

Kuljetusten ympäristövaikutukset Suomessa

Markku Kokkonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012

Logistiikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KOKKONEN, Markku	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 25.04.2012
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi KULJETUSTEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET SUOMESSA		
Koulutusohjelma Logistiikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) VÄRTÖ-NIEMI, Merja		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata yleisellä tasolla tie-, rautatie-, lento- ja merikuljetuksiin liittyviä ympäristövaikutuksia ja riskejä Suomessa sekä miten niitä voidaan pienentää. Tavoitteena oli myös kuvata erilaisia mahdollisuuksia kuljetusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Työ toteutettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tutkimustuloksia sekä uusimpia tilastoja jatkokäsittelyllä. Työstä on tarkoituksena tehdä myös julkaisu, jota tullaan käyttämään logistiikkainsinöörien koulutuksessa.</p> <p>Kuljetusmuotojen ympäristövaikutukset muodostuvat infrastruktuurin tilantarpeesta, kunnossapidosta ja estevaikutuksista sekä liikenteen aiheuttamista pakokaasupäästöistä, melusta, tärinästä ja eroosiosta. Myös vaarallisten aineiden kuljettamiseen liittyy ympäristöriskejä. Ympäristövaikutuksista pakokaasupäästöt huolestuttavat eniten, sillä ne huonontavat paikallista ilmanlaatua, aiheuttavat hengityselinsairauksia, rehevöittävät ja happamoittavat vesistöjä, minkä lisäksi niillä on myös globaaleja ja ilmastollisia vaikutuksia.</p> <p>Päästöjen rajoittamista ja muiden ympäristövaikutusten ehkäisemistä varten on tehty kansallisia, kansainvälisiä ja EU-kohtaisia sopimuksia ja säädöksiä. Niillä pyritään turvaamaan myös ympäristöystävällisemmän tekniikan kehitys ja käyttöönotto. Polttoaineen kulutusta ja päästöjä voidaan vähentää uudemman tekniikan lisäksi parantamalla kuormien täyttöastetta, optimoimalla kuljetusreitit, ajamalla taloudellisemmin sekä ottamalla käyttöön energiatehokkaampaa tekniikkaa. Melua ja tärinää voidaan vähentää tekniikkaa ja kuljetuksiin liittyvää infrastruktuuria kehittämällä, mutta myös yhdyskuntasuunnittelulla on hyvin tärkeä rooli haittojen ehkäisemisessä. Vaarallisten aineiden kuljettamiseen liittyviä ympäristöriskejä voidaan vähentää vain kuljetuksiin liittyvillä sopimuksilla ja hyvällä riskienhallinnalla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) kuljetus, ympäristö, päästöt		
Muut tiedot		



Author(s) KOKKONEN, Markku	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 25.04.2012
	Pages 53	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/>
Title ENVIRONMENTAL IMPACTS OF TRANSPORTATION IN FINLAND		
Degree Programme Degree Programme in Logistics		
Tutor(s) VÄRTÖ-NIEMI, Merja		
Assigned by		
Abstract <p>The aim of this thesis was to describe environmental impacts and risks related to road, rail, air and maritime transportation in Finland and how they can be reduced. The aim was also to describe different kinds of possibilities to improve the energy efficiency of transportation. The thesis was carried out by using and processing further the latest statistics, research results and literature.</p> <p>The environmental impacts of the different transportation modes consist of the space requirements of the infrastructure and its maintenance and obstacle effects as well as emissions, noise, vibration and erosion caused by traffic. The transports of dangerous goods are also a risk to the environment. Exhaust emissions are the most worrying environmental impacts because they worsen the local air quality, cause respiratory diseases and have effects on the global climate. Emissions also cause eutrophication and acidification of the water systems.</p> <p>National, international and EU -level agreements and regulations have been made to limit exhaust emissions and other environmental impacts. The aim of these agreements is to guarantee the development and implementation of environmentally friendly technology. Fuel consumption and emissions can be reduced with energy efficient technology, but also by improving load capacity rates, optimizing transportation routes and driving more economically. The effect of noise and vibration can be reduced by developing technology and transportation related infrastructure, but urban planning has also an important role in preventing these effects. Environmental risks related to transportation of dangerous goods can only be reduced by regulations and with proper risk management.</p>		
Keywords transportation, environment, emissions		
Miscellaneous		

SISÄLLYS

SANASTO	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Suomen logistinen asema päämarkkinoihin nähden	7
1.2 Kuljetusmuodot	8
1.2.1 Tiekuljetukset	8
1.2.2 Rautatiekuljetukset	8
1.2.3 Lentokuljetukset.....	9
1.2.4 Merikuljetukset	9
1.3 Kuljetusten ympäristövaikutukset	10
1.4 Logistiikan riskienhallinta	11
2 TIEKULJETUKSET	11
2.1 Infrastrukturi	11
2.1.1 Tieverkon ympäristövaikutukset	13
2.2 Tieliikenteen päästöt.....	14
2.2.1 Energiatehokkuuden parantaminen ja päästöjen vähentäminen	15
2.3 Melu.....	18
2.4 Riskit	18
3 RAUTATIEKULJETUKSET	19
3.1 Infrastrukturi	19
3.1.1 Rataverkon vaikutukset maaperään	22
3.2 Raideliikenteen energiankäyttö ja päästöt	22
3.3 Melu.....	24
3.4 Tärinä.....	25
3.5 Riskit ja onnettomuudet.....	26
4 LENTOKULJETUKSET	27
4.1 Infrastrukturi	27
4.1.1 Lentoliikenteen ongelmat	28
4.1.2 Lentoasemien ympäristövaikutukset	29

	5
4.2 Lentoliikenteen päästöt	30
4.3 Melu.....	31
4.4 Riskit	32
5 MERIKULJETUKSET	33
5.1 Infrastruktuuri	33
5.1.1 Satamatoiminnan ja väylien kunnossapidon ympäristövaikutukset	34
5.2 Päästöt ilmaan.....	35
5.3 Jätteet ja päästöt meriin	38
5.4 Vieraslajit.....	38
5.5 Vedenalainen melu, virtaukset ja eroosio.....	39
5.6 Riskit	40
6 POHDINTA.....	41
LÄHTEET	43
LIITTEET	50
Liite 1. Suomen päätieverkko	50
Liite 2. Tavaraliikenteen kuljetusvirrat rautateillä vuonna 2010	51
Liite 3. Lentoasemat Suomessa	52
Liite 4. Suurimpien satamien tavaraliikenne 2010 (milj. t).	53

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus vuonna 2010.....	10
TAULUKKO 2. Euro-päästöluokat raskaille dieselajoneuvoille.....	17
TAULUKKO 3. Rautateiden luokittelu.....	20
TAULUKKO 4. Junaliikenteen päästöt vuonna 2010 (t).....	23
TAULUKKO 5. Kahden eri laskentajärjestelmän vertailu.....	24

KUVIOT

KUVIO 1. Lentokoneen laskeutumistavat.	32
KUVIO 2. Laivojen polttoaineen nykyiset ja suunnitellut päästörajoitusalueet.	37

SANASTO

CO	Hiilimonoksidi eli häkä, muodostuu epätäydellisestä palamisesta, jossa happea on liian vähän
CH ₄	Metaani
CO ₂	Hiilidioksidi, täydellisen palamisen lopputuote
HC	Hiilivety
NO _x	Typen oksidit
N ₂ O	Dityppioksidi (dityppimonoksidi, typpioksiduuli) eli ilokaasu, muodostuu epätäydellisesti palaneesta polttoaineesta
SO _x	Rikin oksidit
SO ₂	Rikkidioksidi, happamoittava kaasu, syntyy rikkiptoisien polttoaineen palamistuotteena
PM	Particulate Matter, hiukkaset, dieselmoottorit huomattava päästöjen lähde

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä keskitytään kuvaamaan millaisia ympäristövaikutuksia eri kuljetusmuodoilla on Suomessa ja miten vaikutuksia on mahdollista pienentää. Työ on toteutettu työpöytä tutkimuksena eli aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tilastoja ja tutkimustuloksia jatkokäsittelmällä. Työstä on tarkoituksena tehdä myös julkaisu, jota tullaan käyttämään oppimateriaalina logistiikkainsinöörien koulutuksessa.

Aikaisemmin ympäristöystävällisempi logistiikka toi yritykselle hyvän ympäristömaineen ja paransi yrityskuvaa ja kilpailukykyä, mutta tulevaisuudessa ympäristöystävällisyys ei enää tule olemaan kilpailuetu vaan pakollinen toimi, jota ilman ei menesty. Yrityksille jatkuva polttoaineen kallistuminen on varsin pakottava syy toiminnan tehostamiselle ja polttoaineen kulutuksen pienentämiselle. Lentoliikenteen liittyminen EU:n päästökauppaan ja Itämeren meriliikenteen kiristyvät päästörajat pakottavat yritykset ottamaan käyttöön entistä ympäristöystävällisempää tekniikkaa. Tieliikenteessä tärkeiksi kehittämisen kohteiksi nousevat myös kuljetusten ja kuormien optimointi sekä taloudellinen ajotapa.

1.1 Suomen logistinen asema päämarkkinoihin nähden

Suomen syrjäinen sijainti Euroopan reuna-alueella heikentää huomattavasti teollisuuden kilpailutilannetta. Suurin osa Suomen ulkomaankaupasta kohdentuu Euroopan maihin, eikä yksikään toinen EU-maa ole yhtä kaukana Keski-Euroopassa sijaitsevasta Euroopan unionin päämarkkina-alueesta kuin Suomi. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 20.) Suomen sijaintia voi myös verrata saareen, sillä kyseisille markkina-alueille pääseminen vaatii Itämeren ylittämisen. Tilannetta ei myöskään helpota se, että Suomi on maailman ainoa maa, jonka kaikkien satamien liikennettä joudutaan talvisin avustamaan jäänmurtajilla. (Karhunen & Hokkanen 2007, 16.) Talvimerenkulku myös hidastaa kuljetuksia ja nostaa kuljetuskustannuksia. Pitkät kuljetusmatkat Keski-Euroopasta lisäävät varastoinnin tarvetta ja sitä myöten varastointi- ja pääomakustannuksia. Kuljetusmatkat ovat myös Suomen sisällä kohtuullisen pitkiä,

sillä Suomi on pinta-alaltaan Euroopan suurimpia maita, mutta harvaan asuttu. Suomalaisyriyten logistiikkakustannukset ovatkin noin 10 % yritysten liikevaihdosta, mikä on EU:n keskitasoon verrattuna kaksinkertainen. (Mäkelä ym. 2005, 20–22.)

1.2 Kuljetusmuodot

Kuljetuspalveluita tuotetaan maalla, merellä ja ilmassa. Kuljetusmuotojen välillä on eroja kapasiteetin, nopeuden ja luotettavuuden suhteen, mutta kuljetusmuodon valintaan vaikuttavat myös lähetykseen ja tavarán lähettävään yritykseen liittyvät ominaisuudet. Näitä ominaisuuksia ovat mm. yrityksen toimiala, maantieteellinen sijainti ja toimitustiheys, sekä lähetyksen eräkkö, arvo ja kuljetusetäisyys. Kuljetusmuodot eivät aina kilpaile keskenään sillä esimerkiksi elintarvikkeet kuljetaan lähes poikkeuksetta tiekuljetuksina, mutta puukuljetuksissa on sen sijaan kilpailua tie- ja rautatiekuljetusten välillä. Eri kuljetusmuodot voivat muodostaa myös toisiaan täydentäviä kuljetusketjuja, joissa tosin tiekuljetukset ovat lähes aina yksi osa ketjua, vaikka runkokuljetus tapahtuisikin muulla tavoin. (Mäkelä, Mäntynen, Vanhatalo 2005, 37, 43–45.)

1.2.1 Tiekuljetukset

Tiekuljetukset ovat Suomessa käytetyin ja tärkein kuljetusmuoto, jonka perustana on erittäin kattava tieverkosto. Vuonna 2010 kuorma-autojen kuljettama tavaramäärä oli yhteensä noin 397 miljoonaa tonnia ja kuljetussuorite noin 26 miljardia tonnikilometriä (Liikennevirasto 2011a). Kuorma- ja pakettiautojen käytön etuina ovat nopeus, joustavuus, soveltuvuus monen kokoisille ja painoisille tuotteille ja toimituserille, sekä mahdollisuus toimittaa tavarat ovelta ovelle -periaatteella. Tiekuljetukset ovat myös lähes ainoa kuljetusmuoto, kun vaaditaan pieniä kuljetusvirtoja, lyhyitä kuljetusmatkoja ja nopeaa toimitusta. (Mäkelä & Mäntynen 1998, 41; Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 48.)

1.2.2 Rautatiekuljetukset

Rautatiekuljetusten kapasiteetti on hyvä ja rautateitä käytetään eniten silloin, kun tavaramäärät ovat suuria, kuljetustarve säännöllinen ja kuljetusmatkat pitkiä. Rautateiden kuljetusverkko ei ole läheskään yhtä kattava kuin tieverkko, mutta sen käyttöä osana kuljetusketjua puoltaa ympäristötekijät ja teiden ruuhkautuneisuus. (Mäkelä &

Mäntynen 1998, 41.) Rautateitä voi käyttää Venäjälle suuntautuvaan kaupankäyntiin saman raidelevyden (1524 mm / 1520 mm) ansioista. Muiden Pohjoismaiden ja Keski-Euroopan kapeampi, 1435 mm, raideleveys vaatii sen sijaan erikoisvaunuja, joissa on vaihdettavat tai raidelevyden mukaan säätyvät akselit.

1.2.3 Lentokuljetukset

Aikoinaan ilmaliikenteessä rahdin kuljettaminen oli lähinnä matkustajaliikenteen sivutuote, jolla pyrittiin täyttämään koneiden alaruuma, jossa matkustajia ei voinut kuljettaa. Nykyään markkinoilla toimii myös pelkästään rahdin kuljettamiseen erikoistuneita lentoyhtiöitä ja pikarahtiyhtiöitä. Lentoliikenteen tärkein etu muihin kuljetusmuotoihin nähden on sen nopeus, sillä lentokoneella on mahdollista saavuttaa mikä tahansa lentokenttä maapallolla vuorokauden sisällä. Lentokuljetuksen kilpailuetua lyhyillä matkoilla verottaa terminaali-, lentokenttä- ja liityntäliikenteeseen kuluva aika, mutta sen sijaan kilpailuetu kasvaa, kun kuljetusetäisyydet ovat pitkät ja käytettävissä oleva aika lyhyt. Tyypillisesti lentorahdituotteita ovat kokonsa tai painonsa nähden arvokkaat, helposti pilaantuvat tai ajankohtaisuuden menettävät tuotteet, helposti vahingoittuvat tai nopeasti perille toimitettavat tavarat, esimerkiksi tuotantolaitteiden varaosat. (Rauhamäki 2003, 32, 34–35.) Vuonna 2010 ulkomaankaupan kuljetuksia oli kaikkiaan 107 miljoonaa tonnia, josta lentorahdin osuus oli vain 163 000 tonnia. Pienestä kuljetusmäärästä huolimatta lentorahdin osuus oli 10 % ulkomaankaupan rahallisesta arvosta. (Liikennevirasto 2011a).

1.2.4 Merikuljetukset

Merikuljetukset ovat mantereiden välisessä tavaraliikenteessä tärkein ja samalla maailman vanhin ja kansainvälinen kuljetusmuoto (Karhunen & Hokkanen 2007, 56). Merikuljetukset ovat energiataloudellinen kuljetusmuoto ja sen aiheuttamat päästöt ovat kuljetusmääriin verrattuna pieniä (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 79). Merikuljetusten etuina ovat myös kaluston hyvä saatavuus ja kapasiteetti, minkä lisäksi suurissa kuljetuserissä yksikkökustannukset ovat alhaiset. Suomen maantieteellisen sijainnista johtuen maan ulkomaankuljetukset perustuvat merkittävältä osin merikuljetuksiin. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 44.) Vuonna 2010 Suomen ulkomaankaupan kuljetuksista 87 % eli 94 miljoonaa tonnia suoritettiin merikuljetuksina. Suomen suurimmat satamat tavaramäärällä tai -volyymilla mitattuna olivat Porvoon Kilpilahti, Kotka ja Helsinki. (Liikennevirasto 2011a.)

1.3 Kuljetusten ympäristövaikutukset

Logistiikassa suurimmat ympäristövaikutukset liittyvät yleensä kuljetuksiin. Kuljetusten ja niihin liittyvien infrastruktuurien ympäristövaikutukset muodostuvat muun muassa tilankäytöstä, estevaikutuksista, päästöistä ilmaan, maaperään ja vesistöön, melusta, tärinästä ja eroosiosta sekä vaarallisten aineiden kuljetusten ympäristöriskeistä. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 138.)

