvulla lentokoneet valmistettiin eristämättömistä metallilevyistä, jotka ravistelivat voimakkaasti tuulessa tehden matkustajille matkasta epämukavan ja kylmän. Tuon ajan koneisiin matkustajia mahtui noin 20. Lentokoneet olivat myös melko hitaita ja polttoainekulutuksen vuoksi ne joutuivat pysähtymään usein tankkaamaan. (Appelbaum 2017.)

1930-luvulla lentokoneissa otettiin käyttöön lentoemännät, jonka myötä palvelu parani. Myös lentokoneiden mukavuuteen panostettiin muun muassa pehmustetuilla istuimilla, ja edellisen vuosikymmenen kylmät lentokoneet olivat vaihtuneet lämmitettyihin ja äänieristettyihin koneisiin. (Appelbaum 2017.) 1930-luvulle siirryttäessä lentokoneet ja ilmalaivat ottivat toisistaan mittaa. Ilmalaivoilla pystyi lentämään pitkiä matkoja, jopa Atlantin yli ja niissä oli lentokoneita mukavampi matkustaa. Mutta Yhdysvalloissa vuonna 1937 tapahtunut ilmalaiva Hindenburgin onnettomuus pysäytti ilmalaivojen valmistamisen. Lentokoneiden valmistus oli taas puolestaan nousussa. (TUI 2017.)

Eryityisesti toinen maailmansota vauhditti lentokoneiden valmistusta ja kehitystä. Toisen maailmansodan aikana Britannian, Saksan, Yhdysvaltojen, Venäjän, Italian ja Japanin sotateollisuudessa rakennettiin kaiken kaikkiaan 794 665 lentokonetta, kertoo Yhdysvaltojen tilastokeskus. (Fafner 2017.) Tosin 1940-luvulla lentokoneita rakennettiin nimenomaan sotatarkoitukseen eikä kaupallisiin lentoihin. Sodan päätyttyä lentokoneita jäi kuitenkin suuria määriä etenkin Eurooppaan ja Yhdysvaltoihin, samoin kuin pitkiä kiitoratoja, joita uudelleen käytettiin kaupallisiin lentoihin. (Appelbaum 2017.)

Kansainvälinen ilmakuljetusliitto IATA (International Air Transport Association) perustettiin Kuuban Havannassa 19. huhtikuuta vuonna 1945. IATA on tärkeässä roolissa lentoyhtiöiden välisessä yhteistyössä turvallisuuden, luotettavien, varmojen ja taloudellisten lentoliikennepalvelujen edistämisessä. IATA:n alku vuosina sen pääpaino oli keskittyä turvallisuuteen. Vaadittiin korkeimmat standardit lentokentän infrastruktuurissa ja lentotoiminnassa. IATA antoi tärkeän panostuksen ICAO:n (International Civil Aviation Organization) työhön, kun kyseinen organisaatio laati standardit ja suositellut käytännöt siviili-ilmailun harjoittamiseen. Alussa suurin osa IATA:n jäsenistä oli Euroopasta ja Pohjois-Amerikasta. Nykyään sillä on jäseniä ympäri maailman jopa 120 maasta. (IATA 2019.)

Kansainvälinen lentoliikenne kasvoi vauhdilla. Suurin osa kasvusta vauhditti teknisiä innovaatioita. Turbopotkurilentokoneet otettiin käyttöön 1950-luvun alkupuolella, transatlanttiset suihkukoneet 1950-luvun lopussa, laajaruonkolentokoneet ja myöhemmin edistynyt ilmailuelektroniikka. Niiden myötä nopeudet suurenivat, koot kasvoivat, yksikkökustannusten hallinta parani, jonka seurauksena hinnat alenivat, ja lentomatkojen kysyntä kasvoi. (IATA 2019.)

Tekninen kehitys kiihdytti myös matkailun kasvua. Ensimmäinen Boeing 707 –suihkukone otettiin käyttöön vuonna 1958. Suihkumoottori nopeutti lentämistä huomattavasti sekä koneista saatiin isommat ja täten enemmän matkustajia kyytiin. Suomessa suihkumoottorikoneilla aloitettiin lennot vasta 1960-luvun puolella, Aero Caravellellä. 1960-luku oli muutenkin Suomessa matkailun aikaa elintason noustessa nopeasti. Myös useat matkatoimistot perustettiin Suomeen 1960-luvulla, kuten esimerkiksi Aurinkomatkat, Vingresor (nykyinen TUI), Keihäsmatkat ja Tjäreborg. (TUI 2017.)

Suihkumoottorilentokoneet takasivat nopeamman kyydin kuin aiemmin. Lisäksi suihkumoottoritekniikan käyttöönotolla saavutetuista tehokkuuksista oli kyky lentää keskeytyksettä kahden verkon välillä. Esimerkkinä tästä non-stop-palvelujen käyttöönotto esimerkiksi Tyynenmeren yli Australian ja Yhdysvaltojen välillä (Duval 2007, 154.)

Kansainvälinen öljykriisi laannutti hieman matkailua vuonna 1973 ja teki hallaa lentoyhtiöille polttoaineen hinnan nousun vuoksi. Joitakin lentoyhtiöitä meni tämän vuoksi konkurssiin. Matkustajamäärät kuitenkin nousivat edelleen öljykriisistä huolimatta, mutta huomattavasti hitaammin, mitä 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa. 1970-luvulla otettiin käyttöön ylääänikoneita, mutta vaikka tuolloin usottiin, että ylääänikoneista tulee uusi yleinen matkustusmuoto, näin ei kuitenkaan käynyt. Yläääni koneet kuluttivat valtavasti polttoainetta, eikä sitä sen kustannusten vuoksi enää juurikaan käytetty. (Finavia 2019.)

5.3 Ekologisuus

Lentomatkailu on saastuttavin liikennemuoto, mutta myös lentomatkailun päästöjä yritetään minimoida ja ottaa huomioon uusiutuvat energiat ja ympäristö. Ilmailuteollisuus on tukenut ajatusta suihkumoottoareidensa ilmastovaikutusten lieventämisestä. Valmistajat ovat ryhtyneet toimiin nykyisten moottoreiden tehokkuuden parantamiseksi, ja jotkut liikenteenharjoittajat ovat alkaneet korvata osan tavanomaisista lentopolttoaineistaan puhtaammin poltettavilla biopolttoaineilla (Fountain 2016.)

