

TURUN YLIOPISTON  
MERENKULKUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUKSEN JULKAISUJA

PUBLICATIONS FROM THE CENTRE FOR MARITIME STUDIES  
UNIVERSITY OF TURKU

B 183  
2011

# SATAMAN INFORMAATIOKESKUKSEN MAHDOLLISUUDET YMPÄRISTÖ- VAIKUTUSTEN VÄHENTÄMISESSÄ

Olli-Pekka Brunila

Antti Posti

Ulla Tapaninen





TURUN YLIOPISTON  
MERENKULKUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUKSEN JULKAISUJA

PUBLIKATIONER AV SJÖFARTSBRANSCHENS UTBILDNINGS- OCH  
FORSKNINGSCENTRAL VID ÅBO UNIVERSITET

PUBLICATIONS FROM THE CENTRE FOR MARITIME STUDIES  
UNIVERSITY OF TURKU

B 183  
2011

# **SATAMAN INFORMAATIOKESKUKSEN MAHDOLLISUUDET YMPÄRISTÖ- VAIKUTUSTEN VÄHENTÄMISESSÄ**

Olli-Pekka Brunila

Antti Posti

Ulla Tapaninen

Turku 2011

JULKAISIJA / PUBLISHER:  
Turun yliopisto / University of Turku  
MERENKULKUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUS  
CENTRE FOR MARITIME STUDIES

Käyntiosoite / Visiting address:  
ICT-talo, Joukahaisenkatu 3-5 B, 4.krs, Turku

Postiosoite / Postal address:  
FI-20014 TURUN YLIOPISTO

Puh. / Tel. + 358 (0)2 333 51  
<http://mkk.utu.fi>

Kopijyvä Oy  
Kouvola 2011

ISBN 978-951-29-4794-2 (sid.)

ISBN 978-951-29-4795-9 (PDF)

ISSN 1456–1824

## ESIPUHE

Perinteinen tiedonvälitys satamasidonmaisessa toimitusketjussa on monimutkainen verkosto, jossa eri osapuolet välittävät tietoja keskenään moninkertaisten yhteyksien kautta. Satamasidonmaisten toimitusketjujen tiedonvaihtoa tutkiva ja kehittävä Mobiilisatama (MOPO) -tutkimushanke käynnistyi elokuussa 2009. Hankkeen tavoitteena on satamasidonmaisen logistiikan kehittäminen ja liikenteen sujuvuuden lisääminen. MOPO-projektissa tutkimuspartnereina ovat Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen Kotkassa toimiva Merenkulun logistiikan tutkimus -yksikkö sekä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Kymi Technology T&K -osaamiskeskittymä ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Kouvolan yksikkö. Lisäksi valmistelutyössä ovat olleet mukana Merikotka-tutkimuskeskus ja NELI – North European Logistics Institute. Rahoitusta projekti saa Euroopan aluekehitysrahastolta ja Tekesiltä sekä laajalta yritysyryhmältä, johon kuuluvat Cursor Oy, HaminaKotka Satama Oy (aiemmin Kotkan Satama Oy), KYMP Oy, SE Mäkinen Oy, Steveco Oy, Suomen 3C Oy, Oy TransPeltola Ltd ja VR-Yhtymä Oy.

Tässä raportissa esitellään Port Community System (PCS) -järjestelmän eli satamayhteisön informaatiokeskuksen mahdollisuuksia vähentää ympäristövaikutuksia Suomessa ja erityisesti Kymenlaakson alueella. Tutkimuksen perusteella merkittävimmät PCS-järjestelmällä saavutettavat ympäristöhyödyt ovat kuljetusten ja logististen toimintojen yleinen tehostuminen ja sitä kautta päästöjen vähentyminen. Toinen merkittävä ympäristövaikutus on sähköisiin dokumentteihin siirryttäessä tulostuspaperimäärän väheneminen. Lisäksi työssä selvitetään, millaisia logistiikkaan liittyviä älyliikenne- ja tietotekniikkahankkeita ja -visioita on EU:n tasolla vireillä.

Raportin ovat tehneet DI Olli-Pekka Brunila ja DI Antti Posti tukenaan professori Ulla Tapaninen. Tutkimus on tehty Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen Merenkulun logistiikan tutkimus -yksikössä, joka toimii osana Meriturvallisuuden ja -liikenteen tutkimuskeskus ”Merikotkaa” Kotkassa.

Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus esittää parhaimmat kiitoksensa ansiokkaista kommentteista FT Sari Repkalle, MMM Pekka Sundbergille ja projektin muille tutkimusosapuolille ja johtoryhmälle.

Kotkassa 20. lokakuuta 2011

Ulla Tapaninen

Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus

## MOBIILISATAMA-HANKKEEN RAHOITTAJAT



## MOBIILISATAMA-HANKKEEN TUTKIMUSOSAPUOLET



## TIIVISTELMÄ

Logistiikka ja etenkin kuljetukset aiheuttavat suuren määrän suorja päästöjä ilmaan sekä muita ympäristövaikutuksia ihmisille ja luonnolle. Suomessa ja muissa EU-maissa kuljetusten tuottamat päästöt muodostavat yli viidenneksen kaikista päästöistä, joten puhutaan merkittävästä päästöjen vähentämistarpeesta. Tietoteknisten ratkaisujen nopea kehittyminen on mahdollistanut tietotekniikan hyödyntämisen myös logistiikassa ja logistiikan tuottamien päästöjen vähentämisessä. Tietotekniset ratkaisut ovat mahdollistaneet muun muassa sähköisten kartta- ja paikannusohjelmistojen käytön, kuljetusreittien optimoinnin, lastien ja kuljetusten seurannan, sähköisten dokumenttien hyödyntämisen sekä päästöjen laskemisen erilaisten tietoteknisten sovellusten avulla.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Port Community System (PCS)-järjestelmän eli satamayhteisön informaatiokeskuksen mahdollisuuksia vähentää ympäristövaikutuksia Suomessa ja erityisesti Kymenlaaksossa. Tutkimuksessa on selvitetty yleisesti logistiikan ympäristövaikutuksia ja tutkittu EU:n ohjauskeinoja logistiikan ympäristökuormitusten vähentämiseksi. Kymenlaakson alueelta on kartoitettu tavaraliikenteen päästömäärien nykytilaa ja kehitystä laskemalla auto-, juna- ja laivaliikenteen ympäristövaikutuksia vuosilta 2001–2009. Lisäksi tutkimuksessa on selvitetty, millaisia logistiikkaan liittyviä älyliikenne- ja tietotekniikkahankkeita ja -visioita EU:n tasolla on vireillä sekä tutkittu ICT-ratkaisujen mahdollisuuksia ympäristöhaittojen vähentämisessä. Kirjallisuustutkimukseen perustuen on arvioitu ja pohdittu Suomeen soveltuvan PCS-järjestelmän ympäristöhyötyjä ja ympäristötyökaluja. Lisäksi tutkimuksessa on tarkasteltu kahden case-esimerkin avulla, minkälaisia logistisia toimintoja helpottavia ja ympäristöasioita parantavia tietojärjestelmiä logistiikkayrityksillä on käytössä.

Tutkimuksen perusteella tavaraliikenteen päästöt Kymenlaakson alueella ovat vuosien 2001–2007 aikana kasvaneet merkittävästi, mutta talouden taantumien ja tavarakuljetusten vähenemisen seurauksena päästömäärät ovat olleet jyrkässä laskussa vuosina 2008 ja 2009. Merkittävin päästökomponentti on ollut hiilidioksidi ja eniten päästöjä on aiheutunut maantieliikenteestä. EU:n tasolla on vireillä useita erilaisia hankkeita ja visioita logistiikan päästöjen vähentämiseksi, mutta monessa tapauksessa niiden täytäntöönpano vaatii vielä vuosien työn. Kirjallisuustutkimuksen perusteella ICT-ratkaisujen avulla saavutettavissa olevat ympäristöhyödyt vaihtelevat pienistä parannuksista (esim. päästöjen simulointimallit) suuriin maailmanlaajuisiin ratkaisuihin (esim. kuljetusreittien optimointi ja rahdin seuranta globaaleissa toimitusketjuissa).

Merkittävimmät PCS-järjestelmällä saavutettavissa olevat ympäristöhyödyt ovat kuljetusten ja logististen toimintojen yleinen tehostuminen ja sen myötä päästöjen vähentyminen sekä paperisten asiakirjojen ja tulostettavan paperimäärän väheneminen PCS-järjestelmän mahdollistaman sähköisiin dokumentteihin siirtymisen myötä. PCS-järjestelmän avulla voidaan vaikuttaa ympäristöasioihin myös epäsuorasti muun muassa reittien ja lastikapasiteetin optimoinnin, lastin seurannan, älykkään valaistuksen ja palvelinkestävien kautta. Mahdollisista ympäristöhyödyistä huolimatta taloudellisen hyödyn tavoittelu ja palveluiden toiminnallinen parantaminen menevät valitettavan usein ympäristöasioiden edelle. Vihreiden arvojen korostaminen järjestelmiä suunniteltaessa voi kuitenkin tuoda suurta kilpailuetua ja edistää ympäristön suojelua laajemminkin.

## ABSTRACT

Logistics and especially transportations cause a large amount of direct air emissions and other environmental impacts to people and nature. In Finland and other EU countries over 20 % of all the emissions are caused by logistics. Therefore, there is a real need to reduce the amount of logistics emissions. The fast development of ICT technologies has made it possible to utilise ICT in logistics and in the reduction of emissions caused by logistics. ICT solutions have enabled, for example, use of optimisation of transport routes, tracking of transports and cargoes, utilisation of electronic documents and calculation of emissions with ICT softwares and simulation models.

The aim of this study is to clarify how Port Community Systems (PCS) could be utilised to reduce environmental impacts caused by logistics in Finland and particularly in Kymenlaakso. As background information, the study provides an overview of environmental impacts of logistics and describes what kind of steering instruments are provided by EU to reduce these impacts. The present state and development views of emissions caused by cargo traffic in Kymenlaakso are also surveyed by calculating environmental impacts of road, rail and maritime traffic over the period of 2001–2009. Further, the study examines what kind of logistics related ICT and ITS projects and visions are ongoing or pending at the moment. The potential of ICT solutions in the reduction of adverse environmental effects is also studied. On the basis of the literature study, potential environmental benefits and environment tools of a PCS are estimated and discussed. Finally, the study provides two case examples in order to clarify what kind of information systems logistics companies are using nowadays to ease their logistics operations and to improve the environmental aspects of their activities.

The study revealed that the emissions caused by cargo traffic in Kymenlaakso have significantly increased during the period of 2001–2007 but due to the global economical recession, the amount of cargo traffic and emissions have decreased quickly in the years 2008 and 2009. The predominant emission component has been carbon dioxide and most of the emissions are caused by road traffic. EU has many ongoing and pending projects and visions aiming to find solutions to reduce logistics emissions but in many cases several years are still required to put the results into practice. According to the literature review, potential environmental benefits provided by ICT solutions vary from small improvements (e.g. emission simulation models) to large global solutions (e.g. optimisation of transport routes and tracking of cargo through global supply chains).

The most potential environmental benefits of a PCS are the reduction of emissions through the intensification of logistics activities, and the decrease of paper documents and use of printing paper by means of electronic documents provided by a PCS. A PCS can also affect indirectly to the environmental aspects of logistics for example through optimisation of transport routes and load capacity, tracking of cargo and central servers. Despite the potential environmental benefits, economical profits and service content are usually considered more important factors when ICT systems are designed and deployed. However, green values should be taken very carefully into account in the planning and implementation of PCSs since they can bring a major competitive advantage to related actors and promote environmental protection in a broader perspective as well.



## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>9</b>
1.1	Tutkimuksen tausta .....	9
1.2	Tutkimuksen tavoitteet, rajaukset ja toteutus.....	10
1.3	Raportin rakenne .....	11
<b>2</b>	<b>SATAMASIDONNAISEN LOGISTIIKAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET..</b>	<b>13</b>
2.1	Logistiikan välittömät ympäristövaikutukset.....	13
2.1.1	Ilmastonmuutos .....	13
2.1.2	Päästöt .....	14
2.1.3	Melu .....	16
2.1.4	Tärinä .....	17
2.2	Logistiikan välilliset ympäristövaikutukset .....	17
2.2.1	Logistiikan infrastruktuurin rakentaminen, käyttö ja kunnossapito..	17
2.2.2	Luonnon monimuotoisuuden muutokset ja uhat .....	20
2.2.3	Terveydelliset vaikutukset .....	21
2.3	Eri kuljetusmuotojen ympäristövaikutukset.....	22
2.3.1	Meriliikenne ja satamatoiminnot.....	23
2.3.2	Raskas maantieliikenne .....	23
2.3.3	Rautatieliikenne.....	24
2.3.4	Yhteenvedo päästöistä ilmaan.....	24
<b>3</b>	<b>LOGISTIIKAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET KYMENLAAKSOSSA .....</b>	<b>27</b>
3.1	Logistiikan välittömät ympäristövaikutukset Kymenlaakson alueella .....	27
3.2	Logistiikan välilliset ympäristövaikutukset Kymenlaakson alueella.....	36
<b>4</b>	<b>ÄLYLIIKENNE JA TELEMATIikka LOGISTIIKAN YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISESSÄ.....</b>	<b>38</b>
4.1	Älyliikenteen ja telematiikan määrittely .....	38
4.2	Älyliikenteen linjauksia .....	39
4.2.1	Suomen älyliikenteen linjauksia .....	39
4.2.2	EU:n liikennepolitiikan kehittyminen ja älyliikenteen linjauksia.....	41
4.3	Esimerkkejä EU:n älyliikenteen aloitteista ja hankkeista .....	43
4.3.1	Esteetön eurooppalainen meriliikennealue .....	43
4.3.2	E-maritime.....	46
4.3.3	E-freight .....	48
4.3.4	E-customs .....	49
4.3.5	Single window .....	50
4.3.6	E-navigation .....	51
4.4	Älykkäiden tietoteknisten ratkaisujen merkitys ympäristöhaittojen vähentämisessä .....	53

<b>5</b>	<b>SATAMAYHTEISÖN INFORMAATIOKESKUKSEN MAHDOLLISUUDET YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISESSÄ.....</b>	<b>59</b>
5.1	Suomeen soveltuvan PCS-järjestelmän ympäristöhyötyjen kuvaus .....	60
5.2	PCS-järjestelmän potentiaali ympäristötyökaluna.....	64
5.3	Case-esimerkkejä logistiikan tietojärjestelmistä Kymenlaakson alueella .....	70
5.3.1	VR Transpoint Massatavaralogistiikka .....	71
5.3.2	Steveco Oy .....	72
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>74</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>80</b>

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Logistiikalla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun ja siihen liittyvän tiedon ja rahan hallintaa organisaatiossa asiakastarpeiden tyydyttämiseksi (Ritvanen 2011). Logistiikka ja etenkin kuljetukset aiheuttavat suuren määrän suorja päästöjä ilmaan. Maantiekuljetukset ovat yleisimmin käytetty kuljetusmuoto Suomessa. Myös laiva- ja junaliikennettä käytetään Suomessa paljon, mutta ei niin paljoa kuin olisi mahdollista käyttää. Vuonna 2009 Suomessa kuljetettiin yhteensä 523 miljoonaa tonnia tavaraa junilla, laivoilla ja rekka-autoilla. Maantieliikenteen osuus tästä oli 400 miljoonaa tonnia. Koska merkittävä osa tavaraliikenteestä kuljetetaan maanteitse, syntyy myös suurin osa kasvihuonekaasu ja muista päästöistä kumipyöräliikenteestä. Suomessa ja muissa EU-maissa kuljetusten tuottamat päästöt muodostavat yli viidenneksen kaikista päästöistä, joten puhutaan merkittävästä päästöjen vähentämistarpeesta. Koko EU:n tasolla maantieliikenteen päästöjen osuus on peräti yli 70 % koko liikenteen päästöistä (European Environment Agency 2009). Suomessa maantie-, laiva- ja junakuljetusten päästöt muodostivat 22 % koko Suomen päästöistä (VTT 2009a).

Logistiikan päästöt syntyvät pääasiassa polttomoottoreissa syntyvistä pakokaasuista. Päästöillä on suorja ja välillisiä vaikutuksia ihmisiin ja ympäristöön. Merkittävimpänä ympäristövaikutuksena voidaan tällä hetkellä pitää ilmastonmuutosta. Hiilidioksidia [CO<sub>2</sub>] pidetään ilmastonmuutoksen kannalta merkittävimpänä kasvihuonekaasuna (Ympäristöministeriö 2011). Täten kuljetuksilla suurena hiilidioksidipäästöjen tuottajana on huomattava välitön vaikutus ilmastonmuutokseen. Myös muita päästöjä, kuten hiilimonoksidia (CO), hiilivetyjä (HC), typen oksideja (NO<sub>x</sub>), hiukkasia, metaania (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuleja (N<sub>2</sub>O) ja rikkidioksidia, syntyy eri kuljetuksista (Mäkelä et al. 2010 a). Päästöjen ohella kuljetuksista aiheutuu melua, tärinää, terveydellisiä vaikutuksia ja biodiversiteetin muutosta. Lisäksi toimiva liikenne vaatii infrastruktuurin huoltoa ja rakentamista, jotka vaikuttavat ympäristöön. Logistiikan ympäristövaikutukset koskettavat etenkin Kymenlaakson aluetta, koska alueella on yksi Suomen suurimmista satamista, Suomen suurin tavararatapiha, paljon teollisuutta sekä todella vilkas itäinen transitoliikenne.

Tietoteknisten ratkaisujen kehittyessä, älyratkaisuja on otettu avuksi ympäristökuormitusten vähentämiseksi. Älyratkaisut ovat vielä osittain visioita tai hanketasolla, mutta osa ratkaisuista on jo toimivia ja käytössä ympäri maailmaa. Esimerkiksi logistiikan maantiekuljetuksissa paikannustietojärjestelmiä ja erilaisia mobiililaitteita on melko yleisesti käytössä reittien optimoinnissa.

Kansainvälisellä tasolla useilla suurilla satamilla on käytössä satamayhteisön informaatiokeskuksia (Port Community System, PCS), joiden keskeisenä tarkoituksena on tehostaa satamasidonnaisen tiedon välittämistä satamasidonnaisten toimijoiden kesken. PCS-järjestelmällä saavutettavissa olevia hyötyjä ovat esimerkiksi tiedon laadun ja saatavuuden paraneminen, tiedon uudelleen käytettävyyden helpottuminen, asiakirjojen ja papearityön väheneminen sekä näiden kautta kustannustehokkuuden paraneminen ja toimintojen suunnittelun helpottuminen. PCS-järjestelmien on todettu vaikuttavan myönteisesti

logistiikan ympäristövaikutuksiin ainakin ruuhkien ja paperinkulutuksen vähenemisenä sekä jonotusaikojen lyhenemisen myötä. Esimerkiksi Yhdysvaltojen satamissa käytössä olevalla e-modal-järjestelmällä on mitattu selviä ympäristöhyötyjä. Tyhjien konttien käyttöastetta parantamalla on saavutettu ajomatkasäästöjä yhteen satamassa käyntiin liittyen. Käyttöasteen parannus toi jokaiselle ajokerralle 300 g päästöjen vähenemät typenoksideina mitattuna. Lisäksi jonotusaikoja lyhentämällä 15–60 minuuttia terminaalien porteilla on saatu 200 tonnin vuotuiset hiilidioksidipäästöalennemat. (Posti et al. 2010)

Tämä tutkimus on tehty osana laajempaa Mobiilisatama-tutkimushanketta (MOPO). Satamasidonnaisen toimitusketjujen ja sidosryhmien tiedonvaihdon parantamista tutkiva ja kehittävä Mobiilisatama-hanke käynnistyi elokuussa 2009 Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen (MKK) merenkulun logistiikan tutkimusyksikön (Kotka) koordinoimana. Hankkeen muita osapuolia ovat Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Kymi Technology -osaamiskeskittymä ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Kouvolan yksikkö. Rahoittajina hankkeessa ovat Euroopan aluekehitysrahasto ja Tekes sekä yrityksistä Cursor Oy, HaminaKotka Satama Oy, KYMP Oy, SE Mäkinen Oy, Steveco Oy, Suomen 3C Oy, TransPeltola Ltd ja VR-Yhtymä Oy. Ensimmäisessä Mobiilisatama-hankkeen raportissa *Satamayhteisön informaatiokeskus tiedonvälityksen tehostajana* selvitettiin muun muassa satamasidonnaisten toimijoiden tiedonvälityksen pullonkauloja ja ongelmakohtia, esiteltiin Suomen satamatoimintaympäristössä käytössä olevat keskeiset tietojärjestelmät sekä kartoitettiin maailmalla olevia satamayhteisön informaatiokeskuksia (Port Community Systems, PCS). Lisäksi haastattelututkimuksen pohjalta analysoitiin PCS-järjestelmän soveltuvuutta Suomeen sekä pohdittiin järjestelmän potentiaalista sisältöä ja palveluita. Toisessa raportissa *Sataman informaatiokeskus ja sen rajapinnat* selvitettiin millaisille satamasidonnaisille informaatiopalveluille Suomessa olisi kysyntää tulevaisuudessa, ketkä palvelua käyttäisivät ja miten palvelua tulisi tulevaisuudessa kehittää sekä miten ylläpito tulisi organisoida. Lappeenrannan teknillisen yliopiston Kouvolan yksikön kolme raporttia 1) *Financial and Environmental Impacts of a Dry Port to Support Two Major Finnish Seaports* (Henttu et al. 2010), 2) *Regional Survey Study from Dry Port Concept in South-East Finland* (Henttu 2011) ja 3) *Transshipment Costs of Intermodal Transport in Finnish Context* (Henttu et al. 2011) käsittelivät kuivasatamakonseptia ja sen tuomia hyötyjä. Ensimmäisessä raportissa selvitettiin voidaanko kuivasatamakonseptin (kuivasatamakonsepti on intermodaalinen kuljetusjärjestelmä, jossa sisämaakuljetukset sataman ja kuivasataman välillä suoritetaan rautateitse) avulla vähentää kuljetuskustannuksia, erityisesti ulkoisia kustannuksia. Toisessa raportissa selvitettiin kyselytutkimuksen avulla kuivasatamakonseptia, yhdistettyjä kuljetuksia sekä kuljetusten ympäristövaikutuksia Kaakkois-Suomen alueella. Kolmannessa raportissa selvitettiin ja arvioitiin yhdistettyjen kuljetusten ja kuljetusmuotojen vaihdosta koituvia kustannuksia. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu tekee kirjoitushetkellä pilot-sovelluksia vaununvaihdosta ja rajaliikennepalvelusta.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet, rajaukset ja toteutus

Tämä raportti on Mobiilisatama-hankkeen työpaketti 1:n toinen väliraportti. Tutkimuksen tavoitteena on kuvata Suomeen ja tarkemmin rajattuna Kymenlaakson alueelle so-

veltuvasta satamayhteisön informaatiokeskuksesta saatavia ympäristöhyötyjä. Työn tavoitteena on myös kartoittaa Kymenlaakson alueen tavaraliikennekuljetusmuotojen (rautatie-, laiva- ja maantieliikenteen) aiheuttamia päästöjä viime vuosikymmenenä ja tutkia voidaanko päästöjä alentaa informaatiokeskuksen avulla. Tässä väliraportissa haetaan vastauksia muun muassa seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä ovat satamasidonnaisen logistiikan välittömät ja välilliset ympäristövaikutukset?
- Mitkä logistiikan ja etenkin kuljetusten ympäristövaikutukset ja miten päästöjen määrät ovat kehittyneet Kymenlaakson alueella?
- Millä älyliikenteen ja sähköisten sovellusten keinoin EU pyrkii vähentämään logistiikan ympäristöhaittoja?
- Millaisia ympäristöhyötyjä satamasidonnaisella informaatiokeskuksella olisi mahdollista saavuttaa Kymenlaakson alueella?
- Millaisia ympäristöasioihin liittyviä sähköisiä työkaluja ja palveluita satamasidonnainen informaatiokeskus voisi tarjota?

Tutkimus on rajattu Kymenlaakson alueeseen ja alueella käytettäviin kuljetusmuotoihin, joita ovat laiva-, juna- ja raskas maantieliikenne. Täten lentoliikenne ja lentoliikenteestä syntyvät ympäristökuormitukset on jätetty kokonaisuudessaan pois kaikista raportissa esitetyistä tarkasteluista. Lentoliikenne ei ole kuljetettujen tonniin suhteen merkittävä verrattuna edellisiin kuljetusmuotoihin. Lentoliikenteen osuus Suomen kokonaistavaramäärästä on häviävän pieni 0 % ja 0,01 tuhatta tonnia 463,7 tuhannesta tonnista (Motiva 2011).

Tutkimus on toteutettu kirjallisuusselvityksenä sekä haastattelututkimuksena. Kirjallisuusselvityksessä on hyödynnetty Turun yliopiston MKK:n ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Kouvolan yksikön tekemiä aiempia Mobiilisatama-hankkeen väliraportteja (mm. Posti et al. 2010; Henttu et al. 2010; Koskinen et al. 2010) sekä muita aiheesta tehtyjä raportteja, tieteellisiä artikkeleita ja alaan liittyviä julkaisuja. Kymenlaakson alueen tavarakuljetusten päästöjen laskennassa on käytetty VTT:n kehittämää LIPASTO-laskentajärjestelmää. Haastatteluilla on pyritty selvittämään ja tarkentamaan tämän hetkisiä satamasidonnaisessa tiedonsiirrossa havaittavissa olevia ongelmia ja pullonkauloja sekä selvittämään, millaisilla toimenpiteillä olisi mahdollista vähentää logistiikan aiheuttamia päästöjä Kymenlaaksossa.

### 1.3 Raportin rakenne

Raportin rakenne on seuraavanlainen. *Luvussa 2* on esitetty yleisesti logistiikan välittömiä ja välillisiä ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutukset on esitetty yleisellä tasolla. Välittömiin ympäristövaikutuksiin on luettu ilmastomuutos, päästöt ilmaan, melu ja värinä. Välillisiä ympäristövaikutuksia ovat logistisen infrastruktuurin rakentaminen, huolto ja kunnossapito sekä luonnon monimuotoisuuden muutokset ja terveydelliset vaikutukset. Lisäksi luvun lopussa kerrotaan tarkemmin meri-, rautatie- ja maantiekuljetusten ympäristövaikutuksista ja esitetään vuoden 2009 Suomen päästöjen määrät edellä mainituista kuljetusmuodoista. *Luvussa 3* perehdytään tarkemmin Kymenlaakson alueen välittömiin ja välillisiin ympäristövaikutuksiin sekä lasketaan vuosilta 2001–2009 Ky-

menlaakson alueen meri-, rautatie- ja maantieliikenteen päästöt ilmaan hiilidioksidin, typenoksidien ja rikkidioksidin osalta. Tilastoissa tarkasteltiin ja laskettiin myös Kymenlaakson alueen kuljetusmuotojen poltonesteen kulutus. Lisäksi luvussa luodaan katsaus transitoliikenteen päästöihin. *Luvussa 4* on käsitelty älykästä liikennettä logistiikan ympäristövaikutusten vähentämisen näkökulmasta. Luvussa on määritelty älykäслиikenne käsitteenä sekä tarkasteltu Suomen ja EU:n älykkään liikenteen linjauksia ja visioita. Osana linjauksia ja visioita on esitelty EU:n erilaisia suunnitelmia, puiteohjelmia ja hankkeita liittyen älykkäisiin tiedonsiirtoratkaisuihin ja niiden mahdollisuuksiin päästöjen vähentämisessä. Luvun lopussa on esitelty tieto- ja viestintä teknologia-raporttien tuomia hyötyjä ympäristönsuojelun ja -kehittämisen näkökannalta. *Luvussa 5* on käsitelty satamayhteisön informaatiokeskuksen ympäristövaikutusmahdollisuuksia sekä on esitelty Suomeen visioidun satamasidonnaisen informaatiokeskuksen mahdollisia ympäristötyökaluja ja mittareita ja muuta järjestelmän palvelusisältöä ympäristöasioihin liittyen. Lisäksi luvussa on esitelty case-esimerkkeinä kaksi suurta logistiikka-alan toimijaa ja niiden logistiikkaan liittyviä sähköisiä sovelluksia.