Kuljetusten ympäristövaikutuksista pakokaasupäästöt lienevät suurin huolenaihe maapallon ilmastoon liittyvien vaikutusten johdosta. Kaupungeissa paikallisen ilmanlaadun kannalta tieliikenteen synnyttämät typenoksidi- ja hiukkaspäästöt ovat merkittäviä huolenaiheita, sillä ne altistavat hengityselinsairauksille ja -infektioille. Taulukosta 1. selviää, että eri kuljetusmuodoilla on melko erilaiset pakokaasupäästöt. Tieliikenteen päästöt ovat suurimmat kaikissa muissa päästölajeissa paitsi rikkidioksidissa (SO_2), mikä on lähinnä laivaliikenteen aiheuttamaa. Myös typen oksidien (NO_x) päästöissä laivaliikenne on vahvasti edustettuna. Raideliikenteen päästöjä arvioitaessa on huomattava, että ainoastaan dieselveturit aiheuttavat suoria pakokaasupäästöjä. Huomioitavaa on myös, että taulukon tilastot sisältävät kaiken liikenteen ja esimerkiksi tieliikenteessä henkilöautoliikenne aiheuttaa määrällisesti suurimman osan hiilidioksidipäästöistä. Raskaskalusto tuottaa kuitenkin suhteessa enemmän päästöjä kuin henkilöautot, koska kuljetussuoritteet ovat suuremmat. Vuonna 2010 henkilöautot tuottivat noin 7,1 miljoonaa tonnia ja raskasliikenne 4,5 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Autokannasta henkilöautoja oli 86 % ja kuorma- ja pakettiautoja vain 14 %. (VTT 2011a; Mäkelä & Auvinen 2011, 10, 35.)

TAULUKKO 1. Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus vuonna 2010.

Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus vuonna 2010 [t]									Primäärienergian
	CO	HC	NO _x	PM	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂	kulutus [PJ]
Tieliikenne	177 067	19 611	43 083	2 418	1 181	529	72	11 734 223	167
Rautatieliikenne	398	137	2 493	74	10	7	212	239 015	6.0
Vesiliikenne	28 073	6 539	47 124	1 481	324	71	11 626	2 757 232	36
Ilmaliikenne	3 870	287	3 120	121	27	36	224	888 749	12
YHTEENSÄ	209 408	26 575	95 820	4 095	1 543	643	12 133	15 619 219	221

Luvut sisältävät rautatieliikenteen osalta sähköjunaliikenteen osuuden voimalaitospäästöistä, ulkomaille suuntautuvan vesiliikenteen ja ilmaliikenteen päästöt Suomen talousvyöhykkeellä ilman ylilentoja.

Lähde: LIPASTO 2010 laskentajärjestelmä http://lipasto.vtt.fi/lipasto_lask_tulokset.htm

Kuljetusten ympäristövaikutuksia on mahdollista vähentää monilla eri toimenpiteillä mm. kuljetusten suunnittelulla, kuljetustarpeen vähentämisellä, kuljetusmuodonvalinnalla ja pyrkimisellä mahdollisimman suureen kuormitusasteeseen sekä ottamalla käyttöön energiatehokkaampaa tekniikkaa. Tieliikenteessä polttoaineenkulutusta voidaan vähentää myös taloudellisemmalla ajotavalla, paremmalla renkaiden valinnalla sekä ajoneuvonavigoinnin ja kuljettajaa opastavien järjestelmien avulla. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 141–142.)

1.4 Logistiikan riskienhallinta

Logistiikka-alan turvallisuuteen liittyy monia tekijöitä aina kansainvälisen lainsäädännön muutoksista omaisuusriskeihin ja tietoon ja toimintaan liittyviin riskeihin. Yrityksen riskienhallinnalla pyritään takaamaan liiketoiminnan häiriöttömyys kaikissa tilanteissa ja turvaamaan yrityksen kilpailukyky markkinoilla. Toimivan riskienhallinnan vaatimuksena on tietoisuus kaikista mahdollisista yrityksen toimintaa uhkaavista riskeistä, sillä tunnistamattomien riskien toteutuminen voi aiheuttaa yritykselle mittavia taloudellisia vahinkoja. Riskienhallinta on suunnitelmallista ja järjestelmällistä toimintaa riskien ja niistä aiheutuvien vahinkojen torjumiseksi. Se ei saa olla irrallinen toiminto yrityksen muista prosesseista, vaan yrityksessä pitää tietää mitä ollaan tekemässä ja tekemisen riskit tunnetaan ja turhia riskejä pyritään välttämään. (Vesterinen 2011, 111, 117.)

2 TIEKULJETUKSET

2.1 Infrastrukturi

Suomen tieverkko on muotoutunut pääosin 1960- ja 1970-luvuilla ja nykyään se on erittäin kattava ulottuen lähes joka kiinteistölle. Tieverkko muodostuu valtion omistamista ja Liikenneviraston ylläpitämistä maanteistä, kuntien ylläpitämistä kaduista, yksityisten tiekuntien ylläpitämistä yksityisteistä sekä muista yksityisistä teistä, metsäautoteistä ja kiinteistöteistä. Suomen tieverkoston pituus oli vuoden 2011 alussa noin 454 000 km, josta suurin osa, 350 000 km, oli yksityis- ja metsäautoteitä. Liiken-

neviraston vastuulla olevien maanteiden yhteispituus oli noin 78 200 km, josta seutu- ja yhdysteitä oli 64 800 km ja valta- ja kantateitä 13 300 km. Valta- ja kantateistä oli moottoriteitä 779 km ja moottoriliikenneteitä 124 km. Kuntien ylläpitämän katuverkon pituus oli noin 26 000 km. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 17–18; Liikennevirasto 2011b, 23; Liikennevirasto 2011c.)

Maanteistä valta- ja kantatiet muodostavat yhdessä päätieverkon (ks. Liite 1.), josta valtakunnallisesti merkittävimmät osuudet muodostavat runkotiestön (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 17). Maantielain (L 23.6.2005/503, 4§) mukaan Liikenne- ja viestintäministeriö määrää, mitkä maantiet ovat valtateitä ja mitkä kantateitä sekä miltä osin ne ovat runkoteitä. Liikennevirasto määrää puolestaan mitkä maantiet ovat seututeitä ja mitkä yhdysteitä (L 23.6.2005/503, 4§). Teiden luokittelu ei kuitenkaan perustu suoraan liikennemääriin, sillä esimerkiksi seututie luokitukselta huolimatta Helsinkiä kiertävä Kehä I on Suomen vilkasliikenteisin tie.

Valtateiden tarkoituksena on palvella valtakunnallista ja maakuntien välistä pitkämatkaista liikennettä tarjoamalla suurimmat matkanopeudet ja parhaat liikenneolosuhteet. Ne toimivat myös tärkeimpinä ulkomaanliikenteen reitteinä ja muodostavat maantieverkon rungon alueilla, joilla muutoin olisi vain alempiluokkaisia teitä. Kantatiet täydentävät valtatieverkkoa ja palvelevat maakuntien liikennettä yhdistämällä ne liikenteen tärkeimpiin suuntiin. Seututiet puolestaan palvelevat seutukuntia liittämällä ne valta- ja kantateihin. Muut maantiet ovat yhdysteitä, jotka toimivat haja-asutusalueiden yhdys- ja pääsyteinä muulle tiestölle. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 17–18; L 23.6.2005/503, 4§.)

Liikenneviraston tehtävänä on huolehtia valtion tieverkon ylläpidosta ja kehittämisestä yhdessä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten kanssa (Liikennevirasto 2011c). Liikenneviraston vastuulla on tieverkon turvallisuus ja liikennöitävyys asianmukaisella kunnossapidolla, johon kuuluu päällystettyjen teiden, sorateiden, siltojen, tieympäristön sekä maanteiden varsilla olevien laitteiden ja rakennelmien hoito ja ylläpito (Liikennevirasto 2011d). Tiestö on jaettu käytön mukaan hoitoluokkiin, joilla toimenpideajat esimerkiksi lumen auraamisen suhteen vaihtelevat, koska kaikkia teitä ei voida hoitaa välittömästi kohtuullisin kustannuksin. Korkeimpaan hoitoluok-

kaan kuuluu vain 3200 km maanteitä, joille tosin sijoittuu 42 % liikenteestä. Matalimpaan hoitoluokkaan kuuluu puolestaan vajaat 41 000 km maanteistä, mutta vastaavasti niille sijoittuu vain 6 % liikenteestä. (Liikennevirasto 2011e.)

2.1.1 Tieverkon ympäristövaikutukset

Liikenne vaikuttaa monin eri tavoin luonnon monimuotoisuuteen. Tieverkko ja muut liikenteen vaatimat rakennelmat vaativat huomattavan paljon tilaa. Liikenneväylien kokonaispituus ei ole kasvanut paljoakaan viime vuosikymmenien aikana, mutta siitä huolimatta liikenne vie enemmän tilaa kuin ennen leventyneiden teiden ja suurentuneiden risteysalueiden johdosta. Suomessa yleisten ja yksityisteiden sekä katujen tilantarpeeksi on arvioitu noin 5100 km² ja esimerkiksi Helsingissä liikenteeseen liittyvät rakennelmat vievät noin 25 % kaupungin maa-alasta. OECD -maissa liikenneraenteet vievät 25–40 % kaupunkien maa-alasta, mistä 93 % kuluu tieliikenteen tarpeisiin. (Jääskeläinen 2004, 30, 32; Ympäristö 2011a.)

Kaupungeissa liikenteen maankäyttö aiheuttaa ongelmia sadeveden eli huleveden suhteen. Maanpinnan peittyminen asfaltilla ja betonilla estää veden imeytymisen maahan, joten rankkasateen seurauksena kadut voivat tulvia, mikäli viemärit eivät vedä tarpeeksi hyvin. Tällöin vedet kerääntyvät alikulkutunneleihin ja talojen kellareihin. Ongelmallisimpia alueita ovat kaupunkien vanhojen keskustojen sekaviemäröidyt alueet, joissa hulevedet ja jätevedet johdetaan samaan viemäriin. Rankkasateen seurauksena tämä jäte- ja sadeveden sekoitus purkautuu pumppaamoiden ylivuotokohdista ja päättyy käsittelemättömänä vesistöihin. (Ollila & Silander 2006, 28–33.)

Teiden rakentamiseen vaadittava tielinjan raivaaminen, kaivaminen ja pengertäminen sekä maaperän sulkeminen asfaltilla tuhoavat ympäristöä paikallisesti (Jääskeläinen 2004, 30). Maantielaki kuitenkin edellyttää, että tiesuunnittelussa on minimoitava tien ja liikenteen ympäristölle aiheuttamat haitat. Lisäksi on olemassa maisemaa ja kulttuuriympäristöjä koskeva lainsäädäntö, joilla pyritään suojelemaan sekä rakentamattoman, että rakennetun ympäristön monimuotoisuutta ja historiallisia arvoja. Uusien liikenneväylien suunnittelussa vältetään tekemästä linjauksia mm. muinaismuistojen ja arvokkaiden maisema-alueiden kohdalle, minkä lisäksi väylät sovitetaan

lähiympäristöön maisemahoidollisin keinoin, esimerkiksi maastonmuotoilun ja istutusten avulla. (Liikennevirasto 2011g, Ympäristö 2010.) Liikenneväylät pirstovat kuitenkin luonnonalueita ja varsinkin pääteiden riista-aidat vaikeuttavat eläinten liikkumista, millä voi olla vaikutusta populaatioiden perimään. Vilkaasti liikennöityjen teiden melu ja tärinä häiritsevät eläimiä, minkä lisäksi eläinten riski kuolla teitä ylittäessä on suuri. Vilkaat tiet eivät estä ainoastaan eläinten liikkeitä, vaan kaupunki-alueella ne voivat estää myös lasten ja vanhusten liikkumista, jos tietä ei enää uskalleta ylittää. (Jääskeläinen 2004, 32; Ympäristö 2011a.)

Suomen pohjoisen sijainnin takia tiet vaativat talvisin erityistä kunnossapitoa, mistä seuraa myös vesistöön ja maaperään kohdistuvia ympäristövaikutuksia. Talviliikenne vastaa noin 35–40 % koko vuoden liikenteestä, joten talvikunnossapidolla liikenteestä pyritään tekemään sujuvaa ja turvallista myös huonoilla keleillä. Teiden liukkauden torjuntaan käytetään pääsääntöisesti natriumkloridia eli tiesuolaa sekä hiekkaa. Suolan käytön ongelmana on sen päätyminen vesistöihin, pohjaveteen ja tien lähiympäristöön, missä se vaikuttaa kasvien kasvuun. Lisäksi suola korrosoi autoja ja siltojen rakenteita. Hiekan käytön ongelmana on, että se pitää kerätä keväisin pois kaupunkien kaduilta, mikä aiheuttaa pölyongelmia ja heikentää ilmanlaatua. (Viskari & Owsten 2002, 108–113; Jääskeläinen 2004, 26.)

2.2 Tieliikenteen päästöt

Suurin osa tieliikenteen aiheuttamista päästöistä on pakokaasupäästöjä, hiilidioksidia (CO_2), häkää (CO), hiilivetyjä (HC), typen oksideja (NO_x) ja hiukkasia (PM). Merkittävistä päästöistä on hiilidioksidi, jota tieliikenteessä syntyi vuonna 2010 noin 11,7 miljoonaa tonnia (ks. Taulukko 1.). Tämä vastasi noin 75 % kaikesta liikenteen hiilidioksidipäästöistä. Tieliikenne käyttää lähes yksinomaan öljypohjaisia polttoaineita, joten syntyvän hiilidioksidin määrä on suoraan verrannollinen käytetyn polttoaineen määrään. Yhdestä litrassa raskaissa kulkuneuvoissa käytettävästä dieselpolttoaineesta syntyy 2,66 kg hiilidioksidia ja litrasta bensiiniä 2,35 kg hiilidioksidia. (Jääskeläinen 2004, 17.)

Tieliikenteen pakokaasupäästöt aiheuttavat paikallisen ilmanlaadun heikkenemistä sekä vesien happamoitumista ja rehevöitymistä, mutta niillä on myös globaaleja ilmastollisia vaikutuksia. Päästöihin ja niiden laatuun vaikuttavat käytetty polttoaine, kaluston ikä, kunto ja pakokaasujen puhdistustekniikat, sekä ajotapa ja -nopeus. (Jääskeläinen 2004, 19.) Paikallisen ilmanlaadun kannalta tärkeimpiä päästölajeja ovat typenoksidi-, hiukkas- ja hiilivetyypäästöt. Typen oksidit ja hiukkaset ovat terveydelle haitallisia yhdisteitä, jotka altistavat hengityselininfektioille ja -sairauksille. Kaupunki-ilmassa typen oksidit ja hiilivedyt puolestaan muodostavat auringonvalon vaikutuksesta otsonia, joka on alailmakehässä jo pieninä pitoisuuksina terveydelle haitallinen yhdiste. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 140.)

Maaperän ja vesistöjen happamoituminen johtuvat osaltaan pakokaasupäästöissä olevista rikkidioksidista ja typen oksideista. Nämä yhdisteet muuttuvat ilmakehässä kemiallisten prosessien kautta hapoksi, jotka maaperään laskeutuessaan vahingoittavat kasveja ja huuhtovat ravinteita pois. Vesistöissä hapan laskeuma alentaa veden pH arvoa, jolloin lajisto muuttuu ja lajimäärä vähenee. Rehevöitymistä, veden samentumista ja happikatoa esiintyy sitä vastoin vesistöissä, joihin valuu maaperästä ravinteita. (Jääskeläinen 2004, 23–24.)

Hiilidioksidi ja vesihöyry ovat täydellisen palamisen lopputuotteita, eikä niillä ole välittömiä terveysvaikutuksia. Ne ovat kuitenkin kasvihuonekaasuja, jotka aiheuttavat kasvihuoneilmaston, jossa ilmakehän vesihöyry, hiilidioksidi ja muut kaasut pidättelevät osan maapallolta lähtevästä säteilystä. (Motiva & WSP Finland 2007, 13.) Kasvihuoneilmiö on edellytys elämälle maapallolla, mutta ihmisen toiminta on kuitenkin lisännyt kasvihuonekaasujen pitoisuuksia ilmakehässä, minkä johdosta maapallon keskilämpötila kohoaa ja ilmasto muuttuu. (Jääskeläinen 2004, 18.)