Uusiutuvia polttoaineita tullaan hyödyntämään nyt ja tulevaisuudessa lentokoneissa päästöjen vähentämiseksi. Tuotteita on jo suunniteltu ja valmistettu, mutta tämä vaatii vielä kehittelyä sekä tuotannon jatkuvuutta. Polttoaineen käyttö on kuitenkin kokenut huimia edistyksiä vuosien saatossa, sillä tällä hetkellä sen käyttö on matkustajaa ja matkakilometriä kohden jopa noin 70 prosenttia tehokkaampaa kuin mitä se oli 40 vuotta sitten. (Finavia 2019.)

ICAO määrittelee vaihtoehtoisen polttoaineen ”miksi tahansa polttoaineeksi, jolla on mahdollisuus tuottaa vähemmän hiilidioksidipäästöjä elinkaari pohjaisesti verrattuna perinteiseen kerosiiniin”. Kerosiini on jalostettu raakaöljystä lentokoneiden polttoaineeksi. Uusiutuvat polttoaineet aiotaan valmistaa myös huomioiden kestävä kehitys, eli polttoaineen raaka-aineina ei käytetä esimerkiksi syötäväksi kelpaavia viljoja. (Niemistö, Soimakallio, Nissinen & Salo 2019, 31, 36.)

Sähkökäyttöisiä lentokoneita aiotaan myös ottaa käyttöön, sillä sähkön käyttö vähentää lentoliikenteen energiankulutusta, ylläpitokustannuksia ja ympäristövaikutuksia tarjoamalla samalla sujuvan ja turvallisemman matkustajakokemuksen. (Eviation 2019). Päästöt pienenevät huomattavasti akkukäyttöisten sähkömoottoreiden avulla. Mutta myös ympäristöystävällisyyden lisäksi melutaso ja turbulenssit vähenevät, jolloin matkustusmukavuus paranee. (Siemens 2018.) Norjassa suunnitellaan sähkökäyttöisiä matkustajalentokoneita liikennöimään jo vuonna 2025 sekä koko lentoliikenteen sähköistämistä vuoteen 2040 mennessä. Airbusin ja Boeingin on tarkoitus kehittää matkustajakoneita toimivaksi hybridimoottorilla. (Niemistö, Soimakallio, Nissinen & Salo 2019, 36.)

Lentokoneiden polttoaineenkulutukseen vaikuttavat lentokoneen polttoainetalous, istuinpaikkojen määrän tiheys, lentokoneen rahdin määrä ja matkustajapaikkojen täyttöaste. Moottoritekniikan kehittyminen vaikuttaa lentokoneiden päästötehokkuuteen. Lentokoneiden moottoritekniikan kehitys johtaa polttoainekulutuksen vähenemiseen. Potkuriturbiinikoneet kuluttavat polttoainetta huomattavasti vähemmän mitä suihkukoneet. (Finavia 2019.) Uuden kaluston kehittäminen on tärkeää, mutta lentokonekanta kehittyy kuitenkin melko hitaasti. Kun tietty konetyyppi on hyväksytty, sitä valmistetaan yli 20 vuoden ajan, esimerkiksi nyt hyväksytyjä konetyyppejä on käytössä jopa noin 2060-luvulle. (Ilmastoapu 2019.)

Verrattuna vanhempiin lentokonemalleihin uudet mallit, kuten esimerkiksi Airbus-A350 pienentää polttoainekulutusta ja hiilidioksidipäästöjä matkustajaa kohden hieman yli 20 prosenttia. Kaksimoottoriset koneet takaavat paremman polttoainetalouden ja pienemmät päästöt erityisesti kaukolennoilla, minkä vuoksi suurten nelimoottoristen koneiden valmistusta vähennetään. Suuren Airbus A380-koneen valmistus päättyy vuonna 2021. Boeing valmistaa vielä 747-jumbojättiä, mutta pääasiallisesti rahtikäyttöön. Matkustajaversioon valmistettu jumbojetin versio 747-81 ei käy hyvin kaupaksi. (Turkula 2019.)

5.4 Flygskam

Flygskam on Ruotsista tullut termi, joka tarkoittaa lentohäpeää. Ympäristövaikutukset ovat nousseet yhä kiihtyneimmäksi viime aikoina ja sen vuoksi mietitään keinoja, joilla vähentää hiilijalanjälkeä. Etenkin lentokoneet ja niiden päästöt ovat herättäneet keskustelua. (Kotimaisten kielten keskus 2019.) Maailmassa täytyisi merkittävästi vähentää kasvihuonepäästöjä ja silti lentäminen on kasvussa. (Timperley 2019). Flygskamin tarkoituksena on aiheuttaa lentohäpeää erityisesti julkisuuden henkilöiden kuten somevaikuttajien käyttämistä lentokilometreistä ja siitä aiheutuvista päästöistä, ja saada siten somevaikuttajat vähentämään lentomatkailua, jolloin se voisi heijastua myös suuremmalle yleisölle (Kotimaisten kielten keskus 2019.)

Flygskam ei ainakaan toistaiseksi ole globaali trendi, mutta se kuitenkin osoittaa, että raideliikenne on niin sanotusti tullut takaisin muotiin ja yhä useammat ihmiset valitsevat junamatkan lentomatkojen sijasta. Tämä trendi edistää raideliikennettä kestävämpänä ja syyttömämpänä vaihtoehtona lentämiseen. Mikäli lentojen hinnat nousisivat, junat pystyisivät paremmin kilpailemaan lentokoneiden kanssa. Lisäksi nopeampien rautatiereittien lisääminen voisi saada useammat vaihtamaan lentomatkansa junamatkaan. (Berti 2019).

Flight Free 2020 -kampanjan johtaja Anna Hughes painottaa, että lentämisen vähentämisen tarkoituksena ei missään nimessä ole vähentää matkustamista. Hän muistuttaa, että on useita paikkoja, joihin pääsee muilla keinoin kuin lentäen. Liikkeen tarkoituksena on saada ihmiset nauttimaan ja tekemään tarkoituksellisia matkoja, joihin junamatkailu sopii hyvin. (Timperley 2019.)

Junamatka voi myös olla elämys. Elämyksen voi saada junan sisällä kohtaamista ihmisistä tai ruuasta tai sitten elämyksen voivat tuoda junamatkan upeat maisemat. Esimerkiksi The Reunification Express Vietnamissa tarjoaa upeat maisemat historiallisten kaupunkien läpi sekä myös rannikon uljaat näkymät. Junarata onkin Etelä-Aasian rakastetuin reitti. Amtrakin Kalifornian Zephyr juna taas vie matkajan Pohjois-Amerikan luonnonkauniiden maisemien läpi. Matka Chicagosta San Franciscoon kestää kolme päivää ja matkailijat voivat ihastella preerioiden, aavikoiden ja Kalliovuorten upeita näkymiä. (Lonely Planet 2019.) Lisäksi junat tarjoavat asiakkailleen erilaisia ravintolapalveluita vaatimattomista myyntikärryistä hulppeisiin ravintola- ja kahvilavaunuihin. Rautateiden ravitsemispalvelut, tuotevalikoima, asiakaspalvelu sekä viihtyisät tilat tekevätkin raideliikenteestä varteenotettavan kilpailijan muun muassa lentoliikenteen kanssa. (Verhelä 2000, 203.)