## 2 SATAMASIDONNAISEN LOGISTIIKAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Suomessa kuljetettiin vuonna 2010 maanteitse 397 miljoonaa tonnia tavaraa ja tonniki-lometreiksi muutettuna se oli 25,9 miljardia (Suomen virallinen tilasto 2010). Vastaa-vasti vuonna 2009 raiteilla kuljetettiin 32,86 miljoonaa tonnia tavaraa ja tonniki-lometreissa laskettuna 8,87 miljardia (Lahelma & Juuti 2010). Ulkomaan meriliikenteen osalta vuonna 2010 kuljetettiin kaikkiaan yli 93 miljoonaa tonnia tavaraa (Liikennevirasto 2011a). Suuret tavaramäärät ja vilkas tavaraliikenne tuottavat paljon erilaisia päästöjä ja haittoja sekä ympäristölle että ihmisille. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2009 Suo-men kaikki kasvihuonekaasut muutettuina hiilidioksidiksi (CO<sub>2</sub> ekv.) olivat 66,4 mil-joonaa tonnia. Verrattaessa kasvihuonevaikutukseltaan erilaisia kaasuja toisiinsa käyte-tään mittayksikkönä niin kutsuttua hiilidioksidiekvivalenttia (CO<sub>2</sub>-ekv.) (Hallituksen esitys 1993). Kuorma-auto-, juna- ja laivaliikenteen tonnimääräiset päästöt ilmaan vuonna 2009 olivat yhteensä 14,8 miljoonaa tonnia (VTT 2009a). Edellä mainittujen kuljetusmuotojen kokonaispäästöt ilmaan olivat 22,3 prosenttia koko Suomen vuotuisis-ta päästöistä. Täten voidaan todeta, että lähes viidennes Suomen päästöistä tulee kulje-tuksista.

### 2.1 Logistiikan välittömät ympäristövaikutukset

Logistiikan välittömillä ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan suoria päästöjä ja vaikutuk-sia, joita kuljetusten aikana aiheutuu luonnolle ja ihmisille. Seuraavissa alaluvuissa on käsitelty kutakin näistä keskeisimmistä ympäristövaikutuksista tarkemmin.

#### 2.1.1 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan ilmakehän kasvihuonekaasujen määrien muutoksia, jotka voimistavat kasvihuoneilmiötä. Kasvihuoneilmiö voimistuessaan aiheuttaa ilmas-ton lämpenemistä ja siten vaihtelevia sään ääriolosuhteita. Ilmastonmuutoksen vaiku-tukset ovat monimuotoiset. On tilastoitu, että viimeisen sadan vuoden aikana ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on noussut 31 % ja keskilämpötila on noussut 0,74 C<sup>o</sup>:tta. Meren pinta on noussut 10 cm vuodesta 1961. Lisäksi on arvioitu, että vuosisadan loppuun mennessä keskilämpötila ja meren pinta nousee yhä, kuivuuskaudet pitenevät, rankkasa-teet ja tulvat vaarat lisääntyvät. Lisäksi jäätiköiden valumavesien määrä vähenee pitkäl-lä aikavälillä, joka vaikuttaa jopa miljardin ihmisen juomaveden saantiin. Kuivuudella, tulvilla ja rankkasateilla on monia seurannaisvaikutuksia ihmisten elämään ja talouteen. (IPCC 2007)

Ihmiskunnan toiminta on kasvattanut kasvihuonekaasujen määrää ilmakehänkoostu-muksessa, minkä takia auringosta tuleva lämpösäteily ei pääse heijastumaan maanpin-nalta takaisin avaruuteen vaan jää osittain ilmakehään lämmittämään maapalloa (Tiehal-linto 2009). Tarkennuksena keskimäärin 30 % auringon tuottamasta säteilystä heijastuu takaisin avaruuteen, lopuista 70 %:sta 50 % imeytyy maapallon pinnalle ja loput 20 % jää ilmakehään (Räisänen 2008). Maapallon lämpeneminen ja siitä aiheutuva ilmaston-

muutos on hyvin todennäköisesti peräisin kasvihuoneilmiön voimistumisesta (Suomen ympäristökeskus 2011a).

Logistiikalla ja sitä kautta liikenteellä on huomattava välitön vaikutus ilmastonmuutokseen. Hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) pidetään merkittävimpänä kasvihuonekaasuna. (Ympäristöministeriö 2011) Vuodesta riippuen voidaan tällä hetkellä arvioida, että liikenteen osuus koko Suomen hiilidioksidipäästöistä ovat noin 20 %. Myös metaanin (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduulin (N<sub>2</sub>O) pitoisuudet ilmakehässä ovat ihmisten toimesta lisääntyneet (Kuukka-Ruotsalainen & Lahelma 2001). Ilmastonmuutoksella on logistiikkaan sekä negatiivinen että positiivinen välillinen vaikutus. Ilmaston lämpenemisestä johtuen lyhentyneet ja leudommat talvet helpottavat talvimerenkulkua ja jäänmurtajien tarvetta. Vastaavasti rankkasateet, hetkelliset vaihtelevat sääilmiöt kuten runsaat lumimyrskyt ja tulvat vaikeuttavat liikennettä rauta- ja maanteillä. Raskas lumi voi sorruttaa varastojen ja terminaalien kattoja sellaisilla alueilla, missä runsas lumen tulo ei ole normaalia. (McKinnon & Krie 2010)

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on vaikea ennustaa, mutta erilaisia ennuste- ja laskelmamalleja käyttämällä on saatu arviota muutosten suuruudesta. Hallitusten välistä ilmastopaneelia IPCC:tä (Intergovernmental Panel on Climate Change) pidetään luotettavimpana lähteenä ilmastonmuutoksen vaikutuksia arvioitaessa (Ilmatieteenlaitos 2011a). IPCC:n neljännen raportin skenaarioiden mukaan kasvihuonekaasujen määrä tulee lisääntymään 25–90 % hiilidioksidiekvivalentteina mitattuna aikavälillä 2000–2030. Syynä ovat fossiilisten polttoaineiden käyttö energianlähteinä. On arvioitu, että seuraavien kahden vuosikymmenen aikana lämpötila nousee 0,2 C° vuosikymmenessä. Vaikka kasvihuonekaasujen määrä pysyisi vuoden 2000 tasossa, on arvioitu, että lämpötila nousisi 0,1 C° vuosikymmenessä. Samoissa laskenta skenaarioissa on arvioitu myös meriveden korkeuden muutosta. Skenaariosta ja laskentamallista riippuen meriveden korkeus nousisi 0,18–0,59 metriä seuraavan sadan vuoden aikana verrattuna vuosien 1980–1999 tasoihin. (IPCC 2007) Arvioidut ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa ovat pienemmät kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa. Suomessa oletetaan, että vuotuiset sademäärät lisääntyvät, mikä aiheuttaa tulvien vaaraa suurissa järvissä etenkin talvella. Myös Pohjois-Suomessa lumenmäärän ennustetaan mahdollisesti kasvavan. (Ilmatieteenlaitos 2011a)

### 2.1.2 Päästöt

Päästöillä ilmaan tarkoitetaan fossiilisten hiilivety-polttoaineiden (benssiini, diesel, polttoöljy ja raskaspolttoöljy) palamisesta syntyviä pakokaasuja. Kuljetuksista aiheutuvat päästöt ilmaan ovat 23 % kaikista energialla tuotetuista kasvihuonekaasuista (IPCC 2007). Vuosien 1997 ja 2007 välillä EU:n alueella on rahtiliikenne kasvanut 34 % tonnikilometreissä mitattuna (European Environment Agency 2010). Hiilidioksidipäästöt EU:n alueella grammaa tonnikilometriä kohden (g/tkm) ovat vuonna 2005 olleet eri kuljetussektoreilla seuraavanlaiset:

- rautatiekuljetukset (18–35 g/tkm)
- merikuljetukset (2–7 g/tkm)
- sisävesikuljetukset (30–49 g/tkm)



- maantiekuljetukset (62–110 g/tkm)
- lentokuljetukset 665 (g/tkm). (European Environment Agency 2009)

Päästöt ilmaan on merkittävin tekijä kasviuoneilmiön ja ilmastonmuutoksen voimistumiselle. Suurimpana logistiikan välittömänä ympäristövaikutuksena ovat polttomootoreissa syntyvät pakokaasupäästöt. Pakokaasupäästöjä syntyy kaikissa polttomootorikäyttöisissä ajoneuvoissa. Kymenlaakson alueella tavarankuljetuksissa käytetään tie-, laiva- ja junaliikennettä. Kuorma-autot ja osa vetureista käyttää polttoaineena dieseliä. Dieselin palaessa pakokaasujen koostumus prosentteissa on seuraavanlainen: typpi (N<sub>2</sub>) 66 %, hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) 13 %, vesi (H<sub>2</sub>O) 11 % ja happi (O<sub>2</sub>) 9 %. Lisäksi palamisessa syntyy muita yhdistelmiä; typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset, häkä (CO), hiilivedyt (HC) ja rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) yhden prosentin verran. (Kalenoja & Kallberg 2005) Vuonna 2008 AKE ja Tilastokeskus rekisteröi Manner-Suomessa 96 129 liikenteessä olevaa kuorma-autoa, joista Kymenlaakson alueella on 3 590 (Kumpulainen & Raivio 2009).

Laivaliikenteessä merkittävimmät päästöt ovat rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>), typenoksidit (NO<sub>x</sub>), hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) ja pienhiukkaset. Jopa 96 % koko liikenteen rikkipäästöistä, 50 % typenoksideista ja 22 % hiilidioksidista aiheutuu vesiliikenteestä. Polttoaineessa oleva rikki muuttuu lähes täydellisesti rikin oksideiksi. Polttomootoreissa rikin poisto on monimutkaisesta verrattuna tehtaisiin. Rikkipäästöjä voidaan vähentää polttoaineen rikkipitoisuutta pienentämällä. Rikkipäästöjä voidaan pienentää myös erilaisilla pakokaasupesureilla. Pakokaasupesurit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään ja tekniikkaan. Yksinkertaisempi on merivesipesuri, jossa pesuun tarvittava vesi pumpataan laivan ympäriltä merestä. Rakenteellisesti monimutkaisempi pakokaasupesuri on makeavesipesuri, jossa rikkiä poistetaan suljetussa pesupiirissä. Pakokaasupesuri on pakoputkessa oleva säiliömäinen osa, jonka läpi pakokaasu virtaa. Pesurin yläosassa on suuttimia, jonka avulla ruiskutetaan vettä pakokaasun sekaan. Veden vaikutuksesta pakokaasun lämpötila putoaa 30–60 celsiusasteeseen ja rikin oksidit sekoittuvat veteen. Rikki neutralisoituu emäkseen veteen ja puhdistettu pakokaasu voidaan laskea ilmaan. (Lahtinen 2009) Dieselit ja bensiinit ovat lähes rikkittömiä (0,01 %), mutta laivoissa käytettävä bunkkeri on edelleen runsas rikkistä (1,1 % vuonna 2009). (VTT 2009a) Rikkidioksidi reagoi herkästi veden kanssa muodostaen kemiallisen muutoksen jälkeen happamia sateita. Happamat sateet syövyttävät metalleja ja rakennuksia. Lisäksi haposateiden on todettu olevan haitallisia ihmisten ja muille eliöiden terveydelle. (U.S. Environmental Protection Agency 2007) Ihmisten limakalvoille joutuessa haposateen rikki aiheuttaa hengityselinsairauksia ja limakalvojen ärtymystä.

Typenoksideja syntyy polttoaineen palaessa typen sitoutuessa ilman happeen. Määrät lisääntyvät moottoria kuormitettaessa. Typenoksideista vaarallisimpia ovat NO ja NO<sub>2</sub>, jotka yleisesti ilmoitetaan lyhenteenä NO<sub>x</sub>. Typenoksidien terveydelliset haitat kohdistuvat lähinnä hengitysteihin. (VTT 2009a) Liikenteestä syntyvät typenoksidi- ja hiiliveitypäästöt voimistavat alailmakehän otsonia O<sub>3</sub>, joka voimakkaana hapettimena vaurioittaa ja heikentää puuston ja viheralueiden kasvua (Kondratjeff 2007). Suurin osa laivaliikenteen päästöistä syntyy tavaraliikenteestä (Kalenoja & Kallberg 2005). Vesiliikenteen päästöjen laskeminen on haasteellisempää kuin esimerkiksi raskaan tieliikenteen, koska laivat voivat kuljettaa tavaroiden lisäksi myös matkustajia. Laivaliikenteen päästömallituksessa on monia haasteita ja muuttujia, jotka on otettava laskennassa huomioon. Haas-

teita päästömallituksessa ovat muun muassa merillä oloaika, käytetty polttoaine, päästö-  
vähennysjärjestelmät, satamien päästöt ja apukoneiden käyttö (Jalkanen 2011).

Rautatieliikenteessä päästöt aiheutuvat pääasiassa dieselvetureiden suorittamasta vaihtotyöstä ratapihoilla (Kalenoja & Kallberg 2005). Veturit käyttävät moottoripolttoöljyä, jonka rikki- ja hiilipitoisuus on sama kuin tieliikenteessä käytetyllä dieselöljyllä. Sähköveturien energiankulutus ja aiheutuvat päästöt jyvitetään rataosuuksien sijaan tuotantopaikalle. VTT:n LIPASTO RAILI päästöjen laskentajärjestelmän mukaan rautatieliikenteessä lasketaan seuraavat päästöt: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), hiukkaset, metaani (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O), rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) ja hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). (Mäkelä et al. 2010a)

### 2.1.3 Melu

Melulle on annettu raja-arvot niin ulkona kuin sisätiloissa sekä erilaisille alueille kuten esimerkiksi luonnonsuojelualueet. Ulkona raja-arvona pidetään klo 07.00–22.00 välisenä aikana 55 dB ja öisin klo 22.00–07.00 45–50 dB (VNp 29.10.1992/993). Melu on merkittävä ihmisten elinympäristön laatua heikentävä haitta. Melulle altistumisen on todettu aiheuttavan fyysisiä ja psyykkisiä haittoja ihmisille.

Ympäristössämme on jatkuvasti erilaisia melunlähteitä. Suurimpana melunlähteenä Suomessa pidetään liikennettä. Vuonna 2003 kartoituksessa saatiin selville, että 750 000 ihmistä asuu alueilla, joissa jatkuva melu on yli valtioneuvoston asettaman 55 desibelin ohjearvon. (Ympäristöministeriö 2009) Vuonna 2010 liikenteen jatkuvalla melulle altistui 880 000 ihmistä (Ympäristöministeriö 2011). Tiehallinnon (2009) mukaan tieliikenteen lähtömelutasoon vaikuttavat seuraavat tekijät:

- ajoneuvon nopeus
- liikenteen määrä
- raskaiden ajoneuvojen osuus liikennevälineistä
- mäet ja nousut
- liikenteen sujuvuus
- renkaat ja nastat
- teiden päällyste ja kunto.

Rautatieliikenteessä suurimmat ympäristöhaitat ovat melu ja värinä. Valtakunnallisen selvityksen mukaan yli 55 desibelin ohjearvon ylittävillä rataliikennöidyillä alueilla asuu noin 43 800 ihmistä. Tämä on noin 5–6 prosenttia siitä määrästä, jotka altistuvat tieliikenteen jatkuvalla melulle. Rautatieliikenteessä melunlähteitä ovat veturien ja vau-  
nujen pyörien mekaaninen pyörimisliike kiskoilla. Lisäksi ratapihoilla annetuista äänikomennoista ja kunnossapidosta aiheutuu ympäristöön melua. (Ratahallintokeskus 2008)

Runkomelusta voidaan myös käyttää nimitystä runkoääni. Runkoäänellä tarkoitetaan maaperänkautta tapahtuvaa värähtelyä, joka muuttuu rakennuksessa ääneksi. Värähtely saa alkunsa junien pyörien ja kiskon tai renkaiden ja tienpinnan välisestä kosketuksesta. Värähtely kantautuu maata pitkin rakennuksen perustuksiin ja siitä edelleen muihin ra-

kenteisiin. Runkomelu on hyvin pientä eikä se aiheuta samanlaista haittaa ihmisille eikä vaaraa rakennuksille, toisin kuin luvussa 2.1.4 esitelty tärinä. (Talja 2009)

#### **2.1.4 Tärinä**

Maa- ja rautatieliikenne aiheuttavat edellä mainittujen ympäristövaikutusten lisäksi myös tärinää. VTT:n arvion mukaan 100 000 – 200 000 asukasta altistuu tärinälle Suomessa. Tärinän määrästä kolmasosa syntyy tieliikenteestä ja loput rautatieliikenteestä. (Ratahallintokeskus 2008) Tärinän on todettu vaikuttavan seuraaviin ihmisten toimintoihin; asumismukavuuden väheneminen, keskittymiskyvyn ja nukkumisen häiriintyminen. Rakennuksille tärinä voi aiheuttaa rakenteellisia muutoksia tai vaurioita ja siten mahdollisia arvon alenemista. (Talja 2004) Suomessa tärinästä aiheutuvia haittoja koetaan raide- ja kuorma-autoliikenteen kuljetusreittien varsilla. Tärinän syntymiseen vaikuttavia tekijöitä rautatieliikenteessä ovat junan paino, pituus ja nopeus, sekä radan kunto ja geometria. Lisäksi rakenteelliset epäjatkuvuuskohdat voivat lisätä tärinää. (Ratahallintokeskus 2008) Toisin kuin melulle, tärinälle ei ole Suomessa toistaiseksi asetettu minkäänlaisia raja-arvoja (Ympäristöministeriö 2011).

## **2.2 Logistiikan välilliset ympäristövaikutukset**

Logistiikan välillisillä ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat esimerkiksi pitkällä aikavälillä ihmisiin, eläimiin ja luontoon tai mitä luonto- ja energiavaroja on käytettävä, jotta logistinen toimitusketju toimisi rationaalisesti ja taloudellisesti. Logistiikan välillisiä ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella eri laajuuskäsitteillä. Tarkasteluun voidaan ottaa muun muassa ympäristövaikutusten arviointi, elinkaarianalyysi (Life Cycle Assessment), joka pitää sisällään päästöt muun muassa polttoaineen tuotannosta ja jakelusta sekä ajoneuvojen ja renkaiden valmistuksesta. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin ainoastaan seuraaviin välillisiin ympäristövaikutuksiin: väylien käyttö, luonnon monimuotoisuuden muutokset ja ihmisten terveyteen vaikuttavat tekijät. (Kalenoja & Kallberg 2005)

### **2.2.1 Logistiikan infrastruktuurin rakentaminen, käyttö ja kunnossapito**

Suomessa päällystettyä tiestöä on noin 50 000 ajoratakilometriä ja soratiestöä noin 28 000 kilometriä (Liikennevirasto 2010). Näistä 13 300 kilometriä on valta- tai kantatietä. Moottoritietä on 765 kilometriä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011). Vastaa- vasti siltoja on noin 14 000 kappaletta ja muita rakenteita ja laitteita satoja tuhansia (Liikennevirasto 2010). Suomessa liikennöidyn rataverkon pituus on 5 919 kilometriä, joista 3 067 kilometriä on sähköistetty (Ratahallintokeskus 2011). Valtion ylläpitämän väyläverkoston kokonaispituus on 16 200 kilometriä, josta kauppamerenkulun käyttöön tarkoitettuja väyliä on 4 000 kilometriä. Kauppamerenkulun väylistä vähintään kahdeksan metriä syviä on 2 100 kilometriä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2011)

Väylien kunnossapitoa kartoitetaan vuosittain. Kuntotarkastuksessa tien kuntoa voidaan tarkastella monilla eri parametreilla. Tärkeimmiksi luetaan tienpinnan tasaisuus, uraisuus ja päällystevauriot sekä tien kantavuus. (Liikennevirasto 2006) Vastaavasti vesiliikenneväylien kunnossapidossa huoltoa tarvitsevat majakat, poijut, reunamerkit, linjataulut ja viitat (Meritaito Oy 2011).

Päällystetyn tien urautuminen on tieliikenneväylien suurin ylläpitotoimenpide. Tieliikenteessä eniten väyliä ja niiden rakenteita kuormittaa raskasliikenne. Henkilöliikenteessä pyörien nastat kuluttavat ainoastaan tien päällystettä, mutta eivät vahingoita rakenteita. Viime vuosikymmeninä raskasliikenne maanteilla on lisääntynyt moninkertaisesti tonnakilometreissä mitattuna. Myös kuorma-autojen kantavuudet, kokonaispainot ja tekniset ominaisuudet kuten renkaat ovat lisänneet tiestön kulumista. (Belt et al. 2002) Runsaan liikenteen takia, liikennesectori käyttää teiden rakentamiseen ja kunnostukseen noin puolet Suomessa käytettävästä sorasta, hiekasta ja kalliomurskeesta. Nykytrendin mukaan pyritään vähentämään luonnon sora- ja hiekkavarantojen käyttöä ja lisäämään mahdollisuuksien mukaan kalliomurskeen käyttöä. Kiviainesta korvataan myös teollisuudesta peräisin olevilla kuona-aineilla. (Kalenoja & Kallberg 2005)

Väylien kunnossapito aiheuttaa vuosittain suuria investointeja. Urautumisen vuoksi vuosittainen korjausbudjetti on noin 50 miljoonaa euroa. Lisäksi talvihoidosta kuten aurauksista, suolauksista ja hiekoituksesta aiheutuu suuria kustannuksia. Pinnoitetuilla teillä käytetään yleisesti liukkauden torjunnassa tiesuolaa. Viimeisen vuosikymmenen ajan suolan määrä on vaihdellut reilun 80 000 ja 100 000 tonnin välillä. (Tiehallinto 2009) Lisäksi kaupunkien ja kuntien on vuosittain arvioitu käyttävän tiesuolaa 8 000–10 000 tonnia kunnossapitoon. Tiesuolan käyttö aiheuttaa monenlaisia vaikutuksia ympäristöön ja rakenteisiin. Tiesuola liukenee maaperään ja sen myötä vesistöihin ja pohjaveteen. On havaittu, että suola vaikuttaa siltojen betoni- ja teräsrakenteisiin. (Kalenoja & Kallberg 2005) Vaihtoehtoisia liukkauden torjunta-aineita on kokeiltu. Nykyisin tiesuolana käytettävälle natriumkloridille on löydetty vaihtoehto kaliumformaattista, joka ei pilaa pohjavettä vaan ehti hajota mikrobiologisesti ennen kulkeutumista pohjavesialueelle (Liikennevirasto 2009). Haittapuolena pidetään noin 15 kertaa korkeampaa hintaa, joka rajoittaa sen käyttöä. Myös hiekoitushiekan kulutus vaihtelee talven pituudesta ja kylmyydestä, samalla tavalla kuin tiesuolankin. Hiekoitushiekkaa käytetään pääasiassa pohjoisemmassa osassa Suomea.

Meriliikenteessä väylät eivät vaurioidu tai kulu samalla tavalla, kuten tieliikenteessä jatkuvassa rasituksessa. Toisaalta meriliikenteen on todettu aiheuttavan voimakastakin eroosiota vilkkaasti liikennöidyillä väylillä. Lisäksi laivaliikenteestä aiheutuvat virtausnopeuden muutokset, vedenpinnan korkeuden vaihtelut ja aallon muodostuksen on todettu aiheuttavan esimerkiksi rantojen sortumista ja haittaa vesirajaan rakennetuille rakennuksille (Friman 1989, Madekivi 1993 & Paukkeri 2010). Alusliikenteessä on erilaisia ympäristöhaittoja, riskejä ja päästöjä, joista suurimpana haittana ovat tahattomat tai tahalliset öljypäästöt. Öljyä voi päästä mereen painolasti- ja säiliöpesuvesien mukana, pilssivesissä, jäteöljynä tai haverissa esimerkiksi karille ajossa tai yhteentörmäyksessä toisen aluksen kanssa. (Kalenoja & Kallberg 2005) Öljypäästöjen määrä Itämerellä on kuitenkin viime vuosina vähentynyt tarkastuslentotuntien pysyessä suhteellisen tasaisena. Vuonna 2009 tilastoitiin 178 öljypäästöä, joka on 32 kappaletta vähemmän kuin

edellisenä vuonna. (HELCOM Responce 2010) Runsaasti kasvaneiden öljykuljetusten ja Suomenlahden poikki risteävän liikenteen takia suuren alusöljyvahingon riski on todella suuri. Suuresta alusöljyvahingosta aiheutuisi mittavat vahingot ympäristöön ja ihmisen toimintaan. Myös taloudelliset haitat olisivat suuret. (Kukkamäki & Saloniemi 2010)

Kauppamerenkulkuun tarkoitettut satamat, jotka ovat tarkoitettu yli 1 350 tonnin vetoisille aluksille tarvitsevat ympäristönsuojelulain (2000/86) ja ympäristönsuojeluasetuksen (2000/169) mukaisen ympäristöä pilaavien toimintojen vuoksi ympäristöluvan. Valtaosalla esimerkiksi Suomen satamaliiton jäsenistä on ympäristölupa toiminnoilleen. Satamatoiminnan merkittävimmät ympäristövaikutukset liittyvät satamarakentamiseen, vesi- ja maantieliikenteen päästöihin, jätehuoltoon, sekä lastaus- ja purkutoiminnoissa syntyvään meluun sekä muihin haittoihin kuten pölyyn ja hajuihin. Satamassa voi olla useita eri toimijoita, mutta ympäristöluvan tarvitsee vain sataman pitäjä. Poikkeuksena ovat kemikaali- ja öljyvarastoinnin ja jalostuksen parissa olevat yritykset, jotka tarvitsevat toimintaansa oman ympäristöluvan. Sataman pitäjän ympäristöluvan myöntäminen edellyttää tiivistä yhteistyötä eri toimijoiden ja ympäristöluvan haltijan kanssa. (Suomen Satamaliitto 2010)

Ympäristöasiat ovat merkittävässä roolissa nykyaikaisen sataman toiminnoissa. Satamilla on velvollisuus järjestää aluksille jätehuolto. Jätehuollon piiriin kuuluu erillisinä jätejakeina talteen otettavat: öljyiset nestemäiset jätteet, kiinteät jätteet, pilssivedet, ongelmajätteet, sekajätteet, eläintauti- ja muut tartuntavaaralliset jätteet sekä biojätteet. Muita ympäristötoimia ovat ruoppaukset ja vesirakentaminen, melu, ympäristöturvallisuus sekä liikennejärjestelyt. (Suomen Satamaliitto 2010)

Euroopan ja Itämeren maiden satamien ympäristöasiat ovat tulleet viime vuosina aina tärkeämmiksi, koska suurten satamien satamaoperaatio aiheuttaa merkittävät ympäristökuormitukset. Niin Suomessa kuin muuallakin Baltiassa ja Euroopassa ympäristöasiat ovat tänä päivänä merkittävänä osana sataman hallinnointia. Vuodesta 1996 on listattu ESPO komission johdosta 10 suurinta ympäristön kuormittajaa Euroopan ja Itämeren satamissa. Seuraavassa taulukossa 2.1 on esitetty tuoreimmat kymmenen ympäristövaikutusta vuodelta 2009. (Rudeberg 2010)

Taulukko 2.1 Kymmenen ympäristöhuolta Euroopan ja Baltian satamissa. (Rudeberg 2010)

Sijointus	Euroopan satamat 2009	Itämeren satamat 2009
1	Melu	Melu
2	Ilman laatu	Ruoppausjätteen hävitys
3	Satamajätteet	Ilman laatu
4	Ruoppaus	Suhteet paikalliseen yhteisön kanssa
5	Ruoppausjätteen hävitys	Pöly
6	Suhteet paikalliseen yhteisöön	Ruoppaus
7	Energiankulutus	Energiankulutus
8	Pöly	Laivojen
9	Satamien rakentaminen (vesistö)	Ilmaston muutos
10	Satamien rakentaminen (maa)	Satamien rakentaminen (maa)

### 2.2.2 Luonnon monimuotoisuuden muutokset ja uhat

Biodiversiteetillä eli luonnon monimuotoisuudella tarkoitetaan elämän koko kirjoa. Monimuotoisuutta voidaan tarkastella kolmella eri tasolla, joita ovat lajin, elinympäristön ja perimän monimuotoisuus. Lisäksi monimuotoisuustarkasteluun voidaan sisällyttää maisematason ja geologisen luonnon monimuotoisuudesta sekä ekosysteemin toimivuudesta. Ihmisten nykytoiminta ja päästömäärien kehitys on johtanut siihen, että luonnon monimuotoisuuden muutoksista on tullut ilmastonmuutoksen ohella yksi keskeisimmistä ympäristöongelmista. (mm. Suomen ympäristökeskus 2011b; IPCC 2007)

On haaste säilyttää luonnon monimuotoisuus ennallaan, siten että logistiset toiminnot ja eri kuljetusmuodot toimisivat nykytarpeiden mukaisesti. Tieliikenteessä biodiversiteettiin vaikuttavat tiet, aidat ja muut rakennelmat sekä liikenne, teiden suolaus ja pöly. Nämä toimet ja rakennelmat rajaavat eläinten ja kasvien elinympäristöjä sekä vaikuttavat maaperään ja pohjavesistöihin. (Kalenoja & Kallberg 2005) Liikenne ja väylien rakentaminen voivat vaikuttaa myös positiivisella tavalla luonnon monimuotoisuuteen. Esimerkiksi positiivisia vaikutuksia on löydetty perinnebiotoopeissa ja niiden eliöstöissä. Perinnebiotoopeilla tarkoitetaan tässä yhteydessä elinkeinon tai maankäytön muovaamia kotoja, niittyjä tai metsälaitumia, joissa kasvaa alueelle tyypillistä eliöstöä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2007)

Rautatieliikenteessä luonnon monimuotoisuuden muutokset kohdistuvat niin sanottuun rataympäristöön, jolla tarkoitetaan liikenneviraston (ent. Ratahallintokeskus), VR:n tai yksityisten omistuksessa olevia rata-, ratapiha- ja asema-alueita sekä naapurustoa, johon rautatietoiminnoilla on vaikutusta. Rautateiden rakentaminen ja liikennöinti vaikuttavat aina luontoon ja eliöstöön. Rakentaminen pirstottaa ympäristöä ja rajaa alueita. Vastaa-

vasti liikennöinti eristää ja häiritsee eri eläinten toimintaa ja esiintymistä. Lisäksi vierasperäisiä lajeja voi tulla junanvaunujen mukana. (Ratahallintokeskus 2008) Toisaalta rautatieverkostoa rakennettaessa muodostuu joillekin alueille kuivia, hiekkaisia rinteitä, joita kutsutaan paahtoalueiksi. Paahtoalueet ovat erittäin tärkeitä alueita hyönteisten kannalta ja näillä alueilla esiintyykin monia harvinaisia perhos- ja hyönteislajeja. (Pajari & Hakalisto 2009)

Vesiliikenteessä luonnon monimuotoisuuden vaikutukset voivat olla mittavan suuret esimerkiksi öljyvahingon sattuessa. Seuraavassa esitellyt muutokset eivät suoranaisesti johdu merikuljetuksista, mutta kuljetukset lisäävät päästöillään Itämeren uhkia ja luonnon monimuotoisuuden muutoksia.