2.2.1 Energiatehokkuuden parantaminen ja päästöjen vähentäminen

Kuljetusten energiatehokkuus vaikuttaa oleellisesti kuljetuskustannuksiin, polttoaineen kulutukseen ja pakokaasupäästöjen määrään. Energiatehokkuudella tarkoitetaan kuljetettua tavarayksikköä kohden kulutettua energiamäärää. Tehokkuuden lähtötaso määräytyy pitkälti yrityksen, alihankkijoiden ja asiakkaiden toimipaikkojen sijaintien, kuljetuksille asetettujen vaatimusten sekä kuljetuspakkausten perusteella.

Yritysten sijainnit ja kuljetuksiin liittyvät ominaisuudet esimerkiksi toimitusajat ja -määrät vaikuttavat suoraan kuljetustarpeeseen ja sitä kautta energiatehokkuuteen. Myös kuljetuspakkaukset vaikuttavat energiatehokkuuteen, sillä huonot pakkaukset eivät mahdollista lavojen kuormaamista päällekkäin, jolloin kuorman täyttöaste huononee. (Motiva & WSP Finland 2007, 8–9.)

Kuljetussuunnittelulla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen kuljetusreitin ominaisuudet huomioon ottamalla, esimerkiksi välttämällä mäkiä ja ruuhkia sekä yhdistelemällä kuormia. Kuorman täyttöasteen noustessa polttoaineen kulutus nousee suhteessa vähemmän, jolloin energiatehokkuus kasvaa. (Motiva & WSP Finland 2007, 9–10.) Kuljetusyrityksille energiansäästöissä on kyse erityisesti ajoneuvojen polttoaineen kulutuksen vähentämisestä, mutta kuljetusyritysten pienen koon ja alan heikon kannattavuuden vuoksi suurten investointien tekeminen voi olla hyvin hankalaa. Toisaalta polttoaineen jatkuva hinnannousu pakottaa yritykset pohtimaan energiansäästöä, mikä on myös keino parantaa kannattavuutta. (Liimatainen, Rauhamäki & Liedes 2009, 15–16.)

Polttoaineenkulutukseen on mahdollista vaikuttaa ottamalla huomioon ajoneuvotekniikka, polttoaineen ominaisuudet, kuljettajan ajotapa, kuorma sekä ulkoiset tekijät. (Motiva & WSP Finland 2007, 11.) Ajoneuvotekniikan mahdollisuudet polttoaineen pienentämiseen ovat mm. ajoneuvon painon, koon ja ilmanvastuksen pienentäminen sekä renkaiden ja alusrakenteen kehittäminen. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 35.) Sopivalla kalustonvalinnalla voi säästää polttoainetta, sillä ammattiliikenteessä eri automerkkien kulutuserot voivat olla jopa 10–15 % (Ympäristö 2011b).

Kuljettajan toiminnalla on suuri vaikutus ajoneuvon polttoaineen kulutukseen ja päästömääriin, sillä taloudellisen ja epätaloudellisen ajotavan välillä voi olla yli 30 % ero polttoaineenkulutuksessa. Taloudelliseen ajotapaan kuuluu ajon ulkopuolisilla ja ajon aikaisilla toimenpiteillä optimoitu polttoaineenkulutus. Ajon ulkopuolisiin toimenpiteisiin kuuluvat mm. renkaiden ilmanpaineen tarkastaminen, kuorman oikeaoppinen sijoittaminen, reitin suunnittelu sekä moottorin kylmäkäynnistyksen ja tyhjäkäynnin välttäminen. Ajon aikaisilla toimenpiteillä pyritään tehokkaaseen kiihdytykseen tavoitenoiteeseen, nopeuden säilyttämiseen sekä rauhalliseen jarrutukseen.

Myös tilanteiden ennakkoinnilla pyritään vähentämään polttoaineen kulutusta muun muassa lähestymällä liittymiä rauhallisesti ja minimoimalla pysähdyksien määrää. (Pöllänen, Rauhamäki & Liedes 2009, 18–20.)

Päästöjen ja sitä kautta polttoaineen kulutuksen vähentämiseen on taloudellisia ohjauskeinoja, mutta myös liikenne- ja yhteiskuntapoliittisia keinoja. Näitä ovat muun muassa verotukselliset keinot, tietullit, nopeusrajoitukset sekä yhdyskuntasuunnittelu. Euroopan unionin alueella pakokaasuille on asetettu myös laatuvaatimuksia Euro-päästöluokituksilla. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 34, 36.) Päästöluokkien (ks. Taulukko 2.) tarkoituksena on asettaa myytävälle ja valmistettaville ajoneuvoille rajoituksia turvaten moottoreiden päästökehityksen vähimmäistason. (Motiva & WSP Finland 2007, 26.) Tällä hetkellä raskaiden ajoneuvojen kohdalla on käytössä Euro V -luokka, mutta vuonna 2013 päästörajat tiukkenevat jälleen Euro VI -luokituksen mukana. Vuodesta 2014 lähtien EU:n alueella saa myydä raskaan kaluston kohdalla vain Euro VI -päästöluokan täyttäviä ajoneuvoja.

TAULUKKO 2. Euro-päästöluokat raskaille dieselajoneuvoille.

EU Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines, g/kWh					
Päästöluokka	Käytössä	Typen oksidit (NOx)	Hiilivety (HC)	Häkä (CO)	Hiukkaset (PM)
EURO I	1992	8,0	1,10	4,5	0,36-0,612
EURO II	10/1996 (10/1998)	7,0	1,10	4,0	0,25 (0,15)
EURO III	10/2000	5,0	0,66	2,1	0,1-0,13
EURO IV	10/2005	3,5	0,46	1,5	0,02
EURO V	10/2008	2,0	0,46	1,5	0,02
EURO VI	01/2013	0,4	0,13	1,5	0,01

Lähde: <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Poliittisilla päätöksillä on pyritty parantamaan yhdistettyjen kuljetusten kilpailukykyä ja siirtämään kuljetuksia tieliikenteestä rautateille. Yhdistettyjä kuljetuksia eli intermodaalikuljetuksia ovat esimerkiksi konttien, irtoperävaunujen tai ajoneuvoyhdistelmien kaukokuljetukset, joissa kuljetusten runko-osuus tapahtuu junalla tai laivalla. Päätösten tarkoituksena on helpottaa teiden ruuhkautuneisuutta ja vähentää tiekuljetusten ympäristövaikutuksia. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 62–63.)

2.3 Melu

Melu on yksilön kannalta epämielekästä ääntä, joka voi häiritä tai vaikeuttaa mm. työskentelyä, oppimista, viestintää ja nukkumista. Tieliikenteen aiheuttamalle yli 55 dB:n päivämelutasolle altistuu 560 000 katujen varsilla asuvaa ihmistä ja 320 000 muilla teiden melualueilla asuvaa ihmistä (Ympäristö 2011a). Tieliikenteen melu syntyy auton moottorista, voimansiirtolaitteista, renkaista sekä tienpinnasta. Moottorin melu on määräävä pienillä nopeuksilla, mutta suurilla nopeuksilla aerodynaaminen ja rengasmelu muodostuvat vallitseviksi. Kokonaismelutasoon vaikuttavat liikennemäärä, ajoneuvon tyyppi ja nopeus. Raskaat ajoneuvot aiheuttavat huomattavasti enemmän melua kuin kevyet, sillä 50 km/h nopeudessa yksi raskas ajoneuvo aiheuttaa saman verran melua kuin 10 kevyttä ajoneuvoa. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 37.) Raskaille ajoneuvoille on asetettu meluraja, jonka mukaan kokonaismelutaso saa olla teholtaan alle 75 kW moottoreissa korkeintaan 77 dB ja tehoiltaan yli 150 kW moottoreissa 80 dB (Karhunen & Hokkanen 2007, 155).

Tieliikenteen melua voidaan vähentää rajoittamalla liikenteen määrää ja ajonopeutta sekä käyttämällä hiljaisia päällysteitä ja renkaita. Ajonopeuden alentaminen 20 km/h pienentää melutasoa noin 3 dB eli saman verran kuin liikennemäärän vähentyminen puoleen. Tämä tosin pätee vain yli 50 km/h nopeuksilla, esimerkiksi alennettaessa nopeutta 80 km/h:sta 60 km/h:in. Melun leviämistä voidaan puolestaan ehkäistä maaston muotoilulla, rakenteiden sijoittelulla sekä erilaisin meluestein esimerkiksi meluvallien ja -seinien avulla. (Liikennevirasto 2011f; YTV 2000, 14.)

2.4 Riskit

Teillä kuljetettavassa tavarassa on paljon erilaisia aineita, jotka voivat onnettomuustilanteissa aiheuttaa ympäristön saastumista. Liikenneonnettomuuksissa, joissa on mukana raskas-ajoneuvo, on aina olemassa ympäristövahingon vaara. Usein kyseessä on öljyt ja kemikaalit, jotka voivat jo pieninä määrinä aiheuttaa esimerkiksi pohjavesien pilaantumista. (Vesterinen 2011, 233.) Uhkaavia tilanteita syntyy toisinaan, esimerkiksi tammikuussa 2012 Raision Myllyn kohdalla benssiini- ja diesellastissa ol-

leen säiliöauton moottoritilassa syttyi tulipalo, mikä aiheutti räjähdysvaaran. (Iltalehti 2012.)

Vaarallisten aineiden kuljetusta koskevalla lainsäädännöllä ja asetuksilla on tarkoitus ennaltaehkäistä mahdollisia vaaratilanteita, mutta myös mahdollistaa oikea ja tehokas toiminta onnettomuustilanteissa. Vaarallisten aineiden tiekuljetuksista Euroopassa on olemassa ADR-sopimus, jossa määritellään millä ehdoilla ja määräyksillä vaarallisia aineita saa kuljettaa sopimuksen vahvistaneiden maiden välillä. Ajoneuvoilla on myös tarkat rakennemääräykset mm. säiliön rakenteiden ja sähkölaitteiden osalta, mitkä omalta osaltaan nostavat kaluston hintaa ja käyttökustannuksia. (Pöllänen, Mäntynen & Laitinen 2007, 57.)

3 RAUTATIEKULJETUKSET

3.1 Infrastrukturi

Suomen rautateiden ensimmäinen rataosuus avattiin säännölliselle matkustajaliikenteelle, Helsinki-Hämeenlinna välille, vuonna 1862. Suomi oli ensimmäisiä maita, jossa koko maan kattavaa rautatieverkostoa alettiin rakentaa valtiojohtoisesti. (VR150 2012.) Nykyään rataverkon ylläpito, kehittäminen ja kunnossapito ovat Liikenneviraston vastuulla (Liikennevirasto 2012a). Liikenteen turvallisuusviraston eli Trafín tehtävänä on vastaavasti valvoa ja kehittää rautatieturvallisuutta ja rautatiejärjestelmien yhteentoimivuutta sekä valmistella normeja. Tällä hetkellä rautateiden ainoana kaupallisena liikennöijänä toimii VR Yhtymä, mutta vuoden 2013 syksyllä Proxion Train -yhtiön on määrä aloittaa sahatavarakuljetukset rautateillä. (Trafi 2012a; Yle 2012.)

Suomessa rautatien raideleveys on 1,524 m ja suurimmalla osalla rataverkkoa suurin sallittu akselipaino on 22,5 t. Vuonna 2010 Suomen rataverkon pituus oli 5919 km, josta sähköistettyä oli 3072 km eli vain hieman yli puolet. Valtaosa rataverkosta on yksiraiteista rataa, sillä kaksi- tai useampiraiteista rataa on vain 570 km. (Liikennevirasto 2011h, 8, 10.) Tavaraliikenteen käytössä olevia rautatieliikennepaikkoja oli 153,

henkilöliikepaikkoja 108 ja henkilö- ja tavaraliikenteen liikennepaikkoja 89. (Liikennevirasto 2011h, 25). Rautatieliikennepaikalla tarkoitetaan asemaa, ratapihaa tai muuta vastaavaa aluetta. Ratapihalla tarkoitetaan puolestaan rautatieliikennepaikan raiteisto, laitureita, rakenteita ja rakennuksia sekä maa- ja kuormausalueita. Ratapihoja on kolmea eri tyyppiä, joista henkilöratapihat toimivat matkustajaliikenteen pääte- ja junanvaihtoasemina sekä kaluston asettelu- ja huoltoratapihoina. Tavaraliikenteen ratapihoilla hoidetaan junanmuodostukset sekä junien kuormaus- ja purkaustoiminta ja kohtausratapihat palvelevat junien kohtaus- ja ohituspaikkoina. (Pöllänen, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 66.)

TAULUKKO 3. Rautateiden luokittelu.

Päällysrakenne-luokka	Päällysrakenne		Matkustajajunan suurin sallittu nopeus (km/h)	Tavarajunan suurin	
	Ratapölkkyt	Tukikerros		Aks.paino (t)	Nopeus (km/h)
A	puu	raidesora tai vastaava	70	16	50
B ₁	puu	raidesora tai vastaava	100	16	100
				20	60
				22,5	50
B ₂	puu, betoni	raidesepeli	110	16	110
				20	90
				22,5	80
C ₁	puu, betoni ennen 1987 valmistetut	raidesepeli	160 (puurata-pölkkyt) 180 (betoniratapölkkyt)	20	120
				22,5	100
				25	60
C ₂	betoni 1987 jälkeen valmistetut	raidesepeli	200	20	120
				22,5	100
				25	80
D	betoni	raidesepeli	220	20	120
				22,5	100
				25	100

Rataverkko on jaettu päällysrakenteen mukaan rataluokkiin A-D (ks. Taulukko 3.), jotka ilmaisevat millaisen liikenteen rata ja sen rakenteet kestävät (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 67). A-luokan radat ovat vanhoja ja huonokuntoisia ns. puupölkkyratoja, joissa junien sallitut akselipainot ja nopeudet ovat alhaisia. Noin 70 % rautateistä on C ja D-luokan betonipölkkyraiteita, joissa matkustajajunien suurin sal-

littu nopeus vaihtelee 180–220 km/h välillä. Tavarajunien suurin sallittu nopeus Suomen rautateillä on 120 km/h. (Liikennevirasto 2011h, 10, 16; Liikennevirasto 2011i, 10; Tuominen 2010, 20.)

Tavaraliikenteen kannalta radan teknisistä ominaisuuksista myös kuormaulottuma (KU) ja liikkuvan kaluston ulottuma (LKU) ovat tärkeitä rataluokan lisäksi. Kuormaulottumalla tarkoitetaan tilaa, jonka sisällä avovaunussa olevan kuorman on pysyttävä, kun vaunu on keskiasennossa suoralla tasaisella raiteella. Liikkuvan kaluston ulottuma on sen sijaan tila, jonka sisällä liikkuvan kaluston pitää pysyä ollessaan paikallaan keskiasennossa suoralla tasaisella raiteella. Suomessa on melko suuri kuormaulottuma, sillä suurimmalla osalla rataverkkoa voidaan kuljettaa 4 m korkeita yksiköitä normaalikorkuisilla avovaunuilla. Myös 4,2 m korkeiden yksiköiden kuljetaminen onnistuu, mikäli vaunun kuormataso on madallettu laskemalla vaunun lattiatelien väliin. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 66, 76.)

Suomen rataverkon tavaraliikenne on keskittynyt tärkeimmille pääradoille. Tonnimääräisesti vilkkaimmat radat (ks. Liite 2.) ovat päärata Helsingin ja Oulun välillä, Venäjän liikenteen yhteydet Vainikkalan, Imatrankosken, Niiralan ja Vartiuksen rajanylityspaikoilta, sekä metsäteollisuuden käyttämät radat Kymenlaakson ja Rauman satamiin. Huomattava osa rataverkosta on vähäliikenteisiä ratoja, joiden vuotuiset kuljetusmäärät ovat alle 500 000 tonnia. Lähitulevaisuudessa Pohjois-Suomen kairoshankkeiden oletetaan lisäävän huomattavasti tavarankuljetuksia pohjoisilla rataosuuksilla. (Ilikkanen & Mukula 2010, 13, 29.)