5.5 Tulevaisuus

Ihmiset tulevat yhä tietoisimmiksi lentämisen ympäristövaikutuksista ja mikä tärkeintä yhä useampi ihminen välittää niistä, joten on varmasti selvää, että lentokoneista tulee ympäristöystävällisempiä ja innovatiivisempia. Voi olla mahdollista, että pian lennetään aurinkovoimasta ja sähköstä toimivilla lentokoneilla. Tässä käytettäisiin uusiutuvia energianlähteitä ja saasteet vähenisivät. (Indiano 2016.)

Vuosina 2015-2016 Solar Impulse 2 -lentokone kiersi maapallon Abu Dhabista Havaijille toimien pelkällä auringosta saadulla energialla. Koneessa on tuhansia aurinkokennoja sekä ladattavat litiumakut, jotta koneella pystyy lentämään myös yöaikaan. Solar Impulse on ensimmäinen lentokone, jolla on voitu lentää päivisin ja öisin ilman minkäänlaista polttoainetta. (Solarimpulse Foundation.) Vaikka Solar Impulse lensi toimien pelkällä aurinkoenergialla, on vielä paljon kehitettävää ennen kuin pelkkää aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää lentämisessä.

Sähkövoiman hyödyntämistä kehitetään monissa eri projekteissa eri tahoilta. Muun muassa Finavia tekee Helsingin Sähkölentoyhdistyksen kanssa yhteistyötä selvittääkseen tietoa sähkölentämisestä.

Sähkölentokoneet ovat askel kohti ilmastoystävällisempää lentämistä ja keino kamppailla ilmastonmuutosta vastaan. (Finavia 2018.) Myös Finnair on ottanut osaa uuteen pohjoismaiseen hankkeeseen, jonka tarkoituksena on edistää sähkölentämisen kehitystä. Hankkeessa on mukana useita pohjoismaisia lentoalan toimijoita, yhteensä yksitoista: Air Greenland, Avinor, Braathens Regional Airlines, El-fly AS, Finnair, Heart Aerospace, Iceland Air, NISA, Ruotsin valtion tutkimuslaitos RISE, SAS ja Swedavia. Hankkeelle on myönnetty Pohjoismaiden Ministerineuvoston Nordic Innovation -rahoitus. (Finnair 2019.)

Finnairin operatiivinen johtaja Jaakko Schildt kertoo olevansa sitä mieltä, että teknologiset innovaatiot tarjoavat suurimmat ratkaisut lentämisen päästöhaasteeseen. Hankkeen tavoitteena on tehdä lentämisestä hiilineutraalisempaa. (Finnair 2019.)

Tällä hankkeella on selvät tavoitteet sähkölentämisen kehittämiseen, jotka on jaettu neljään osa-alueeseen, jotka ovat: 1. Sähkölentämisen infrastruktuurin standardisointi Pohjoismaissa, 2. Liiketoimintamallien kehittäminen alueelliseen lentämiseen, 3. Lentoteknologian kehittäminen pohjoisen sääolosuhteisiin ja 4. Alustan luominen eurooppalaiselle ja globaalille yhteisölle. Nina Egeli, Senior Innovation Advisor, Nordic Innovationilta, on vakuuttunut hankkeen potentiaalista. Egeli sanoo, että hankkeen avulla voidaan vaikuttaa elämänlaatuun, kestäväan kehitykseen kuin myös saavutettavuuteenkin. (Finnair 2019.)

Eviationin suunnittelema sähkökone, Alicen, on tarkoitus aloittaa liikennöinti vuonna 2022. Kone on pieni ja kevyt, mutta äärimmäisen mukava. Lentokoneen yleiset melut ja tärähtelyt ovat huomattavasti pienemmät tässä koneessa sen sähkökäyttöisyyden vuoksi. Koneessa on käytössä 920kwh akku. (Eviation 2019.)

NASA:lla on käynnissä projekti, jolla se haluaa osoittaa sähkönkäytön hyödyn ilmailualalle. Ilmassa on vuosittain yhä useampia lentokoneita, mikä tarkoittaa, että haaste ilma-alusten tehokkuuden, melun ja päästöjen torjumiseksi kasvaa. NASA:n X-57 Maxwell viraston ensimmäinen täysin sähköllä toimiva X-kone pyrkii vastaamaan tähän haasteeseen esittelemällä innovatiivista tekniikkaa sähkökäyttöisen kokeellisen lennon kautta. Tämä vaatii useita eri vaiheita, joita X-57 projektin on tarkoitus toteuttaa. (Conner 2019.)

Sähkölentokoneiden kehitys on huimaa ja sen kehittämistä on käynnissä useita eri projekteja eri tahoilla. Konsulttiyritys Roland Bergerin on laskenut, että maailmassa on tällä hetkellä kehitteillä noin sata sähkölentokonetta. (Kallavuo 2019.) Airbus E-Fan X:llä on tavoitteena suorittaa testilentoja vuonna 2021. Kone on hybridi ja yksi sen neljästä kaasuturbiinimoottorista on korvattu kahden megawatin sähkömoottorilla. Airbus koneiden sähköistämisestä vastaava teknologiajohtaja Glenn Llewellyn on optimistinen testiohjelman vaikutuksesta selvittää, miten teknologiaa voidaan hyödyntää 2030-luvun matkustajaliikenteessä. Boeingin ympäristöstrategian vastaava johtaja Sean Newsum puolestaan on sitä mieltä, että menee vielä vuosia ennen kuin sähköisistä lennoista saadaan kaupallisia. Newsum on kuitenkin vahvasti uusien teknologioiden kehittämisen kannalla ja Boeing jatkaa perinteisten konetyyppien innovoimista. (Ziemann 2019.)