Rehevöityminen on Itämeren yksi suurimmista ongelmista. Rehevöityminen aiheutuu ravinteista kuten fosforista ja typestä. Vaikka suurimmat kuormittajat ovat rantavalttioiden asutus, teollisuus sekä maa- ja metsätalous, on myös meri- ja tieliikenteen osuus suuri kokonaisuormasta. Ilman kautta laskeutuu tyypeä Itämereen noin neljännes typen kokonaismäärästä. Suurimmat lähteet ilmakehän saastuksesta ovat meri- ja tieliikenne, maatalous sekä energiantuotanto. (Kaartokallio et al. 2011)

Itämerelle kulkeutuu tulokaslajeja laivojen painolastivesitankkien mukana tai runkoon kiinnittyneinä. Tulokaslajilla tarkoitetaan alueelle vieraita lajeja, jotka ovat ihmisen toiminnasta, tarkoituksella tai huomaamatta siirtyneet merialueelle. (Kalenoja & Kallberg 2005) Tällä hetkellä Itämereen on tullut yli 100 tulokaslajia, joista 70 on jäänyt alueelle pysyvästi. Vieraslajit voivat rikastuttaa Itämeren lajikirjoa tai sitten ne voivat vaihtoehtoisesti syrjäyttää alkuperäislajistoa. (Itämeriportaali 2011)

Muiden uhkien lisäksi roskaaminen on merkittävä ongelma Itämeren tilassa. Helsinki komissio (HELCOM) teetätti vuonna 2007 tutkimuksen Itämeren roskaamisen laajuudesta. Tulosten mukaan suurin roskien lähde maalta on turismi ja virkistyskäyttö, mutta laivaliikenne aiheuttaa roskaantumista mereltä käsin. Tyypillinen roska on muovia, joka ajan saatossa ajautuu rantoihin tai hajoaa pienemmiksi komponenteiksi ja kulkeutuu eliöiden ja kalojen kautta myös ihmisen ruuaksi. Muoviin sitoutuu myös helposti muita vaarallisia kemikaaleja ja myrkkyyä. (Korppinen & Saloniemi 2011)

### 2.2.3 Terveydelliset vaikutukset

Eri liikennemuodoista aiheutuvat päästöt vaikuttavat myös ihmisten terveyteen. Pääsääntöisesti ihmisiin vaikuttavat päästöt ovat peräisin pakokaasuista, hiukkasista ja pölystä. Ilman epäpuhtauksilla voi olla suoria tai epäsuoria vaikutuksia ihmisten terveyteen. On todettu, että seuraavilla kaasuilla ja hiukkasilla on suora vaikutus ihmisten terveyteen (Kalenoja & Kallberg 2005, Tenhunen 2008):

#### Kaasut

- rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>)
- typen oksidit (NO, NO<sub>2</sub>)
- hiilimonoksidi (CO)

- otsoni (O3)
- hiilivedyt (HC).

#### Hiukkaset

- hiukkaset (PM10, PM2,5 ja PM1)
- sulfaatti ja nitraatti
- raskasmetallit.

Edellä mainittujen yhdisteiden kaas- ja hiukkaskomponentit aiheuttavat pääasiassa haittaa hengityselimille ja silmille. Lisäksi yhdisteet aiheuttavat päänsärkyä, väsymystä ja keskittymisvaikeuksia. Pitkäaikaiset altistumiset voivat aiheuttaa jopa erilaisia syöpiä kuten leukemiaa. Esimerkiksi tiettyjen hiilivety-yhdisteiden, kuten 1,3 butadienin on eläinkokeilla todettu aiheuttavan keskenmenoja, ennen aikaista kuolemaa ja perimää muuttavia ominaisuuksia. (U.S. Environmental Protection Agency 2000)

Pölyhaitat aiheutuvat pääasiassa tienrakentamisesta, tienpinnasta ja hiekoituksesta sekä polttoaineen palamisreaktiossa syntyvien pakokaasujen mukana siirtyvästä erittäin hienojakoisesta pölystä (Kalenoja & Kallberg 2005). Keväisin syntyy merkittävä määrä katupölyä etenkin vilkkailla tie- ja katuosuuksilla. Pölyn muodostumiseen vaikuttavat säään lisäksi tiealustan laatu. Yleisesti pölyn koostumus on hiekoitushiekkaa, mutta pölyn koostumuksessa on mukana myös hiukkasia tienpinnoitteista, renkaista, jarruista ja pakokaasuista. (Ilmatieteenlaitos 2011b) Tieliikenteen osuus pölyn muodostumisesta on noin viiden prosentin luokkaa. On arvioitu, että Suomessa syntyy liikenteen aiheuttamaa pölyä vuosittain noin 300 000 tonnia (Kalenoja & Kallberg 2005). Karkeajakoinen pöly aiheuttaa ärsytystä ylähengitystiehyessä toisin kuin hiukkaset, jotka kulkeutuvat keuhkoihin asti.

### 2.3 Eri kuljetusmuotojen ympäristövaikutukset

Tässä luvussa tarkastellaan eri kuljetusmuotojen aiheuttamia ympäristövaikutuksia Suomessa ja lopuksi vertaillaan näitä keskenään. Tarkastelussa on käytetty VTT:n kehittämän LIPASTO-laskentajärjestelmän MEERI-, LIISA- ja Raili-laskentamallien tuloksia vuodelta 2009. LIPASTO-laskentajärjestelmää päivitetään vuosittain VTT:n toimesta. Trafilta ja VR:ltä saadaan merenkulun ja rautatieliikenteen vuosittaiset suoritetiedot ja tieliikenteestä päivitystiedot kerätään VTT:n omista tiedoista ja Tiehallinnolta (VTT 2009b) Laskentajärjestelmistä on käytetty ainoastaan raidetavaraliikenteestä ja kuorma-auto liikenteestä syntyviä päästöjä. Laivaliikenteessä tarkasteluun on otettu rahtiliikenteen päästöt väylillä ajettaessa sekä satamissa olo Suomen talousalueen sisäpuolella (Mäkelä et al. 2010b). Tilastot antavat hyvän vertailupohjan vuosittaisista syntyvistä päästöistä. Luvun lopussa kappaleessa 2.3.4 esitetään vuoden 2009 yhteenvedon lisäksi tilastoja päästömäärien kehityksestä. Tarkastelussa ei ole otettu huomioon kuljetettujen tavaramäärien suhdetta toisiinsa.



### 2.3.1 Meriliikenne ja satamatoiminnot

Meriliikenteen ja satamatoimintojen päästömääriä Suomessa vuonna 2009 on laskettu VTT:n LIPASTO MEERI 2009 -laskentajärjestelmän avulla. Tarkasteltavaksi alueeksi on valittu kotimaan ja ulkomaan laivaliikenne Suomen talousalueen sisällä. Merisatami- en lisäksi mukana tarkastelussa on myös sisävesisatamat. Laskennassa on keskitytty ainoastaan rahtilaivojen päästöihin niiden liikkeessä väylillä sekä satamaan tulo ja kiinnittyminen. Kotimaan meriliikenteen matkat on MEERI 2009 -laskentajärjestelmässä laskettu kotimaan satamien välisten etäisyyksien mukaan ja ulkomaan liikenteessä matkaksi on laskettu Ahvenanmaan eteläpuolella olevan laskentapisteen ja Suomessa olevan lähtösataman välinen etäisyys. Kaiken Suomeen tulevan ja Suomesta lähtevän ulkomaan rahtiliikenteen on oletettu suuntautuvan tämän pisteen läpi. (Mäkelä et al. 2010b)

Vuonna 2009 Suomen satamissa oli 33 600 satamakäyntiä, josta 10 % oli kotimaan liikennettä ja loput ulkomaanliikennettä. Näistä käynneistä puolet oli rahtilaivoja ja loput matkustaja-aluksia. (Mäkelä et al. 2010b) Satamista syntyvien laivapäästöjen laskenta perustuu laivojen lukumäärään sekä satamaan tuloon. Satamaan tulolla tarkoitetaan satama-altaaseen ajoa nopeusrajoitusten mukaan ja sekä muita satamamanöövereitä kuten kiinnitystä ja irrotusta. Sekä lähtö- että saapumistilanteessa aikaa on oletettu kuluvan 20 minuuttia. Tällöin laivan pääkoneita kuormitetaan 20 % ja apukoneita 80 %. Laiturissa oloaikana vain apukoneita kuormitetaan 60 %, pääkoneet eivät ole käynnissä. (Mäkelä et al. 2010b)

Taulukossa 2.2 on esitetty VTT LIPASTO MEERI 2009 -laskelmien pohjalta rahtilaivojen päästöt tonneissa vuonna 2009. Taulukosta voidaan havaita, että rahtilaivaliikenteessä suurimpia päästöjä olivat hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) ja rikki (SO<sub>2</sub>). Muiden päästöjen määrä meriliikenteessä ja satamatoiminnoissa on vähäinen. Syy päästöjen määrään ja laatuun on käytetty polttoaine. Laivoissa käytetään toistaiseksi raskaampaa polttoainetta bunkkeria (engl. bunker) pääkoneissa ja dieseliä apukoneissa. Bunkkeri sisältää reilusti rikkiä verrattuna dieseliin. Keskimäärin rahtilaivojen polttoaine vuonna 2009 sisälsi rikkiä 1,1 %, kun dieselissä rikkiä on 0,1 %. (Mäkelä et al. 2010b)

Taulukko 2.2 Rahtilaivojen päästöt tonneissa Suomen talousalueella vuonna 2009. (mukaillen Mäkelä et al. 2010b)

	CO	HC	NOx	Hiukkaset	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Satamatoiminnot</b>	302	106	3 193	85	14	5	321	198 678
<b>Liikenne</b>	1 102	525	18 300	522	73	27	6 023	1 048 371

### 2.3.2 Raskas maantieliikenne

Maantieliikenteen päästöjen osalta tarkasteluun otettiin mukaan puoliperä-, ja täysperävaunuyhdistelmät. LIISA 2009 -laskentajärjestelmästä saadut päästöjen määrät on laskettu liikennesuoritiedoista, polttoaineen kulutuksesta sekä ajoneuvojen tiedoista ja vuosimalleista. Täysi- ja puoliperävaunujen kokonaissuorite kilometreissä mitattuna oli vuonna 2009 noin 3 000 milj. km. (Mäkelä & Auvinen 2010)

Taulukossa 2.3 on esitetty raskaan kuorma-autoliikenteen aiheuttamat päästöt tonneissa ilmaan vuonna 2009. Kuten taulukosta voidaan huomata, merkittävimmät päästöt ovat hiilidioksidi ja typenoksidit. Muiden päästöjen määrä raskaassa tieliikenteessä on vähäinen. Koko liikenteen primäärienergiankulutuksesta 161 PJ raskasliikenne kuluttaa n. 23 % eli 36,9 PJ. Vastaavasti koko tieliikenteessä kului polttonestettä (benssiini ja diesel) yhteensä 3 753 600 t, josta raskas kuorma-autoliikenne kulutti 860 973 t. (Mäkelä & Auvinen 2010)

Taulukko 2.3 Raskaan tieliikenteen päästöt Suomessa vuonna 2009, mukana täysperä- ja irtoperävaunut. (Mäkelä & Auvinen 2010)

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Kuorma-autot ip ja tp</b>	4 268	2 684	15 919	590	147	95	17	2 634 934

### 2.3.3 Rautatieliikenne

Rautatietavaraliikenteessä RAILI 2009 -laskentamallin tiedot perustuvat rataosan- ja ratapihakohtaiseen liikennöintiin sekä käytettävään kalustoon (sähkö- tai dieselveturi) Tavarajunaliikenteessä päästöt on luokiteltu kolmeen päästölähteeseen; sähköveturit, dieselveturit ja vaihtotyö. Päästölaskelmissa on otettu huomioon sähkövetureiden tarvitseman sähkön tuotannon päästöt voimalaitoksissa. (Mäkelä et al. 2010a) Tarkastelussa on keskitytty pelkästään tavaraliikenteen päästöihin.

Taulukossa 2.4 on esitelty rautatietavaraliikenteen aiheuttamat päästöt vuonna 2009 kolmeen edellä mainittuun päästölähteeseen jaoteltuna. Rautatieliikenteessä sähköveturit kuluttavat primäärienergiaa lähes kaksinkertaisen määrän verrattuna dieselvetureiden energian tarpeeseen, mutta päästöt ovat huomattavasti pienemmät. Vuonna 2009 tavaraliikenteen osalta sähköveturit kuluttivat energiaa 1 418 556 GJ, dieselveturit 806 022 GJ ja vaihtotyö 263 191 GJ. Päästöjen määrästä voidaan huomata, että dieselvetureiden käyttämä fossiilinen polttoaine moninkertaistaa päästöjen määrät suhteessa energiantuotantoon. Ainoa poikkeus on hiilidioksidi, mutta sähköveturien käytön edut tavaraliikenteessä ovat kuitenkin merkittävät päästöjen suhteen tarkasteltaessa. (Mäkelä et al. 2010a)

Taulukko 2.4 Rautatietavaraliikenteen päästöt vuonna 2009. (Mäkelä et al. 2010a)

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Sähköveturit</b>	34	3	80	9	1,4	1,2	64	43 325
<b>Dieselveturit</b>	182	82	1 464	27	3,2	1,6	0,4	59 308
<b>Vaihtotyö</b>	63	29	455	11	1	0,5	0,1	19 366

### 2.3.4 Yhteenveto päästöistä ilmaan

Tarkasteluun valittiin ainoastaan tavaraliikenteen suoritteet. Meriliikenteessä tarkasteltiin rahtilaivojen päästöjä väyläliikenteessä ja satamamanövereissä. Rautatietavaralii-

kenteessä sähkö- ja dieselvetureiden sekä vaihtotyön päästöt otettiin huomioon. Sähkövetureiden päästöissä on otettu huomioon energiantuotanto. Tieliikenteessä mukana ovat raskasliikenne eli täys- ja puoliperävaunuyhdistelmät. Taulukossa 2.5 on esitelty yhteenveto tarkasteltujen liikennemuotojen päästöistä ilmaan tonneissa. Taulukosta voidaan havaita, että hiilidioksidipäästöjen osuus ovat kaikissa kuljetusmuodoissa suurin. Raskas maantieliikenne aiheuttaa vertailluista kuljetusmuodoista kokonaisuudessaan eniten päästöjä Suomessa. Junaliikennöinnissä sähkövetureiden käyttö pienentää päästöjä muihin verrattuna merkittävästi. Dieselin käyttö polttoaineena lisää typenoksidien määrää ja rikkipitoinen laivabunkkeri nostaa rikkipäästöjä laivaliikenteessä. Päästöjen muodostuminen on suoraan verrannollinen käytetyn polttoaineen määrään ja energian kulutukseen.

Taulukko 2.5 Yhteenveto eri kuljetusmuotojen päästöistä ilmaan Suomessa vuonna 2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010 b; Mäkelä & Auvinen 2010)

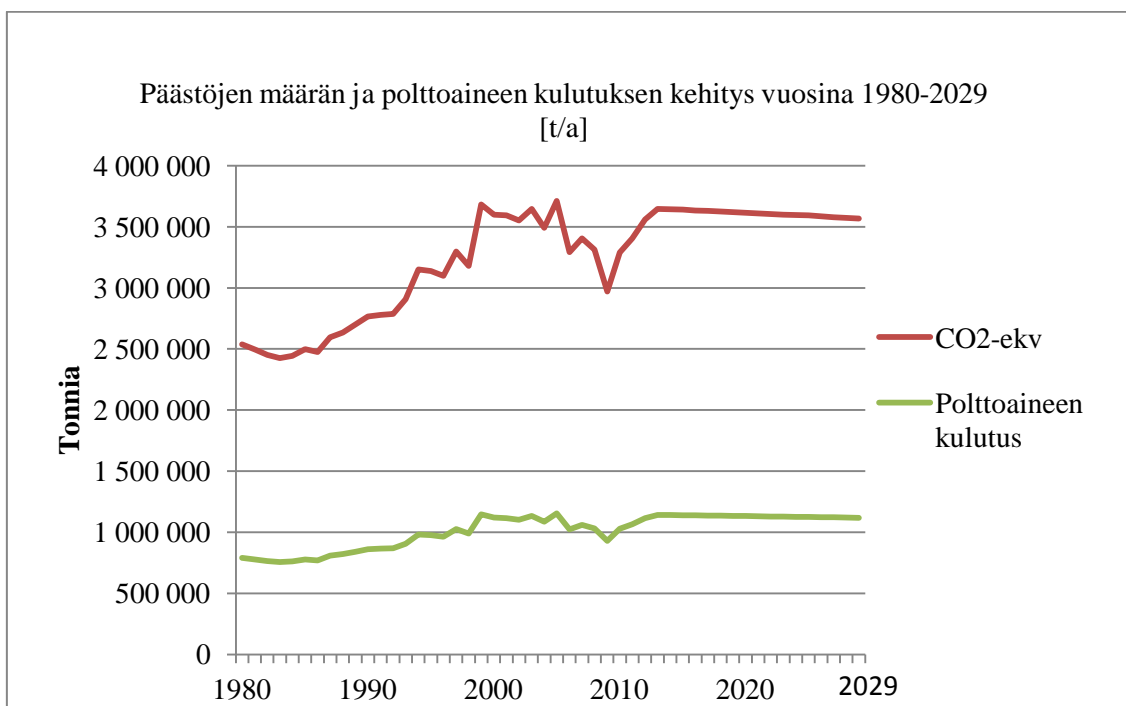
	CO	HC	NOx	Hiukkaset	CH4	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Rahtilaivaliikenne</b>	1 404	631	3 193	522	14	32	6 343	1 247 049
<b>Raide-tavaraliikenne</b>	279	114	2 000	47	6	3	64	121 999
<b>Raskas maantieliikenne</b>	4 268	2 684	15 919	590	147	95	17	2 634 934

Taulukossa 2.6 on esitetty yhteenvetona polttoaineen ja primäärienergian kulutukset eri kuljetusmuodoissa vuonna 2009. Vertailusta voidaan todeta, että raskas tieliikenne kuluttaa eniten primäärienergiaa ja polttoainetta verrattuna muihin kuljetusmuotoihin. Tulokset on sinänsä ennustettavissa, koska kumipyöräkuljetukset ovat käytetyin kuljetusmuoto.

Taulukko 2.6 Polttoaineen ja energian kulutus kuljetusmuodoittain vuonna 2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)

Liikennemuoto	Polttoaineenkulutus [t]	Primäärienergiankulutus [GJ]
Rahtilaivaliikenne	387 493	16 062 935
Raidetavaraliikenne	24 865	2 487 769
Raskas maantieliikenne	860 973	36 900 000
Yhteensä	1 273 331	55 450 704

Kuvassa 2.1 on esitetty polttoaineen määrän ja päästöjen kehitys vuodesta 1980 ja ennusteet ovat vuodelle 2029 asti. Polttoaineen kulutus on pysynyt melko tasaisena. Kulutetuista määristä on kuitenkin selvästi havaittavissa taantumia ja nousukaudet. 1990-luvun alun lama ei tehnyt samanlaista notkahdusta kuin vuoden 2008 lopusta alkanut taantuma. Ennusteesta voidaan havaita, että polttoaineen kulutuksen ei ennusteta enää kasvavan, vaan pysyvän melko stabiilina.



Kuva 2.1 Päästöjen määrän ja polttoaineen kulutuksen kehitys ja kehityssennuste vuosina 1980–2029. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)

### 3 LOGISTIIKAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET KYMENLAAKSOSSA

Osana tutkimusta tehtiin selvitys logistiikan ympäristövaikutuksista Kymenlaaksossa, minkä yhteydessä selvitettiin tavaravaunu- kuorma-auto- ja laivaliikenteen tavaramäärien ja päästöjen kehitystä Kymenlaakson alueella. Tarkasteltavaksi ajankohdaksi valittiin vuodet 2001–2009. Laiva- ja kuorma-autoliikenteen tilastot on otettu VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmästä (VTT 2009a) ja tavaravaunuliikenteen määrät tonneissa on saatu VR:ltä (Lahelma & Juuti 2010). Kaikkien päästöjen laskennassa on käytetty LIPASTO-laskentajärjestelmää, jotta saadut päästömäärät olisivat vertailukelpoisia keskenään. Yhdeksältä tarkasteluvuodelta on havainnointu kuljetussuoritteiden kehitystä ja ilmaan kohdistuvien päästöjen määrää. Lisäksi tarkastelussa on mukana koko Suomen transito-liikenteen päästöt vuosilta 2005–2009. Transitoliikenteen päästöt on saatu Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisemasta Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset (TRAMA), tuloraportti 2010 -julkaisusta (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a).

Tarkasteltavaksi alueeksi on valittu Kymenlaakso. *Satamista* tarkastelussa ovat mukana Kotkan ja Haminan satamat. *Rautatietavaraliikenteessä* Kouvola on keskeisessä asemassa, sillä se toimii otollisena solmukohtana jatkokuljetuksille. Rautatiekuljetusten osalta laskentaan on otettu mukaan välit Kouvola–Kotka, Kouvola–Hamina, Kouvola–Vainikkala ja Kouvola–Imatrankoski. Vainikkala ja Imatrankoski eivät kuulu maantieteellisesti Kymenlaaksoon, mutta ne ovat tärkeimmät rajanylityspaikat rautatietavaraliikenteessä ja kuuluvat siten tärkeänä osana transitoliikenteeseen. *Raskaan tieliikenteen* laskentaperusteiksi valittiin seuraavien kaupunkien ja kuntien alueella tilastoidut raskaan liikenteen kuljetukset: Kotka, Hamina, Kouvola, Pyhtää, Iitti, Miehikkälä ja Virolahti. Laskelmissa on otettu huomioon seuraavat ennen vuonna 2009 tapahtunutta Kouvolan kuntaliitosta olleet kunnat: Jaala, Kuusankoski, Elimäki, Anjalankoski ja Valkeala.

#### 3.1 Logistiikan välittömät ympäristövaikutukset Kymenlaakson alueella

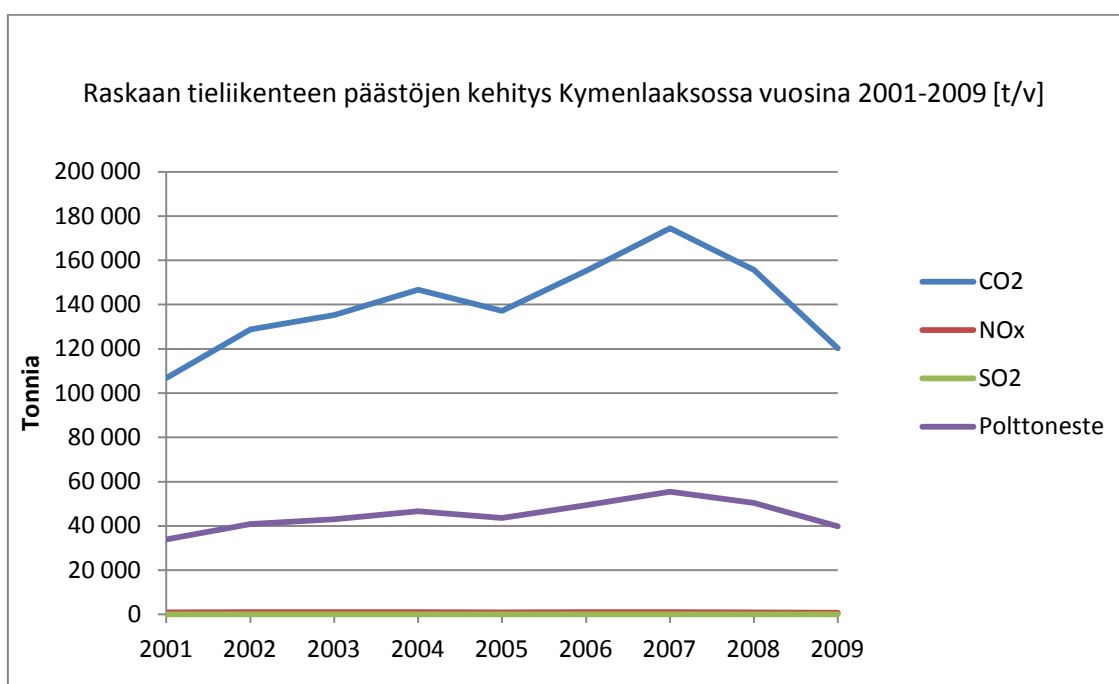
Seuraavassa tarkastellaan logistiikan välittömiä ympäristövaikutuksia Kymenlaakson alueella. Tarkastelun kohteena ovat erityisesti logistiikan aiheuttamat päästöt ilmaan, sillä niistä on saatavissa varsin tarkkaa dataa yksityiskohtaisten päästölaskelmien tekemiseksi. Muiden luvussa 2.1 esitettyjen logistiikan välittömien ympäristövaikutusten (lähinnä ilmastonmuutos, tärinä ja melu) vaikutuksia on hankalaa arvioida ja laskea ilman fyysisiä mittauksia, joten niiden tarkastelu jätetään tässä yhteydessä vähemmälle huomiolle. Tämän alaluvun lopussa on kuitenkin tarkasteltu lyhyesti Kouvolan alueen rautatieliikenteen melu- ja tärinävaikutuksia aiheesta aiemmin tehtyjen tutkimusten (Ratahallintokeskus 2007a ja 2007b) perusteella. Lisäksi transitoliikenteestä esitellään vuosilta 2005–2009 Liikenne- ja viestintäministeriön julkaiseman transitoliikenteen taloudelliset näkymät (TRAMA) -raportissa (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a) lasketut koko Suomen transitoliikenteen päästöt ilmaan.