Koillisväylän avautuminen laivaliikenteelle ja sen tuomat mahdollisuudet ovat herättäneet kiinnostusta rautatien rakentamisesta Rovaniemeltä tai Kemijärveltä Sodankylän ja Ivalon kautta Kirkkoniemeen Jäämeren rannalle lähivuosisikymmenien aikana (Arctic Corridor 2010, 3). Tällä hetkellä purjehdusaika Euroopasta Aasian kestää 40 päivää, mutta Koillisväylän kautta se kestäisi talvisin 20 päivää ja kesäisin vain 11 päivää. Pohjoisen meriväylän kuljetuspotentiaalin toteutumiseen liittyy kuitenkin suuri epävarmuus ilmastonmuutoksen etenemisen ja reitin käytettävyyden suhteen. Maanosien välisen liikenteen aloittamisen edellytyksiä ovat myös riittävän tiheä laivaliikenne ja kehittynyt satamainfrastrukturi, minkä lisäksi Jäämeren junarata vaati-

si vähintään 3 miljoonan tonnin vuosittaiset kuljetusmäärät ollakseen kannattava. (Arctic Corridor 2010, 31–36; Arctic Corridor 2012.) Toteutuessaan Koillisväylän avautumisella ja Jäämeren junaradalla olisi kuitenkin valtavat vaikutukset niin Suomessa kuin maailmallakin.

3.1.1 Rataverkon vaikutukset maaperään

Rataverkko aiheuttaa pitkälti samoja ongelmia maankäytön ja estevaikutuksen suhteen kuin tieverkostokin, joskin paljon pienemmässä mittakaavassa. Lisäksi joillakin rataosuuksilla on vielä käytössä puisia kreosootilla kyllästettyjä ratapölkkyjä, jotka on vuodesta 2002 lähtien luokiteltu ongelmajätteeksi. Kreosootiöljy koostuu noin 300 orgaanisesta yhdisteestä, joista suurin osa on ympäristölle tai terveydelle vaarallisia, mm. syöpää aiheuttavia, yhdisteitä. Kreosootiöljy ei myöskään kiinnity puuhun pysyvästi, vaan liukenee ympäristöön, jolloin se saattaa pilata pohjavesiä sekä haitata maaperän ja veden eliöitä. (Tukes 2012.)

Varikoilla ja dieselvetureiden tankkauspaikoilla maaperä on osittain pilaantunut kaluston kunnossapidon ja tankkaamisen johdosta. Maaperän pilaantumisriski on myös suuri dieselkaluston seisontaraiteilla, kemikaalivaunujen järjestelyraiteilla sekä vaihteiden ympäristössä. Vuonna 2010 VR tutki ja kunnosti maaperää kymmenessä kohteessa mm. poistamalla maanalaisia polttoainesäiliöitä ja korvaamalla niitä maanpäällisillä kaksoisvaippasäiliöillä. (Liikennevirasto 2011j; VR 2011, 63–65.)

Rautatieliikenteen aiheuttama kuormitus maaperään on vähäistä, mikä koostuu lähinnä kaluston öljy- ja rasvapäästöistä (Karhunen & Hokkanen 2007, 127–128). Talvisin juniin ruiskutetaan jäänestoainetta, glykolia, jota jää jonkin verran junan alusrakenteisiin käsittelyn jälkeen. Tällöin ainetta päätyy ratapenkalle, mutta VR:n mukaan pitoisuudet maassa jäävät pieniksi, sillä juna on liikkeessä. Glykolia ei myöskään kerry maaperään, sillä se on biohajoavaa. (VR 2011, 65–66.)

3.2 Raideliikenteen energiankäyttö ja päästöt

Raideliikenteen suhteellisen pienen energiankulutuksen ja hyvän energiatehokkuuden ansioista sen päästöt ovat muihin liikennemuotoihin verrattuna pienet. Sähkövoiman hyötysuhde on huomattavasti parempi verrattuna dieselvoimaan, joten säh-

követureiden päästöt ovat myös dieselvetureita pienemmät. Vetokaluston energiankulutukseen vaikuttavat mm. vetokaluston tekninen toteutus, vedettävä juna ja käyttökäyttöhenkilöstö. Vetokaluston moottorien, laitteistojen ja pyörästöjen kunto vaikuttaa myös oleellisesti energiankulutukseen sekä millä hyötysuhteella vetokalusto muuttaa käytetyn energiamäärän vetotyössä tarvittavaksi liike-energiaksi. Kuten tieliikenteessä, niin myös raideliikenteessä kuljettajan toimilla on vaikutusta energiankulutukseen mm. kiihdytyksen ja jarrutuksen kautta. Kaikkein energiatehokkainta on kiihdyttää juna nopeasti tavoitenopeuteen. Tämänkin suhteen sähköveturit ovat vähemmän energiaa kuluttavia, sillä ne kiihtyvät dieselvetureita nopeammin. (Mäkelä, Säily & Mäntynen 2002, 146–148.) Muita tapoja energiatehokkuuden kasvattamiseen ovat esimerkiksi aerodynamiikan parantaminen ja kitkan vähentäminen.

Raideliikenteen päästöt ovat peräisin polttoaineenkulutuksesta ja sähköntuotannon päästöistä. Dieselvetureiden aiheuttamat päästöt ovat riippuvaisia käytetyn polttoaineen määrästä ja laadusta. (Mäkelä, Säily & Mäntynen 2002, 149.) Junaliikenteessä käytetään rikitöntä polttoainetta, joten rikkidioksidipäästöt (SO₂) ovat alhaiset (VR 2011, 62). Sähköntuotannon päästöihin vaikuttavat tuotannossa käytetyt primäärienergiälähteet, energian raaka-ainemäärät sekä sähkön tuotantotapa. Sähköntuotannon suhdanteiden johdosta eri tuotantotapojen välinen jakauma ja täten myös kokonaispäästömäärät vaihtelevat vuosittain. Tiettyjen polttoaineiden ominaispäästöjen muutokset vaikuttavat myös energiantuotannon päästömääriin. (Mäkelä, Säily & Mäntynen 2002, 149)

TAULUKKO 4. Junaliikenteen päästöt vuonna 2010 (t).

	CO	HC	NO _x	PM	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂
Sähköjunaliikenne	113	9	261	30	5	4	211	141 961
Dieseljunaliikenne	285	128	2 232	44	5,1	2,6	0,6	97 054
YHTEENSÄ	398	137	2 493	74	10,1	6,6	211,6	239 015

Lähde: RAILI 2010 laskentajärjestelmä <http://lipasto.vtt.fi/raili/paasto10.htm>

Taulukossa 4. on RAILI 2010 -laskentajärjestelmällä lasketut päästöt sähkö- ja dieseljunaliikenteelle. Päästöt on laskettu sähköntuotannon ja dieselmoottorien päästö-
kertoimien sekä junien energian- ja polttoainekulutuksen tulona. Sähköjunaliikenteen kohdalla on laskettu epäsuorat päästöt eli junaliikenteen sähkönkäytön päästö-
osuus sähköntuotannosta, jotta vertailu eri liikennemuotojen välillä olisi mahdollista. (VTT 2011b.) Laskentajärjestelmän mukaan sähköjunaliikenne tuotti noin puolet
enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin dieseljunaliikenne. Tämä johtuu siitä, että vuonna 2010 noin 85 % junaliikenteestä hoidettiin sähkövetoisesti (VR 2011, 62).

TAULUKKO 5. Kahden eri laskentajärjestelmän vertailu

		2010	2009	2008	2007	2006	2005
VR	Uusiutuvan energian käyttö junaliikenteessä, %	64	65	61	24	21	3,8
	Junaliikenteen hiilidioksidipäästöt (1 000 tonnia)	101	93	114	239	289	255
RAILI 2010	Junaliikenteen hiilidioksidipäästöt (1 000 tonnia)	239	230	276	234	247	238

VR:n viime vuosien ilmoittamat hiilidioksidipäästöt poikkeavat suuresti RAILI 2010 -
laskentajärjestelmän luvuista (ks. Taulukko 5.). Tämä johtuu siitä, että VR siirtyi käyttämään ekosähköä vuonna 2008 ja vesivoimaa vuonna 2009. Toisin kuin RAILI -
järjestelmässä, VR laskee sähköjunaliikenteen päästöt vain ostetun energiantuottamisessa syntyneiden päästöjen kautta. Vuonna 2011 VR-konserni siirtyi käyttämään
kokonaan vesivoimalla tuotettua sähköä, joten jatkossa junaliikenteen päästöiksi laskettaneen vain dieseljunaliikenteen päästöt. (VR 2011, 62; VR Group 2011.) Näin
ollen sähköjunaliikenteen päästöt on saatu nollattua ilman, että toimintaa tai energi-
ankäyttöä olisi juurikaan tehostettu. Dieseljunaliikenteen päästöissä VR on sentään
samoilla linjoilla RAILI 2010 -järjestelmän kanssa, sillä vuonna 2010 hiukkaspäästöjen (PM) ilmoitettiin olevan 45 tonnia ja typen oksidien (NO_x) 2 325 tonnia (VR 2011,
66). RAILI 2010 -järjestelmässä vastaavat luvut olivat 44 tonnia ja 2 232 tonnia.

3.3 Melu

Raideliikenteen melualueilla asuu noin 46 00 ihmistä. Junien liikkeellelähdössä syntyy
eniten melua moottorista ja käyntilaitteista ja yli 60 km/h nopeudessa vallitsevaksi

melulähteeksi muodostuu pyörien ja kiskon välinen kosketus. Ilmanvastuksesta aiheutuva melu on merkityksellistä vasta yli 200 km/h nopeuksilla. Junasta lähtevää kokonaismelutasoon vaikuttavat veturin ja vaunujen tyyppin lisäksi nopeus ja junaradan ominaisuudet. Tavarajunien kohdalla melutasoa voi korottaa myös vaunujen rakenteiden kolina. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2007, 13.)

Raideliikenteestä aiheutuvaa melua pidetään vähemmän häiritseväenä kuin tie- tai lentoliikenteen melua, koska se on yleensä hetkellistä ja säännöllisesti ajoittunutta. Melu on myös taajuudeltaan tieliikenteen melua matalampaa, joten muun muassa talojen seinät ja muut kiinteät esteet vaimentavat sitä paremmin. Raideliikenteen melu vaimenee myös tieliikenteen melua nopeammin, minkä lisäksi melun torjuntaan riittää matalammat esteet, koska melunlähde sijaitsee lähellä maanpintaa. (Mäkelä, Säily & Mäntynen 2002, 151.)

3.4 Tärinä

Raideliikenteen aiheuttama tärinä maaperässä syntyy junan pyörän ja raiteen välillä olevista voimista ja on ympäristöhaitta siinä missä melukin. Tärinäongelma on lisääntynyt asutuksen levittäytyessä radanvarsille sekä junien nopeuksien ja akselipainojen noustessa. Tärinästä ihmiselle aiheutuvia haittoja ovat mm. asumismukavuuden väheneminen, keskittymiskyvyn ja nukkumisen häiriintyminen sekä pelko rakennevaurioista ja kiinteistön arvon alenemisesta. (Kaaresoja 2007, 15–16, 25.)

Tärinän suuruuteen vaikuttavat merkittävästi maaperän laatu ja maakerrosrakenne. Karkearakeiset maalajit vaimentavat tärinän melko nopeasti eivätkä näin ollen ole yleensä ongelmallisia tärinän suhteen. Hienorakenteiset, vetiset ja pehmeät maalajit, kuten esimerkiksi savi ja turve, eivät sen sijaan vaimenna tärinää kovin hyvin, jolloin tärinän vaikutusalue ulottuu kauas tärinälähteestä. Maaperän laatu ja tärinähaitat tulisi ottaa huomioon kaavoituksessa sijoittamalla asuinalueet 200–300 metrin päähän rautateistä pehmeillä maa-alueilla. Karkeilla ja hyvin tärinää vaimentavilla alueilla riittää 50 metriä. Ratojen rakentamisessa voidaan käyttää myös vaimennusrakenteita, mm. maanalaisia lokerikkoseiniä tai paalulaattoja, mutta nämä ovat kalliita ja vaikeasti toteutettavia vaihtoehtoja. Vanhoilla ratalinjoilla junien nopeuksien alen-

taminen on osoittautunut ainoaksi keinoksi tärinän vähentämiseksi, mutta vilkkaasti liikennöidyillä rataosuuksilla tätä ei voida käyttää liikenteellisistä syistä. (Kaaresoja 2007, 19, 25; Mäkelä, Säily & Mäntynen 2002, 156–158.)

3.5 Riskit ja onnettomuudet

Suomessa rautatieliikenteen turvallisuus on yleisesti ottaen hyvä, mutta siitä huolimatta tekninen vika tai inhimillinen erehdys saattaa johtaa suuronnettomuuteen. (Mäkelä, Säily & Mäkinen 2002, 126.) Suuronnettomuuksia ei ole tapahtunut Suomen rautateillä vuoden 1998 jälkeen, jolloin 10 ihmistä kuoli Turusta Joensuuhun matkalla olleen pikajunan suistuttua raiteilta Jyväskylän ratapihalla. Turman syyksi paljastui inhimillinen virhe. (Onnettomuustutkintakeskus 1998.) Onnettomuuksia tai suuronnettomuuden vaaratilanteita on sitä vastoin tapahtunut myöhemminkin. Esimerkiksi tammikuussa 2010 Helsingin asemalla sattui onnettomuus, jossa neljä junarungosta irtipäässyttä vaunua törmäsi raiteen päässä olevaan raidepuskimeen ja siitä edelleen toimistorakennuksen seinään. Henkilövahingoilta vältyttiin, koska aseman järjestyksenvalvojat ehtivät evakuoida asemalaiturilla olleet ihmiset ennen törmäystä. Tutkimuksissa onnettomuuden syyksi paljastui inhimillinen erehdys. (Onnettomuustutkintakeskus 2010.)

Rautatieliikenteeseen liittyviin toiminnallisiin riskeihin kuuluvat erilaiset luonnonilmiöt ja vuodenaikojen vaihtelut. Varsinkin talvisin lumimyrskyt kasaavat lunta raiteille ja pakkaset jäädyttävät vaihteita sekä pistävät junien hydrauliiikan ja sähköjärjestelmät kovalle. (VTT 2011c, 31–32.) Kovan talven johdosta VR:n lähiliikenteen täsmällisyys olikin 88,5 % vuonna 2010, kun se oli vuotta aiemmin vielä 95,5 % (VR 2011, 7–8). Junaliikenne on myös vahvasti riippuvainen sähkösaannista, joten myrskytuulen kaataessa puita raiteille tai katkoessa ajolankoja koko kyseisen rataosuuden liikenne voi seisahtua.

4 LENTOKULJETUKSET

4.1 Infrastrukturi

Lentoliikenteen infrastrukturi muodostuu lentoasemista, ohjausjärjestelmistä sekä vapaasta ilmatilasta eli lentoväylästä. Lentoliikenteen infrastrukturi poikkeaa merkittävästi maaliikennemuotojen infrastruktuureista, sillä lentoliikenteessä väyläkustannukset muodostavat vain pienen osan liikennejärjestelmän kustannuksista. Maaliikennemuotojen kiinteiden väylien jatkuva hoito, ylläpito ja kehittäminen vaativat sen sijaan suuria taloudellisia panostuksia. (Rauhamäki 2003, 16.)

Tärkeimmän osan lentoliikenteen infrastruktuurista muodostavat lentoasemat, sillä ne toimivat solmupisteinä lentoliikenteen ja muiden liikennemuotojen välillä. Lentoasemien infrastrukturi voidaan jakaa maa- ja lentoliikennepuoleen sekä terminaaleihin. Maaliikennepuoleen kuuluvat liityntäliikenne, paikoitusalueet sekä julkisen liikenteen pysäkit, kun taas lentoliikennepuoli käsittää kiito- ja yhdystiet, ilmatilan sekä lentokoneiden seisontapaikat ja portit. Terminaalien tehtävänä on yhdistää nämä kaksi liikennepuolta, mikä vaatii erittäin hyvää liikennesuunnittelua. Suunnittelun tarkoituksena on tarjota riittävästi kiitotiekapasiteettiä tarvittavalle määrälle lentokoneita, mutta myös varmistettava, että lentoasema pystyy käsittelemään lentoliikenteen matkustaja- ja tavaravirrat. (Rauhamäki 2003, 16; Liikenne- ja viestintäministeriö 2005, 17.)

Suomessa Finavia ylläpitää ja kehittää 25 lentoaseman verkostoa (ks. Liite 3.) sekä koko maan kattavaa lennonvarmistusjärjestelmää. Finavian lentoasemaverkostosta 18 on siviililentoasemia, 4 yhteistoimintalentoasemia ja 3 sotilaslentoasemia. (Finavia 2012a.) Näiden lisäksi toiminnassa on Mikkelin kaupungin ylläpitämä Mikkelin lentoasema sekä Rengonharju-säätiön ylläpitämä Seinäjoen lentoasema. Trafi toimii Suomen ilmailuviranomaisena, jonka tehtäviin kuuluvat lentoliikenteen sujuvuuteen liittyvät asiat sekä ilmailun yleisen turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden edistäminen. (Trafi 2012b.)