6 TUTKIMUKSEN MENETELMÄT

Tämä opinnäytetyö on kirjoituspöytä tutkimus, jossa on käytetty kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta. Kirjoituspöytä tutkimuksessa hyödynnetään jo olemassa olevaa aineistoa eli sekundaariaineistoa. Kirjoituspöytä tutkimuksen englannin kielen termi ”desk study” tai ”desk research” viittaa tutkimukseen, joka tehdään puhtaasti lähteiden perusteella, eikä fyysisten tutkimusten avulla eli tutkimus voidaan tehdä ”pöydän ääressä istuen”.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan historiaa, nykyaikaa ja tulevaisuutta niin menetelmänä on luonnollista hyödyntää historian tutkimusmenetelmää, joka muodostuu erilaisista lähdeaineistoista. Tutkimusaineistoa on kerätty niin kirjoista kuin myös kirjallisista ja sähköisistä artikkeleista sekä muista sähköisistä lähteistä.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on tarkoitus tutkia aihetta mahdollisimman kattavasti. Tutkimusta varten on yritetty etsiä mahdollisimman päteviä lähteitä tutkimusaiheesta, vertailla eri lähteiden antamaa tietoa ja tulkita sitä. Historiantutkimus on menneisyyden analyttistä ja kriittistä arvioimista niillä tiedoin, joita tutkijalla on. Historiantutkimus auttaa ymmärtämään nykyisyyttä sekä arvioimaan tulevaisuutta, sillä katsomalla menneisyyteen pystytään luomaan laaja analyysi historiallisesti menneisyydestä ja erottamaan tekijät, jotka ovat kulloinkin vaikuttaneet historialliseen kehitykseen. (Autio-Sarasma 2008.)

Historian tutkimusta on moitittu äärimmäisen lähderiippuvaiseksi tieteenalaksi, mutta nykyään aineistot ovat paljon monipuolisempia kuin aiemmin. Lähestulkoon kaikki inhimillisen toiminnan jäänteet voivat olla historian tutkijan aineistona. Ennen historian aineisto piti kaivaa arkistoista, mutta nyt aineistoksi käyvät esimerkiksi niin valokuvat ja äänitteet kuin myös lehdet, haastattelut ja esiinnot (Autio-Sarasma 2008.)

Kuitenkin riskit, joita kirjoituspöytä tutkimuksessa esiintyy liittyvät usein siihen, onko tutkija valinnut tarpeeksi asianmukaisia ja luotettavia lähteitä ja osataanko niitä tulkita oikein. On kuitenkin osattava huomioida, että ihmisillä on asioista eriäviä mielipiteitä, minkä vuoksi yhden ihmisen tekemä tutkimus on kyseisen tutkijan näkökulma aiheesta.

Tulevaisuutta tarkastellessa tulevaisuudentutkija pyrkii selvittämään nykyhetkessä olevia käsityksiä tulevaisuudesta, siihen liittyviä toiveita, uhkia ja mahdollisuuksia. Näistä käsityksistä ja toiminnoista voidaan vetää johtopäätöksiä siitä, kuinka nämä vaikuttavat toteutuvaan tulevaisuuteen (Rubin 2010.)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa käy ilmi, että matkailu ei ole vähenemässä tulevaisuudessa, vaan päinvastoin kasvussa. Lentomatkailu herättää joissakin ihmisissä huolta ja sen seurauksena junamatkustus voi nousta lentomatkailun tilalle, niiden nopean vauhdin ja mukavuuden vuoksi. Kaikkia liikennemuotoja kehitetään kuitenkin ympäristöystävällisempään suuntaan koko ajan. Uusiutuvat energiamuodot, kuten tuuli- ja aurinkoenergia ovat tärkeässä roolissa liikennevälineiden kehityksessä. Mutta varmaa on, että liikenteestä ei saa päästötöntä, joten matkustaminen tulee tulevaisuudessakin aina saastuttamaan ympäristöä jossakin määrin. Uudet innovaatiot pienentävät päästöjä, mutta eivät voi niitä täysin hävittää.

Kaikki liikennemuodot ovat kehittyneet huomasti niiden alkua ajoilta. Risuista ja kaisloista valmistettu lautta on vaihtunut suuriin matkustajalauttoihin ja luksusristeilijöihin, joiden ainoana tarkoituksena ei enää ole vain kuljettaa ihmisiä paikasta toiseen, vaan laivoista itsestään on tullut viihteen tarjoajia kylpylöineen, ravintoloineen ja teattereineen. Hitaat ja epämukavat junat tarjoavat nykyään nopean ja tasaisen kyydin uusituville energioilla vanhojen höyryveturien sijaan. Lentokoneiden nopeus on kasvanut ja kaluston kehittäminen on vähentänyt päästöjä huomattavasti.

Uusiutuvien energioiden, kuten aurinko- ja tuulienergian käyttö on voimakasta kulkuneuvoissa, erityisesti raideliikenteessä. Sähkön käyttö etenkin ilmailussa on kehityksen alla. Teknologian kehittyminen on tarjonnut tilaisuuden kehittää kulkuneuvojen automatisaatiota ja moottoreita tehden niistä entistäkin nopeampia, turvallisempia ja ekologisempia. Liikennevälineistä aiheutuvat haitat ympäristölle ovat kiistattomat ja ne huomioidaan, mutta muutokseen tarvitaan aina rahaa ja säädöksiä, jos halutaan, että kaikki ottavat ympäristön huomioon.

Matkustamisesta on tullut mukavampaa mitä se ennen oli nopeuden, teknologian ja esimerkiksi istuinmukavuuksien myötä. Tämä tekee esimerkiksi pitkistä matkoista houkuttelevimpia. Muun muassa lentoliikenne on kasvussa, mikä osoittaa, että matkailusta on tullut ns. normaalia, kun taas ennen se oli rikkaiden etuoikeus. Enää ei ole esimerkiksi kummoista matkustaa toiselle puolelle maailmaa, mikä taas aiemmin olisi ollut haastavampi asia liikennemuotojen hitauden, kaluston ja hintojen vuoksi.

Ihminen voi itse matkailussa vaikuttaa liikennemuotojen valitsemiseen. Erilaiset tehdyt kyselyt ja aatteet esimerkiksi flygskam osoittavat, että ihmiset ovat kiinnostuneita kulkuneuvojen aiheuttamista päästöistä, ja he myös välittävät niistä. Eri yrityksillä on paljon tietoa näkyvillä heidän kalustonsa ja muun muassa ympäristöarvoista, joten matkailijat voivat valita heille sopivimman liikku mistavan. Ihmiset saavat tietoa yhä enemmän siitä, mitkä asiat kulkuneuvoissa vaikuttaa ympäristöön ja miten käytetään erilaisia päästölaskureita. He pystyvät näin ollen suunnittelemaan matkansa paremmin. Voi miettiä voiko matkanteon vaihtaa lennon sijasta junamatkaan tai olisiko välilaskujen

sijaan kohteeseen suoria lentoja tai huolehtiiko tämä yhtiö jätteistään. Matkailija voi siis tehdä ainakin omasta matkastaan ympäristöystävällisemmän. Matkailija voi miettiä, onko tärkeämpää päästä kohteeseen nopeasti vai onko ympäristöasiat tärkeämpi asia, tosin nykyään junien nopeudet alkavat kilpailemaan lentokoneiden kanssa, joten nopeus ei välttämättä siinä valinnassa enää tulevaisuudessa juurikaan vaikuta. Lentokoneiden tilavissa business- ja ykkösluokissa matkustusmukavuus on hyvä, mutta matkan voi tehdä myös vähemmän kuluttavassa economy-luokassa.