Päästöt ilmaan ovat merkittävin liikenteen laskettavissa oleva välitön ympäristövaikutus Kymenlaakson alueella. Seuraavaksi esitellään kuljetusmuodoittain hiilidioksidi-, typenoksidi- ja rikkipäästöt sekä polttoaineen kulutuksen. Polttoaineenkulutus on otettu

tarkasteluun, koska päästöjen määrät ilmaan ovat suoraan verrannollisia kulutettuun polttoaineeseen ja siitä saatavaan energiaan. Tarkastelu aloitetaan raskaasta kuorma-autoliikenteestä. Tarkasteltaviksi ajoneuvoiksi valittiin täysperävaunu- ja puoliperävau-nuyhdistelmät, ja tarkasteltaviksi kaupungeiksi ja kunniksi valittiin Kotka, Hamina, Kouvola, Pyhtää, Iitti, Miehikkälä ja Virolahti. Kouvolan osalta laskelmissa on otettu huomioon seuraavat ennen Kouvolan kuntaliitosta olleet kunnat: Jaala, Kuusankoski, Elimäki, Anjalankoski ja Valkeala. Laskelmien tarkasteluväli on vuodet 2001–2009.

### Raskas tieliikenne

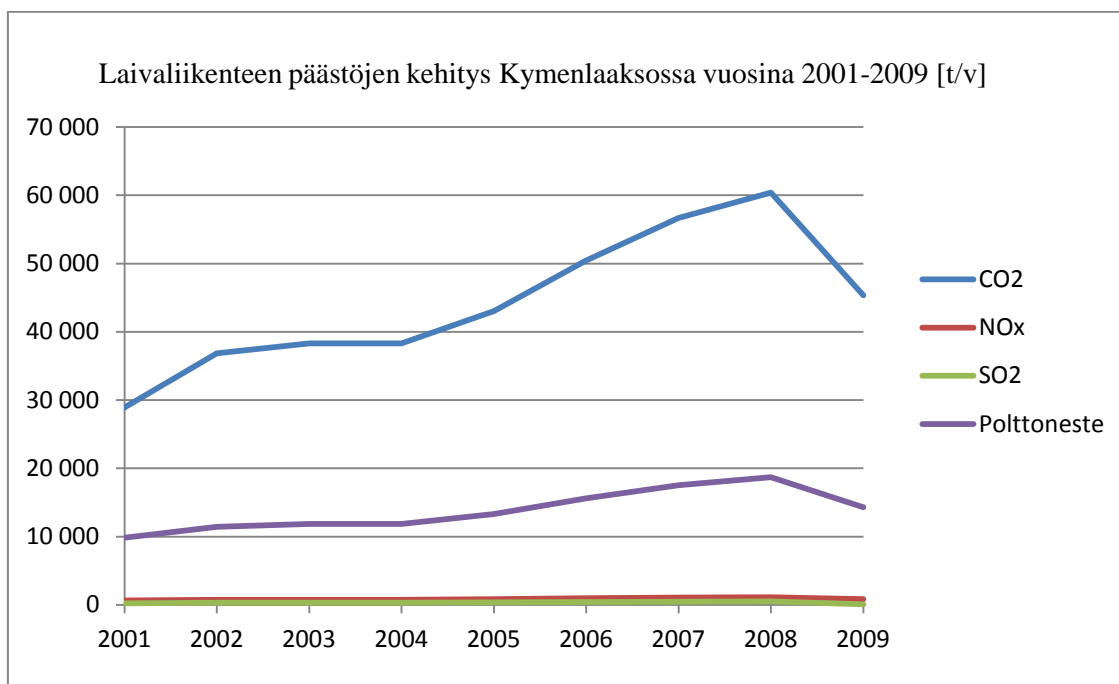
Liikenteen välittömistä ympäristövaikutuksista Kymenlaakson alueella tarkastellaan tässä työssä vain päästöjä ilmaan. Ilmastonmuutoksen, tärinän ja melun vaikutuksia on hankala arvioida ja laskea ilman fyysisiä mittauksia. Kymenlaakson alueella aiempia tutkimuksia on suoritettu rautatieliikenteen melu- ja tärinävaikutuksista Kouvolan alu-eelta. Kuvassa 3.1 on esitetty hiilidioksidipäästöjen ja polttoaineen kulutuksen suhde ja sen kehitys raskaassa tieliikenteessä Kymenlaakson alueella vuosina 2001–2009. Ty-penoksideja ja rikkiä syntyy suhteessa vähän verrattuna hiilidioksidipäästöihin. Hiilidi-oksidi-päästöjen määrät vaihtelivat tarkastellulla aikavälillä 106 800 – 174 504 t/a. Rik-kidioksidipäästöt vaihtelevat välillä 0,8–1,3 t/a ja typenoksidipäästöt välillä 737 – 1 048 t/a. Vastaavasti diesel polttoainetta kului vähimmillään 33 926 t/a ja enim-millään 55 434 t/a. Suuret vaihtelut eri vuosien välillä johtuvat suurelta osin yleisestä talouden kehityksestä. Raskaassa tieliikenteessä kuljetusten vähentyminen oli havaitta-vissa jo vuoden 2007 lopussa. Vuonna 2008 alkanut maailmanlaajuinen talouden taan-tuma näkyy polttoaineen kulutuksen ja päästöjen määrän merkittävänä vähenemisenä. Vuonna 2001 ajosuoritemäärä Kymenlaakson alueella raskaassa tieliikenteessä oli noin 106 Mkm, kun vastaava suorite ennen taantumaa vuosina 2006 ja 2007 oli noin 168 Mkm. Taantumun seurauksena raskaan tieliikenteen ajosuoritteet laskivat Kymenlaak-sossa vuoden 2008 aikana yli 35 Mkm.



Kuva 3.1 Kymenlaakson alueen raskaan tieliikenteen päästöjen kehitys vuosina 2001–2009. (Mäkelä & Auvinen 2010)

### Laivaliikenne

Kuvassa 3.2 on esitetty laivaliikenteen päästöjen kehitys Kotkan ja Haminan satamissa vuosina 2001–2009. Kuva noudattelee hyvin pitkälti samaa linjaa edellä kuvatun raskaan tieliikenteen päästöjen ja polttonesteen kulutuksen kehityksen kanssa. Laivaliikenteessä liikenteen kasvu jatkui vuoteen 2008 asti tasaisesti, mutta taantuman seurauksena laivaliikenne väheni merkittävästi (31,8 %) Kotkan ja Haminan satamissa vuoden 2009 laivojen satamissa käynteihin verrattuna. Tällä oli suora vaikutus myös laivaliikenteen päästöihin, joiden määrä lähti taantuman seurauksena tuntuvaan laskuun vuonna 2008. Vastaavasti raskaassa tieliikenteessä kuljetussuoritteiden ja päästömäärien aleneminen alkoi jo vuotta aiemmin. Myös laivaliikenteessä typenoksideja ja rikkiä syntyy suhteessa vähän verrattuna hiilidioksidipäästöihin. Laivaliikenteen vuotuiset hiilidioksidipäästöt vaihtelevat tarkastellulla ajanjaksolla 29 934 – 60 382 tonnin välillä, rikkipäästöt 75–495 tonnin välillä ja typenoksidipäästöt 632 – 1 118 tonnin välillä. Hiilidioksidi- ja typenoksidipäästöistä pienimmät päästömäärät olivat vuonna 2001, jolloin hiilidioksidin syntyi (28 934 t) ja typenoksideja (633 t). Vastaavasti vuonna 2008 ennen taantuman alkua päästöt olivat suurimmat, hiilidioksidia syntyi (60 382 t ja typenoksideja 1 118 t). Huomion arvoisena positiivisena vaikutuksena voidaan pitää rikkidioksidipäästöjen väheneminen suhteessa kulutettuun polttoaine määrään. koko tarkasteluajanjaksolta. Eniten rikkipäästöjä syntyi vuonna 2008 (495 t), jolloin polttoainetta kului 18 688 t. Vähiten rikkipäästöjä syntyi vuonna 2009 (75 t), jolloin polttoainetta kului 14 296 t, mutta vuonna tarkasteluvuonna 2001 kului vähiten polttoainetta (9 855 t), jolloin rikkidioksidipäästömäärä olivat 231 t. Enimmillään laivoja kävi Kotkassa ja Haminassa yhteensä 4 404 vuonna 2007 ja vähimmillään yhteensä 2 938 vuonna 2009.



Kuva 3.2 Kymenlaakson alueen laivaliikenteen päästöjen kehitys vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010b)

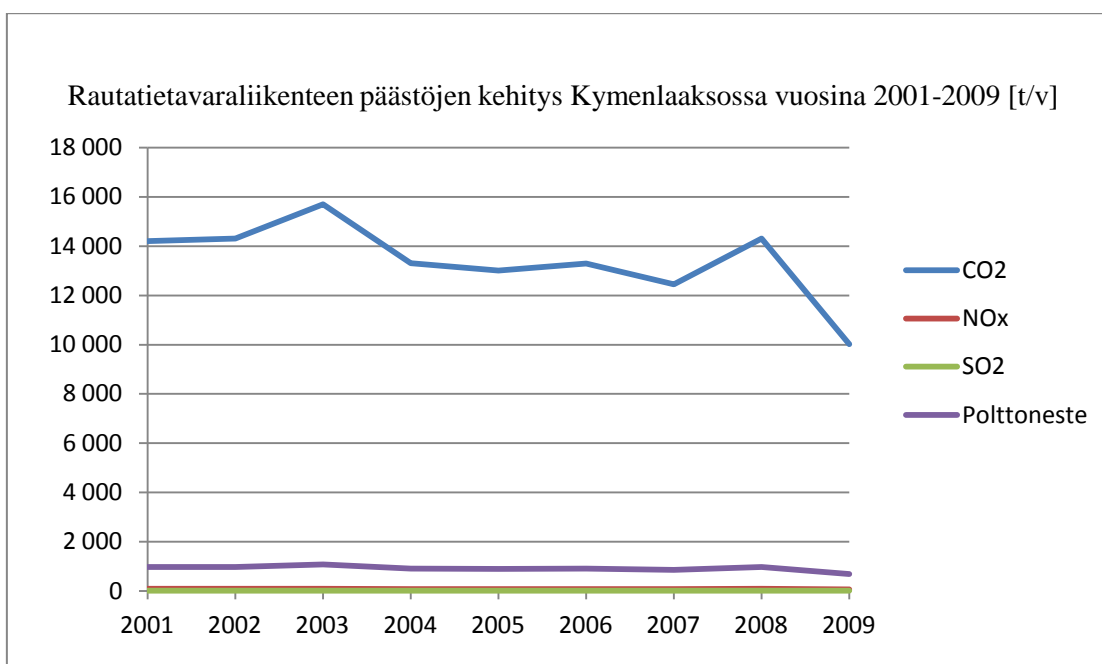
### Rautatietavaraliikenne

Rautatietavaraliikenteen päästöjen kehitystä on tarkasteltu kuvassa 3.3. Laskelmiin on otettu mukaan seuraavat rautatieosuudet: Kouvola–Kotka, Kouvola–Hamina, Kouvola–Vainikkala ja Kouvola–Imatrankoski. Vainikkala ja Imatrankoski eivät kuulu maantieteellisesti Kymenlaakson, mutta ne ovat tärkeimmät rajanylityspaikat rautatietavaraliikenteessä ja kuuluvat siten tärkeänä osana tarkastelun piiriin. Rautatietavaraliikenteen päästöt eivät ole samalla tavalla suoraan verrannollisia polttoaineen kulutuksen määrään, kuin maantie- ja laivaliikenteen kuljetuksissa. Tämä selittyy sillä, että Kymenlaakson alueella rautatietavaraliikenteessä päärataverkot on sähköistetty, mutta vaihtotyö on edelleen dieselvetureiden varassa. Rautatieliikenteen päästöihin on otettu mukaan sähköntuotannosta syntyvät päästöt voimalaitoksissa. Rautatieliikenteen päästöjen kehitys on verrannollinen kuljetettuihin tonneihin ja tonnikilometreihin. Rautatietavaraliikenteen laskelmissa on otettava huomioon se, että tonnikilometrit on laskettu vain aiemmin mainittujen rataosuuksien pituuksien mukaan. Laskelmissa ei ole otettu huomioon koko rautatiekuljetusketjun tonnikilometrejä.

Kuvasta 3.3 voidaan havaita, että vuonna 2003 päästöt ovat olleet suurimmat tarkastellulla aikavälillä. Kyseisenä vuonna tavaraa kuljetettiin Kymenlaakson alueella ja raja-asemilla 20,4 miljoonaa tonnia. Vuoden 2003 jälkeen rautatieliikenteen tavarakuljetusten määrä on laskenut tasaisesti vuoteen 2007 asti. Vuonna 2008 tapahtui melko suuri kuljetusmäärän nousu, mikä näkyy hetkellisenä päästöjen piikkinä. Vuonna 2008 kuljetettiin 18,7 miljoonaa tonnia tavaraa rautateitse ja tästä syntyi hiilidioksidipäästöjä 14 300 tonnia. Taantuma vaikutti yhtä voimakkaasti rautatiekuljetuksiin kuin muihinkin kuljetusmuotoihin. Vuonna 2009 rahdin määrä väheni 5 miljoonaa tonnia päättyen vuo-



den päätteeksi 13,7 miljoonan tonnin lukemiin. Vastaavasti hiilidioksidipäästöjen määrä väheni 14 300 tonnista 10 000 tonniin.

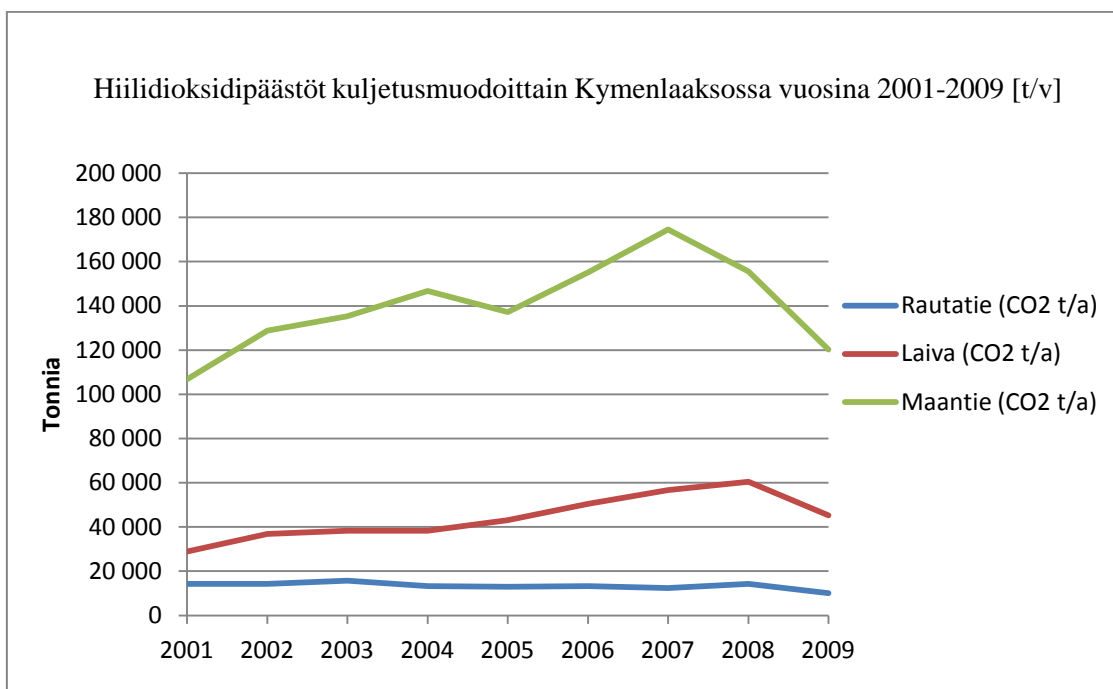


Kuva 3.3 Kymenlaakson alueen rautatietavaraliikenteen päästöjen kehitys vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010a)

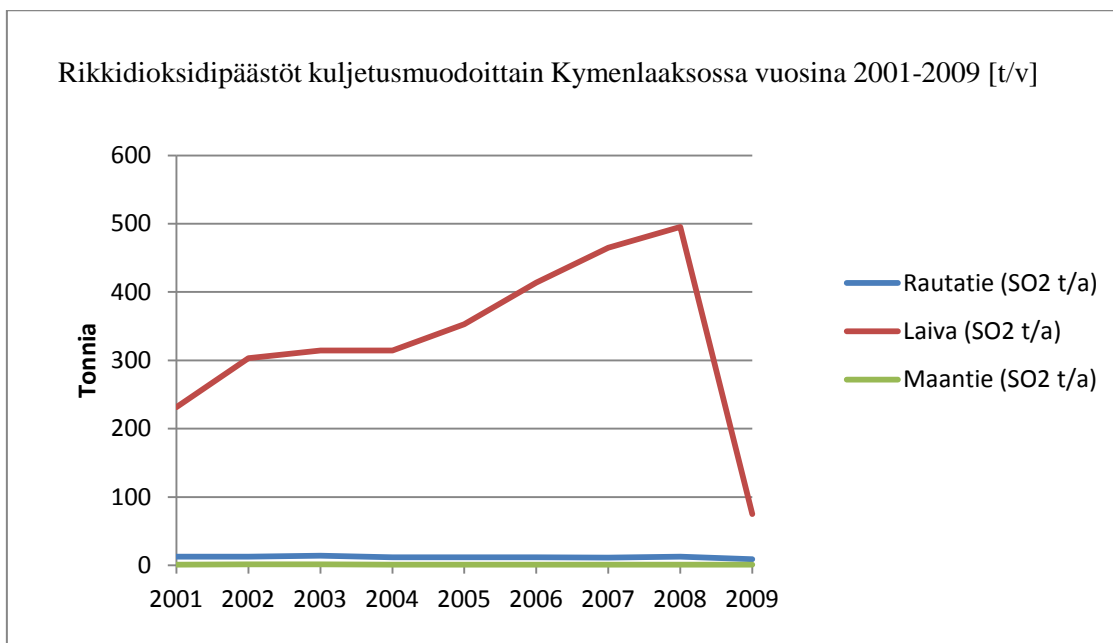
### Yhteenveto kolmen edellä mainitun kuljetusmuodon päästöistä ilmaan

Kuvissa 3.4–3.8 on esitetty yhteenvetona tarkasteltujen kuljetusmuotojen hiilidioksidi-, rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöt sekä energian- ja polttoaineenkulutuksen määrät vuosina 2001–2009. Kuvaajista voidaan havaita, että raskas maantieliikenne on käytetyin kuljetusmuoto, polttoaineen- ja energiankulutuksen osalta mitattuna Kymenlaaksossa. Siten myös päästöt hiilidioksidin ja typen osalta ovat suurimmat tieliikenteessä. Poikkeuksena ovat rikkidioksidipäästöt, jotka selittyvät sillä, että laivoissa käytetään runsas rikkistä polttoainetta. Laivoilla käytetyn polttoaineen rikkipitoisuus on 1,1 %, kun kuorma-autoissa käytettävässä dieselissä rikkipitoisuus on vain 0,01 %. Tilastojen mukaan laivaliikenne Suomessa aiheuttaa 96 % koko liikenteen rikkipäästöistä (VTT 2009a). Kuvia tarkasteltaessa on selvästi havaittavissa, että rautatietavaraliikenne on päästömäärien ja energiankulutuksen suhteen ehdottomasti ympäristöystävällisin kuljetusmuoto. Tarkasteltaessa eri kuljetusmuotojen energiankulutuksia voidaan todeta, että junilla ja laivoilla on mahdollista kuljettaa moninkertainen määrä tavaraa yhtä energiayksikköä kohden verrattuna raskaaseen tieliikenteeseen. Suurimmat syyt raskaan maantieliikenteen runsaaseen käyttöön Kymenlaakson alueella ovat Suomen kautta itään suuntautuva kauttakulku- eli transitoliikenne, hajautettu teollisuus ja satamatoiminnot kahden kaupungin välillä. Itätransitossa käytetään yleisesti puoliperävaunua tavaroiden kuljetukseen. Kotkan ja Haminan satamista sekä Kouvolan logistiikkakeskittymästä kuljetetaan runsaasti transitotavaroita Venäjälle ja muihin IVY-maihin. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a) Raidetavaraliikenteen rataosuudet Kymenlaaksossa ovat verrattain hyvät satamien ja tehtaiden välillä, mutta monesti tarvitaan vielä kuorma-autojen

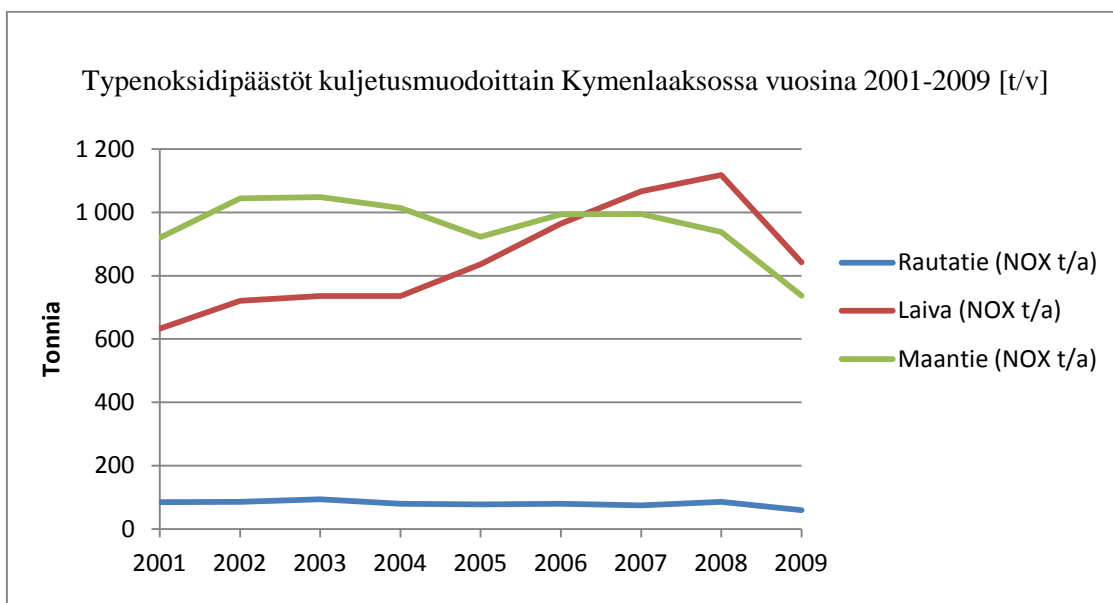
kuormakapasiteettia rautatieliikenteen tueksi. Laivaliikenteessä sekä Kotkan ja Haminan satamat ovat toimivia sekä bulkki että konttikuljetuksissa. Haminan sataman toiminnot ovat keskittyneet kemikaali- ja konttikuljetuksiin. Kotkassa Mussalon satama on keskitynyt lähinnä konttioperointiin ja Hietasen satama ro-ro ja auto toimintoihin.



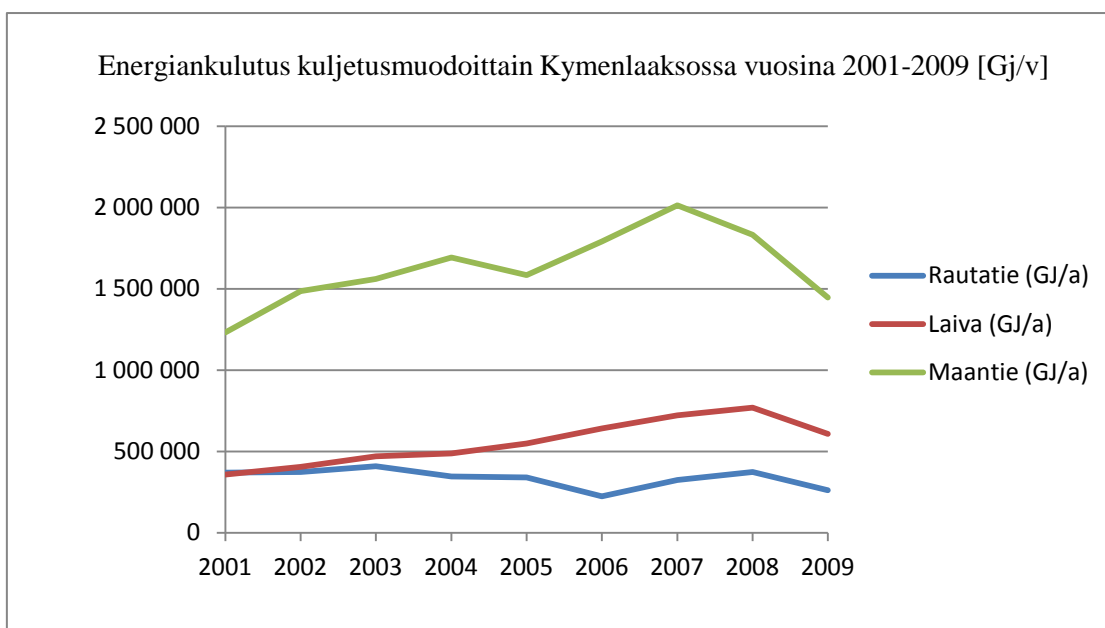
Kuva 3.4 Yhteenveto Kymenlaakson alueen hiilidioksidipäästöjen kehityksestä kuljetusmuodoittain vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)



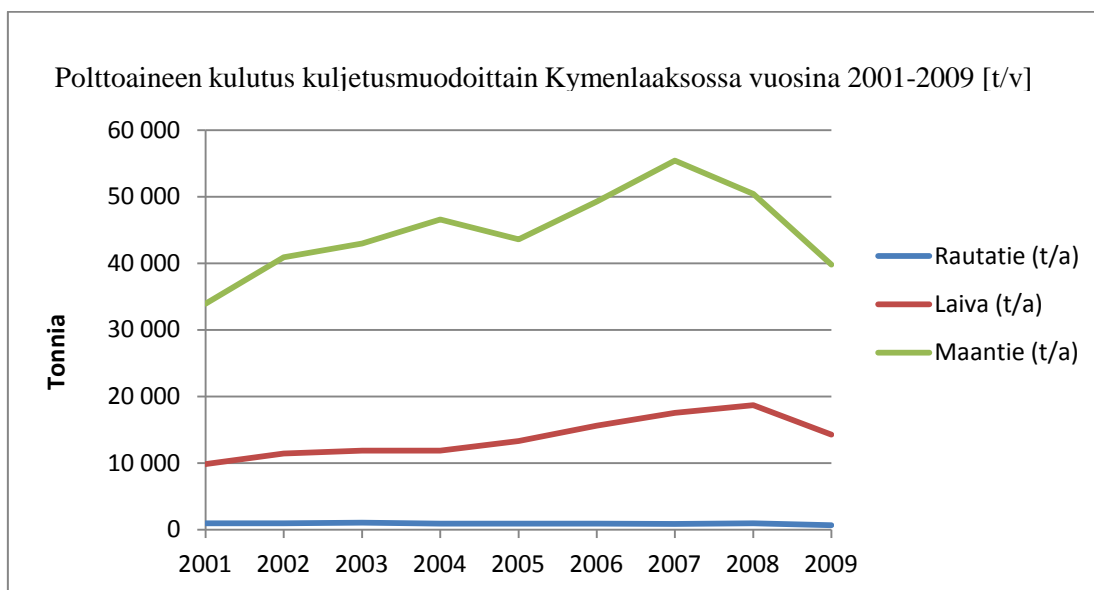
Kuva 3.5 Yhteenveto Kymenlaakson alueen rikkidioksidipäästöjen kehityksestä vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)



Kuva 3.6 Yhteenveto Kymenlaakson alueen typenoksidipäästöjen kehityksestä vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)



Kuva 3.7 Yhteenveto Kymenlaakson alueen eri kuljetusmuotojen energiankulutuksen kehityksestä vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)



Kuva 3.8 Yhteenveto Kymenlaakson alueen polttoaineen kulutuksen kehityksestä kuljetusmuodoittain vuosina 2001–2009. (Mäkelä et al. 2010a; Mäkelä et al. 2010b; Mäkelä & Auvinen 2010)

### Transitoliikenteen päästöt

Transitoliikenteen päästöjä on laskettu tarkemmin Liikenne- ja viestintäministeriön tekemässä/teettämässä Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset (TRAMA), tulosraportti 2010 -julkaisussa (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a). Taulukossa 3.1 on esitetty kyseiseen raporttiin perustuen transitoliikenteen aiheuttamien ilmaan kohdistuvien päästöjen kehitys vuosilta 2005–2009.