Lentoasemista Helsinki-Vantaa toimii Suomen keskuslentoasemana, jonka kautta valtaosa Suomen lentoliikenteestä kulkee. Vuonna 2010 Suomen kansainvälisen lentoliikenteen matkustajaliikenteestä 90 % ja tavaraliikenteestä 95 % kulki Helsinki-Vantaan kautta. Kotimaanliikenteestä vastaavat lukemat olivat 49 % ja 89 %. (Finavia 2011a, 7,10.)

4.1.1 Lentoliikenteen ongelmat

Euroopan ilmatilassa liikkuu päivittäin noin 26 000 lentokonetta ja ennusteen mukaan lentoliikenne kaksinkertaistuu vuoteen 2020 mennessä (Eurocontrol 2011). Lentoliikenteen kasvun myötä Euroopan ilmatila on ruuhkautunut, josta aiheutuu lentojen myöhästymisiä ja lisäkustannuksia lentoyhtiöille. Ruuhkautuneisuus ei johdu ilmatilan puutteesta, sillä tilaa on tarjolla runsaasti nykyiseen volyyymiin nähden. Ongelma on ilmatilan hajanaisuudessa, sillä Euroopan ilmatila koostuu kymmenistä valvontajärjestelmistä ja lennonjohtokeskuksista. (Rauhamäki 2003, 16–17.) Nykyinen lentoliikenteen hallintajärjestelmä aiheuttaa myös 2–3 miljardin euron vuosittaiset lisäkustannukset muihin vastaavan kokoisiin järjestelmiin verrattuna (Eurocontrol 2011).

Lentoliikenteen ongelmien korjaamiseksi EU:ssa käynnistettiin vuonna 1999 SES-kehitysprojekti (Single European Sky) yhtenäisen ilmatilan luomiseksi. (Eurocontrol 2011.) Tällä hetkellä Euroopan mailla on omat lentokorkeutensa, joten yhden lennon aikana lentokorkeutta on vaihdettava useampaan kertaan maiden rajoja ylittäessä. Lentoreitit eivät myöskään ole lyhyimpiä mahdollisia, sillä Euroopassa on varattu monin paikoin suuria alueita sotilaslentokoneiden harjoitusalueiksi. SES-suunnitelmien mukaan ilmatila tullaan jakamaan kahdeksaan toiminnalliseen ilmatilalohkoon, joissa on yhdenmukaistetut lennonvarmistuspalvelut. Lentopalveluiden, -toimintojen ja -käytäntöjen yhdenmukaistaminen tulee lisäämään lentoliikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Myös lentoreittien ja matka-aikojen odotetaan lyhentyvän, mikä tuo lentoyhtiöille huomattavia säästöjä vähentyneen polttoaineenkulutuksen ja odotusaikojen lyhentymisen kautta. Ilmatilalohkot on tarkoitus perustaa vuoden 2012 loppuun mennessä, jonka jälkeen käytännön mukaisia liiketoimintamalleja aletaan muodostaa ja valmistella SES-käytäntöön (Single European Sky) siirtymistä. (Finavia 2011b, 38–39.)

4.1.2 Lentoasemien ympäristövaikutukset

Lentoasemien ympäristövaikutukset muodostuvat lentotoiminnasta sekä maa-ajoneuvojen ja koneiden käytöstä, liukkaudentorjunta- ja jäänestokemikaalien käytöstä, jätehuollosta ja lentokoneiden huoltotoiminnasta. Lentoasemien ja lentoliikenteen aiheuttamien päästöjen välillä rajanveto on vaikeaa, sillä merkittävä osa lentokoneiden synnyttämistä päästöistä tapahtuu lentoasemilla tai niiden läheisyydessä nousu- ja laskuvaiheiden aikana. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2005, 25.) Joskus lentokoneen nousun aikana ilmenee teknisiä ongelmia, minkä johdosta koneen on palattava takaisin kentälle. Tämä kuitenkin vaatii ensin polttoainekuorman vähentämistä, jolloin säiliöistä ulos päästetty polttoaine sataa lentoaseman läheisyyteen pölyyn ja tomuun adsorboituneena. (Karhunen & Hokkanen 2007, 171.)

Ympärivuotinen lentoliikenne vaatii Suomessa talvisin kiitoteiden aurauksen ja harjauksen lisäksi liukkaudentorjuntakemikaalien käyttöä. Käytössä on natrium- ja kaliumasetaattia sekä natrium- ja kaliumformiaattia rakeisessa ja nestemäisessä muodossa. Näitä kemikaaleja pääsee lentoasemien ympäristöön ja vesistöihin valumavesien mukana. Asetaatit ja formiaatit ovat biohajoavia ja vesiliukoisia orgaanisia yhdisteitä, mutta ne kuluttavat happea hajotessaan. Liukkaudentorjuntakemikaalien lisäksi lentoasemilla käytetään myös propyleeniglykolia lentokoneiden pintojen jäänestoon ja -poistoon. Glykoli on vesiliukoinen orgaaninen yhdiste, joka kuluttaa happea hajotessaan ja aiheuttaa hajuhaittoja. Helsinki-Vantaa lentoasemalla glykolipitoiset valumavedet johdetaan kunnalliselle vedenpuhdistamolle. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2005, 25; Finavia 2011c, 3.) Vuonna 2010 kehäradan louhintatöiden aikana Helsinki-Vantaa lentoaseman alapuolelta löytyi kuitenkin suuri mikrobikasvusto, joka oli maaperään valuneen glykolin synnyttämä. Mikrobeille glykoli on vahva ravinneaine ja ainetta löytyi maaperästä suuret määrät. (MTV3 2011.) Glykolin epäiltiin myös pilanneen pohjavettä lentoaseman alueella ja valuneen Kylmäojan jokeen. Finaviaa ei kuitenkaan asetettu syytteeseen mahdollisesta ympäristön turmelemisesta, sillä yhtiö oli toiminut voimassaolevien ympäristölupien mukaisesti. (Vantaan Sanomat 2011.)

4.2 Lentoliikenteen päästöt

Merkittävä osa lentokoneiden ympäristövaikutuksista muodostuu pakokaasupäästöistä ja lentoliikennettä pidetäänkin tieliikenteen ohella kaikista liikennemuodoista suurimpana ympäristökuormituksen aiheuttajana (Karhunen & Hokkanen 2007, 171–172). Lentoliikenteen osuus ilmastoa lämmittävästä vaikutuksesta on suurempi, kuin sen osuus maailman liikenteen hiilidioksidipäästöistä, sillä päästöt syntyvät ilmakehän herkässä yläosassa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2005, 22.) Alailmakehässä eli troposfäärissä typen oksidit muodostavat hiilimonoksidista ja hiilivedyistä otsonia, joka toimii kasvihuonekaasuna tässä ilmakehän osassa. Sen sijaan yläilmakehässä eli stratosfäärissä lämpötilasta ja typen oksidien määrästä riippuen tapahtuu joko UV-säteilyltä suojaavan otsonin tuhoutumis- tai muodostumisreaktiota. (Rauhamäki 2003, 123.)

LIPASTO 2010 -laskentajärjestelmän (ks. Taulukko 1.) mukaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt (CO_2) olivat Suomessa noin 890 000 t ja typpipäästöt (NO_x) 3 100 t. Päästöistä typen oksideja syntyy eniten nousukiidon ja -lennon aikana ja häikä- ja hiilivetyypäästöjä lähes pelkästään rullauksen, joutokäynnin ja matkalennon aikana (Rauhamäki 2003, 122). Päästölaskennassa on otettu huomioon kaikki Suomen lentotiedotusalueella tapahtuva lentoliikenne, pois lukien ylilennot. LIPASTOn ilmoittamat lukemat eivät ole tarkkoja, sillä ne perustuvat vuoden 2008 lentoliikenteen päästöistä laskettuihin ennusteisiin. Lentoliikenteen päästöjen laskentajärjestelmän kehittäminen edellyttäisi sen täydellistä uusimista, mutta Finavia ei ole sitoutunut siihen. (Finavia 2009, 2,4.) Finavia ilmoitti vuoden 2010 lentokoneiden päästöiksi vain 195 000 t, mutta laskuissa on huomioitu vain LTO -syklin (Landing and Take Off Cycle) eli lentoonlähdon ja laskeutumisen sekä niihin liittyvien rullausten aikaiset päästöt 915 m korkeuteen asti (Finavia 2011c, 18).

Viimeisten 40 vuoden aikana lentoteollisuus on onnistunut vähentämään lentokoneiden polttoaineen kulutusta ja CO_2 päästöjä 70 %, NO_x päästöjä 90 % sekä melua 75 % (Airbus 2012a). Päästöjä ja melua on saatu vähennettyä moottoritekniikkaa ja kevyempiä materiaaleja kehittämällä, minkä lisäksi lentokoneiden aerodynamiikkaa on saatu parannettua eläin- ja kasvikuntaa tutkimalla. Kotkien siivistä on esimerkiksi

otettu mallia lentokoneiden siipiulokkeiden eli ns. winglettien suunnittelussa, joiden avulla siipien nostovoimaa ja lentokoneen polttoainetaloutta on saatu parannettua. (Airbus 2012b.) Päästöjä ja energiankulutusta voidaan vähentää myös koneen täyttöastetta kasvattamalla sekä koneen nopeuksia ja lentokorkeuksia optimoimalla. Näiden lisäksi aikaisemmin mainitulla lennonjohtojärjestelmän kehittämisellä ja ilmatilan tehokkaalla käytöllä on vaikutusta päästökuormitukseen, sillä laskeutumisvuoron odottelu ilmassa lisää energiankulutusta ja päästöjä. (Rauhamäki 2003, 124.)

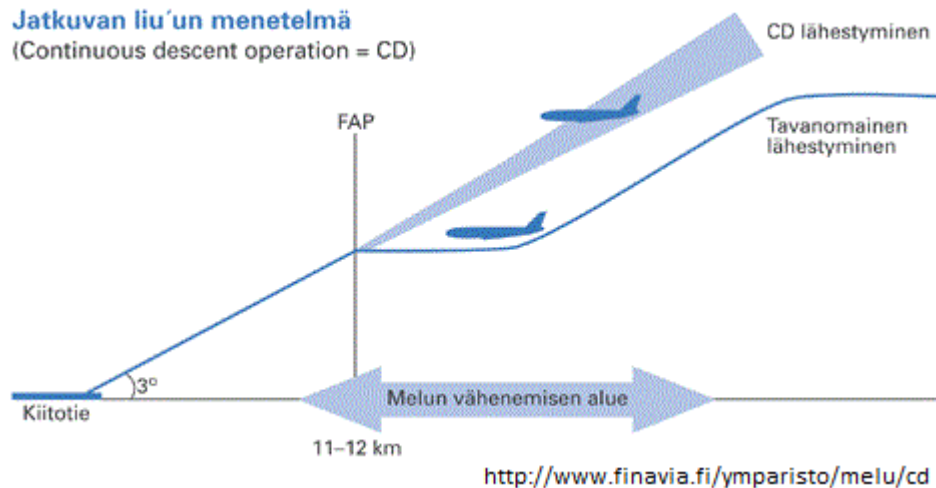
Lentokoneiden teknisestä kehityksestä ja uusien ympäristöystävällisten toimintatapojen kehittämisestä huolimatta, lentoliikenteen aiheuttamat päästöt ovat lisääntyneet liikenteen voimakkaan kasvun vuoksi. (Karhunen & Hokkanen 2007, 172.) Vuonna 2012 lentoliikenne liitettiin mukaan päästökauppaan hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Päästökaupalla pyritään vähentämään lentoliikenteen päästöjä 183 miljoonaa tonnia vuoteen 2020 mennessä ja se koskee kaikkia EU:n lentoasemilta lähteviä ja niille saapuvia lentoja. (Finavia 2011c, 11.)

4.3 Melu

Lentoliikenteen meluvaikutukset kohdistuvat lähinnä lentoasemien lähialueille, sillä matkalennossa vain pieni osa melusta kantautuu maahan asti. Melualueen laajuus riippuu lentoaseman liikennemäärästä, konekalustosta sekä kiitoteiden suunnista asutuskeskuksiin nähden. Lentomelu koostuu joko moottorimelusta tai aerodynaamisesta melusta. (Rauhamäki 2002, 124–125.) Moottorimeluun vaikuttavat moottorin koko ja tyyppi sekä käytettävä tehoasetus ja aerodynaamiseen meluun lentokoneen tyyppi, lentonopeus sekä laskutelineiden ja siipien laippojen asento. (Finavia 2012b.) Lentoonlähdössä moottorimelun merkitys on suurin, koska tällöin moottoreita käytetään suurimmalla teholla. Laskeuduttaessa aerodynaamisen melun osuus kasvaa. (Rauhamäki 2003, 124–125.)

Laskeutumisvaiheessa syntynyttä melua voidaan vähentää jos laskeutuminen tehdään korkeutta jatkuvasti vähentäen (ks. Kuvio 1.) eli ns. jatkuvan liu'un menetelmällä (Finavia 2011c, 20). Menetelmä ei ainoastaan vähennä syntyvää melua, vaan myös päästöjen määrää voidaan vähentää 10–30 % normaaliin lähestymiseen verrattuna

(Finavia 2012c). Jatkuvan liu'un menetelmää ei tosin voida käyttää jos saapuvan liikenteen määrä on lähellä laskeutumiskiitotien kapasiteettia (Finavia 2011c, 20).



KUVIO 1. Lentokoneen laskeutumistavat.

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO jakaa lentokoneet meluluokkiin, joista uusin meluluokka 4 tuli voimaan 2006. Uusimmat meluluokan 3 koneet täyttävät myös luokan 4 vaatimukset. Sen sijaan meluluokan 2, esimerkiksi venäläisten Tupolev 134, lentokoneiden lentokenttäoperaatiot on kokonaan kielletty EU-maissa. (Rauhamäki 2003, 126.)

4.4 Riskit

Turvallisuus on aina ollut korostetussa asemassa lentoliikenteessä, sillä vaikka onnettomuusriski on pieni, niin seuraukset voivat olla hyvin suuret. Lentoliikenteen turvallisuus on parantunut jatkuvasti ja varsinkin Yhdysvalloissa 11.9.2001 tapahtuneiden terrori-iskujen jälkeen lentoliikenteen turvallisuusseikat ovat olleet kansainvälisen yhteistyön keskipisteenä. (Rauhamäki 2003, 18)

Lentoliikenteen riskit voidaan jakaa teknisiin, inhimillisiin ja muihin riskitekijöihin. Teknisiin riskeihin kuuluvat mm. lentosään ja ilmatilan ruuhkautuneisuuden vaikutukset sekä järjestelmien toimintavarmuus. Inhimillisiin tekijöihin kuuluvat puoles-

taan lentäjien, lennonjohdon ja kenttähenkilökunnan toiminta ja muihin riskitekijöihin kuuluvat mm. terrorismi sekä matkustajien välinpitämättömyys tai tietämättömyys turvamääräyksistä. (Rauhamäki 203, 108.) On huolestuttavaa, että ainakin maanpinnalla olevien ihmisten tietämättömyydestä ja välinpitämättömyydestä aiheutuvat lentoliikenteen riskit ovat kasvussa. Tapaukset joissa laskeutuvien lentokoneiden lentäjiä on yritetty sokaista laserosoittimilla, ovat kasvaneet hälyttävästi niin Suomessa kuin ulkomaillakin (Trafi 2012c). Laserhäirintä voi aiheuttaa lentäjille silmävammoja tai pahimmassa tapauksessa johtaa suuronnettomuuteen.

5 MERIKULJETUKSET

5.1 Infrastrukturi

Merenkulun turvallisuusviranomaisena toimii Trafi, joka valvoo alusturvallisuudesta annettujen säännösten ja määräysten noudattamista sekä ylläpitää alus- ja merimiesrekisterejä. (Trafi 2012d.) Kauppamerenkulun tehokas ja taloudellinen toiminta vaatii turvallista ja kattavaa väyläverkostoa (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 56). Suomessa on yhteensä noin 19 500 km kartoille merkittyjä yleisiä kulkuväyliä, joista 16 200 km on Liikenneviraston ylläpidon ja kehittämisen alaista väyläverkkoa. Väyläverkosta rannikkoväyliä on noin 8 200 km ja sisävesiväyliä 8 000 km, sisältäen myös kauppamerenkulun väyliä noin 3 900 km. (Liikennevirasto 2012b.) Väylästäön tarkoituksena on palvella kauppamerenkulun lisäksi myös esimerkiksi saariston yhteysliikennettä, kalastusta ja veneilyä (Pöllänen ym. 2003, 56). Väyläverkon ylläpito vaatii talvisin myös jäänmurtajatoimintaa, sillä Itämeri jäätyy pohjoisilta osiltaan joka talvi. Lisäksi varsinkin lounaistuulet kasaavat jäitä satamien suulle ahtojäävalleiksi, jotka ovat meriliikenteelle tasaista jääpeitettä suurempi ongelma. (Liikennevirasto 2011k.)