Taloudellinen tilanne ja säädökset vaikuttavat olennaisesti kulkuneuvojen kehittämiseen ympäristöystävällisemmäksi. Uusi ekologisempi kalusto liikennemuodoissa vaatii kehittämistä, joka taas vaatii rahaa toteutuakseen. Lisäksi historiaa tarkastellessa käy ilmi, että raha on vaikuttanut kulkuneuvojen kehittämiseen, esimerkiksi vaikka ihmisillä oli tieto, että metalli on puuta kestävämpää, sen hinta rajoitti sen käyttöön ottamista. Säädöksillä puolestaan pystytään rajoittamaan kulkuneuvojen päästöjä. On säädöksiä, jotka määräävät esimerkiksi vähentämään lentämisestä aiheutuvia päästöjä sekä kieltävät jätteiden laskemisen meriin. Tämä johtaa kehittämään muun muassa ympäristöystävällisempiä polttoaineita.

8 POHDINTA

Tavoitteeni tarkastella ekologisuutta onnistui mielestäni hyvin, mutta myös sosiaalista ja taloudellista näkökulmaa sivuttiin muun muassa eri säädöksiä ja rahoituksia tarkastellessa. Käytin paljon monipuolisia lähteitä ja yritin valita luotettavat. Haastetta lähteiden etsimisessä tuotti se, kun samasta aiheesta löytyi hieman eri tietoa eri lähteissä, joten oli välillä vaikea selvittää mikä niistä oli luotettavin. Koitin ottaa parhaani mukaan ulkomaalaisia lähteitä, jotta tutkimuksesta saisi mahdollisimman monipuolisemman.

Työ jäi ehkä kuitenkin jollain tapaa suppeaksi. Työstä olisi saanut ehkä enemmän irti, kun olisi keskittynyt vain yhden tietyn liikennemuodon tutkimiseen. Historian tutkiminen ei ehkä onnistunut omalla toivomallani tavalla. Luotettavia lähteitä oli vaikeaa löytää ja ehkä aiheeni rajaus keskittyi kuitenkin enemmän nykyisyyden ja tulevaisuuden tutkimiseen. Mutta silti mielestäni oli tärkeää, että tutkimuksessani käsiteltiin myös historiaa, jotta kulkuneuvojen kehitys on mahdollista nähdä. Jollakin tavalla aihe meinasi mennä enemmän tekniikan kuin matkailun puolelle, mikä teki kirjoittamisesta välillä haastavaa.

Tästä työstä sain kuitenkin paljon tietoa mitä eri kulkumuodot kuluttavat ja miten ne vaikuttavat ympäristöön. Voin itse jatkossa suunnitella paremmin matkani. Suomessa ollaan hienosti mukana ympäristöasioissa, kuten esimerkiksi Finnairin, Tallink Silja Oy:n ja VR:n toiminnat osoittavat.

Työn tutkimusta voi jatkaa, esimerkiksi selvittämällä valitsevatko matkustajat kulkuvälineensä ympäristöystävällisyyden perusteella. Tätä työtä voi käyttää myös tarkastelun pohjana ovatko tulevaisuuden tavoitteet esimerkiksi päästöjen vähentämisestä tai lentokoneiden sähkömoottoreista tuottaneet tulosta.

LÄHTEET

- AALTO-YLIOPISTO. 2017. Uutiset: Meritekniiikan opiskelijat kehittävät tulevaisuuden laivoja. [Viitattu 2019-11-01.] Saatavissa: <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/meritekniiikan-opiskelijat-kehittavat-tulevaisuuden-laivoja>
- ABB. 2018. Tekniikkaa maailman merillä. [Viitattu 2019-11-01.] Saatavissa: <https://new.abb.com/news/fi/detail/9078/tekniikkaa-maailman-merilla>
- ACARE. Delivering Europe's Vision for Aviation ACARE Strategic Research and Innovation Agenda update. [Viitattu 2019-11-18.] Saatavissa: <https://www.acare4europe.org/news-events/news>
- APPELBAUM, Ciara. 2017. Vintage photos show what air travel looked like in every decade. [Verkkoartikkeli 2017-10-24.] [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.insider.com/air-travel-in-every-decade-2017-8>
- AUTIO-SARASMO, Sari. 2008. Historian tutkimus, tutkimusprosessi. Mitä historian tutkimus on? [Viitattu 2019-06-11.] Saatavissa: <http://www.enorssi.fi/enorssi-verkosto/virmo/virmo-1/kashisnet/kasvatuksen-historian-tutkimus/kasvatuksen-historian-tutkimusprosessi>
- BARANIUK, Chirs. 2018. BBC-Future. The ships that could change the seas forever. [Viitattu 2019-11-05.] Saatavissa: <https://www.bbc.com/future/article/20170918-the-ships-that-could-change-the-seas-forever>
- BEETZ, Becky. 2011. PV Magazine: China Sunenergy to supply modules to Nanjing South Railway solar project. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: https://www.pv-magazine.com/2011/01/10/china-sunenergy-to-supply-modules-to-nanjing-south-railway-solar-project_10001930/
- BEETZ, Becky. 2019. PV Magazine: Bankset Energy announces GW-scale plans for solar railways the world over. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-06.] Saatavissa: <https://www.pv-magazine.com/2018/10/10/bankset-energy-announces-gw-scale-plans-for-solar-railways-the-world-over/>
- BERTI, Adele. 2019. Railway Technology. Solar-powered trains: the future of trains? [Viitattu 2019-11-18.] Saatavissa: <https://www.railway-technology.com/features/solar-powered-trains/>
- BERTI, Adele. 2019. Railway Technology. Flight shaming: can railroads replace flying? [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://www.railway-technology.com/features/rail-transport-in-sweden/>
- BLOMGREN, R., MALMBERG, T. & RAUDSEP, P. 2006. Laiva saapui Helsinkiin. Helsingin matkustaja-laivaliikenteen kehitys 1820-luvulta nykypäivään. Helsinki: Raud Publishing.
- BLOOMBERG. 2019. The japan times news: China's energy game plan features a giant coal-hauling rail line. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: <https://www.japantimes.co.jp/news/2019/09/20/world/china-energy-plan-coal-rail/#.XejAYOgzbiW>
- BRAX, Anne. 2015. WWF Suomi. [mediatiedote 2015-14-05]. [Viitattu 2019-12-03.] Saatavissa: <https://wwf.fi/tiedotteet/2015/05/kysely-kansainvaliset-luksuristeilijat-aikovat-jatkaa-itameren-saastuttamista/>
- CONNER, Monroe. 2019. NASA. Concept to Reality: NASA marks milestones in development of Electric X-57. [Viitattu 2019-11-07.] Saatavissa: <https://www.nasa.gov/centers/armstrong/features/Major-Milestones-for-NASAs-Electric-X-Plane.html>
- DICKINSON, Janet. & LUMSDON, Les. 2010. Slow Travel and Tourism. UK: Earthscan.
- DUVAL, David T. 2007. Tourism and Transport. Great Britain: MPG Books Ltd.
- ELMICH. 2014. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: <http://elmich.com/global/>
- EVIATION. 2019. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://www.eviation.co/company/>