Transitoliikenteen kasvun myötä päästöt ovat kasvaneet tasaisesti, poikkeuksena 2008 alkanut taloudellinen taantuma, joka vaikutti 2009 transitoliikenteen vähenemiseen. Transitoliikenteessä käytettävän kuorma-autokannan ja polttoaineen laadun parantaminen ovat vaikuttaneet päästöarvoihin kuljetettua tonnia kohden. Muut päästöt lukuun ottamatta rikkipäästöjä ovat vähentyneet hieman vuodesta 2006 alkaen. Myös Arposalo & Liedes (2007) tutkimuksessaan TRAKET II – Turvallisuus ja ympäristövaikutukset transitoliikenteessä ovat käsitelleet ja laskeneet itään suuntautuvan transiton päästöjä vuodelta 2005. Tutkimuksessa todettiin, että transitoliikenteestä muodostuu jopa 10 % koko Suomen tieliikenteen rikkidioksidipäästöistä, jos kuorma-autot transitoliikenteessä käyttävät venäläistä runsaasti rikkiä sisältävää dieselpoltonestettä. Transiton rikkipäästöt ovat verrattain pienet suhteutettuna meriliikenteen rikkipäästöihin, mitkä ovat 96 % koko Suomen liikenteen rikkipäästöistä.

Taulukko 3.1 Transitoliikenteen ilmaan kohdistuvien päästöjen kehitys tonneissa vuosina 2005–2009. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010a)

	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Hiukkaset	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>2005</b>	72	35	1 556	36	444	81 665
<b>2006</b>	93	45	1 991	46	588	103 212
<b>2007</b>	97	48	2 125	49	612	109 820
<b>2008</b>	114	57	2 479	58	739	125 302
<b>2009</b>	83	41	1 694	42	565	81 765

### Muut logistiikan välittömät ympäristövaikutukset Kymenlaakson alueella

Ilmapäästöjen lisäksi muita tyypillisiä logistiikan ympäristövaikutuksia ovat tärinä ja melu (ks. tarkemmin luku 2.1). Näiden vaikutuksia on kuitenkin hankalaa arvioida ja laskea ilman fyysisiä mittauksia. Kouvolan alueella on tehty tutkimuksia (Ratahallintokeskus 2007a ja 2007b) rautatieliikenteen melu- ja tärinävaikutuksista. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa vuonna 2007 tehtiin nykytilaselvitys junaliikenteen melusta ja tärinästä seuraavilta rataosuuksilta: Lahti–Kouvola, Kotkan rata, Karjalan rata ja Savon rata. Meluarvot on mitattu nykytilassa päivällä kello 7–22 ja yöllä kello 22–7. Melun mittauksen laskennallisessa menettelyssä raideliikenteen meluun vaikuttivat liikennemäärät (junan yhteispituus metreinä), junan nopeus ja junatyypit. Juna- ja akselipanojen vaikutusta ei ole otettu laskennassa huomioon. Raportissa arvioitiin, että liikennemäärän kaksinkertaistuminen lisää melutasoja noin 3 dB ja junan nopeuden kasvu kymmenellä kilometrillä tunnissa lisää melua noin 1–2 dB. Melun ja tärinän nykytilaselvityksessä tuli esille muutamia yksittäisiä asuinalueita, joissa oli valitettu tärinästä ja melusta. (Ratahallintokeskus 2007a)

Kouvolan alueen rautatieliikenteen melu- ja tärinävaikutuksia selvittäneen tutkimuksen toisessa vaiheessa tehtiin vuosille 2010 ja 2020 ennusteet junaliikenteen kasvulle, melulle, tärinälle, luonnolle, maaperälle ja vesialueille. Ennusteissa todettiin matkustajaliikenteen kasvavan jonkin verran, mutta tavarajunien lukumäärän ei kuitenkaan arvioitu kasvavan. Muutosta tavaraliikenteeseen tulisi kasvaneilla junapituuksilla radan parannustöiden myötä. Melun osalta ratkaisevin tekijä on maankäytön suunnittelu. Lähtökohdiana on ennalta ehkäistä meluhaittojen syntymistä siten, että melulle herkkää maankäyttöä, kuten asumista sijoitetaan muualle kuin meluvyöhykkeelle. Toimisto- ja liikerakennukset eivät ole niin herkkiä melusaasteelle, joten rakennukset toimitettiin radan varressa melusuojana asuintaloille. Asuinalueen kaavoitusvaiheessa tulee ottaa tarkkaan huomioon rata-alueet ja melualueet. Meluaidoilla saadaan estettyä melun leviäminen ja suojattua osa asuntoalueista. On arvioitu, että kolme metriä korkealle melunsuoja-aidalle tulisi hintaa 500 €/jm ja neljä metriä korkealle aidalle 600 €/jm. Eri rataosuuksista riippuen meluaitojen hinnat nousisivat useisiin miljooniin euroihin. Tärinän vaikutuksia voidaan mitata ja rakennettavien talojen etäisyys rata-alueisiin voidaan ottaa huomioon tärinän haittavaikutusten minimoimiseksi. (Ratahallintokeskus 2007b)

### 3.2 Logistiikan välilliset ympäristövaikutukset Kymenlaakson alueella

Välillisinä ympäristövaikutuksina voidaan pitää tekijöitä, jotka vaikuttavat ihmisten tai eläinten toimintaan sekä luontoon pitkällä aikavälillä. Tällaisia ympäristövaikutuksia ovat esimerkiksi tiestön ja muiden väylien rakentaminen ja kunnossapito, luonnon monimuotoisuuden muutokset sekä terveydelliset vaikutukset. Logistiikan välillisiä ympäristövaikutuksia on tarkemmin kuvattu luvussa 2.2. Kymenlaakson alueelta ei ole varsinaisesti saatavissa tutkimuksia tai mittauksia logistiikan välillisistä ympäristövaikutuksista lukuun ottamatta Kouvolan seudun rataympäristöselvitystä. Merkittävimmät raportit Kotka-Hamina seudulta ovat YVA-raportit esimerkiksi Mussalon sataman laajennussuunnitelmista, missä on kartoitettu laajennuksesta johtuvia ympäristövaikutuksia.

#### Mussalon sataman laajennusselvitys

Vuonna 2005 valmistuneessa Mussalon sataman laajennusselvityksessä tehtiin laajennuskartoitus seuraavaksi 20 vuodeksi, millä taattaisiin kilpailukyky tulevaisuudessa. Hankkeessa tehtiin kuusi eri hankevaihtoehtoa, joista jokaisesta kartoitettiin välittömät ja välilliset ympäristövaikutukset. Laajennuksien todettiin lisäävän laiva-, juna- ja rekka-autoliikennettä laajennettavalla alueella. Tehtyjen selvitysten mukaan täysimittaisen laajennuksen toteutuessa liikennemäärä kasvaisi noin kaksinkertaiseksi verrattuna tilanteeseen ilman laajennusta. Tämä toteutuisi arvion mukaan kaikilla liikennemuodoilla. Kyse olisi siis merkittävästä liikenteen lisääntymisestä, mikä tämä merkitsee samalla myös liikenteestä aiheutuvien haittojen, kuten melun ja päästöjen sekä onnettomuusrisin lisääntymistä. (Insinööritoimisto Ecobio Oy 2005)

Jokaisesta laajennusvaiheesta laskettiin erikseen hiilidioksidi, typenoksidi ja hiukkaspäästöt. Laskelmat sisältävät laivojen, rekka-autojen, junien, henkilö- ja huoltoliikenteen päästöt. Lähtötasona pidettiin vaihtoehtoa, jossa laajennusta ei tehtäisi ollenkaan. Tuolloin päästöjä syntyi hiilidioksidin osalta 17 507 t/a, typenoksidgeja 223 t/a ja hiukkasia 4,3 t/a. Jokaisen laajennusvaiheen myötä päästöt kasvaisivat melko merkittävästi. Jos toteutettaisiin kaikki laajennushankkeet, päästöt lähes kaksinkertaistuisivat. Tuolloin hiilidioksidia syntyi 33 551 t/a, typenoksidgeja 404 t/a ja hiukkasia 7,7 tonnia. Laskennan vertailupohjaksi voidaan esittää mittaukset Kotkan kaikista syntyneistä hiilidioksidin-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöistä vuosilta 2004 ja 2005. Vuonna 2004 Kotkassa muodostui hiilidioksidia 1 180 000 tonnia, vuonna 2005 typenoksidgeja syntyi 3 035 tonnia ja hiukkasia 470 tonnia. Kotkan kokonaispäästöihin verrattuna kaikkien laajennusten aiheuttamat hiilidioksidin- ja hiukkaspäästöt eivät kasvaisi prosentuaalisesti mitattuna oleellisesti, mutta typenoksidipäästöjen osuus koko Kotkan typenoksidipäästöistä olisi melko merkittävä. Nykytilassa satama tuottaa noin 7 % kaikista Kotkan alueen tyyppipäästöistä ja laajennusten jälkeen prosentuaalinen osuus olisi noin 13 %. (Insinööritoimisto Ecobio Oy 2005)

Maankäytön ja maisemamuutosten osalta laajennushanke tulisi vaikuttamaan lähiympäristöön osittain melko radikaalisti, koska riippuen laajennusten koosta hanke peittäisi lähialueen saaren ja suuren salmen kokonaan. Lähialueella sijaitsee sekä ympärivuotista asutusta että vapaa-ajan asuntoja. Raportissa todettiin, että laajennusvaihtoehtoihin liittyy ihmisten elinolojen kannalta merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Sataman läntiset ja

lounaiset laajennusvaihtoehdot edellyttävät toteutuessaan niiden alle jäävien maa-alueiden varaamista satamatoiminnoille. Kyseisillä alueilla sijaitseva vapaa-ajan asutus tulisi poistumaan osittain tai kokonaan sataman laajimpien toteutusvaihtoehtojen myötä. Muita viihtyvyyteen ja terveyteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi melu, päästöt maaperään tai vesistöön, haitallisten aineiden leviäminen, erilaiset onnettomuusriskit sekä kemikaalien kuljetuksiin liittyvät erityiskysymykset mahdolliset onnettomuus- tai vahinkotapaukset mukaan lukien. (Insinööritoimisto Ecobio Oy 2005)

### Kouvolan seudun rataympäristöselvitys

Kouvolan seudun rataympäristöselvityksessä kartoitettiin edellä kuvattujen rautatieliikenteen melu- ja värinävaikutusten lisäksi maisema-, vesi- ja luonnonarvoja. Nykytilaselvityksessä todettiin, että rataosuuksien lähellä sijaitsee monia arvokkaita järvi-, vesi- ja Natura-alueita, mutta ne eivät ole välittömässä vaarassa. Näiden alueiden tila tulee kuitenkin ottaa huomioon kunnostus- tai ratojen laajennustöitä tehtäessä. (Ratahallintokeskus 2007a) Tutkimuksen toisessa raportissa todettiin, että maaperän ja pohjavesien pilaantumiskahva on myös merkittävä ympäristönäkökohta, koska Kouvolan ratapiha-alue Suomen suurin tavaraliikenteen ratapiha. Alueella on aiemmin tapahtunut useita onnettomuuksia ja vaarallisten aineiden turvallisuushkaan on varauduttu jatkuvalla henkilöstökoulutuksilla ja varoaltailla. Pohjavesien ja maaperän tarkkailua ja tutkimuksia tulisi tehdä rataosuuksien rakentamis- ja perusparannushankkeiden yhteydessä. (Ratahallintokeskus 2007b) Myös tiedostetut hajuhaitat ovat etenkin ratapiha-alueiden läheisyydessä ongelmana. Hajuhaittoja syntyy dieselvetureiden pakokaasuista ja säiliövaunuista. Säiliövaunujen hajuhaitat johtuvat ylitäytetyistä, vuotavista tai tyhjiä säiliövaunuista. Ylitäytöstä vaunun päälle roiskuneet ja tyhjiä vaunuista haihtuvat aineet aiheuttavat varsinkin kuumina päivinä hajuhaittoja. (Ratahallintokeskus 2007a) Hajuhaittojen ja pakokaasujen vähentämiseksi säiliövaunujen seisottamista on vähennetty ja dieselvetureita esilämmitetään kylminä aikoina kylmäkäynnistyksen helpottamiseksi. Lisäksi veturinkuljettajia on ohjeistettu tyhjäkäyntiaikojen vähentämiseksi (Ratahallintokeskus 2007b).

#### 4 ÄLYLIIKENNE JA TELEMATIikka LOGISTIIKAN YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISESSÄ

Tässä luvuissa esitetään älykkään liikenteen määritelmiä eri näkökulmista ja sen tuomia hyötyjä tavaraliikenteeseen ja logistiikkaan. Suomessa ja EU:ssa on viime vuosina tehty hallitusten ja komission esitteleinä eri linjauksia ja strategioita, joiden avulla pyritään kehittämään liikenneinfrastruktuuria älykkäillä ratkaisulla ja alentamaan päästöjä tavoitteiden mukaisesti. Viime vuosina EU:ssa on alkanut monia eri hankkeita, joilla pyritään tuomaan logistiikkaa helpottavia ratkaisuja niin viranomaisten kuin kaupallisten toimijoiden käyttöön. Monet hankkeet ovat vielä visio ja suunnittelu asteella, mutta muutamien vuosien kuluttua suurin osa hankkeista pitäisi olla toiminnassa. Luvussa 4.3 on etsitty eri tietoteknisistä hankkeista saatavia laskettavissa tai arvioituja ympäristöhyötyjä. Posti et al. (2010) on tutkimuksessaan kuvannut keskeisimpiä Suomen satamaympäristössä käytössä olevia tietojärjestelmiä kuten PortNet, PDS sekä tullin ja rautatieliikenteen sähköisiä palveluita. Tutkimuksessa on myös esitelty esimerkkejä eri puolilla maailmaa satamissa käytössä olevia Port Community System (PCS) -järjestelmiä eli satamayhteisön informaatiokeskuksia ja niiden hyötyjä, joten näitä asioita ei enää tässä raportissa sen tarkemmin kuvata.

##### 4.1 Älyliikenteen ja telematiikan määrittely

Älykkäällä liikenteellä (eng. Intelligent Transport Systems tai Intelligent Transportation Systems, ITS), josta käytetään myös nimityksiä älyliikenne ja liikennetelematiikka, tarkoitetaan yleisesti tieto- ja viestintäteknikan soveltamista liikennejärjestelmässä. Älykstä liikennettä voidaan pitää myös yläkäsitteenä liikennejärjestelmissä ja kulkuneuvoissa sovellettaville informaatiotekniikoille (Pursiainen 2009). Älykkään liikenteen avulla voidaan muun muassa parantaa liikennejärjestelmän tuottavuutta, turvallisuutta, sujuvuutta, tehokkuutta (myös energiatehokkuutta) ja ympäristöystävällisyyttä auttamalla valitsemaan ja optimoimaan liikkuminen kokonaisuuden kannalta edullisimmalla tavalla (mm. European Commission Mobility & Transport 2010a; Pursiainen 2009; Vanderschuren 2006). Älykstä liikennettä voidaan hyödyntää kaikissa liikennemuodoissa sekä henkilö- että tavaraliikenteessä. Älykkäälle liikenteelle ei ole olemassa yksiselitteistä määritelmää, mutta käsite pitää aina sisällään tietojenkäsittelyä, laskentaa tai muuta liikennejärjestelmään liittyvää älykstä toimintaa (Bayly et al. 2007). Esimerkiksi kansainvälinen standardisointijärjestö ISO:n älykkään liikenteen tekninen valiokunta (The International Standards Organisation technical committee for Intelligent Transport Systems) on määritellyt älykkään liikenteen seuraavasti (ISO 2008):

*“ITS eli älykäsliikenne on informaatio-, kommunikaatio- ja sensoriteknologioiden, soveltamista (pitää sisällään sekä langallisen että langattoman Internetin), joilla vastataan liikenteen yleisiin haasteisiin ja sen tuomiin mahdollisuuksiin.”*

Älykäs liikenne on ilmastonmuutoksen torjunnan ohella merkittävin yksittäinen murros liikenteessä vuosina 1990–2030 (Kulmala 2008). Kiinnostus älykstä liikennettä kohtaan on kasvanut ennen kaikkea liikenneneruuhkien ja niiden aiheuttamien ongelmien lisääntymisen seurauksena. Liikenneneruuhkat heikentävät liikenneinfrastruktuurin tehok-



kuutta ja lisäävät matka-aikoja, ilman pilaantumista ja polttoaineen kulutusta johtaen samalla myös kustannusten nousuun. Ongelmien ratkaiseminen perinteisin keinoin uutta liikenneinfrastruktuuria rakentamalla on vaikeutunut muun muassa rahoituksen puutteen takia. (European Commission Mobility & Transport 2010a) Älykkään liikenteen avulla näihin haasteisiin voidaan vastata uusien keinoin edistäen samalla monia muita yhteiskuntapoliittisia tavoitteita. Älyliikenteellä voidaan tukea liikennepolitiikan lisäksi muun muassa tietoyhteiskuntapolitiikan pyrkimyksiä sekä ilmasto- ja ympäristöpolitiikkaa. Älykkäällä liikenteellä voidaan siirtää liikennepolitiikan keskeinen huomio liikenneverkkojen rakentamisesta ja ylläpidosta liikenneverkkojen operointiin. Älyliikenteen palveluiden avulla olemassa olevasta liikenneinfrastruktuurista ja liikennepalveluista voidaan ottaa kaikki teho irti. (Pursiainen 2009)

Liikennejärjestelmä muodostuu liikenneinfrastruktuurista ja sitä käyttävästä henkilö- ja tavaraliikenteestä sekä näihin liittyvistä säädöksistä ja organisaatioista (Tiehallinto 2009). Älykkäs liikennejärjestelmä kattaa palveluketjun osat tiedon keruusta, käsittelystä ja jakelusta aina matkan suunnitteluun ja matkan aikaisiin tietopalveluihin. Palvelut tukevat liikenteen hallintaa, ohjausta ja seurantaa sekä tarjoavat informaatiota kuljettajille, liikkujille ja liikennejärjestelmän operoijille. Älykkään liikennejärjestelmän keskeisiä vaatimuksia ovat ajantasaisuus, luotettavuus ja helppokäyttöisyys. (Pursiainen 2009)

Liikennejärjestelmien kehittämisessä käytetään kehittyneissä maissa usein neliporrasmallia. Neliporrasajattelulla tarkoitetaan sitä, että ensin pyritään vaikuttamaan liikennetarpeen ja kulkutavan valintaan ja sen jälkeen tehostetaan olemassa olevan väylästäön käyttöä tai parannetaan sitä. Kolmantena askeleena pidetään pieniä parantamistoimia. Jos pienet parantamistoimet todetaan puutteellisiksi, tarvitaan tällöin isoja laajennus- tai uusinvestointeja. Suurilla uusinvestoinneilla tarkoitetaan neljättä askelmaa. Älykkäällä liikenteellä voidaan vaikuttaa lähinnä neliporrasmallin ensimmäiseen ja toiseen porttaaseen, toisin sanoen älyliikenteellä voidaan vaikuttaa liikennetarpeen ja kulkutavan valintaan sekä tehostaa olemassa olevan liikenneverkoston käyttöä. (Kulmala 2008)

## **4.2 Älyliikenteen linjauksia**

Seuraavissa alaluvuissa kerrotaan Suomen ja EU:n logistiikkastrategioista sekä hankkeista, suunnitelmista ja visioista, joiden avulla älyliikennettä tulevaisuudessa pyritään kehittämään ja hyödyntämään etenkin logistiikkasektorilla. EU:lla on meneillään useita älykkään liikenteen aloitteita ja hankkeita, joilla voitaisiin osittain ratkaista merenkulun, navigoinnin, tulli ja rahdin solmukohtia ja ongelmia. Ratkaisuksi EU on ehdottanut erilaisia yhteisiä tiedonsiirtoverkkoja ja -standardeja, jotka tuovat monia parannuksia nykytilaan verrattuna.

### **4.2.1 Suomen älyliikenteen linjauksia**

Matti Vanhasen toisen hallituksen hallitusohjelmassa korostettiin toimivan logistiikan merkitystä Suomen kilpailukyvyyn ja saavutettavuuden keskeisenä tekijänä. Suomen

tulisi osallistua vahvasti Euroopan unionin logistiikkapolitiikan kehittämiseen siten, että se palvelee nykyistä paremmin myös Suomen ja sen syrjäisten alueiden tarpeita. Hallitusohjelman mukaan Suomen logistista kilpailukykyä tulisi parantaa pyrkimyksenä alentaa elinkeinoelämän logistiikkakustannuksia koko maassa. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi hallitusohjelmassa on sovittu laadittavan Suomelle kansallinen logistiikkastrategia ja kaikki kuljetusmuodot kattavan kuljetusklusterin pitkän aikavälin elinkeinopoliittinen ohjelma. (Valtioneuvosto 2007) Hallitusohjelman logististen tavoitteiden toteuttamisen tueksi Liikenne- ja viestintäministeriö perusti Logistiikkafoorumin ajalle 1.5.2008 – 15.6.2011. Logistiikkafoorumin tehtäväksi annettiin logistiikkastrategian ohjaaminen ja logistiikka-alan elinkeinopoliittisen ohjelman valmistelu. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010b)

Suomen hallitus linjasi vuonna 2010 iltakoulussa, että Suomi on nostettava merkittäväksi älyliikenne palveluiden tuottajaksi ja viejäksi. Älyliikenteen innovaatioiden käyttöä on tuettava ja edistettävä kaikin mahdollisin keinoin. Keskeisiä liikennepolitiikan uudistamiskeinoja ovat tieto- ja viestintätekniikan käyttö. Tarkoituksena on parantaa liikennejärjestelmää palvelukyvyyn ja väylänpidon tuottavuuden kasvulla. Uudistamiskeinoja ovat myös ilmasto- ja ympäristöpolitiikan edistäminen sekä liikenneturvallisuuden ja joukkoliikenteen lisääminen. (Valtioneuvosto 2010)

Suomen kansallinen älyliikenteen -strategia valmistui vuonna 2009. Edellä mainittujen linjausten lisäksi älyliikenteen tarjoamat mahdollisuudet olisi tarkoitus kytkeä strategiasa tiiviisti liikennepoliittisiin tavoitteisiin. Hallituksen periaatepäätös älyliikenteen toimenpidesuunnitelmalle vuosiksi 2010–2015 tehtiin 15.4.2010. Älyliikenteen toimialan aktiivista kansainvälistämistä ja osallistumista kansainväliseen toimintaan edistetään sekä turvataan tiedon helppo ja edullinen kulku palveluille. Kansallisessa älyliikenteen strategiassa on esitetty keskeisiä keinoja ja asetettu seuraavat tavoitteet, jotka pyritään saavuttamaan vuoteen 2020 mennessä:

- väylänpidon ja liikennejärjestelmän tuottavuus kasvaa kymmenen prosenttia yleistä kehitystä enemmän
- tieliikenteessä säästyy 50 ihmishenkeä vuodessa
- logistiikkakustannuksissa on lähennytty kilpailijamaita
- ruuhkautumisen aikaviiveessä 20 prosentin vähennys
- joukko- ja kevyen liikenteen markkinaosuus kasvaa 20 prosenttia
- Suomi on älyliikenteen ja palveluiden ja tuotteiden käytössä maailman viiden edistyneimmän maan joukossa
- Suomessa on merkittävää älyliikenne palveluiden ja tuotteiden tuotantoa ja sen vientiä
- Asiakkaat ovat vähintään 80 % tyytyväisiä sujuviin matkoihinsa ja tarjottuun informaatioon koko matkan ajalta. (Pursiainen 2009)

Tällä hetkellä Suomessa on vireillä Sitran, liikenne- ja viestintäministeriön, työ- ja elinkeinoministeriön, valtiovarainministeriön, ympäristöministeriön ja muiden alan toimijoiden välinen yhteinen Liikennerevoluutio-kehitysohjelma. Kehityksen alla on uudenlainen lähestymistapa liikenne- ja yhdyskuntasuunnitteluun sekä erilaisten liikkumispalvelujen varmistaminen kansalaisille. Lisäksi on tarkoitus luoda yrityksille kilpailukykyinen toimintaympäristö. Kehitysohjelman ensimmäisen vaiheen tuloksena syntynyt

ajatuskartta julkaistiin huhtikuussa 2011. Ajatuskartalla hahmotetaan tietä tulevaisuuteen. Toimivaan järjestelmään tarvitaan digitaalisuutta, joka läpäisee koko yhteiskunnan. Eri osapuolten näkemysten mukaan liikennesektorin toimintamallien kokonaisvaltainen uudistaminen luo edellytyksiä liikennepalveluiden tuottavuuden ja laadun parantamiselle. Uuden teknologian ja verkostojen hyödyntäminen luovat edellytyksiä uusille kokonaisvaltaisille palveluille. (Kostiainen & Linkama 2011)