Satamat ovat meri- ja maaliikennemuotojen yhtymäkohtia, jotka on rakennettu vesistön varrelle alusten lastaamista, purkamista, säilyttämistä ja kunnostamista varten. Ne suojaavat myös aluksia tuulelta, aallokolta, virtauksilta ja jäältä. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 117.) Satamien tehtäviin kuuluvat myös tavara- ja

henkilöliikenteen välittämiseen liittyvät palvelu- ja viranomaistoiminnot. Laajimman määritelmän mukaan satama käsittääkin maa- ja vesialueen sekä infrastruktuurin lisäksi satamayhteisön. Satamayhteisöllä tarkoitetaan alueella toimivia organisaatioita esimerkiksi tullia, rajavartiolaitosta, terminaaleja sekä satamanpitäjiä, jotka hoitavat tahoillaan sataman eri toimintoja. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 81–83.)

Satamat voidaan ryhmitellä monilla eri tavoilla esimerkiksi kuntien omistamiin yleisatamiin, joissa tavaravirrat koostuvat monista eri tavaralajeista tai teollisuuden omistamiin satamiin, jotka toimivat ainoastaan niiden tuonti- ja vientikuljetusten hoitamista varten. Satamat voidaan jaotella myös tavaravirtojen mukaan esimerkiksi kappaletavara-, irtolasti- ja konttisatamiin, öljysatamiin ja matkustaja-autolauttasatamiin. Myös tuonti- ja viennin satama jaottelua käytetään, mikäli sataman kokonaisliikenteestä tuonti tai vienti on selvästi toista suuremmassa merkityksessä. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 82.)

Vuonna 2010 Suomen ulkomaan merikuljetuksia hoidettiin 51 eri satamasta. Ulkomaan- ja kokonaisliikenteen kannalta mitattuna suurin satama oli Porvoon Kilpilahti (Sköldvik), jossa tuonnin ja viennin osuus oli 16,9 miljoonaa tonnia, kokonaisliikenteen ollessa 20,5 miljoonaa tonnia. Seuraavaksi suurimpia satamia kokonaisliikenteen (ks. Liite 4.) osalta olivat Kotka (11,3 milj. t), Helsinki (10,9 milj. t), Naantali (8,1 milj. t) ja Kokkola (6,3 milj. t), jotka olivat myös Kilpilahden jälkeen suurimpia ulkomaankaupan satamia. (Suomen Satamaliitto 2011.)

5.1.1 Satamatoiminnan ja väylien kunnossapidon ympäristövaikutukset

Sataman ja väylien rakentamisella sekä satamatoiminnalla voi olla huomattavia vaikutuksia maisemakuvaan ja luonnonympäristöön, minkä lisäksi satamatoiminnasta aiheutuva melu saattaa olla häiritsevää. Näitä haittoja voidaan ehkäistä ja torjua maankäytön ja infrastruktuurin, esimerkiksi tieverkon, suunnittelulla. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 89.)

Sataman rakentamiseen liittyvät täyttötöyt, laitureiden ja penkereiden rakentaminen saattavat heikentää vesistön tilaa, mikäli alueen vesi ei pääse vaihtumaan kunnolla. Myös väylien rakentaminen ja kunnossapitoon liittyvät ruoppaustyöt aiheuttavat

hetkellistä veden sameutumista, minkä lisäksi pohjan eliöstöä tuhoutuu ruoppaus-alueilla ja maa-aineksen läjitysalueilla. Ruoppauksen aikana myös pohjan sedimentteihin kertyneet ympäristömyrkyt saattavat levitä ympäröiviin vesiin ja aiheuttaa suuria ympäristöhaittoja. Suomen merialueilla pohjan maa-aines on kuitenkin melko karkearakenteista, jolloin veden sameutuminen on melko vähäistä ruoppauksen aikana, minkä lisäksi myrkyllisiä sedimenttejä on hyvin harvassa. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 89.)

Satamatoiminnasta aiheutuu jonkin verran melua ja pakokaasupäästöjä. Suurimmat meluhaitat ovat peräisin sataman toimintaan liittyvästä maaliikenteestä. Maaliikenteen aiheuttamaa melua on kuitenkin mahdollista torjua tieverkon suunnittelulla ja melusteillä. Helsingin Vuosaaren satamaan on esimerkiksi rakennettu 13 m korkea ja kilometrin pituinen betoninen meluvalli estämään satamatoiminnasta aiheutuvien äänien kantautuminen viereiselle Porvarinlahden Natura 2000 -alueelle (Betoni 2009). Myös laiturissa olevat laivat aiheuttavat melua ja päästöjä, sillä laivojen on pidettävä apukoneet käynnissä sähkönsaannin takaamiseksi. Satamissa on tutkittu mahdollisuuksia kytkeä laivat sähköverkkoon kaapelien avulla, jolloin laivojen koneet voitaisiin sammuttaa ja näin ollen vähentää polttoaineenkulutusta ja päästöjä. Osalla aluksista sähköverkkoon kytkeytyminen on mahdollista, mutta maailmanlaajuisen standardin puute estää ns. maasähkön käyttämistä kaikkien laivojen kohdalla. (Yle 2010.)

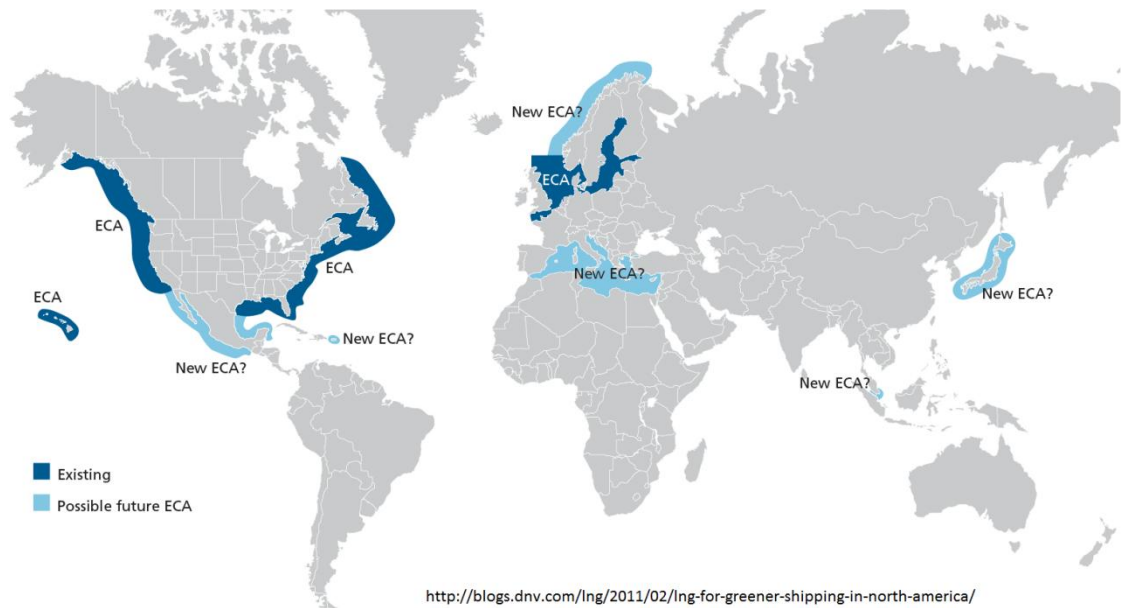
5.2 Päästöt ilmaan

LIPASTO 2010 -järjestelmän mukaan vesiliikenne aiheuttaa liikennemuodoista toiseksi eniten päästöjä (ks. Taulukko 1.) heti tieliikenteen jälkeen. Typpipäästöjä (NO_x) se tuottaa hiukan tieliikennettä enemmän, mutta rikkidioksidipäästöt (SO_2) ovat sen sijaan lähes kokonaan vesiliikenteen aiheuttamia. Tämä johtuu laivaliikenteessä käytettävän polttoaineen ns. bunkkeriöljyn rikkipitoisuudesta. Päästömääriin on laskettu eri vene- ja laivatyyppien aiheuttamat päästöt satamissa ja väylillä, ulkomaille lähteviin laivoihin tankattu polttonesteen määrä sekä suomalaisiin satamiin suuntautuvan liikenteen päästöt Suomen talousvyöhykkeellä (VTT 2011d). Päästöjä vertaillaessa on kuitenkin huomioitava, että vesiliikenne aiheuttaa kuljetussuoritteeseen verrattuna

suhteellisen vähän päästöjä. Rikki- ja typpipäästöt ovat kuitenkin ongelmallisia, sillä tyyppi rehevöittää Itämerta ja rikki puolestaan happamoittaa. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 79, 84.)

Itämeri on yksi maailman vilkkaimmin liikennöidyistä merialueista, minkä lisäksi se on erityisen herkkä rehevöitymiselle ja saastumiselle, sillä meri on matala ja sen vesi vaihtuu hitaasti. Merien saastumisen ehkäisyä varten on olemassa IMO:n (International Maritime Organization) eli Kansainvälisen merenkulkujärjestön MARPOL 73/78 -yleissopimus, johon myös Suomen merenkulun ympäristösuojelua koskeva lainsäädäntö perustuu. Myös Euroopan Unionilla on merenkulkuun liittyviä asetuksia ja direktiivejä (Trafli 2012e). MARPOL -yleissopimuksen puitteissa on perustettu erityisiä merialueita, joissa on normaalia tiukemmat päästörajoitukset. Itämeri kuuluu SECA-alueeseen (Sulphur Emission Control Area), jossa rikkidioksidipäästöjä on rajoitettu, mutta merialueen julistamista typpipäästöjen kontrollialueeksi on myös keskusteltu. Tällöin alueen laivaliikenteen pitäisi TIER III -määräysten mukaan vähentää typpipäästöjä 80 % vuoteen 2016 mennessä (Shipowners 2011).

Vuonna 2010 Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin alueella tuli voimaan MARPOL -sopimuksen uudistettu ilmansuojeluliite (Annex VI), jolloin aikaisemmin voimassa ollut laivojen polttoaineen enimmäisrikkipitoisuus laskettiin 1,5 prosentista 1,0 prosenttiin. Vuonna 2015 sallittu pitoisuus laskee 0,1 prosenttiin. (Shipowners 2011.) IMO hyväksyi myös vuonna 2010 Yhdysvaltojen ja Kanadan rannikosta noin 370 km päähän ulottuvan ECA-alueen (Emission Control Area), jossa on tiukennetut rajat typpi-, rikki- ja hiukkaspäästöille (AirClim 2010). Kuviossa 2. on esitetty voimassa olevat ja suunnitteilla olevat päästörajoitusalueet. Laivojen polttoaineen rikkipitoisuutta vähennetään myös kansainvälisellä tasolla, sillä vuonna 2012 pitoisuuden raja laskettiin 4,5 prosentista 3,5 prosenttiin ja tavoitteena on laskea rajaa vielä 0,5 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä (AirClim. 2010).



KUVIO 2. Laivojen polttoaineen nykyiset ja suunnitellut päästörajoitusalueet.

MARPOL -yleissopimuksesta huolimatta Suomi sallii vielä rikkipitoisuudeltaan 1,5 % polttoaineen käytön talousalueellaan, mutta vuonna 2015 raja on laskemassa sopimuksen mukaiseen 0,1 % pitoisuuteen (Trafi 2012f). Varsinkin varustamot toivovat, että tämän rajan voimaantuloa siirrettäisiin eteenpäin vuoteen 2020, jolloin kansainvälinen 0,5 % rikkiraja tulee voimaan. Nykysuunnitelman toteuttaminen saattaa lisätä merikuljetusten polttoainekustannuksia 200 miljoonan ja 1,2 miljardin euron välillä, mikä puolestaan siirtäisi merikuljetuksia maanteille, aiheuttaisi negatiivisia ympäristövaikutuksia ja vääristäisi kilpailua Euroopan markkinoilla. (Shipowners 2011.)

Laivojen päästöjä on mahdollista vähentää moottoritekniikkaa ja pakokaasujen puhdistusmenetelmiä kehittämällä tai siirtymällä esimerkiksi maakaasun käyttöön bunkkeriöljyn ja dieselin sijaan. Päästöjen lisäksi myös polttoaineen kulutusta voidaan vähentää potkuritekniikkaa ja aluksen aerodynamiikkaa parantamalla tai valjastamalla esimerkiksi aurinko- ja tuulivoima käyttöön. Esimerkiksi 100–500 m korkeudella toimiva ja pinta-alaltaan 160 m² SkySails -leija voi säästää 10–35 % aluksen polttoaineen kulutuksessa (SkySails 2011, 5–6). Pienissä veneissä on käytössä myös aurinkopaneelilla päällystettyjä purjeita, mutta isommissa aluksissa purjeiden käyttö on hankalampaa, sillä mastot voivat hankaloittaa rahdin käsittelyä.

Laivaliikenteen tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä voi parantaa nopeuttamalla lastaus- ja purkuaikoja, sillä jokainen laiturissa vietetty hetki lisää kustannuksia ja päästöjä, varsinkin jos laivaa ei ole kytketty maasähköön. Kokkolaan on esimerkiksi rakennettu AWT-terminaali (All Weather Terminal) eli joka sään terminaali, jossa laiva voidaan nopeasti lastata ja purkaa katetussa tilassa säiden vaihtelusta välittämättä. Terminaalissa on käytössä nopea 50 tonnin nosturi, jonka avulla lastaus- ja purkuaikoja saadaan nopeutettua 50–100 % tavaralajista riippuen. Nopeus tuo suuria säästöjä laivarahdin maksajille, koska laiva ei joudu seisomaan satamassa pitkään, minkä lisäksi säiden vaihtelut eivät myöskään pääse vaikuttamaan lastattavan tavarin laatuun. (Kokkolan satama 2005.)

5.3 Jätteet ja päästöt meriin

Laivoissa syntyy paljon jätteitä, joista merkittävimmät ovat pilssivesi, kiinteät jätteet, öljyiset huoltojätteet, käymälä- eli ns. mustavesi sekä talous- ja pesuvesi eli harmaa-vesi (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 87). Säännösten mukaan laivojen on jätettävä sataman vastaanottolaitteisiin kaikki jätteet ja lastijätteet, joita MARPOL - yleissopimuksen mukaan ei saa päästää Itämeren alueelle (Trafi 2012g). Yleisimpiä mereen pääseviä haitta-aineita ovat öljypäästöt, joita pääsee vesistöön painolasti-, säiliönpesu- ja pilssivesien mukana, jäteöljyinä sekä onnettomuustilanteissa. Öljy- toisten vesien päästäminen mereen on Itämerellä kielletty, mutta kielloista huolimatta öljypitoisia jätevesiä pääsee jonkin verran mereen. Musta- ja harmaa- vesipäästöt rehevöittävät vesistöä, joten niiden päästäminen vesistöön on myös Itämerellä kielletty. Mikäli aluksella on mustan veden puhdistuslaitteisto, saa puhdistetun jäteveden päästää mereen 4 meripeninkulman eli noin 7,4 kilometrin päässä rannikosta. (Pöllänen ym. 2003, 86–87.)

5.4 Vieraslajit

Meriolosuhteissa alusten runkoon kiinnittyy eliöstöä ja kasvustoa, minkä lisäksi alusten vakavoittamiseksi tarvittavien painolastivesien mukana kulkeutuu myös eliölajeja merialueilta toisille. Yhden tankkialuksen painolastiveden mukana saattaa siirtyä jopa

240 miljoonaa elävää organismia. Nämä uudet tulokkaat voivat muodostaa biologisen uhan olemassa olevalle eliöstölle ja muuttaa vesistön ekosysteemiä. Painolastivesien mukana kulkevien eliöiden määrää on pyritty vähentämään vaihtamalla vesi avomerellä suolaisempaan meriveteen, suodattamalla tai UV-säteilyttämällä tankkeihin pääsevä vesi. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 86, 88.) Vuodesta 2016 lähtien kaikkien alusten on oltava varusteltuja painolastivesien käsittelylaitteistoilla, eliöstöjen leviämisen estämiseksi (Trafi 2012h).