- FAFNER, H. 2017. Historia. 10 toisen maailmansodan floppia. [verkkolehti]. [Viitattu 2019-10-18.] Saatavissa: <https://historianet.fi/tekniikka/aseet/10-toisen-maailmansodan-floppia>
- FINAVIA. 2018. Finavia mukaan rahoittamaan Suomen ensimmäinen sähkölentokoneen testausta ja kehitystä. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-11-6.] Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2018/finavia-mukaan-rahoittamaan-suomen-ensimmaisen-sahkolentokoneen-testausta-ja-0>
- FINAVIA. Lentoliikenne ja ilmasto. [Viitattu 2019-11-7.] Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/lentoliikenne-ja-ilmasto>
- FINAVIA. 2019. Tietoa lentoliikenteestä. [Viitattu 2019-11-18.] Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/tietoa-lentoliikenteesta>
- FINAVIA. 2018. Suomalaisen lentämisen historia: 1970-luku – Lentokaappaukset herättävät huomiota ja Aasian-reittiliikenne aukeaa. [verkkootikkeli]. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2018/suomalaisen-lentamisen-historia-1970-luku-lentokonekaappaukset-herattavat-huomiota>
- FINNAIR. 2019. Finnair liittyy pohjoismaiseen sähkölentämisen hankkeeseen. [Viitattu 2019-10-16.] Saatavissa: <http://www.ilmailua.uutisparkki.com/?cat=11>
- FOUNTAIN, H. 2016. The New York Times. Over 190 countries adopt plan to offset jet emissions. [Viitattu 2019-07-11.] Saatavissa: <https://www.nytimes.com/2016/10/07/science/190-countries-adopt-plan-to-offset-jet-emissions.html?mcubz=1&r=0>
- FRITZE, Joonas. 2016. WWF Suomi: Saastuttamiselle vihdoinkin piste. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-03.] Saatavissa: <https://wwf.fi/wwf-lehti/wwf-lehti-2-2016/saastuttamiselle-vihdoinkin-piste/>
- HEIMA, Timo-Pekka. 2018. Yle uutiset. Sata huippunopeaa junaa, hintalappu yli 2,5 miljardia euroa – Ranskan rautatieyhtiö tekee jättihankinnan. [Viitattu 2019-11-18.] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10325612>
- INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). 2019. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-12-01.] Saatavissa: <https://www.iata.org/Pages/default.aspx>
- IEA. 2019. The future of rail. Opportunities for energy and the environment. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://www.iea.org/futureofrail/>
- ILMASTOAPU. 2019. Lentämisen päästöt. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-06.] Saatavissa: <https://ilmastoapu.fi/news/lentamisen-paastot>
- INDIANO, Andrea. Expedia. Matkailun tulevaisuus. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-9-13]. Saatavissa: <https://blogi.expedia.fi/aurinkovoimalla-toimivat-lentokoneet-sahkolentokoneet-matkustamisen-tulevaisuus-ympariston-kannalta-kestavaa/>
- INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). 2019. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.iata.org/about/pages/history.aspx>
- JÄNKÄLÄ, Susanna. 2019. Matkailun toimialaraportti. [Viitattu 2019-08-27.] Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161292/TEM_3_2019_Matkailun_toimialaraportti.pdf
- KALLAVUO, Mikael. 2019. Pohjoismaissa lentämistä aiotaan sähköistää. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.osallisuusmedia.fi/pohjoismaissa-lentamista-aiotaan-sahkoistaa/>
- KALMARI, Heidi. & KELOLA, Kati. 2009. Vastuullisen matkailijan käsikirja. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy
- KERÄNEN, Matti. 2017. Tekniikka ja talous. Maailman ensimmäinen aurinkovoimalla kulkeva juna liikenteeseen – Vuonna 1949 valmistunut junavanhus uudistettiin. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-07-16.] Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/maailman-ensimmainen-aurinkovoimalla->