Jyrki Kataisen hallituksen hallitusohjelmassa kesäkuussa 2011, liikennepolitiikassa noudatellaan älyliikenteen osalta samaa strategiaa kuin Matti Vanhasen ja Mari Kiviniemen hallituksissa. Hallitus edistää älyliikenteen uusia palveluja, taloudellista ohjausta ja innovaatioita kansallisen älyliikenne strategian mukaisesti. Liikenteen tehokkuutta pyritään parantamaan älyliikenteen keinoin ja selvitetään satelliittipohjaisia tienkäyttömaksuja. Merenkulussa kehitetään meriliikenteen ohjausjärjestelmiin automaattisia riskintunnistus- ja ennakointityökaluja. Näillä menetelmillä pyritään parantamaan meriliikenteen turvallisuutta ja vähentämään öljyonnettomuuden riskiä Itämerellä. (Valtioneuvosto 2011)

#### **4.2.2 EU:n liikennepolitiikan kehittyminen ja älyliikenteen linjauksia**

Euroopan talousyhteisön (ETY) perustamissopimus laadittiin Roomassa vuonna 1957. Perustamissopimuksessa on määrätty muodollisesti yhteisön yhteisestä liikennepolitiikasta. Euroopan yhteisössä ei kuitenkaan ole osattu tai haluttu toteuttaa Rooman sopimuksessa määrättyä yhteistä liikennepolitiikkaa. Lähes 30 vuoden ajan ministerineuvosto ei kyennyt muuttamaan komission ehdotuksia konkreettisiksi toimiksi. Vasta vuonna 1985 jäsenvaltiot viimein hyväksyivät, että yhteisö säätää alalla lakeja. Vuonna 1992 laaditussa Maastrichtin sopimuksessa vahvistettiin liikennepolitiikan poliittinen, institutionaalinen ja taloudellinen perusta. Sopimus sisälsi myös konseptin koko Euroopan mantereeseen kattavasta liikenneverkosta (Trans-European Network, TEN), jonka tarkoituksena on yhdistää EU:n jäsenmaat toisiinsa mahdollistaen sisämarkkinat ja sosiaalisen yhtenäisyyden. TEN-konsepti mahdollisti myös liikenneinfrastruktuurin suunnittelun Euroopan tasolla yhteisön rahoitustuen avulla. (European Commission Mobility & Transport 2011)

Euroopan komission ensimmäinen valkoinen kirja yhteisen liikennepolitiikan kehityksestä tulevaisuudessa julkaistiin vuonna 1992. Asiakirjan tärkein anti koski liikenne-markkinoiden avaamista. Tavoitteet saavutettiin noin kymmenessä vuodessa lukuun ottamatta rautatieliikennesektoria. Markkinoiden avaaminen on hyödyttänyt teollisuutta ja kasvattanut taloutta. Tämä on näkynyt palveluiden parantumisena ja kuluttajahintojen laskuina. Toinen tutkimuksien ja puiteohjelmien tuloksiin liittyvä saavutus on intermodaaliliikenteen kehittyminen. Liikenteen epätasapuolisesta kehityksestä on aiheutunut vakavia puutteita. On todettu, että maantieliikenteen kasvu ja julkisten liikennemuotojen käytön puute on tuonut ruuhkia, terveyshaittoja, turvallisuusongelmia ja päästöjä. (Euroopan komissio 2001)

Maaliskuussa 2011 julkaistiin uudempi versio EU:n valkoisesta kirjasta, jossa EU:n keskeisenä linjana ja tulevaisuuden haasteina ovat liikennepolitiikan kilpailukyky ja

kestävyys. Liikennesektorin suurimmaksi muutokseksi on arvioitu öljypohjaisten polttoaineiden korvaaminen ja ilmanlaadun huonontumisen pysäyttäminen. Lisäksi suuria haasteita ovat liikennemarkkinoiden maailmanlaajuinen kilpailu, liikenteen infrastruktuuri-investointien tarve ja rahoittaminen, liikkuvuuden parantaminen muiden valtioiden välillä sekä päästöjen vähentäminen. EU:lle aiheutui vuonna 2010 öljyn tuonnista 210 miljardin euron lasku. Hiiliriippuvuuden ja polttoaineen hinnan nousun korrelaatiosta johtuen, on hiilen käyttö tulevaisuudessa maailmalla saatava vähenemään. Muuten korrelaatio nostaa öljyn hintaa. Tarvitaan siis muita keinoja energian tuottamiseksi. Lisäksi EU on sitoutunut rajoittamaan ilmastonmuutoksen kahteen Celsius-asteeseen, mikä tarkoittaa merkittäviä kasvihuonepäästöjen leikkauksia. Tähän tavoitteeseen päästäkseen on EU-maiden leikattava päästöjä vuoden 1990 tasosta noin 85–90 % vuoteen 2050 mennessä. Tämä vastaa noin 70 % vähennystä vuoden 2008 päästötasosta. Liikenteen päästöjä on leikattava vuoden 2008 tasosta noin 20 % vuoteen 2030 mennessä. Suunniteltujen visioiden ja tavoitteiden saavuttaminen ovat suuria haasteita EU:lle ja koko maailmalle. (Euroopan komissio 2011)

EU antoi direktiivin (2010/40/EU) heinäkuussa vuonna 2010 tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista. EU:n alueella on ollut ongelmana talouden kasvun ja liikkumistarpeiden lisääntymisen aikaansaama tieliikenneinfrastruktuurin ruuhkautuminen ja energiankulutuksen kasvu, mikä aiheuttaa ympäristö- ja yhteiskunnallisia ongelmia. Näitä haasteita ei pystytä ratkaisemaan pelkästään tieinfrastruktuuria kasvattamalla. EU on ottanut ongelmien ratkaisujen avuksi innovaatiot ja älykkäät liikennejärjestelmät. Etenkin tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien suunnitteluun, toteuttamiseen, käyttöön ja ylläpitoon käytettäisiin televiestintää, elektroniikkaa ja tietotekniikkaa yhdessä liikennetekniikan kanssa. Älykkään liikenteen käyttö tieliikenteessä ja muiden liikennemuotojen rajapinnassa auttaisi merkittävästi parantamaan ympäristönsuojelun tasoa, tehokkuutta, turvallisuutta ja energiatehokkuutta. Älykkään liikenteen käyttö lisäisi turvallisuutta ja turvaamista vaarallisten aineiden kuljetuksissa sekä liikkuvuutta ja yleistä turvallisuutta henkilö- ja tavaraliikenteessä. (D 2010/40/EU)

Älykkään liikennejärjestelmien tuloksellinen käyttöönotto koko EU:n laajuisena vaatisi käyttöönsä määrityksiä ja standardeja. Määrityksissä olisi otettava huomioon ja hyödynnettävä kokemuksia ja tuloksia muista älykkään liikenteen järjestelmistä. Älykkään liikenteen järjestelmien olisi rakennuttava yhteentoimiville avoimen ja julkisen standardin ratkaisuille. Tällöin järjestelmä olisi syrjimättömästi kaikkien sovelluskehittäjien ja palveluntarjoajien saatavilla. Tarkkoja aika- ja paikannustietoja tarvitsevien sovelluksissa olisi direktiivin mukaan käytettävä satelliittipohjaista infrastruktuuria tai muuta teknologiaa, jolla savutetaan riittävä tarkkuus kuljetusten seurantaan. Myös radiotaajuuslaitteiden (RFID) tai ENFOS/Galileo-järjestelmien innovaatioita voidaan käyttää tehokkaasti erityisesti rahtitavaran paikantamiseksi ja seuraamiseksi rahdin matkan aikana eri liikennemuodoissa. (D 2010/40/EU)

### 4.3 Esimerkkejä EU:n älyliikenteen aloitteista ja hankkeista

#### 4.3.1 Esteetön eurooppalainen meriliikennealue

Lähimerenkululla eli EU:n sisällä meritse kulkevalla lyhyen matkan tavaraliikenteellä on eurooppalaiselle kuljetusalalle ja Euroopan taloudelle suuri merkitys. Globalisaation seurauksena tavaraliikenteen määrät ovat olleet vahvassa kasvussa, ja tulevaisuudessa liikenteen kasvun ennustetaan jatkuvan. Liikenteen lisääntymisen myötä tieliikenne on ruuhkautunut sekä ympäristö- ja turvallisuusasiat ovat nousseet yleiseksi huolenaiheeksi. Myös infrastruktuurikustannukset ovat kasvussa. Lähimerenkulun avulla voidaan osaltaan vastata tällaisiin haasteisiin (Commission of the European Communities 2009).

Euroopan komission mukaan EU:n sisäistä meriliikennettä ja lähimerenkulkua hankaloittavat nykyisin päällekkäiset säännöt kuten tulli-, kuljetus-, eläinlääkintä- ja kasvin-suojelusäännökset sekä satamissa käyvien alusten saapumis- ja poistumismuodollisuudet. Hallinnollisten vaatimusten noudattamisesta aiheutuu kustannuksia, jotka asettavat meriliikenteen huonompaan kilpailuasemaan verrattuna muihin Euroopan unionin sisämarkkinoissa käytettyihin tavarankuljetusvaihtoehtoihin. Esimerkiksi maaliikenteessä vastaavia hallinnollisia menettelyjä ei tunneta. (Commission of the European Communities 2009)

Lähimerenkulun edellytysten parantamiseksi Euroopan komissio on luonut käsitteen esteettömästä eurooppalaisesta meriliikennealueesta (eng. a European maritime transport space without barriers), jonka komissio määrittelee seuraavasti (Commission of the European Communities 2009):

*”Esteetön eurooppalainen meriliikennealue on käsite, joka laajentaa sisämarkkinat EU:n sisäiseen meriliikenteeseen karsimalla tai yksinkertaistamalla hallinnollisia menettelyjä EU:n sisäisissä merikuljetuksissa. Tavoitteena on tehdä meriliikenteestä houkuttelevampaa, tehokkaampaa ja kilpailukykyisempää ja suojella ympäristöä paremmin.”*

Euroopan komissio järjesti vuosina 2006 ja 2007 kuulemisia, joissa sidosryhmillä oli mahdollisuus ilmaista näkemyksiään esteettömästä eurooppalaisesta meriliikennealueesta. Kuulemisissa nousi esiin muun muassa seuraavanlaisia lähimerenkulkua heikentäviä hallinnollisia asioita (Commission of the European Communities 2009):

- Meriliikenteen hallinnolliset menettelyt ovat usein tarpeettoman monimutkaisia ja päällekkäisiä eikä niitä ole yhdenmukaistettu eri jäsenvaltioiden tai satamien välillä, mikä hidastaa satama- ja alustoimintoja sekä aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia.
- Osana EU:n ulkorajaa olevissa yhteisön merisatamissa poikkeavat alukset joutuvat noudattamaan useita hallinnollisia saapumis- ja lähtömenettelyjä, jotka perustuvat monenlaisiin EU:n ja kansainvälisiin säädöksiin. Nämä säännöt eivät aina ole asianmukaisesti koordinoituja, mikä aiheuttaa turhia viivästyksiä, päällekkäisyyksiä ja hallinnollisia kustannuksia.

- Satamien ongelmalliset käytännöt saattavat hidastaa asioiden hoitamista. Esi-merkiksi tullitoimipaikan aukioloajat ja sijainti aiheuttavat joissakin satamissa logistisia ongelmia ja viivästyksiä tietojen käsittelyyn.
- Aluksen tavaralastin purkua/lastausta ei joissakin satamissa saa aloittaa ennen kuin kaikki ilmoitus- ja asiakirjamuodollisuudet on hoidettu kuntoon. Tämä saattaa hidastaa tavaratoimituksia useilla tunneilla.

Lähimerenkulussa on havaittu myös muita hallinnollisia puutteita, jotka heikentävät lähimerenkulun asemaa muiden kuljetusvaihtoehtojen rinnalla (Commission of the European Communities 2009):

- Vaarallisten aineiden kuljetus meritse on rajoitettua, kallista ja monimutkaista eri toimielinten teknisten säädösten päällekkäisyyksien vuoksi. Tämän takia vaarallisten aineiden kuljetuksissa suositaan maakuljetuksia.
- Kielivaatimusten eroavuus eri maiden välillä hidastaa lähimerenkulkuverkon kehittymistä.
- Luotsipalveluiden ongelmina ovat muun muassa luotsiavun pakollisuus, vaikka satamien fyysiset ominaisuudet olisivat kapteenille tuttuja, sekä luotsinkäyttövelvollisuuden vapautuskirjan vaikea saatavuus kansallisten vaatimusten takia.
- Kaikissa EU:n satamissa ei hyväksytä sähköisiä lastiluetteloita. Sähköisten järjestelmien hyödyntäminen aluksen ja lastin tietojen käsittelyssä on edelleen melko vähäistä. Faksin ja puhelimen käyttö on edelleen yleistä.
- Kansallista yhden luukun toimintatapaa käytetään vain muutamissa EU:n jäsenvaltioissa. Yhteydet SafeSeaNet-järjestelmän ja satamayhteisöjen välillä ovat hyvin vähäisiä. Sähköisten viestien välittäminen satamien välillä on hyvin vähäistä.

Edellä kuvattujen lähimerenkulun ongelmakohtien ratkaisemiseksi Euroopan komissio esitteli vuonna 2009 toimintasuunnitelman esteettömän eurooppalaisen meriliikennealueen luomiseksi. Toimintasuunnitelma sisältää lyhyen ja keskipitkän aikavälin toimenpiteitä sekä jäsenvaltioille laadittavia suosituksia. Komissio on asettanut tavoitteeksi, että lyhyen aikavälin toimenpiteet on toteutettu vuonna 2010 ja keskipitkän aika-välin toimenpiteet vuonna 2013. Toimenpiteiden vaikutusten pitäisi olla mitattavissa liikenne- muotosiirtymänä toteutusta seuraavana vuonna. Seuraavassa on lueteltu lyhyen aikavälin toimenpiteitä. (Commission of the European Communities 2009)

- *Yksinomaan EU:n satamien välillä kulkevien alusten satama- ja tullimuodollisuuksien yksinkertaistaminen.* Toimenpiteen tarkoituksena on tehostaa meriliikennettä lakkauttamalla vapaassa liikkeessä olevien tavaroiden eli yhteisötavaroiden hallinnolliset muodollisuudet. Toimenpiteen myötä yhteisön satamasta toiseen yhteisön satamaan kuljetettavalla tavaralla on yhteisötavaroille kuuluva yhteisöasema eikä asiakirjatodistetta yhteisöasemasta enää vaadita. Tavoitteena on vähentää merkittävästi yhteisön sisäisiin merikuljetuksiin kohdistuvaa hallinnollista taakkaa vaikuttamatta haitallisesti muiden, kolmansien maiden tavaraa kuljettavien meriliikenteen luokkien toimintaan.
- *Ohjeet EU:n satamien välillä kuljetettavien eläin- ja kasvituotteiden asiakirjojen tarkastusten nopeuttamiseksi.* Komission tarkoituksena on luoda meritse kuljettavien eläin- ja kasvituotteiden selvitysmenettelystä parhaat toimintatavat si-

sältävät ohjeet, joiden avulla voidaan hoitaa kyseisten tuotteiden tulliselvitykset nykyistä tehokkaammin ja nopeammin yhteisön sisäisessä meriliikenteessä. Ohjeissa korostetaan yhteisen lähestymistavan merkitystä, täsmennetään säännöllisen liikenteen käsitettä ja kannustetaan hyödyntämään sähköistä tiedonsiirtoa ja tehokkaampaa koordinoitua tullin kanssa.

- *Eri säädösten nojalla vaadittavien asiakirjojen järjeistäminen.* Toimenpiteen tarkoituksena on selkiyttää yhdenmukaistettujen standardoitujen IMO-FAL-lomakkeiden käyttöä ja tämän myötä yksinkertaistaa hallinnollisia menettelyjä. Komissio aikoo tehdä ehdotuksen direktiivistä, jonka mukaan sähköisten tiedonsiirtojärjestelmien käyttö tietojenvaihdossa tulee pakolliseksi ja paperiasiakirjoista on luovuttava viimeistään vuonna 2013. Tämän on tarkoitus toimia pohjana yhden luukun järjestelmälle, jossa kaikki hallinnolliset menettelyt hoidetaan koordinoitusti eri tahojen välillä sähköistä tiedonsiirtoa käyttäen. Toimenpiteen tarkoituksena on myös poistaa asiaa koskevissa direktiiveissä esiintyvät päällekkäisyydet ja sisällyttää samat tiedot vakiolomakkeelle.

Lyhyen aikavälin toimenpiteiden lisäksi komissio aloitti valmistelut vuonna 2009 yhteistyössä sidosryhmien kanssa keskipitkän aikavälin toimenpiteille, joista tarkoituksena oli tehdä ehdotuksia käytännön ratkaisuksi vuodelle 2010. Toimintasuunnitelmassa esitetyt keskipitkän aikavälin toimenpiteitä ovat (Commission of the European Communities 2009):

- *EU:n satamien välillä liikennöivien, mutta kolmannessa maassa tai vapaa-alueella poikkeavien alusten hallinnollisten muodollisuuksien yksinkertaistaminen.* Tämän toimenpiteen toteuttamiseksi komissio aikoo kehittää sähköistä mahdollisuutta tunnistaa aluksilla kuljetettavat, uudistetun tullikoodeksin alaiset yhteisötavarat. Tätä varten on tarkoitus luoda yhden luukun järjestelmä. Toimenpiteen myötä voidaan alentaa yhteisötavaraa yhteisöön tuoville liikenteenharjoittajille aiheutuvia kustannuksia.
- *Sähköisen tiedonsiirron lisääminen.* Toimenpiteen avulla pyritään yhdenmukaistamaan alusliikennettä koskevia seuranta- ja tietojärjestelmiä ja jäsenvaltioiden välistä tiedonvaihtoa. Merenkulun valvontajärjestelmien yhdistäminen EU:n tasolla helpottaisi merkittävästi alusten seurantaa ja liikenteenvalvontaa. Myös satamiin saapuvien tai niistä lähtevien alusten hallinnolliset ja tullausmenettelyt yksinkertaistuisivat. Tulliviranomaisten tulisi ryhtyä käyttämään sähköisiä meriliikennejärjestelmiä, ja meriliikenteen järjestelmästä pitäisi tehdä täysin yhteensopiva tullin sähköisten järjestelmien kanssa. Saumattoman kuljetusasiakirjavirran kehittäminen, joka on komission eFreight-hankkeen tavoitteena, parantaa lähimerenkulun kilpailuasemaa yhä useammilla ovelta ovelle -liikennekäytävillä.
- *Yhden luukun hallinnollinen järjestelmä.* Yhden luukun periaatteella (Single Window -ratkaisu) toimivassa järjestelmässä eri toimijat voivat täyttää kaikki tavaratoimitukseen liittyvät lakisääteiset vaatimukset antamalla tiedot yhden kerran. Tällaisen järjestelmän avulla voidaan nopeuttaa huomattavasti tavarankäsittelyä ja alentaa tavaratoimitusten kustannuksia. Komissiossa on valmisteilla useita kansallisiin yhden luukun periaatteella toimiviin järjestelmiin johtavia

toimenpiteitä. Lisäksi komissio toteutti sähköistä tiedonsiirtoa koskeva aloitteen, jonka myötä alusten ja viranomaisten välillä vaihdettavat tiedot siirretään sähköisessä muodossa aina kun se vain on mahdollista.

- *Vaarallisten aineiden merikuljetusta koskevien sääntöjen yksinkertaistaminen.* Nykyiset vaarallisiin aineisiin sovellettavat säännökset ovat epäedullisia meriliikenteelle tieliikenteeseen verrattuna. Vaarallisiin aineisiin sovellettavien sääntösten yksinkertaistaminen on yksi mahdollinen keino meriliikenteen edellytysten parantamiseksi vaarallisten aineiden kuljetuksissa. Kerran luvan saatua kaikkia IMDG-säännöstössä ja kansallisessa lainsäädännössä asetettujen monimutkaisten menettelyjen yksityiskohtia ei enää tarvitsisi noudattaa. Merenkulkuviranomaisten pitäisi tunnustaa kuorma-autoille myönnetty ADR-todistukset. Komissio aikoo kuulla asiassa vaarallisten aineiden kanssa tekemisissä olevia sidosryhmiä kaikissa kuljetusmuodoissa ja esittää sen jälkeen ehdotuksen yhdenmukaistetuiksi, yksinkertaistetuiksi säännöiksi tai kehottaa jäsenvaltioita tekemään alueellisia sopimuksia. Peruslähdekohtana on, etteivät ehdotettavat yksinkertaistamistoimet heikennä turvallisuutta.

#### 4.3.2 E-maritime

Meriliikenteen hallinnolliset menettelytavat ovat monimutkaisia ja aikaa vieviä. Suuri osa hallinnollisista velvollisuuksista hoidetaan yhä tänä päivänä manuaalisesti ja paperimuodossa. Suurilla eurooppalaisilla satamilla on käytössään kehittyneitä tietojärjestelmiä, joiden avulla on pystytty saavuttamaan merkittäviä hyötyjä. Satamien tietojärjestelmät eivät kuitenkaan yleensä ole yhteensopivia keskenään, mikä rajoittaa järjestelmillä saavutettavissa olevia mittakaavaetuja. Pienissä satamissa sähköistä tiedonsiirtoa ei käytetä välttämättä ollenkaan. Satamakäyntien yhteydessä varustamot joutuvat normaalisti syöttämään samoja tietoja useaan kertaan ja usein manuaalisesti, mistä aiheutuu turhaa toistoa ja virheitä. Merikuljetuksia ei myöskään yleensä ole integroitu riittävän hyvin logistisiin ketjuihin, mikä heikentää ketjujen läpinäkyvyyttä tiedonvälityksen kannalta. (mm. European Commission Mobility & Transport 2010b; Pipitsoulis 2009; SKEMA 2010)

Euroopan unioni pyrkii hakemaan ratkaisuja edellä kuvatun kaltaisiin meriliikenteen ongelmakohtiin e-maritime-aloitteen avulla. Aloitteen tavoitteena on parantaa meriliikenteen turvallisuutta, ympäristöystävällisyyttä, kilpailukykyä ja työskentelyolosuhteita edistämällä kehittyneiden informaatioteknologioiden käyttöä meriliikennesektorilla (European Commission Mobility & Transport 2010b; Pipitsoulis 2009). E-maritime-aloitteen tulee sisältämään poliittisia linjauksia, strategioita ja mahdollisuuksia, joiden avulla pyritään edistämään e-maritime-ratkaisujen kehitystä. E-maritime hyödyntää ja tukee relevanttien EU-direktiivien ja -aloitteiden (esim. ITS, RIS, E-customs, E-freight ja E-navigation) toteuttamista. Lähestymistavaksi e-maritime-aloitteelle on ehdotettu strategisten puitteiden ja palvelukeskeisen arkkitehtuurin (SOA) kehittämistä e-maritime-konseptille antamaan johdonmukainen näkemys siitä, miten meriliikenne voisi toimia tulevaisuudessa. E-maritime-aloitteelle on ehdotettu seuraavia tärkeimpiä toimenpiteitä (M1–M4) ja tukitoimia (M5–M8):



- M1: Ohjaus, tuki, parhaat käytännöt, tietoa ICT-järjestelmien yhteentoimivuuden hyödyistä
- M2: Toimet e-maritime-standardien määrittämiseksi
- M3: Toimenpiteet kansallisten Single window (NSW) -järjestelmien tai Euroopan Single Window (ESW) -ratkaisun toteuttamisen tukemiseksi
- M4: Toimenpiteet e-maritime-konseptin vaatiman ICT-infrastruktuurin toteuttavien sidosryhmien tukemiseksi
- M5: Toimet tiedon älykkään liikenteen käyttämisen tukemiseksi
- M6: Toimet satamien sisäisen ja satamia ympäröivän liikenteen optimoimiseksi
- M7: Toimet merenkulkijoiden e-palveluiden tukemiseksi
- M8: Toimenpiteet laivojen ja rannikon välisen laajakaistaisen kommunikoinnin tukemiseksi.

E-maritime-aloitetta pidetään merikuljetusten lupaavimpana kehitysasteena lyhyen ja keskipitkän aikavälin tarkastelussa. E-maritime on keskeinen osa hallinnollisten tarpeiden yhdistämisessä ja yksinkertaistamisessa. Kuljetusketjujen näkökulmasta e-maritime tuo tiedonvaihtoon normitusta, yhteentoimivuutta ja turvallisuutta, mikä näkyy eri toimijoiden keskinäisissä tietoliikennestrategioissa. Oletettuja hyötyjä ovat myös tietoliikenneverkkojen perustamisen taloudelliset investointikulut. Seuraavassa on esitetty e-maritime-aloitteen arvioituja hyötyjä toimijoittain (SKEMA 2010):

1. Kuljetusten käyttäjät (esim. rahtaaaja tai huolitsija)
  - sopivimpien kuljetusmuotojen valinta, lainsäädännön tulkitsemisen helpous ja strategiset liittoumat sidosryhmien kanssa meriliikenteen parantamiseksi.
  - lähetysten avoimempi suunnittelu ja hiilijalanjäljen arvioiminen
  - tietojen vaihtamisen parantuminen.
2. Kuljetusten integraattorit
  - web-pohjaisten palveluiden käyttö, lähetysten seuranta ja automaattinen raportointi
  - tarjoukset, standardit ja älykkään liikenteen palvelut, e-oppiminen ja ohjeet
3. Laivaoperaattorit ja laivausagentit
  - sataman infrastruktuurin tehokas käyttö ja valvonta, yhteistyö viranomaisten kanssa ja turvallisuuden hallinta
  - pienten satamien Single window ratkaisut ja kolmansien osapuolten ohjelmien integroiminen
4. Euroopan satamaviranomaiset
  - koulutus, kurssit ja e-oppimispalvelut
5. Tutkimus- ja asiantuntijaryhmät
  - kurssit, koulutus ja e-oppimispalvelut

6. Merenkulkijat
  - koulutus, työturvallisuus- ja työympäristöohjeet
7. Kehitysryhmät ja konsultit
  - e-maritime sovellutusten kehitys, julkaisu ja ohjelmapäivitykset
8. Teollisuus
  - e-maritime puiteohjelmaan vaikuttaminen ja pääsy käsiksi arviointiraportteihin
9. Liikenteen ja kaupan hallinto sekä luokituslaitokset
  - erilaiset tilasto- ja turvallisuus raportit sekä meriturvallisuus- ja ympäristöpainotteisten tietojen vaihto muiden viranomaisten kanssa
10. EU:n komissio ja liikenneministeriöt
  - poliittinen vaikuttaminen EU:n liikenteeseen ja kestävään kehitykseen.