Eliöstön siirtymistä alueelta toiselle runkoon kiinnittyneenä on estetty käyttämällä kasvunestoaineita sisältävillä myrkkymaaleilla. Jää ja muut mekaaniset tekijät irrottavat kuitenkin suojamaalia pitkän ajan kuluessa, jolloin merieliöille haitallisia aineita liukenee meriveteen tai vajoaa pohjasedimenttiin. Vuosien saatossa tributyyliitinayhdisteitä on kertynyt suuret määrät varsinkin satama-aitaiden pohjille. EU-maissa orgaanisia tinayhdisteitä sisältävien maalien käyttö on ollut kielletty aluksissa ja vedenalaisissa rakenteissa vuodesta 2003 lähtien. (Pöllänen ym. 2003, 86–87; Karhunen & Hokkanen 2007, 94.)

5.5 Vedenalainen melu, virtaukset ja eroosio

Laivaliikenteestä syntyvä melu koostuu veden liikkeistä aiheutuvasta hydrodynaamisesta melusta, moottorimelusta sekä kaikuluotaimista. Viime vuosikymmeninä vedenalainen melu on kasvanut huomattavasti lisääntyneen laivaliikenteen ja rannikoiden tuulivoimaloiden rakentamisen myötä, mutta siitä huolimatta melun aiheuttamat haitat meren eliöille tunnetaan edelleen melko huonosti. Tutkimusten mukaan melun on kuitenkin havaittu vaikeuttavan lajien viestintää, suunnistusta ja saalistusta, minkä lisäksi kovimmat äänet saattavat aiheuttaa eläimille kuulovaurioita tai jopa tappaa ne. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 88; Turun Sanomat 2010.)

Alusten liikkeestä muodostuu aaltoja, jotka aiheuttavat rantavesissä turbulenttisia virtauksia ja vaikuttavat huomattavasti rantaeroosioon. Säännöllinen alusliikenne voi saada aikaan jatkuvan eroosioprosessin, minkä vuoksi saaristossa ja satamaväylillä alusten nopeusrajoituksia on alennettu. Rantavesiin kohdistuvat jatkuvat aallokot ja virtaukset saattavat vaikuttaa myös kalakantoihin, sillä rannikkoalueet ovat tyyppillisiä

kalojen kutualueita. Lisääntymisen häiriintymisellä saattaa olla vakavia seurauksia kalakantoihin, varsinkin jos laji on jo valmiiksi uhanalainen tai sen kutupaikkoja on vähän. (Pöllänen ym. 2003, 80–81; Karhunen & Hokkanen 2007, 95.)

Aallonmuodostumisen lisäksi laivat aiheuttavat erilaisia virtauksia, jotka ulottuvat syvälle vesikerroksiin. Matalilla alueilla potkurivirtaukset sekoittavat meriveden kerrostuneisuutta ja nostavat pohjan ravinteitä pintaveteen, mikä osaltaan lisää levien kasvua ja hapen kulutusta. Väyläaallot kuljettavat ravinteitä myös rannan tuntumaan, missä levä voi laajentaa elinpiiriään ravinteiden ja laivaliikenteen aiheuttaman ns. vuorovesivaikutuksen turvin. (Pöllänen ym. 2003, 81.)

5.6 Riskit

Merenkulku perustuu pitkälti merten vapauteen, mutta meriliikennettä on alettu säätelämään tiukemmin aluskoon kasvaessa ja laivaliikenteen sekä huonokuntoisten alusten määrän lisääntyessä. Huonokuntoiset ja säännösten vastaiset alukset muodostavat vakavan riskin ihmisille ja ympäristölle. Toisaalta ihmisten toimet muodostavat hyvin suuren riskin merenkulun turvallisuudelle, sillä 65–85 % kaikista onnettomuuksista johtuu inhimillisistä erehdyksistä. Osa teknisen vian aiheuttamista onnettomuuksistakin voi johtua siitä, että laitteiden huoltoihin on suhtauduttu välinpitämättömästi tai ne on tehty puutteellisesti. Joillakin merialueilla terrorismi ja merirosvous luovat vakavan uhan meriliikenteelle, mutta arkisempia uhkia ovat kuitenkin merihenkilöstön päihteidenkäyttö ja henkilöstön mahdollisista kulttuurieroista johtuvat turvallisuusriskit. (Pöllänen, Säily, Kalenoja & Mäntynen 2003, 71, 73–74.)

Itämeren meriliikenteessä huomattavia riskejä ovat vesiväylien kapeus, mutkaisuus ja mataluus. Suomen rannikkovesien tuhannet karit ja saaret tekevät alusten navigoinnista haasteellista, minkä lisäksi sumu, pitkän pimeän kauden aiheuttama huono näkyvyys ja jäinen vesi voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Talvella tuulet voivat myös liikuttaa jääkenttiä yhteen, jolloin niiden puristuksiin jäänyt alus voi joutua uppoamisvaaraan. Suurin osa Suomen aluevesillä tapahtuneista onnettomuuksista on kuitenkin ollut karilleajoja, pohjakosketuksia ja yhteentörmäyksiä. (Pöllänen ym. 2003, 65, 74.)

Suomenlahti on erittäin vilkkaasti liikennöity merialue, jossa vuonna 2013 Venäjällä sijaitsevan Ust-Lugan sataman toiminnan käynnistyessä seilaa 25 öljytankkeria päivässä. Öljykatastrofin kannalta suurin riskialue on Helsingin ja Tallinnan välillä, jossa pika-alusten reitit ylittävät hitaasti kääntyvien tankkereiden väylät. Onnettomuusrisikin pienentämiseksi kaikkiin tankkereihin asennetaan internet-pohjainen, kaksisuuntainen navigointipalvelu vuoteen 2013 mennessä. Palvelun tarkoituksena on toimittaa aluksen komentosillalle informaatiota muun muassa aluksen reittiin liittyvistä sää-, jää- ja poikkeustilanteista. (Tekniikka & Talous 2011.)

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata eri kuljetusmuotoihin liittyviä ympäristövaikutuksia ja riskejä Suomessa sekä miten niitä voidaan pienentää ja kuljetusten energiatehokkuutta parantaa. Työn tavoitteet ja tietojen esittämistavat olivat alusta alkaen selkeät, joten työn toteuttaminen sujui aikataulun mukaisesti ja lähes mutkattomasti. Työstä muodostui myös tiivis kokonaisuus, jota voidaan käyttää oppimateriaalina insinöörien koulutuksessa.

Tiedon hankinta osoittautui helpoksi, sillä työn eri aihepiireistä oli saatavilla paljon ajantasaista materiaalia. Lähdetietojen paljous oli toisaalta myös ongelma, sillä materiaalin läpikäynti vaati paljon aikaa, minkä lisäksi jotkin ristiriitaisuudet ja epätarkkuudet lähteissä vaativat paljon lisäselvitystyötä. Materiaalin läpikäynnin aikana opin kuitenkin myös paljon sellaista, mitä ei ollut mahdollista ottaa mukaan opinnäytetyöhön.

Opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että kuljetukset ja niihin liittyvät infrastruktuurit vaikuttavat ympäristöön monilla eri tavoilla. Jokaisella kuljetusmuodolla on myös itselleen tyypillisiä ympäristövaikutuksia, esimerkiksi meriliikenteellä eroosio ja raideliikenteellä tärinä. Ympäristövaikutusten pienentämiseen ja energiatehokkuuden parantamiseen on monia vaihtoehtoja mm. tekniikan kehittäminen, kuormien

täyttöasteen parantaminen sekä taloudellisempi ajotapa. Kuljetusten pakokaasupäästöjen osalta työssä on kuvailta vaikutusten lisäksi myös millaisia haasteita tulevaisuuden tiukentuvat päästörajat tuovat kuljetusyrityksille.

Opinnäytetyön aihe oli ajankohtainen ja mielenkiintoinen. Pidän hyvin mahdollisena, että pääsen soveltamaan työelämässä varsinkin tiekuljetusten energiatehokkuuden parantamiseen liittyvää tietämystäni. Opinnäytetyötä olisi hyvä jatkaa kuljetusten elinkaaren aikaisten päästöjen tutkimiseen, sillä työssä esitetyt päästömäärät kuvaavat vain käytönaikaisia päästöjä. Uudet materiaalit, tekniikka ja polttoaineet vähentävät käytönaikaisia päästöjä, mutta lisäävätkö ne mahdollisesti elinkaaripäästöjä ja mitä muita vaikutuksia niillä on?

LÄHTEET

Airbus. 2012a. Did you know? Airbusin sivusto. Viitattu 2.3.2012. www.airbus.com Innovation, Did you know?

Airbus. 2012b. Innovation for the future. Airbusin tulevaisuus-sivusto. www.thefuturebyairbus.com Future Solutions, The Airbus Concept Plane, Innovation for the future

AirClim. 2010. IMO MARPOL Convention. Air Pollution & Climate Secretariat -sivusto. Sivut päivitetty 26.10.2010. Viitattu 13.3.2012. www.airclim.org Policy initiatives, IMO MARPOL Convention

Arctic Corridor. 2010. Esiselvitys. Jäämeren rautatie Rovaniemi-Kirkkonie mi. Julkaistu 22.3.2010. <http://www.arcticcorridor.fi/assets/Uploads/Loppuraporttipivitetty.pdf>

Arctic Corridor. 2012. Jäämeren rautatie Rovaniemi-Kirkkonie mi raportti valmistui. Tiedote. Julkaistu 2.3.2012. Viitattu 6.3.2012. www.arcticcorridor.fi Ajankohtaista, Jäämeren rautatie Rovaniemi-Kirkkonie mi raportti valmistui

Betoni. 2009. Vuoden betonirakenne 2008: Vuosaaren sataman meluseinä. Betoniteollisuus ry:n sivusto. Viitattu 12.3.2012. www.betoni.com Tietoa Betonista, Vuoden betonirakenne, 2008

Eurocontrol. 2011. Single European Sky. Eurocontrolin sivusto. Sivut päivitetty 20.9.2011. Viitattu 1.3.2012. www.eurocontrol.int Single Sky, Single European Sky

Finavia. 2009. ILMi. Suomen ilmaliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä. Siviililentoliikenteen energiankulutus ja päästöt Suomen lentotiedotusalueella 2008. Vantaa: Finavia.

Finavia. 2011a. Finavian lentoliikennetilasto 2010. www.finavia.fi Medialle, Julkaisut, Lentoliikennetilasto 2011

Finavia. 2011b. Finavia vuosikertomus 2010. 365 mahdollisuutta. www.finavia.fi Medialle, Julkaisut, Vuosikertomus 2010 ”365 mahdollisuutta”

Finavia. 2011c. Finavia ympäristöraportti 2010. www.finavia.fi Medialle, Julkaisut, Finavia ympäristöraportti 2010

Finavia. 2012a. Finavia Oyj lyhyesti. Finavian sivusto. Viitattu 29.2.2012. www.finavia.fi Finavia, Finavia lyhyesti

Finavia. 2012b. Mitä lentokonemelu on? Finavian sivusto. Viitattu 5.3.2012.
www.finavia.fi Ympäristö, Melu, Lentokoneiden melu

Finavia. 2012c. CD-jatkuvan liu'un lähestyminen. Finavian sivusto. Viitattu 6.3.2012.
www.finavia.fi Ympäristö, Melu, CD

likkanen, P. & Mukula, M. 2010. Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2030. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2010. Kuopio: Kopijyvä Oy.

Iltalehti. 2012. Bensarekka aiheutti räjähdysvaaran. Uutisartikkeli. Julkaistu 10.1.2012. http://www.iltalehti.fi/uutiset/2012011015054993_uu.shtml

Jääskeläinen, S. 2004. Liikennesektorin ympäristökäsikirja. Luonnos. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 5/2004. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Kaaresoja, K. 2007. Suomen rataverkon tärinäselvitys. Kirjallisuuskatsaus ja tärinäkohteet 2000–2006. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 6/2007. Helsinki: Ratahallintokeskus.

Karhunen, J. & Hokkanen, J. 2007. Kansainväliset kuljetukset. Jyväskylä: Gummerrus Oy.

Kokkolan satama. 2005. All Weather Terminal. Kokkolan sataman vanha sivusto. Viitattu 15.4.2012. <http://www3.kokkola.fi/satama/finnish/awt/index.htm>

L 23.6.2005/503. Maantielaki 23.6.2005/503 4§ Maantiet ja niiden luokittelu. Viitattu 7.2.2012. www.finlex.fi Lainsäädäntö, Ajantasainen lainsäädäntö, 2005, 23.6.2005/503

Liikennevirasto. 2011a. Tavaraliikenne. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 10.8.2011. Viitattu 3.2.2012. www.liikennevirasto.fi Liikenneverkko, Liikennejärjestelmä, Tavaraliikenne

Liikennevirasto. 2011b. Tietilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 6/2011. Helsinki: Edita Prima Oy.

Liikennevirasto. 2011c. Tiet. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 17.10.2011. Viitattu 7.2.2012. www.liikennevirasto.fi liikenneverkko, tiet

Liikennevirasto. 2011d. Teiden kunnossapito. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 28.11.2011. Viitattu 7.2.2012. www.liikennevirasto.fi Kunnossapito, Teiden kunnossapito

Liikennevirasto. 2011e. Teiden talvihoito. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 28.11.2011. Viitattu 7.2.2012. www.liikennevirasto.fi Kunnossapito, Talviolosuhteet, Teiden talvihoito

Liikennevirasto. 2011f. Melu. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 10.8.2011. Viitattu 11.2.2012. www.liikennevirasto.fi Ympäristön turvallisuus, Väylänpito ja ympäristö, Melu

Liikennevirasto. 2011g. Maisema ja kulttuuriympäristö. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 10.8.2011. Viitattu 20.2.2012. www.liikennevirasto.fi Ympäristö ja turvallisuus, Väylänpito ja ympäristö, Maisema ja kulttuuriympäristö

Liikennevirasto. 2011h. Suomen rautatietilasto 2011. Liikenneviraston tilastoja 5/2011. Helsinki: Tuokinprint Oy.

Liikennevirasto. 2011i. Rataverkon kuvaus 1.1.2012. Liikenneviraston väylätietoja 4/2011. Verkkojulkaisu. www.liikennevirasto.fi Liikenneverkko, Rautatiet, Rataverkon kuvaus 1.1.2012

Liikennevirasto 2011j. Maaperän suojele. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 10.8.2012. Viitattu 20.2.2012. www.liikennevirasto.fi Ympäristön turvallisuus. Väylänpito ja ympäristö, Maaperän suojele

Liikennevirasto 2011k. Talvimerenkulun avustaminen. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 10.8.2011. Viitattu 12.3.2012. www.liikennevirasto.fi Kunnossapito, Talviolosuhteet, Talvimerenkulun avustaminen

Liikennevirasto. 2012a. Rautatiet. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 17.1.2012. Viitattu 14.2.2012. www.liikennevirasto.fi Liikenneverkko, Rautatiet

Liikennevirasto. 2012b. Vesiväylät ja kanavat. Liikenneviraston sivusto. Sivut päivitetty 27.1.2012. Viitattu 11.3.2012. www.liikennevirasto.fi Liikenneverkko, Vesiväylät ja kanavat

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2005. Luonnonvarojen kulutus Suomen lentoliikenteessä (LentoMIPS). Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 57/2005. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2007. Tie- ja rautatieliikenteen meluntorjunnan teemapaketti 2008–2012. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 28/2007. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Liimatainen, H., Rauhamäki, H. & Liedes, M. 2009. Kuljetusalan energiatehokkuuden hallinta- ja kannustinjärjestelmät. Tampereen teknillinen yliopisto. Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos. Liikenne- ja Kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 74. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy.

Motiva & WSP Finland. 2007. INTERACTION-toimenpideselvitys – Kuorma-autokuljetusten energia-, ympäristö- ja kustannustehokkuuden parantaminen. Julkaistu 17.12.2007. www.motiva.fi Liikenne, Liikenteen projekteja, INTERACTION – Säästöä tavarankuljetuksiin, INTERACTION-raportit

MTV3. 2011. Helsinki-Vantaan bakteerilöytöä selvitetään edelleen. Uutisartikkeli. Julkaistu 5.1.2011. Viitattu 29.2.2012.
<http://www.mtv3.fi/uutiset/kotimaa.shtml/helsinki-vantaan-bakteeriloytoa-selvitetaan-edelleen/2011/01/1251350>

Mäkelä, K. & Auvinen, H. 2010. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2010 laskentajärjestelmä. Espoo: VTT

Mäkelä, T. & Mäntynen, J. 1998. Kuljetukset logistiikan osana. Julkaisu 29. 2. korj. p. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Mäkelä, T., Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2005. Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät. Tampere: TTY- Paino.