- kulkeva-juna-liikenteeseen-vuonna-1949-valmistunut-junavanhus-uudistettiin/59432862-fd85-3f3f-8bb3-124da3612717
- KESKITALO, Katri. 2017. Keskisuomalainen: Valtaosa risteilylaivoista tyhjentää jätevetensä asianmukaisesti Helsingissä. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-12-03.] Saatavissa: <https://www.ksml.fi/kotimaa/Valtaosa-risteilylaivoista-tyhjent%C3%A4%C3%A4-j%C3%A4tevetens%C3%A4-asianmukaisesti-Helsingiss%C3%A4/1011648>
- KESTÄVÄ MATKAILU. 1997. Matkailun osaamiskeskus ja Matkailualan verkostoyliopisto, Joensuun yliopisto, Savonlinna. Kestävän matkailun julkaisu. Mynämäki: Mynäprint Oy.
- KHANJI, Inka. 2017. Rantapallo. Yleisimmät lentokonetyypit. [Viitattu 2019-10-29.] Saatavissa: <https://www.rantapallo.fi/lennot/yleisimmat-lentokonetyypit-ovat-tuttuja-ahkerille-matkailijoille-tunnistatko-sina-6-yleisinta-konetta/>
- KONTTINEN, Hannu. Rauta korvaa puun. Suomen meriarkeologinen seura ry. 2019. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.mas.fi/fi/tutkimus-ja-artikkelit/artikkelit/rauta-korvaa-puun>
- KOSKIMÄKI, Kasper. 2018. Huippunopeiden junien kehitys. Oulun yliopisto teknillinen tiedekunta. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Kandidaatintyö. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201808242672.pdf>
- KOTIMAISTEN KIELTEN KESKUS. 2019. Kuukauden sana heinäkuussa on lentohäpeä. [verkkajulkaisu 2019-08-05]. [Viitattu 2019-11-21.] Saatavissa: https://www.kotus.fi/nyt/kuukauden_sana/kuukauden_sanat_2019/kuukauden_sana_heinakuussa_on_lentohapea.30745.news
- LAMMINEN, Katja. 2018. Maaseudun tulevaisuus. Juna on ylivoimaisesti vihrein kulkuneuvo – potkurikoneella pääsee lähes samoilla päästöillä kuin autolla yksin ajettaessa. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-07-14.] Saatavissa: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/ymparisto/artikkeli-1.226412>
- LAUKALA, Pekka., ORAMA, Matti., & TURUNEN, Matti. 2009. Tunne maasi. Suomen matkailun kehitys ja kehittäjiä. Kerava/Tallinna: Huipputeos Oy
- LIIKENNEFAKTA. 2019. Lentoliikenne. [Viitattu 2019-11-18.] Saatavissa: https://www.liikenne-fakta.fi/markkinat/henkilot_ja_tavarat/lentoliikenne
- LIIKENNE JA VIESTINTÄMINISTERIÖ. 2003. Sosiaalinen kestävyys liikenteen ohjelmason vaikutusarvioinnissa. [diplomityö] [Viitattu 2019-12-02.] Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78459/1_31_2003.pdf?sequence=1
- LIIKENNE- JA VIESTINTÄMINISTERIÖ. 2019. Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 22/2019. Liikennejärjestelmän nykytila ja toimintaympäristön muutokset. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Liikennej%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20nykytila%20ja%20toimintaymp%C3%A4rist%C3%B6n%20muutokset_raportti.pdf
- LONELY PLANET. 2019. 10 of the world's most amazing train journeys. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-12-11.] Saatavissa: <https://www.lonelyplanet.com/articles/worlds-most-amazing-train-journeys>
- MARR, B. 2019. Forbes. The incredible autonomous ships of the future: Run by artificial intelligence rather than a crew. [Viitattu 2019-11-06.] Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/06/05/the-incredible-autonomous-ships-of-the-future-run-by-artificial-intelligence-rather-than-a-crew/#59f459b56fbf>
- MÄNTYENEN, Jorma. Tampereen teknillinen yliopisto. Verne liikenteen tutkimuskeskus. Näkökulmia kestävään kaupunkiliikenteeseen. [Viitattu 2019-12-02.] Saatavissa: https://www.tampereen-seutu.fi/site/assets/files/4334/mantynen-_nakokulmia_kestavaan_kaupunkiliikenteeseen.pdf
- NS. 2019. Sustainable energy. [Viitattu 2019-06-25.] Saatavissa: <https://www.ns.nl/en/about-us/sustainability/energy/sustainable-energy.html>

- NIEMISTÖ, Johanna., SOIMAKALLIO, Sampo., NISSINEN, Ari. & SALO, Marjo. 2019. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Lentomatkustuksen päästöt. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/292417/SYKEra_2_2019.pdf?sequence=6
- NUNNO, Richard. 2018. Environmental and Energy Study Institute. Electrification of U.S. Railways: Pie in the sky, or realistic goal? [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-12-10.] Saatavissa: <https://www.eesi.org/articles/view/electrification-of-u.s.-railways-pie-in-the-sky-or-realistic-goal>
- PERÄLÄ, Reijo. 2008. Yle uutiset: Kun höyryhepo tuli – Rautateiden rakentaminen alkoi 1860-luvulla. [verkkajulkaisu päivitetty 2019-1-23]. [Viitattu 2019-12-9.] Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2008/05/19/kun-hoyryhepo-tuli>
- POHJOLA, Veera. 2014. Yle uutiset: Dieselveturit olivat puuttuva linkki sähkö ja höyryvetureiden välillä. [verkkajulkaisu päivitetty 2019-9-11]. [Viitattu 2019-12-09.] Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/06/12/dieselveturit-olivat-puuttuva-linkki-sahko-ja-hoyryvetureiden-valilla>
- PORADA, Barbara. 2013. Archdaily. The Future of Train Travel: Life in Hyper-Speed. [Viitattu 2019-08-14.] Saatavissa: <https://www.archdaily.com/387454/the-future-of-train-travel-life-in-hyper-speed/>
- RAATIKAINEN, Esa 2011. Lahtis-siipiratahöyrylaivan entistäminen perinteisiin laivanrakennusmenetelmiin. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu. Merenkulun koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2019-11-06.] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31519/Raatikainen_Esa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- RAIDPUOLUE. Raideliikenne Suomessa. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-12-10.] Saatavissa: <https://raidpuolue.fi/raideliikenne-suomessa>
- RAIL EUROPE. 2019. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-11-21.] Saatavissa: https://www.raileurope-world.com/train/tgv-75?var_mode=calcul
- RAILWAY GAZETTE. 2019. NS to test automatic train operation. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-12-02.] Saatavissa: <https://www.railwaygazette.com/technology/ns-to-test-automatic-train-operation/54794.article>
- RAILWAY TECHNOLOGY. 2017. Automatic train operation: the future of UK mainline railways. [verkkokoartikkeli]. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://www.railway-technology.com/features/feature-automatic-train-operation-the-future-of-uk-mainline-railways-5742668/>
- RAUTIAINEN, M. 2017. Tekniikka ja Talous. Maailman ensimmäiset 100% tuulella kulkevat junat – 600 000 matkustajaa päivässä. [Viitattu 2019-06-25.] Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/maailman-ensimmaiset-100-tuulella-kulkevat-junat-600-000-matkustajaa-paivassa/c533bcc4-2078-362c-81df-66483addbef5>
- RANTANEN, Aino., BERG, Nora. & KANTO, Eija. 2019. Digitalization as a tool to reduce GHG emissions in maritime transport. Traficom Research Reports 28/2019. [raportti] [Viitattu 2019-11-21.] Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Traficom_maritime_digitalization_CO2_20190927_ABSTRACTS.pdf
- RAUNIO, Silja. & UUSINOKA, Atte. 2019. Yle uutiset: Laivaliikenne tuottaa maailman kasvihuonepäästöistä vajaat kolme prosenttia – miksi eri liikennevälineiden päästövertailu on hankalaa? [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-12-06.] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10952013>
- RISTEILYKESKUS. 2015-2018. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-12-3.] Saatavissa: <https://risteilykeskus.fi/risteilyvarustamot/royal-caribbean/harmony-of-the-seas/>