### 4.3.3 E-freight

Kuljetusten ja logistiikan osuus on 10–17 % OECD-maiden (taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö) bruttokansantuotteesta. Tavarakuljetukset kuluttavat melkein kolmanneksen koko Euroopan energiankulutuksesta ja tuottavat kolmanneksen hiilidioksidipäästöistä. E-freight-työohjelmassa tavoitteena on rahtikuljetusten hallinnollinen parantaminen ja siten rahtauskapasiteetin parantaminen, lisää lähetysten konsolidointia, lyhentää läpimenoaikoja, parantaa toimitustarkkuuksia, vähentää ruuhkia ja onnettomuuksia. (e-Freight 2010)

E-freight-hanke alkoi vuoden 2010 alussa yhdistäen 30 eri kumppania 14 EU:n jäsenvaltiosta ja Norjasta. Neljä vuotta kestävä työohjelma käsittää e-freight-hankkeen kehityksen, validoinnin ja demonstroinnin. E-freight-hankkeen valmiuksia tullaan kehittämään kuljetusten käyttäjien, kuljetusten tarjoajien, liikenteen infrastruktuurin tarjoajien ja viranomaissidosryhmien toiminnan tukemiseksi. Visiona projektissa on tukea EU:n poliittisia ja liiketoiminnallisia linjauksia e-freight-puiteohjelmalla ja tarjota tietoteknisiä ratkaisuja e-freight-tietoliikennejärjestelmäratkaisuilla. Lisäksi paperityön eliminoinnin ja tiedonvaihdon yksinkertaistamisen, vihreämmät, turvallisemmat sekä energia- ja kustannustehokkaammat kuljetukset ovat keskeisenä teemana työohjelmaa. E-freight-ratkaisuja tullaan ottamaan käyttöön koko EU:n tavaraliikenteen logistiikka- ja kuljetusketjuissa. Myös tehokasta muutosten hallintaa järjestelmissä tullaan soveltamaan, ottaen kuitenkin huomioon markkinoiden ja toiminnan parantamisen ohjausekeinot. Tavoitteena on, että kuljetusten ja logistiikan operoinnin suunnittelusta ja täytäntöpanosta EU:n alueella ei syntyisi yhtään paperisia dokumentteja ja rajanylityksissä EU:n ja turvallisten kauppakumppaneiden välillä ei tulisi olla odotusaikoja. (Pedersen et al. 2011)

Eri viranomaiset ovat luoneet runsaasti erilaisia kansainväliseen kauppaan ja kuljetukseen liittyviä säädöksiä. Säädökset ovat usein sekavia ja kommunikointi ja koordinointi

kansallisella, EU:n ja kansainvälisellä tasolla on useasti laimeaa. Tämän seurauksena yritykset ja liikennöijät ovat olleet suuren haasteen edessä eri viranomaisten vaatimusten mukaisten raportointien täyttämässä. Ongelma on viime vuosina tullut laajemmaksi. Kilpailukyvyistä ja turvallisuussyistä johtuen, on suunniteltu käyttöön otettavaksi yhden luukun periaate (Single window). Yhden luukun periaate on alun perin otettu käyttöön kaupan helpottamiseksi sekä tehottoman raportoinnin ja valvonnan tehostamiseksi. Tarkemmin yhden luukun -periaatteesta on kerrottu luvussa 4.3.5.

#### 4.3.4 E-customs

E-customs on Euroopan unionin kehittämisohjelma, jonka tavoitteena on luoda sähköinen toimintaympäristö EU:n tullitoiminnalle. Ohjelman tavoitteena on, että koko EU:n alue olisi sähköisten tullauspalveluiden piirissä 2010-luvun puoleen väliin mennessä. Tällöin paperisia lomakkeita tarvittaisiin vain erikoistapauksissa. E-customs-hankkeen tulisi käsittää kaikki tuontiin, vientiin ja passitukseen liittyvät asiat niihin liittyvine erityismenettelyineen. Euroopan komissio ja EU:n jäsenvaltiot ovat sitoutuneet toimitamaan yleiseurooppalaisia sähköisen hallinnon palveluita taatakseen tehokkaat, turvalliset ja toimivat tieto- ja viestintäjärjestelmät julkishallinnon eri osapuolten välillä. Osana sitoutumista on perustaa ja ylläpitää turvallista, integroitua ja helppokäyttöistä sähköistä tullijärjestelmää, jolla minimoidaan jäsenvaltioiden tullitoimintojen päällekkäisyyksiä ja prosesseja. EU:n tavoitteena on rakentaa järjestelmä siten, että se on helpompi standardoida tulevaisuudessa kolmansien valtioiden järjestelmien kanssa. (European Commission 2008) Yrityksille e-customs sähköinen tullijärjestelmä antaa mahdollisuudet tehdä tulli-ilmoituksia sähköisesti paikasta ja ajasta riippumatta. On arvioitu, että asiointi tullissa vähenee minimiin, mikä nopeuttaa tulli-ilmoitusten käsittelyä merkittävästi. Turhan odottelun ja jonottamisen uskotaan häviävän (Saksa 2010).

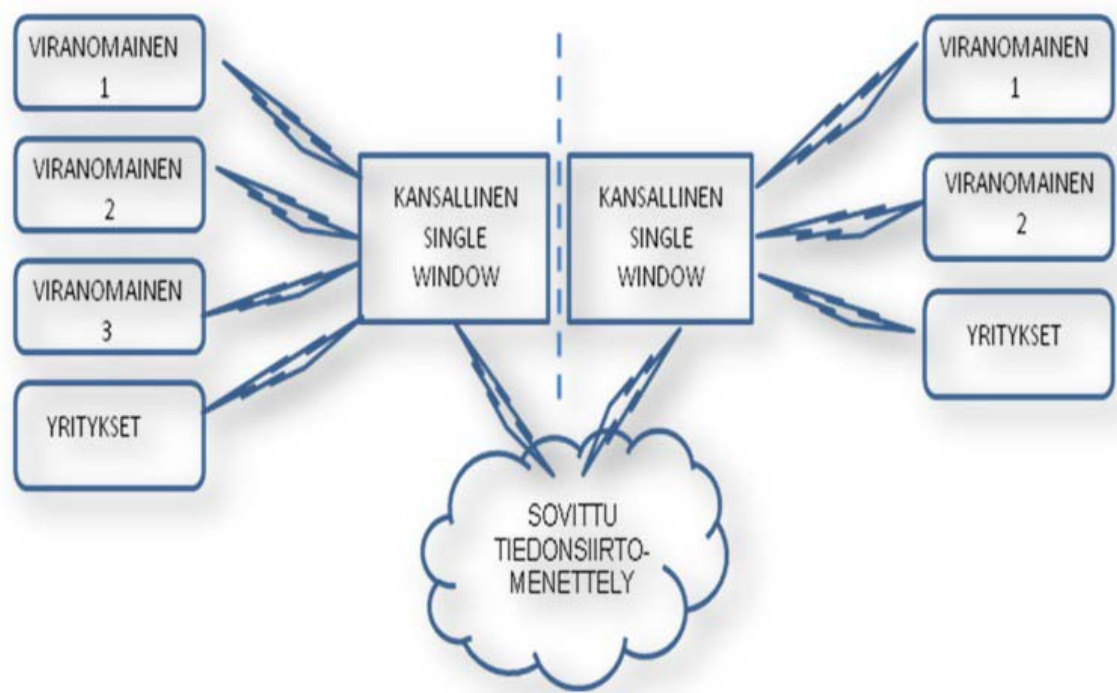
Toimivuuden parantamiseksi ja riskienhallinnan minimoimiseksi on kaikkien jäsenvaltioiden jaettava sähköisesti tietoa keskenään. E-customs-hankkeen rakenne on jaettu kolmeen eri rajapintaan. *Yhteinen rajapinta* käsittää kansallisen hallinnon ja Euroopan komission väliset yhteydet. Tämä rajapinta järjestelmässä toimii eräänlaisena keskuksena tiedonvälitykseen. *Kansallinen rajapinta* kattaa maan tullitoimipaikkojen ja maan kansallisen järjestelmän keskinäiset yhteydet, joiden kautta tiedot välittyvät yhteiseen rajapintaan. Viimeisenä on *ulkoinen rajapinta*, josta tietoa välitetään yritysten ja tullin välillä sekä mahdollisesti suoraan kansalliseen järjestelmään. Saumattoman tiedon siirron varmistumiseksi e-customissa tullaan käyttämään useita eri järjestelmiä päällekkäin. Nykyisen NCTS (New Computerised Transit System) lisäksi mukaan otetaan tulevaisuuden järjestelmät kuten ICS/AIS (Imported Control System/Automated Import System), ECS/AES (Export Control System/Automated Export System), CRMS (Customs Risk Management System), Single window -konsepti ja SEAP (Single Electronic Access Points). NCTS on jo käytössä oleva sähköinen passitusjärjestelmä ja esimerkiksi Suomessa TIR-kuljetusten passittaminen hoidetaan lähes 100 % sähköisesti. ICS/AIS on sähköinen tuontijärjestelmä hanke, joka sisältäisi esimerkiksi sähköisen saapumisilmoituksen ja mahdollista riski-informaatiota lähetyksestä. Lisäksi ohjelmalla saadaan täytäntöönpanoon aiempaa selkeämpi ja modernimpi yhteinen tulliselvitys. ECS/AES on sähköinen vientijärjestelmä, jonka päätavoitteena on yritysten tulliasioiden helpotta-

minen sekä valvonnan ja riskienhallinnan tehostaminen yhteisötasolla. Riskien hallinnassa kaikilla EU:n tulleilla on tällä hetkellä käytössä yhteinen riskienhallintaohjelma RIF (Risk Information Form), joka otettiin käyttöön vuonna 2005. Ohjelman keskeisenä tavoitteena on nopea, suora ja varma tiedonvaihto tulliviranomaisten kesken. Lisäksi järjestelmän kautta voidaan välittää koko yhteisön välisistä uhkista. Tällaisia tilanteita on esimerkiksi lintuinfluenssa ynnä muut tarttuvat taudit, jotka voivat levitä ympäri maailmaa. CRMS (Customs Risk Management System) on tulevaisuuden riskienhallintajärjestelmä ja nykyinen RIF on ensimmäinen askel järjestelmää kehittämistä. CRMS tulee olemaan kehitetympi versio sisältäen entistä enemmän IT-ratkaisuja ja soveltuu siten paremmin muihin kansallisiin järjestelmiin. CRMS luo lisäksi uusia yhteisiä vaatimuksia ja standardeja yhteiseen riskien hallintaan. SEAP on järjestelmä eri kaupallisille toimijoille, jotka voivat tehdä järjestelmän avulla sähköisiä saapumis- ja lähtöilmoituksia, yhteenvetoja sekä täydet tulliselvitykset yhden käyttöliittymän avulla. Tiedot välittyvät automaattisesti muiden maiden tulleihin ja tarvittavat tiedot saadaan helposti haettua tullipaikasta ja tavaroiden sijainnista riippumatta. (European Commission 2008)

#### 4.3.5 Single window

Single window -konsepti on luotu kaupankäynnin helpottamiseksi ja sen hyödyt ovat tunnustaneet useat eri organisaatiot mukaan lukien UNECE, UN/CEFACT, WCO ja SITPRO. Single window -konsepti mahdollistaa rajat ylittävän kansainvälisen kaupankäynnin siten, että eri osapuolten käytössä on standardoitua tietoa ja asiakirjoja. Tuonnin ja viennin sekä kauttakulun lainsäädännölliset vaatimukset voidaan hoitaa yhden järjestelmän kautta yhden luukun periaatetta noudattaen. Sähköisessä tiedonsiirrossa tietoa tulee antaa vain kertaalleen. Yhden luukun tavoitteena on nopeuttaa ja yksinkertaistaa tietovirtoja kaupan osapuolten ja hallinnon välillä sekä tuoda mielekkäät hyödyt kaikkien rajat ylittävän kaupan toimijoiden piiriin. (European Commission 2008)

Suomen merenkulussa ja satamatoiminnassa viranomaistietojen välittämiseen käytettävä PortNet-järjestelmä on hyvä esimerkki Single Window -ratkaisusta. PortNet-järjestelmää käyttävät laivameklarit, tulliviranomaiset, merenkulkuviranomaiset, huolintaliikkeet ja satamaoperaattorit. Järjestelmällä voidaan tehdä esimerkiksi alusilmoitus, lasti-ilmoitus, vaarallisen lastin ilmoitus ja alusjäteilmoitus tai tieto poikkeusluvasta. Järjestelmästä ei ole kuitenkaan merkittävää hyötyä rajanylityksissä. Rajanylityksissä tieto viennin ja tuonnin osalta ovat erilaisia. Suomen ja Venäjän välillä tulee tietojen olla harmonisoituja ja tiedonsiirtomekanismi yhdenmukainen. TIEKEN (Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskus ry) kuvan 4.1 mukaan Single window rajanylitystoiminnassa Suomen näkökulmasta voisi olla tämän suuntainen. (Salo 2009)



Kuva 4.1 TIEKEN näkemys Suomeen soveltuvasta Single window -järjestelmästä rajanylityksessä. (Salo 2009)

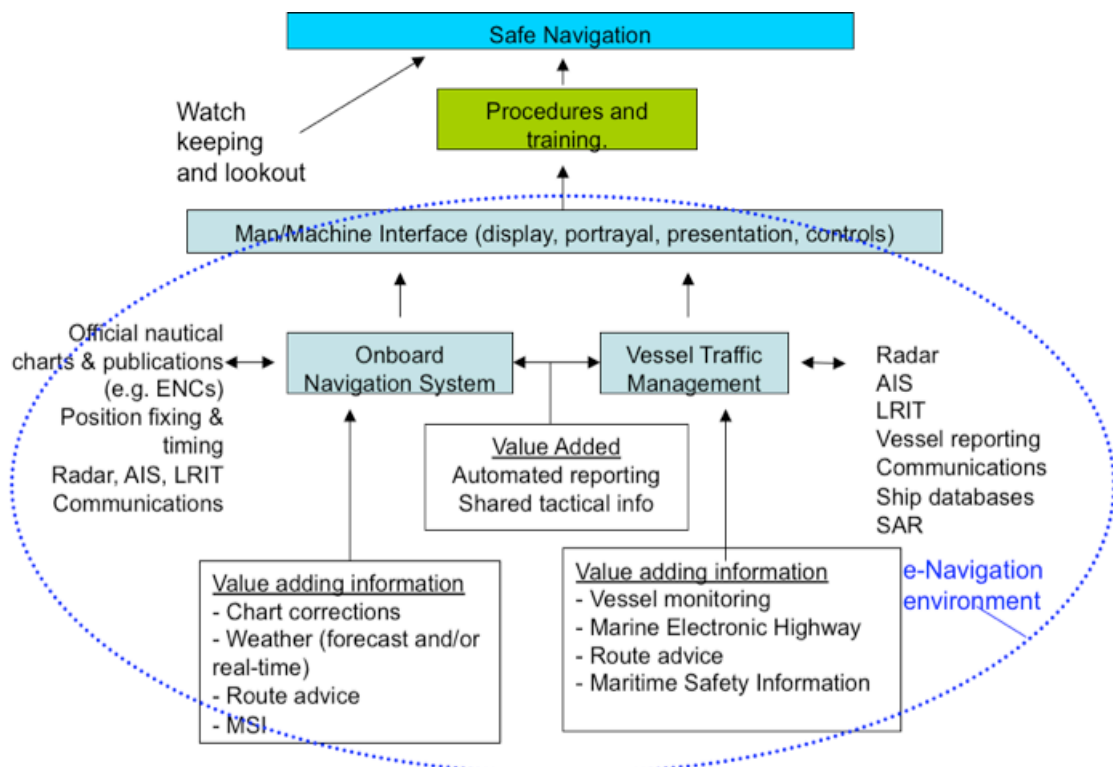
#### 4.3.6 E-navigation

Merenkulun navigointi on kehittynyt astronomisesta navigoinnista sähköisten karttasovelluksien ja GPS-paikannustietojen käyttöön (Vermeer 2011). Monet laitteet ja esimerkiksi kehittyneet komentositlateknologiat helpottavat merenkulun navigointia. Laivoissa tarvitaan edelleen päällystä tekemään ratkaisut ja kantamaan vastuut. Erilaiset automaatiotyökalut parhaimmillaan parantavat navigoinnin tarkkuutta sekä laivojen nopeutta ja taloudellisuutta. Pahimmassa tapauksessa liiallinen automaatio ja laitekanta lisäävät työkuormaa, heikentävät tilannetietoisuutta ja luovat puitteet virheille ja sitä kautta onnettomuuksille. (Merenkulkulaitos 2007) Vuonna 2005 luotiin aloite YK:n kansainväliselle merenkulkujärjestölle IMO:lle (International Maritime Organization) sähköisen navigoinnin strategiasta. E-navigation-strategia tulisi liittää osaksi NAV (Safety of Navigation) ja COMSAR (Radio Communications and Search and rescue) työhohjelmia. Vuonna 2008 e-navigation-strategia hyväksyttiin ja alettiin laatia toimeenpanosuunnitelmaa, jonka tulisi olla valmis vuonna 2012 (IALA-AISM 2011).

E-navigation on visio integroiduista nykyisten ja uusien sähköisten merenkulun navigointityökalujen kokonaisvaltaisesta käytöstä. Konseptin toteutuksesta on vastannut IMO. E-navigation mahdollistaa navigointitiedon siirron ja muokkaamisen sähköisessä muodossa. Visio tuottaisi myös tehostettua tiedon siirtoa laivojen ja satamien välillä. Lisäksi tavoitteena on parantaa navigointipalveluita satamasta satamaan sekä parantaa merenkulun turvallisuutta ja suojella meriluontoa. (mm. IALA-AISM 2011 ja IMO 2011) Keskeinen osa e-navigation-konseptin tavoitteita on nykyisten järjestelmien ja teknologioiden integroiminen alusten, laivastojen ja väylien hallinnan ja toiminnan te-

hostamiseksi. Yksinkertaistetusti e-navigation-konseptin hyötyinä voidaan nähdä kaksi päätekijää. Ensimmäinen näistä tekijöistä on navigoinnin ja ohjausjärjestelmien integroiminen yksiselitteisen tiedon tuottamiseksi ja tarjoamiseksi merenkulkijoille merenkulun turvallisuuden parantamiseksi. Toisena tekijänä on satamapuolen infrastruktuurin kehittäminen, jotta järjestelmä tarjoaa tietoa aluksille sekä kerää, kokoaa ja jakelee aluksen tuottamat tiedot merenkulun turvallisuudesta ja kustannuksista eri tahoille. (Moore 2009)

Kuvassa 4.2 on esitetty visio, mihin merenkulun järjestelmiin e-navigation kytkeytyisi. Pää tavoitteena on turvallinen navigointi. Kuten kuvasta voidaan havaita, keskeisenä tavoitteena e-navigation-konseptissa on eri järjestelmistä saatavan tietojen yhdistäminen ja jakaminen. Keskeisinä työkaluina ja järjestelminä toimivat aluksen oma navigointi järjestelmä ja VTS (Vessel Traffic Management). Näihin kahteen järjestelmään tuotetaan tietoa virallisista merikartta aineistoista mukaan lukien sähköiset merikartat, sääpalveluista, MSI (Maritime Safety Information) ja alusten valvonnasta. Tietoa saadaan ja jaetaan esimerkiksi tutkatiedoista, paikkatietojärjestelmistä; AIS (Automatic Identification System) ja LRIT (Long Range Identification and Tracking) sekä virallisista merikartta-aineistoista mukaan lukien sähköiset kartat. Nämä tiedot kuvan mukaisesti välitetään ihmisten käyttämille laitteille (Fog 2000). Menettelyjen ja harjoitusten sekä vahdin ja valvonnan avulla saavutetaan turvallinen navigointi.



Kuva 4.2 e-navigation-konseptin toimintaympäristö. (IALA-AISM 2007)

#### 4.4 Älykkäiden tietoteknisten ratkaisujen merkitys ympäristöhaittojen vähentämisessä

Tässä luvussa käsitellään älykkäiden tietoteknisten ratkaisujen merkitystä ympäristöhaittojen vähentämisessä tarkastelemalla aiheesta tehtyjä tutkimuksia ja tutkimuksissa esitettyjä tietoteknisillä ratkaisuilla saavutettuja hyötyjä ympäristönsuojelun ja kehittämisen näkökannalta. Aihepiiristä tehtyjen tutkimusten tarkastelun tarkoituksena on löytää suuntaviivoja tietoliikennejärjestelmillä ja sitä kautta satamayhteisön informaatiokeskuksilla eli Port Community System (PCS) -järjestelmillä saavutettavissa oleviin ympäristöhyötyihin. Luvun alussa on esitetty ensin tutkimuksen aikana löydettyjä tuloksia PCS-järjestelmillä saavutetuista ympäristöhyödyistä, mutta niiden vähäisen saatavuuden vuoksi asiaa on käsitelty tämän jälkeen laajemmin ottaen mukaan tarkasteluun yleisesti tietoteknisillä ratkaisuilla saavutettuja ympäristöhyötyjä.

Posti et al. (2010) ovat kuvanneet Port Community System -järjestelmillä yleisesti saavutettavissa olevia hyötyjä. Riippumatta siitä, missä maassa PCS-järjestelmä on käytössä, järjestelmällä saavutetut hyödyt ovat lähinnä tavoitteellisia. Todellisia ja konkreettisia hyötyä mittaavia tuloksia on julkaistu varsin vähän. Kuitenkin muutamien PCS-järjestelmien osalta on saatavissa tietoa järjestelmillä saavutetuista laskennallisista hyödyistä. Koreassa kansallisessa käytössä olevalla PORT-MIS-järjestelmällä on osoitettu saatavan merkittävät kustannussäästöt. Esimerkiksi vuonna 2003 järjestelmällä savutettiin 100 miljoonan Yhdysvaltain dollarin kustannussäästöt. Kustannussäästöistä merkittävin ympäristönäkökohta on paperimäärän väheneminen järjestelmän käyttöönoton myötä. Sähköisiin dokumentteihin siirtyminen toi 22 miljoonan US dollarin säästöt vuonna 2003. Singaporessa käytössä olevan TradeNet-nimisen PCS-järjestelmän tuomat hyödyt ovat vastaavanlaiset kuin PORT-MIS-järjestelmässä. Singaporessa asiakirjojen ja dokumenttien määrä ja käsittelyaika on vähentynyt 20–30 % (Posti et al. 2010). Rotterdamissa ja Amsterdamissa käytössä olevasta Portbase-järjestelmästä ei ole saatavissa taloudellisia laskelmia, mutta on arvioitu, että tuontiliikenteessä käytettävällä EDI-palvelulla säästetään paperia vuosittain 750 metriä korkean pinon verran (Portbase 2010).

Yhdysvalloissa useissa satamissa käytössä olevalla eModal-järjestelmällä on mitattu selviä ympäristöhyötyjä. Esimerkiksi tyhjien konttien käyttöastetta parantamalla on säästetty 10 km ajomatka yhteen satamassa käyntiin liittyen. Typenoksideina mitattuna säästön suuruus on 300 g / ajokerta. Lisäksi eModal-järjestelmällä on saavutettu 200 tonnin vuotuiset hiilidioksidipäästöjen alenemat jonotusaikojen lyhennyttyä terminaalien porteilla järjestelmän ansioista 15–60 minuutilla. On arvioitu, että portilla pysähtyvien rekka-autojen määrä on vähentynyt noin 17 rekka-autolla tunnissa. New Yorkin ja New Jersey'n satamien FIRST-järjestelmien tiimoilta on puolestaan mallinnettu ympäristö- ja terveystutkimuksia. Mallinnuksessa saatiin selville, että rekka-autojen jonotusaikoja lyhentämällä voidaan vähentää merkittävästi ympäristöpäästöjä. Ympäristöpäästöjen väheneminen terminaalialueella toisi vuosittain yli 100 000 US dollarin säästöt terveystuloksissa yhtä terminaalia kohden. (Goose 2007)

Ympäristöasioita pidetään tärkeinä aiheina monilla eri sektoreilla. Tietoliikennetekniikasta on viime vuosien saatossa tullut yhä tärkeämpi työkalu ja apu vihreiden arvojen

tehostamiseen. Ahola et al. (2010) raportissa esitellään suunnitelmia tieto- ja viestintä-tekniikan avulla saavutettavasta ympäristön kestävästä kehityksestä. Tutkimuksen tavoitteena on tarkoitus luoda keinoja, joiden avulla ihmiset pystyvät omilla toimillaan ja teknologiaa käyttämällä vähentämään ympäristön kuormitusta. Tutkimuksessa esitetyt suunnitelmat on jaettu kolmeen eri teemaan. Ensimmäinen teema on kansalaisten vaikuttaminen, jolla tarkoitetaan sitä, että ICT-ratkaisuja käyttämällä saadaan lisättyä tietoisuutta ihmisten aiheuttamasta ympäristön kuormittamisesta ja ohjattua ihmisten käyttäytymistä ympäristöystävällisempään suuntaan. Laajentuneet luonnonvarat-teemalla tarkoituksena on vähentää ICT-pohjaisten ratkaisujen myötä uusiutumattomien raaka-aineiden käyttöä. Kolmannella teemalla eri järjestelmien monipuolisella optimoinnilla pyritään vähentämään ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta. Tutkimuksessa teemojen keskeltä nousi neljä tärkeintä ja potentiaalisinta ICT-ratkaisujen avulla mahdollisesti toteutettavaa tutkimuskohdetta, joita ovat: ympäristöystävällinen kestävä kulutus, älykkäät energiaratkaisut ja rakennukset, tehostettu elinkaari tuotantomenetelmissä sekä optimoidut ja joustavat tietoliikenne- ja energiaverkot.

Ympäristöystävällisessä kestävässä kulutuksessa uusien ICT-ratkaisujen tulee olla ihmisten apuna päivittäisessä toiminnassa. Tietoteknisiä ratkaisuja voivat olla esimerkiksi automaattiset hiilijalanjälkilaskurit ja muut sosiaalisen median sovellukset, jotka tukevat ja edistävät ihmisten käyttäytymistä ekologisempaan suuntaan. Ratkaisevan tärkeänä pidetään tiedon ja tietokantojen standardointia, jolla varmistetaan ympäristöasioiden raportoinnin ja tiedonvaihdon luotettavuus eri sidosryhmien välillä. Nykytilanteessa puutteina nähdään hallitusten toimet ja rajoitukset, jotka rajoittavat ICT-tekniikan käyttöä ympäristöystävällisen toiminnan parantamiseksi. (Ahola et al. 2010)

Älykkäillä rakennuksilla ja energiaverkoilla tarkoitetaan ratkaisuja, joilla pystytään seuraamaan ja mittaamaan energiankulutusta tietoteknisin keinoin. Älykkäillä verkoilla ja rakennuksilla voidaan luoda uusia liiketoimintamalleja ja tarjota uudenlaisia digitaalisia palveluita eri sidosryhmien käyttöön. Pitkän aikavälin tavoitteena on luoda älykkäiden rakennusten välille älykkäitä tietoverkkoja, jotka antavat käyttäjille välitöntä palautetta energiakulutuksesta, turvallisuushista ja muista tarpeellisista tiedoista. Tavoitteena on myös siirtyä uusiutuviin paikallisiin energialähteisiin. Pienimuotoisella energian tuotannolla voidaan jakaa energiaa myös naapurustoon. Toteutuksissa on vielä tällä hetkellä monia käytännön haasteita kuten älykkäiden energiamittareiden, verkkojen ja rakennusten optimointi ja mallintaminen. Lisäksi toimivat järjestelmät vaatisivat tietyn standardin, jotta saataisiin yhtenevä ja toimiva järjestelmä. (Ahola et al. 2010)

Tietoliikenne-ratkaisut tuovat älyä kaikenlaisiin verkkoihin kuten kuljetus, viestintä, energia, toimitusketju- ja vesiverkkoihin. Älyllä saadaan optimoitua ja mukautettua esimerkiksi edellä mainittujen verkkojen rakennetta, energiankulutusta ja suoritustehoa. Ajantasainen tieto tarjoaa käyttäjille enemmän mahdollisuuksia tehdä ennusteita ja suunnitella nykyistä toimintaa tarkemmin. Esimerkkinä telekommunikaatioverkkoratkaisut voidaan helposti räätälöidä osaksi energiaverkkoja. Osana optimoituja ja mukautuvia verkkoja ovat älykkäät tieliikenneverkot. Älykkäiden liikenneverkkojen tarve ja edut nähdään VTT:n raportin mukaan kiistattomina. Yksi tekniikan keskeisiä toimintoja on etätöiden mahdollisuus. Etätöiden edut ovat merkittävät, koska se vähentää huomattavasti henkilöliikenteen tarvetta ja sitä myötä päästöjä ilmaan. (Ahola et al. 2010)



McKinsey & Company (2009) esittävät tutkimuksessaan erilaisia menetelmiä ja kustannusarvioita hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi vuoteen 2030 mennessä. Lähtöskenaariona kasvihuonekaasujen ja taloudellisten vaikutusten arviointiin vertailussa käytettiin Business-as-Usual (BAU) -skenaariota, jota verrattiin muihin skenaarioihin. Business as usual -skenaariolla tarkoitetaan perusskenaariota, jossa väestönkasvu, talous, teknologia ja ihmisen käyttäytyminen jatkuvat tulevaisuudessakin nykyisen trendin mukaisesti (European Environment Agency 2011). Tutkimuksessa arvioitiin ICT:n avulla saatavia rahallisia ja päästömääriä alentavia hyötyjä maailmanlaajuisella tasolla. Toteuttamalla 200 eri kasvihuonekaasuja vähentävää toimenpidettä kymmenellä eri alalla 21 eri maassa saataisiin hiilidioksidia vähennettyä 38 Gt. Tämä tarkoittaa 35 % vähennystä vuoteen 2030 mennessä, jos vertailupohjana käytetään vuotta 1990. Näistä päästöistä noin 22 % syntyy kuljetuksista, rakennuksista ja jätteistä. Maantiekuljetusten vuotuiset maailmanlaajuiset hiilidioksidipäästöt ovat noin 5 Gt, joka vastaa 12 % vuoden 2005 kaikista kasvihuonekaasuista. Läntisen Euroopan ja Pohjois-Amerikan maantiekuljetuksien päästömäärät ovat kaikista maantiekuljetuksista noin 60 %. McKinsey & Company arvioi, että vuoteen 2030 mennessä maantiekuljetusten vuotuiset hiilidioksidipäästöt nousisivat 9,2 Gtonniin, mikä johtuisi suurilta osin ajoneuvojen määrän ja liikenteen kasvulla. Vuonna 2005 maailmassa oli noin 20 miljoonaa raskasta kuorma-autoa, joiden yhteispäästömäärä oli 1 Gt hiilidioksidia. Vuoden 2030 arviossa Business as Usual (BAU) -skenaariossa raskaiden kuorma-autojen määrän oletetaan olevan noin 45 miljoonaa kappaletta, mistä aiheutuu 2,3 Gt vuotuiset hiilidioksidipäästöt. Huomion arvoista on se, että yleisesti moottoriajoneuvojen määrä Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa tulee vähenemään, mutta kehittyvissä maissa lisääntymään. On arvioitu, että vuonna 2030 Kiinassa olisi eniten ajoneuvoja maailmassa. Kiinan ajoneuvomäärästä raskaita kuorma-autoja olisi 10 miljoonaa vuonna 2030, mikä olisi 21 % koko maailman kuorma-auto kannasta. Tutkimuksen mukaan tehokkain päästöjen vähennyskeino raskaaseen kuorma-autoliikenteeseen olisi nykymoottoritekniikan ja autojen rakenteellinen kehitys. Hybridi-, sähkö- ja muut tekniikat kuten maakaasu ja biopolttoaineet soveltuvat paremminkin henkilö- kuin raskaanliikenteen ajoneuvoille.