Mäkelä, T., Säily, S. & Mäntynen, J. 2002. Rautatieliikenne. Julkaisu 33. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Ollila, M. & Silander, J. 2006. Rankkasateet ja kaupunkitulvat. Ympäristö ja terveys 37, 3/2006, 28–33.

Onnettomuustutkintakeskus. 1998. A1/1998R Junaonnettomuus Jyväskylässä 6.3.1998. www.onnettomuustutkintakeskus.fi Tutkintaselostukset, Raideliikenne, 1998 Tutkinat

Onnettomuustutkintakeskus. 2010. B1/2010R Henkilövaunujen törmäminen raidepuskimeen ja edelleen toimistorakennuksen seinään Helsingin asemalla 4.1.2010. www.onnettomuustutkintakeskus.fi Tutkintaselostukset, Raideliikenne, 2010 Tutkinat

Pöllänen, M., Mäntynen, J. & Laitinen, K. 2007. Tiekuljetukset. Opetusmoniste 43. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Pöllänen, M., Säily, S., Kalenoja, H. & Mäntynen, J. 2003. Vesiliikenne. Opetusmoniste 35. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Rauhämäki, H. 2003. Ilmaliikenne. Opetusmoniste 36. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Shipowners. 2011. Suomen varustamoiden sivusto. Viitattu 13.3.2012. www.shipowners.fi Ympäristö, Ilmansuojelu ja ilmastonmuutos, Merenkulun rikki-päästöt

SkySails. 2011. New energy for shipping. Press kit. www.skysails.info Media, Documents, Background Information, Press Kit

Suomen Satamaliitto. 2011. Satamaliiton tilastoja. Viitattu 12.3.2012. www.finnports.com Tilastot, Vuositolastot, Tavaraliikenne, 2010

Tekniikka & Talous. 2011. Meriliikenne saa Suomenlahdella lennonjohdon - öljykatastrofin riski pienenee. Uutisartikkeli. Julkaistu 13.12.2011. Viitattu 16.3.2012. www.tekniikkatalous.fi Energia, Ympäristö

Trafi. 2012a. Rautatiet. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 13.1.2012. Viitattu 14.2.2012 www.trafi.fi Rautatiet

Trafi. 2012b. Ilmailu. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 27.2.2012. Viitattu 29.2.2012. www.trafi.fi Ilmailu

Trafi. 2012c. Ilma-alusten häirintä lasersäteillä on turvallisuusriski. Liikenneturvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 1.3.2012. Viitattu 6.3.2012. www.trafi.fi Turvallisuus, Turvallisuuskulttuuri, Laserhäirintä

Trafi. 2012d. Merenkulku. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 13.1.2012. Viitattu 11.3.2012. www.trafi.fi Merenkulku

Trafi. 2012e. Meriympäristö. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 26.2.2012. Viitattu 13.3.2012. www.trafi.fi Merenkulku, Meriympäristö

Trafi. 2012f. Päästöt ilmaan. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 24.2.2012. Viitattu 13.3.2012. www.trafi.fi Merenkulku, Meriympäristö, Päästöt ilmaan

Trafi. 2012g. Jätteiden jättäminen satamaan. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 28.2.2012. Viitattu 14.3.2012. www.trafi.fi Merenkulku, Meriympäristö, Jätteiden jättäminen satamaan

Trafi. 2012h. Painolastivedet ja vieraslajit. Liikenteen turvallisuusviraston sivusto. Sivut päivitetty 24.2.2012. Viitattu 14.3.2012. www.trafi.fi Merenkulku, Meriympäristö, Painolastivedet ja vieraslajit

Tukes. 2012. Kreosootilla kyllästetyn puun käyttö ja hävittäminen. Turvatekniikan laitoksen sivusto. Sivut päivitetty 13.2.2012. Viitattu 20.2.2012. www.tukes.fi Toimialat, Kemikaalit biosidit ja kasvinsuojeluaineet, Biosidit, Biosidien käytön rajoitukset, Kreosotti

Tuominen, A. 2010. Rataverkon luokittelun vertailu kantavuuden mukaan. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2010. Verkkojulkaisu. www.liikennevirasto.fi Liikennevirasto, Julkaisut, Tutkimuksia ja selvityksiä, 2010, 21/2010 Rataverkon luokittelun vertailu kannattavuuden mukaan

Turun Sanomat. 2010. Syvyyksien hiljaisuus hävisi. Uutisartikkeli. Julkaistu 7.9.2010. Viitattu 15.3.2012. <http://www.ts.fi/teemat/luonto/158049/Syvyyksien+hiljaisuus+havisi>

Vantaan Sanomat. 2011. Finavialle ei syytettä Helsinki-Vantaan glykolijutussa. Uutisartikkeli. Julkaistu 27.4.2011. Viitattu 1.3.2012.

<http://www.vantaansanommat.fi/artikkeli/50983-finavialle-ei-syytetta-helsinki-vantaan-glykolijutussa>

Vesterinen, P. 2011. Turvaa logistiikka - kuljetusten ja toiminnan turvallisuus. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Viskari, E.-L. & Owston, T. 2002. Transport and Environment. Part I – Road Traffic. Tampere Polytechnic Publications. Ser C. Study Materials 5. Tampere: Tampere Polytechnic.

VR150. 2012. VR:n 150-vuotisjuhlien sivusto. Viitattu 14.2.2012. www.vr150.fi

VR 2011. VR-konsernin vuosiraportti 2010. www.vrgroup.fi VR Group, Julkaisut, Vuosiraportti

VR Group. 2011. VR Group siirtyy kokonaan vesivoimaan. Tiedote julkaistu 7.4.2011. Viitattu 27.2.2012. www.vrgroup.fi Medialle, VR Group tiedottaa, Tiedotearkisto, 2011, VR Group siirtyy kokonaan vesivoimaan

VTT. 2011a. Suomen liikenteen päästöt ja energiankulutus 2010. LIPASTOn sivusto. Sivut päivitetty 23.11.2011 Viitattu 3.2.2012. <http://lipasto.vtt.fi/paasto10.htm> Perusvuosi 2010 - kaikki liikennemuodot, Perusvuosi 2010

VTT. 2011b. RAILI 2010 järjestelmäkuvaus. LIPASTOn sivusto. Viitattu 27.2.2012. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm> RAILI 2010 - rautatieliikenne, RAILI 2010 - järjestelmäkuvaus

VTT. 2011c. Extreme weather impacts on transport systems. EWENT Project Deliverable D1.VTT working papers 168. Espoo: VTT.

VTT. 2011d. MEERI 2010 järjestelmäkuvaus. LIPASTOn sivusto. Viitattu 13.3.2012. <http://lipasto.vtt.fi/index.htm> MEERI 2010 - vesiliikenne, MEERI 2010 - järjestelmäkuvaus

Yle. 2010. Eteläsataman laivat kytketään maasähköön. Yleisradion sivusto. Uutisartikkeli. Julkaistu 7.6.2010. Viitattu 12.3.2012. http://yle.fi/alueet/helsinki/helsinki/2010/06/etelasataman_laivat_kytetaan_maasahkoon_1740434.html

Yle.2012. VR saa kilpailijan syksyllä 2013. Yleisradion sivusto. Uutisartikkeli. Julkaistu 16.3.2012. Viitattu 16.3.2012. http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2012/03/vr_saa_kilpailijan_syksylla_2013_3337432.html

Ympäristö. 2010. Rakennussuojelua ja maisemansuojelua koskeva lainsäädäntö. Valtion ympäristöhallinnon sivusto. Sivut päivitetty 1.7.2010. Viitattu 20.2.2012. www.ymparisto.fi Lainsäädäntö, Maankäyttö ja rakentaminen, Rakennussuojelua ja maisemansuojelua koskeva lainsäädäntö

Ympäristö. 2011a. Liikenteen ympäristöhaitat. Valtion ympäristöhallinnon sivusto. Sivut päivitetty 17.2.2011. Viitattu 7.2.2012. www.ymparisto.fi Maankäyttö ja rakentaminen, Maankäytön suunnittelu, Liikenteen suunnittelu, Liikenteen ympäristöhaitat

Ympäristö. 2011b. Kuljetukset ja logistiikka. Valtion ympäristöhallinnon sivusto. Sivut päivitetty 27.5.2011. Viitattu 10.2.2012. www.ymparisto.fi Yritykset ja yhteisö, Tuotteet ja hankinnat, Kuljetukset ja logistiikka

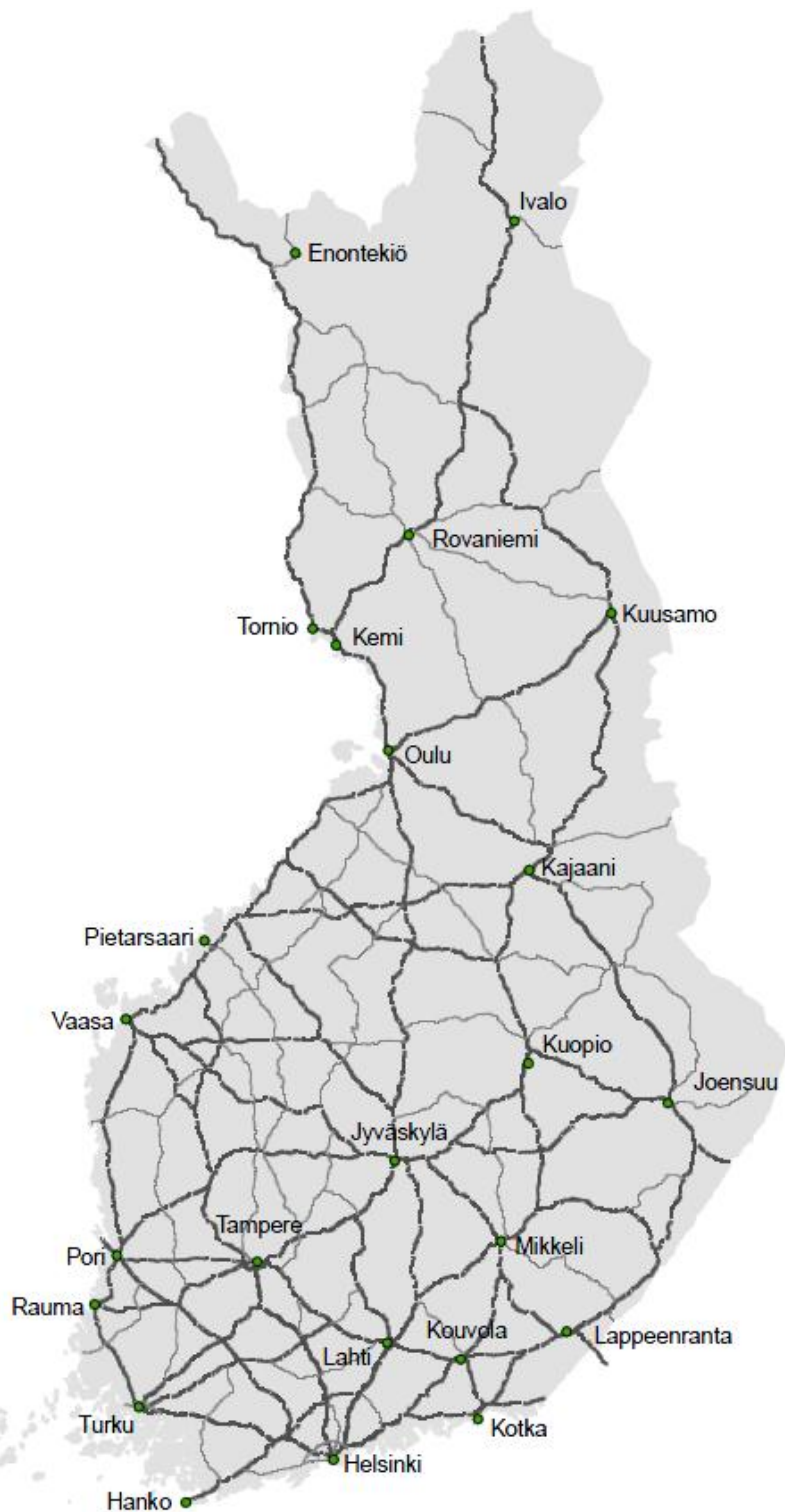
YTV. 2000. Liikenteen jäljet. Tietoa liikenteen ilmanlaatu- ja meluvaikutuksista asuin-ympäristössä. www.motiva.fi Liikenne, Perustietoa liikenteestä ja ympäristöstä, Vaikutukset ihmisiin ja ympäristöön

LIITTEET

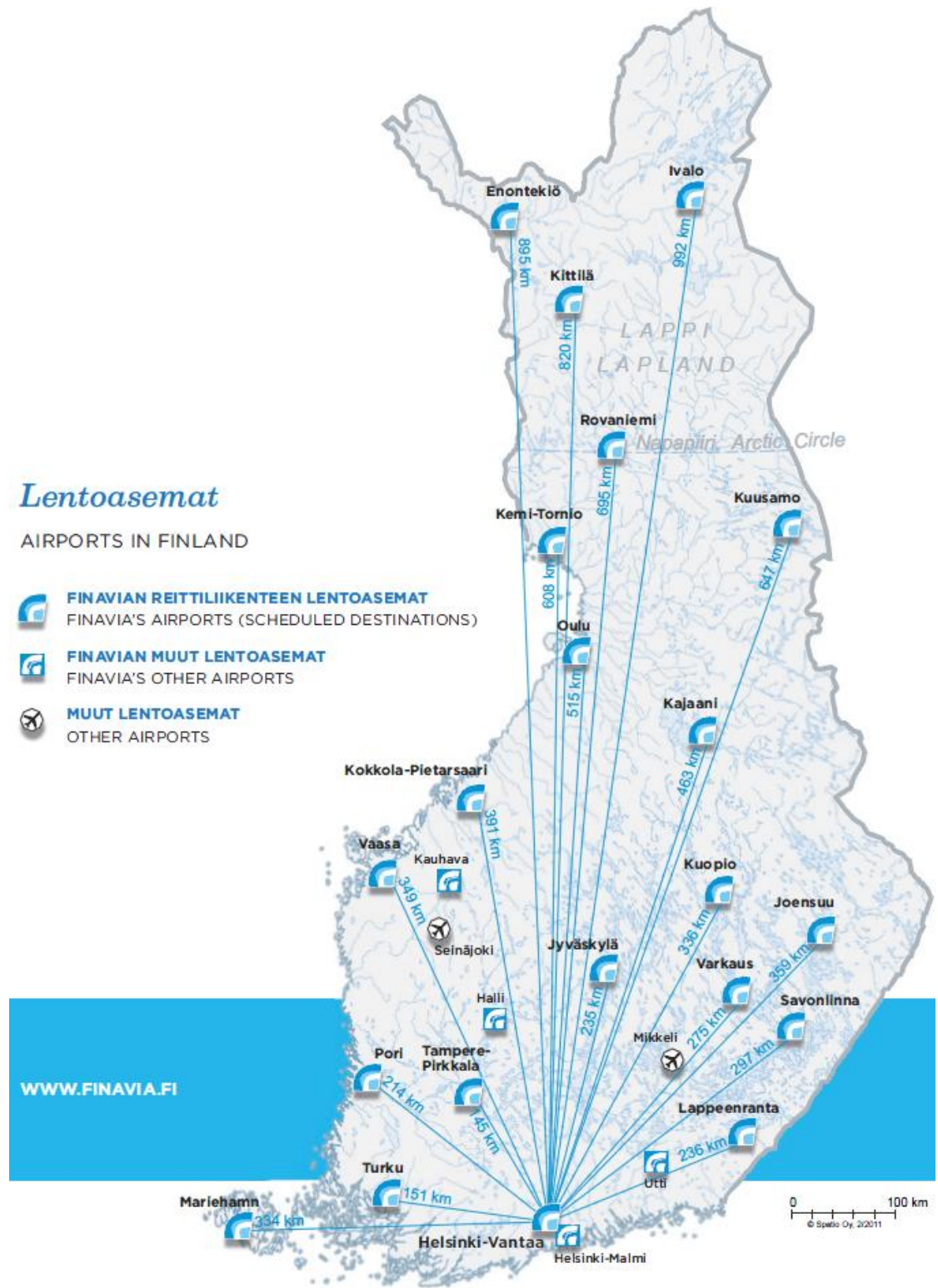
Liite 1. Suomen päätieverkko

Päätieverkko

- Valtatiet
- Kantatiet



Liite 3. Lentoasemat Suomessa



Liite 4. Suurimpien satamien tavaraliikenne 2010 (milj. t).