- RUBIN, Anita. 2010. Tulevaisuudentutkimus tiedonalana. [Viitattu 2019-07-28.] Saatavissa: <https://tulevaisuus.fi/perusteet/tulevaisuudentutkimus-tiedonalana/>
- RYTSÄ, Paavo. 2007. Yle uutiset: Sähköjuna tulee Suomeen. [verkkojulkaisu päivitetty 2014-06-12]. [Viitattu 2019-08-22.] Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2007/03/30/sahkojuna-tulee-suomeen>
- SARAOGI, Varsha. 2019. Railway Technology. Riding Sunbeams launch pilot scheme for UK's first solar-powered railways. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2019-11-18.] Saatavissa: <https://www.railway-technology.com/features/uks-first-solar-powered-railways/>
- SARAOGI, Varsha. 2019. Railway Technology. Q&A: Spacetrain: could a hovertrain revolutionise French railways. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://www.railway-technology.com/features/qa-spacetrain-could-a-hovertrain-revolutionise-french-railways/>
- SIEMENS. 2018. Kauppalehti: Norjalaiset lentävät eniten maailmassa: "Jos sähkölentokone on mahdollista tehdä se pitää tehdä." [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://studio.kauppalehti.fi/siemens/norjalaiset-lentavat-eniten-maailmassa-jos-sahkolentokone-on-mahdollista-tehda-se-pitaa-tehda>
- SOLARIMPULSE FOUNDATION. Adventure I Route I Around the world in a solar airplane. [Viitattu 2019-06-14.] Saatavissa: <https://aroundtheworld.solarimpulse.com/adventure/route>
- SONGER, Dave. 2018. Smart Railworld: Solar-panneled tracks: a renewable plan that could support the world's future energy demands. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: <https://www.smartrailworld.com/solar-panneled-tracks-renewable-plan-support-the-world-future-energy-demands>
- SUOMEN VARUSTAMOT RY. Ympäristöinnovaatiot. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-11-21.] Saatavissa: <https://shipowners.fi/vastuullisuus/ymparisto/ymparistoinnovaatiot/>
- TALLGREN, Anni. 2018. Vastuullinen matkailu lapsiperheissä. Saimaan ammattikorkeakoulu. Hotelli- ja ravintola-ala. Opinnäytetyö. [Viitattu 2019-11-13.] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/157563/Tallgren_Anni.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- TANSKANEN, Jari. 2019. Yle Uutiset. Aalto-yliopiston opiskelijat suunnittelivat ainutlaatuisen loistoristeilijän. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-07-14.] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10612505>
- TEKNIIKAN MAAILMA. 2017. Maailman ensimmäinen aurinkovoimalla kulkeva juna puksuttaa nyt Australiassa. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-7-16.] Saatavissa: <https://tekniikanmaailma.fi/maailman-ensimmainen-aurinkovoimalla-kulkeva-juna-puksuttaa-nyt-australiassa/>
- TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS. 2019. [verkkosivu]. [Viitattu 2019-12-03.] Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/hyvinvointi-ja-terveyserot/tavoitteet/sosiaalisesti-kestava-kehitys>
- TIMPERLEY, Jocelyn. 2019. BBC Future. Why 'flight shame' is making people swap planes for trains. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://www.bbc.com/future/article/20190909-why-flight-shame-is-making-people-swap-planes-for-trains>
- TULIRINTA, Sari. 2013. Tieteen kuvalehti Historia 5/2013. Helsinki: Bonnier Publications Oy.
- TULIRINTA, Sari. 2014. Tieteen kuvalehti Historia 5/2014. Helsinki: Bonnier Publications Oy. TAR-KISTA VIELÄ LEHTI!
- TUI, Johanna. 2017. [verkkoaineisto]. 1930-luku – Suomen matkailun historia. [Viitattu 2019-11-08.] Saatavissa: <https://www.tui.fi/inspiration/suomen-matkailun-historia-1930-luku/>
- TURKULA, Timo. 2019. Moottori: Lentomat kustajaa kiinnostaa – mikä on kulutus sadalla kilometrillä? [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2019-12-04.] Saatavissa: <https://moottori.fi/liikenne/jutut/lentomat-kustajaa-kiinnostaa-mika-on-kulutus-sadalla-kilometrilla/>

- Turunen, Anna. Kestävän matkailun infopaketti. [Viitattu 2019-8-26.] Saatavissa: <http://www.smal.fi/loader.aspx?id=2989a1e4-a78f-4e3a-981f-2663b4398e07>
- UNWTO 2005. Making tourism more sustainable. [Viitattu 2019-8-26.] Saatavissa: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0592xPA-TourismPolicyEN.pdf>
- VERHELÄ, Pauli. 2016. Matkailun perusteet. Kuopio: Kuopion Liikekirjapaino Oy.
- VERHELÄ, Pauli. 2000. Matkatoimistopalvelut. Helsinki: Oy Edita Ab.
- VISIT SAVONLINNA. Höyrylaivojen historiaa. [Viitattu 2019-11-19.] Saatavissa: <https://visitsavonlinna.fi/hoyrylaivojen-historiaa/>
- VR-Yhtymä 2019. Ympäristö. [Viitattu 2019-8-2.] Saatavissa: <https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/vastuullisuus/ymparisto/>
- VR-Yhtymä 2019. Ympäristö. [Viitattu 2019-08-02.] Saatavissa: <https://2018.vrgroupraportti.fi/fi/vrgroup/toimintaymparisto/>
- WEAVER, D. 2006. Sustainable tourism. Oxford: Elsevier.
- WÄRTSILÄ. 2019. Wärtsilä successfully tests remote control ship operating capability. [Viitattu 2019-11-05.] Saatavissa: <https://www.wartsila.com/media/news/01-09-2017-wartsila-successfully-tests-remote-control-ship-operating-capability>
- WÄRTSILÄ. 2019. Uusi puhtaasti kaasukäyttöinen Wärtsilä 31SG –moottori vähentää merenkulun päästöjä. [Viitattu 2019-11-05.] Saatavissa: <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/17-09-2019-uusi-puhtaasti-kaasukayttoinen-wartsila-31sg--moottori-vahentaa-merenkulun-paastoja-2528265>
- YMPÄRISTÖHALLINTO. 2013. Liikenne. [verkkopalvelu]. [Viitattu 2019-12-03.] Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Yhdyskuntarakenne/Liikenne?f=Uudenaan_ELYkeskus
- YMPÄRISTÖMINISTERIÖ. 2017. Mitä on kestävä kehitys? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-01.] Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kestava_kehitys
- ZIEMANN, Marcus. 2019. Yle uutiset. 2030-luvulla lennetään hybridikoneella ja lentolipun hinta voi jopa laskea – ”Lentokoneet ovat halvempia huoltaa ja käyttää”. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-11.] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10676345>