Tutkimuksessa arvioitiin, että seuraavilla ratkaisulla raskaassa kuorma-autoliikenteessä voitaisiin vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Pyörintävastuksen pienentämisellä saavutetaan noin 3 % hyöty, aerodynaamisilla parannuksilla 1 % hyöty sekä moottorien, vaihteistojen ja teknisten osien parannuksilla jopa 7 prosentin säästö verrattuna BAU-skenaarioon. Muita ehdotuksia päästöjen vähentämiseksi ovat autojen lastauskapasiteetin nostaminen nykyisestä suuremmaksi. 50 % suurempi lastauskapasiteetti kuorma-autossa vähentäisi 15 % päästöjä, mikä tarkoittaisi sitä, että kahdella kuorma-autolla voitaisiin kuljettaa kolmen kuorma-auton kuorma. Tämä tarkoittaisi yksinkertaistetusti sitä, että päästöjen vähenemä olisi karkeasti arvioituna sama kun edellä mainituilla kuorma-autojen teknisillä kehitystoimenpiteillä saavutetut hyödyt yhteensä. Lisäksi älykkäänliikenteen ratkaisulla, järkevällä suunnittelulla ja ajoneuvojen säännöllisillä huolloilla voitaisiin vaikuttaa päästöjen määrään taloudelliseen tehokkuuteen.

Global eSustainability Initiative & The Climate Group (2010) -raportissa esitettiin, että Business as usual -skenaariossa informaatio- ja kommunikaatioteknologioiden lisääntynyt käyttö tulee kasvattamaan kasvihuonekaasupäästöjä tulevaisuudessa. Toisaalta in-

formaatio- ja kommunikaatioteknologioista saatava hyöty kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä on monikertainen verrattuna päästöjen tuottamiin kasvihuonekaasupäästöihin. Raportissa esitettiin myös eri tuloksia ja keinoja, millä tavoin tietoteknisiä ratkaisuja voidaan hyödyntää eri sektoreiden ympäristökuormitusten vähentämisessä. Tällä hetkellä on käytössä esimerkiksi seuraavanlaisia tietoteknisiä menetelmiä logistiikan tarpeiden tehostamisessa ja logistiikan päästöjen vähentämisessä. Varastoinnissa ja toimitusketjuissa tärkeinä pidettiin tavaroiden reaaliaikaista seuranta. Tähän on kehitetty Radio Frequency IDentification (RFID) -järjestelmä. Järjestelmä on radiotaajuinen etätunnistus menetelmä, jossa tiedon etäluvuun ja tallentamiseen käytetään RFID-tunnisteita. RFID-tageilla voidaan logistiikassa seurata ajantasaisesti tavaraliikennettä, varastokiertoa sekä tehdä automaattista tunnistamista. Logistiikan suunnittelu ja ohjaus on mahdollista kohdistaa yksittäiseen tuotteeseen, ja esimerkiksi viallisten tuotteiden jäljitettävyys helpottuu. RFID-tekniikkaa voidaan soveltaa muun muassa logistiikassa konttiliikenteen tunnistuksessa (RFID Lab Finland Ry 2011). Muun muassa ajotietokoneet, Global Positioning System (GPS), Geographical Information System (GIS) ja muut ajoneuvojen mobiililaitteet auttavat kuljetusreittien optimoinnissa, ajoneuvon moottorin kulutuksen ja kunnan reaaliaikaisten tietojen tuottamisessa ja erilaisissa navigointipalveluissa.

Yleisesti logistiikan toimintamallien muutokseen, kommunikoinnin parantamiseen ja toiminnan tehostamiseen on raportissa esitetty useita eri teknologioita ja palveluita. Markkinoilla on tarjolla erilaisia ohjelmia ja tietojärjestelmiä viestinnälle, toimitusketjujen suunnittelulle ja mallinnuksille, reaaliaikaisille reitinoptimointipalveluille, vuoro-vaikutteisille suunnittelu ja ennakointi järjestelmille, korjaus-, huolto- ja toiminta ohjelmille sekä liike- ja operatiivisille toiminnoille. Lisäksi tietotekniikan sovelluksilla sekä ajatusten ja käyttäytymisen muutoksilla tehostetaan logistiikan toimintoja. Hiilidioksidipäästöjen laskentamallien ja päästöjen vähentämislaskurien lisäksi on erilaisia elektronisia rahdin vaihto huutokauppoja Electronic Freight Exchanges (EFX), jossa huutokaupataan vapaata lastauskapasiteettia. Tarjolla on myös laskentaohjelmia käyttämättömän lastauskapasiteetin hallintaan ja ohjelmia, joilla voidaan suunnitella tuotantoa kehdestä hautaan -ajattelumallilla.

Raportissa arvioitiin, että informaatio- ja kommunikaatioteknologian ratkaisulla voisi globaalisti olla suuri rooli energiatehokkuuden parantamisessa, sähkönsiirtoverkkojen, tehtaiden ja rakennusten energiakulutuksen vähentämisessä sekä kuljetusketjujen tehokkuuden parantamisessa. Käyttämällä älykkäitä moottoreita, älykästä logistiikkaa, älykkäitä rakennuksia ja sähköverkkoja voitaisiin vähentää 7,8 Gt hiilidioksidia vuoteen 2020 mennessä. Rahaksi muutettuna 7,8 Gt hiilidioksidipäästöjen väheneminen vuoteen 2020 toisi 600 miljardin euron säästöt. Vuoden 2020 Business as usual -skenaariossa on arvioitu, että maailman kasvihuonekaasupäästöt olisivat 51,9 Gt, josta kuljetusten päästöosuus olisi 7,6 Gt. Euroopassa koko logistiikkapalvelualan on ennustettu kasvavan vuodesta 2002 vuoteen 2020 mennessä jopa 23 %. Tämä tarkoittaisi sitä, että Euroopassa logistiikan kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2020 olisivat 18 % koko Euroopan kasvihuonekaasupäästöistä. Raportin mukaan informaatio- ja kommunikaatioteknologiaratkaisuilla voidaan vähentää kasvihuonekaasuja maailmanlaajuisesti kuljetuksissa 16 % ja varastoinnissa 27 % vuoteen 2020 mennessä. Tonneissa mitattuna säästö olisi yhteensä

1,52 Gt. Tästä luvusta varastoinnin osuus on 0,22 Gt. Seuraavassa on esitelty ratkaisuja ja eri tekniikoita, joilla arvioitu päästövähennys olisi mahdollista saavuttaa:

- logistiikantietoverkkojen optimointi (0,34 Gt)
- kaupalliset intermodaalikuljetukset (0,02 Gt)
- keräilyn optimointi ja jakelun tarkempi suunnittelu (0,33 Gt)
- kuljetusreittien optimointi (0,10 Gt)
- taloudellinen ajaminen (0,25 Gt)
- tarpeettomien lentoaikojen vähentäminen ja lennon aikainen polttoainetehokkuus (kaupallinen ja tavaraliikenne) (0,24 Gt)
- tieliikenteen polttoaineen kulutuksen vähentäminen (0,02 Gt)
- alusten täyttöasteen maksimointi (0,01 Gt)
- laivaliikenteen optimointi (0,18 Gt)
- pakkausten minimointi (0,04 Gt).

European Commission; DG Enterprise & Industry (2009) kirjoittamassa raportissa ”The potential of Intelligent Transport Systems for reducing road transport related greenhouse gas emissions” esiteltiin älykkään liikenteen ratkaisuja ja muita teknisiä älyratkaisuja, joilla pystytään vähentämään logistiikan ympäristökuormituksia sekä tavara että henkilöliikenteessä. Tässä yhteydessä tarkastellaan älyratkaisuja ainoastaan tavaraliikenteen näkökulmasta. Liikenne toimii avaintekijänä tarkasteltaessa EU 27 -jäsenmaiden energiankulutusta ja päästömääriä. Liikenteen päästömäärien vähentäminen on osoittautumassa yhdeksi vaikeimmista sektoreista kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisessä. Älykkään liikenteen ratkaisuja pidetään yhtenä potentiaalisena keinona vähentää kasvihuonekaasuja. Euroopan komissio on budjetoitunut 2 miljardia euroa älykkään liikenteen kehittämiseksi vuosiksi 2007–2013.

European Commission; DG Enterprise & Industry (2009) kirjoittamassa raportissa esiteltiin tekniikoiden lisäksi erilaisista eurooppalaisista älykkäätieteiden hankkeista. Esimerkiksi vuonna 2004 tehtiin Nissan Cambridge Basic Research -yksikössä testi, jossa auto ”tarkkaili” kuljettajaa. Testissä kuljettajan käyttäytymistä ja liikehdintää tarkkailtiin ja tulkittiin eri mallien mukaan. Tuloksiksi saatiin mallit, joilla voidaan muuttaa kuljettajan ajokäyttäytymistä ja varoittaa vaaroista reaaliajassa. Vastaavasti MESSAGE (Mobile Environmental Sensing Across Grid) -projekti oli kolmivuotinen tutkimushanke, jossa oli mukana yliopistoja Britanniasta muun muassa London, Cambridge, Leeds, Newcastle ja Southampton sekä 19 muuta organisaatiota julkisen sektorin puolelta. Hankkeessa kehitettiin erilaisia antureita ja sensoreita, joiden avulla saatiin tietoa kuljetusten ympäristövaikutuksista. Päästöjä mitattiin kaupungeissa, kunnissa sekä kansallisella tasolla. Hankkeessa käytettiin kolmea eri tietoteknistä alustaa: matkapuhelimia, smart-dust-tietoverkkoa (IEEE 802.15.4) ja langattomia WiFi- ja ViMax-tietoverkkoja. Kaikki alustat integroitiin yhteiseksi toimivaksi tietojenkäsittelyjärjestelmäksi. Antureita ja sensoreita asennettiin muun muassa katujen infrastruktuuriin, ajoneuvoihin ja myös ihmisten matkapuhelimiin keräämään reaaliaikaista tietoa, jotka lähetettiin tietokeskukseen analysoitavaksi. Hanke auttoi eri alueilla liikenteen johtamisessa. Kerättäviä tietoja olivat esimerkiksi ajoneuvojen määrän laskenta, päästöhuippupaikkojen paikantaminen, päästöjen hallinta. Sovellusta käytettiin päästöjen mallintamisessa, matkailuinformaation tuottamisessa sekä ihmisten terveyden ja päästöjen altistumisen raportoinnissa ja

seurannassa. Mittalaitteet olivat käytössä edellä mainituissa yliopistokaupungeissa. (Waterson & Polak 2009)

Vastaavanlaisia kokeiluja suoritettiin Yhdysvalloissa Cambridgen kaupungissa Massachusettsissa. Vuoteen 2011 mennessä asennettiin 100 sensoria katuvalaisimiin, josta sensorit saivat myös toimintavirran. Jokainen sensori sisälsi pienen tietokoneyksikön ja WiFi-lähtetimen. Sensoreilla pystyttiin seuraamaan ympäristön muutoksia kuten sään vaihteluita, tuulen nopeutta ja ilman laatua sekä ihmisten terveyttä ja biokemiallisten aineiden leviämistä. Tulevaisuudessa laitteita voidaan kehittää ja asentaa erilaisia sensoreita esimerkiksi melumittaukseen. (Ames 2007) Greentrip (Global reactive efficient and environmentally friendly transport logistics) -projektissa luotiin uusi tietokonepohjainen logistiikka- ja kommunikointijärjestelmä, jonka tavoitteena oli vähentää rekka- ja jakeluautojen kokonaiskilometrimäärää 25 % ja vähentää kuljetuksista aiheutuvia kokonaiskustannuksia 10 %. Kehitetty järjestelmä yhdistää elektronisen kartta-aineiston, tiedot asiakkaan rahdista, kuormatyyppin sekä paikka- ja aikataulutiedot. Järjestelmä laskee näiden tietojen avulla tehokkaimman ja lyhyimmän kuljetusreitit. (European Commission 2000)

## 5 SATAMAYHTEISÖN INFORMAATIOKESKUKSEN MAHDOLLISUUDET YMPÄRISTÖHAITTOJEN VÄHENTÄMISESSÄ

Satamayhteisön informaatiokeskus (eng. Port Community System, PCS) on yhden luukun periaatteella toimiva sähköinen tiedonohjausjärjestelmä, joka integroi saumattomasti satamayhteisön toimijat globaaliin tavaratoimitusverkostoon välittäen relevanttia tietoa satamasidonnaisille toimijoille satamatyypistä, kuljetusmuodosta ja kaupankäyntialueesta riippumatta (Posti et al. 2010). PCS-järjestelmää käytettäessä samoja tietoja ei tarvitse välittää kahdenkeskisesti usealle eri toimijalle erilaisia tiedonvälitystapoja käyttäen, vaan tiedonvälitys voidaan hoitaa keskitetysti yhden tietojärjestelmän kautta, parhaimmillaan jopa automaattisesti (Smit 2004). Satamayhteisön informaatiokeskusten tarkoituksena on tarjota käyttäjille Single Window -konseptin mukainen tiedonvaihtoratkaisu, joka mahdollistaa standardimuotoisen tiedon välittämisen yhden pisteen kautta siten, että kerran välitettyjä yksittäisiä tietoelementtejä voidaan hyödyntää useampaan kertaan (UN/CEFACT 2005).

PCS-järjestelmät tuovat mukanaan lukuisia hyötyjä: prosessien yksinkertaistuminen ja nopeutuminen, tehokkuuden parantuminen, asiakirjojen ja paperityön väheneminen, kustannusten aleneminen ja ajalliset säästöt, palveluiden parantuminen ja palveluvalikoiman monipuolistuminen, läpinäkyvyyden lisääntyminen ja suunnittelun helpottuminen, läpimenoaikojen nopeutuminen, tiedon laadun paraneminen ja virheiden vähentyminen, tiedon optimaalinen uudelleen hyödyntäminen, tiedon nopeampi ja parempi saatavuus, häiriötilanteisiin sopeutuminen, asiakastyytyväisyyden parantuminen ja ympäristöystävällisyys. (Posti et al. 2010) Esimerkiksi Koreassa kansallisessa käytössä olevalla PORT-MIS-järjestelmällä on pystytty saavuttamaan noin 100 miljoonan Yhdysvaltain dollarin vuotuiset kustannussäästöt muun muassa henkilöstökulujen ja paperityön vähenemisen sekä satamasidonnaisten järjestelmien harmonisoinnin ja automatisoinnin ansiosta (KL-Net 2003).

Posti et al. (2010) tekemän tutkimuksen mukaan maailmassa on ainakin yli 30 erilaista PCS-järjestelmää, joista osa on käytössä kansallisella tasolla ja osa on käytössä useassa eri satamassa ja/tai valtiossa. PCS-järjestelmiä on rakennettu jokaiseen maanosaan, mutta keskittymät ovat pääasiassa Keski-Euroopassa sekä Länsi-, Itä- ja Kaakkois-Aasiassa, missä sijaitsevat myös suuret konttisatamat. Koska ensimmäiset PCS-järjestelmät on kehitetty jo 1980-luvun alussa, eri järjestelmien välillä on teknisiä eroja. Useat PCS-järjestelmät ovat alun perin tehty palvelemaan ensisijaisesti satamanpitäjien ja viranomaisten tarpeita, mutta monet järjestelmistä on suunnattu myöhemmin palvelemaan myös liike-elämää. Järjestelmää perustettaessa usein perustuskumppaneina ovat olleet sataman hallinnointiyhtiö ja julkisyhteisöllinen taho. Useimmissa tapauksissa informaatiokeskuksen perustamisprosessia näyttäisi johtavan satamayhtiö, mutta toiminnan pyörittäminen on vaiheittain siirretty muille yrityksille tai yhdistyksille. (Posti et al. 2010)

Suomessa ei varsinaista PCS-järjestelmää ole käytössä, mutta vaikkakin Suomen merenkulun ja merikuljetusten tietotarpeita 1990-luvun alusta alkaen palvellut PortNet-järjestelmä sisältää tyypillisiä PCS-järjestelmän piirteitä. PortNet-järjestelmän käyttäjäkunta muodostuu pääasiassa viranomaisista ja satamista, mutta kaupallisiakin käyttäjiä palvelulla on. Tällä hetkellä palvelua käyttää yli 1 300 asiakasta. (Rautiainen & Rinta-

Keturi 2005) PortNet-järjestelmä palvelee kuitenkin lähinnä viranomaistoimintaa maapuolen tavaraliikenteen ja yritysten kaupankäyntiin liittyvien tarpeiden jäädessä vähemmälle huomiolle. Ympäristönäkökulmasta mielenkiintoisempi järjestelmä on Satamatieto Oy:n ja VTT:n yhdessä kehittämä ja toteuttama satamien ja satamatoimijoiden käyttöön tarkoitettu Portensys-järjestelmä. Satamatieto Oy:n ylläpitämä Internet-pohjainen ympäristöraportointijärjestelmä Portensys sisältää sekä alusliikenteen satamapäästöjen laskentamallin että osion, jonka avulla voidaan luoda ympäristöluvan mukainen vuosittainen ympäristöraportti viranomaisille. Laskentamalli hyödyntää yksityiskohtaista alusliikenne informaatioita, joka kerätään satamien omista tietojärjestelmistä ja PortNet-järjestelmästä. Päästöjen määrittämiseksi laskentamallissa alusliikenneinformaatio yhdistetään alusrekisteritietokantoihin ja satamien rakenteisiin liittyviin tietoihin, kuten laituripaikkojen välisiin etäisyyksiin, väylänopeuksiin ja maasähkön käyttöön. Päästökertoimissa otetaan huomioon käytetty polttoaine ja mahdolliset päästövähennystekniikat. (Rauman Satama 2008)

### 5.1 Suomeen soveltuvan PCS-järjestelmän ympäristöhyötyjen kuvaus

Suomeen soveltuvan PCS-järjestelmän ympäristöhyötyjä on vaikea arvioida ilman riittäviä konkreettisia tuloksia. Tässä luvussa esitetään arvioita, millaisia ympäristövähennystavoitteita PCS-järjestelmällä voitaisiin Kymenlaakson alueella saavuttaa. ICT-sovellusten vaikutuksia Suomessa on tarkasteltu Virtasen et al. (2010) tekemässä raportissa ”Viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen päästövaikutukset”. Raportissa on esitelty ICT-sovellusten avulla saavutettavia päästövähennysmahdollisuuksia erilaisten esimerkkitapausten avulla. Esimerkkitapausten pohjaksi on otettu EU:n ilmastostrategia, jossa mailla on tavoitteena vähentää kasvihuonekaasuja 20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Lisäksi 20 % käytetystä energiasta tulee olla uusiutuvaa vuoteen 2020 mennessä. Virtasen et al. (2010) tekemässä raportissa on esitetty 19 eri tapausta, joissa viestintäteknologian ja palvelujen sähköistämällä voidaan vähentää päästöjä. Esimerkkitapaussiksi tähän tutkimukseen on valittu menetelmiä ja sovelluksia, jotka voisivat olla Suomeen sijoittuvassa PCS-järjestelmässä:

- älykäs liikenne
- kevyt asiakaspäätte (Thin client)
- keskitetyt palvelinkeskukset
- älykäs valaistus
- tulostaminen
- roskaposti.

Virtasen et al. (2010) tutkimuksen esimerkkitapausten vaikutusmekanismit ovat määritetty kirjallisuuteen tai asiantuntijoiden ja konsulttien arvioon. Esimerkistä riippuen pienimmän ja suurimman päästövähennysskenaarioiden ero voi olla suuri, mutta todenmukainen. Esimerkkitapausten vaikutus päästöjen määrään on määritetty polttoaineen-, energian- tai materiaalin kulutuksen vähenemiseen sekä Suomen olosuhteisiin sopiviin päästökertoimiin. Esimerkeissä päästövähennyspotentialiaali on jaettu seuraaviin osatekijöihin: liikenne, sähkön ja lämmönkulutus ja muu säästö. Jokaisessa tapauksessa on erikseen laskettu lisääkö jokin vähennystoimenpide jotain muuta tekijää kuten lisäämällä sähkönkulutusta. Laskenta antaa suuruusluokka-arvion siitä, paljonko hiilidioksidi-

päästöjä voidaan vähentää eri toimenpiteillä. Virtasen et al. (2010) tutkimuksen suuruusluokka-arvion tarkoituksena on tunnistaa merkittävimmät sovellukset, joilla päästöjä saadaan alennettua eikä niinkään tehdä tarkkaa vaikutusarviota. Samoja metodeja ja kertoimia voidaan käyttää tarkasteltaessa Kymenlaakson aluetta. PCS-järjestelmän luulisi sisältävän edellä mainitut esimerkit ja valitut esimerkit ovat Euroopan ja Suomen älyliikenteen linjauksien ja visioiden mukaiset. PCS-järjestelmää voidaan sanoa ”yhdeksi hallinnolliseksi luukuksi” (Diaz 2009).

### Älykäs liikenne

Älykkään liikenteen keinoja raskaan tieliikenteen tehostamiseen voivat muun muassa olla ekologinen ajotapa, reitin optimointi ja kommunikoidut autonavigaattorit. Kun ajaminen on tasaista ja ennakoivaa, voidaan säästää polttoainetta ja sitä myöten alentaa kasvihuonekaasujen määrää. Virtasen et al. (2010) tekemässä tutkimuksessa on tehty oletus, että minimiskenaariossa ekologisen ajotavan vaikutus päästöjen vähenemiseen raskaassa tieliikenteessä olisi 6 % ja maksimi skenaariossa 12 %. Kymenlaakson alueella tämä tarkoittaisi vuoden 2009 lukuihin verrattuna laskua hiilidioksidin osalta 7 218 – 14 435 t/a, typenoksidien osalta 44–88 t/a ja rikkidioksidin osalta 0,05–0,10 t/a. Raskaan tieliikenteen reittioptimoinnilla voidaan välillisesti välttää ruuhkia ja ruuhkautumista. Oletuksena on, että reittioptimoinnin suorat päästövähennykset vaihtelevat skenaarioiden mukaan välillä 7–14 % ja epäsuorat vuotuiset kasvihuonekaasuvähennykset välillä 2,5–5 %. Tämä tarkoittaisi vuoden 2009 päästömääriin verrattuna suorina vaikutuksina 8 400 – 16 800 t/a ja epäsuorina vaikutuksina 3 000 – 6 000 t/a hiilidioksidipäästöjen alenemisia. Vastaavat alenemat typenoksideissa olisi suorat vaikutukset 51–103 t/a ja epäsuorat vaikutukset 18–36 t/a ja rikkidioksideissa 0,06–0,11 t/a ja 0,02–0,04 t/a. Päästöjen vähenemät ovat näin melko merkittäviä. Taulukossa 5.1 on vertailtu vuoden 2009 toteutuneita hiilidioksidin-, typenoksidin- ja rikkidioksidipäästöjä tilanteeseen, jossa edellä kuvatut päästöjen vähentämiskeinot olisivat käytössä. Taulukosta on nähtävissä, että älyliikenteen keinoin saadaan alennettua raskaan tieliikenteen päästöjä, etenkin hiilidioksidipäästöjä melko voimakkaasti jo alemmallakin skenaario-vaihtoehdolla.

*Taulukossa 5.1 Raskaan tieliikenteen päästöt Kymenlaakson alueella vuonna 2009 ekologisen ajotapa- ja reittioptimointi skenaarioiden tulokset.*

	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>2009</b>	120 296	737	0,8
<b>2009 ske 1</b>	101 650	623	0,7
<b>2009 ske 2</b>	83 004	509	0,6

### Kevyt asiakaspäätte ja keskitetyt palvelincent

Suomeen soveltuva PCS-järjestelmä luultavasti antaisi mahdollisuuden eri toimialoille siirtyä käyttämään kevyttä asiakaspäättejärjestelmää (Thin client). Thin client tarkoittaa kevyttä tietokonetta, joka on yhteydessä muissa tiloissa olevaan keskustietokoneeseen. Kevyiden asiakaspäätte tietokoneiden etuina on pienempi energiankulutus verrattuna tavalliseen tietokoneeseen. Lisäksi järjestelmään siirtyminen edellyttää energiatehokkaita servereitä. Virtasen et al. (2010) tutkimuksen oletuksena on, että Thin client - tietokone kuluttaa puolet tavallisen tietokoneen kuluttamasta energiamäärästä. Lisä-

hyötynä on se, että Thin client -järjestelmään siirtyessä ei tarvitse sitoutua suuriin hankintoihin, koska esimerkiksi Jyväskylän kaupungin tekemässä pilot-hankkeessa selvisi, että 10 vuotta vanha tietotekniikka on vielä kelvollista Thin client -järjestelmään siirryttäessä ja järjestelmää käytettäessä. Kaikki tavalliset jo käytössä olevat ohjelmat voivat toimia verkon yli serveriltä. Jyväskylän kaupungin pilot-hankkeessa vertailtiin myös Thin client -koneiden ja vapaanohjelmistokoodin ohjelmien kustannuksia perinteiseen PC-Windows-yhdistelmän kustannuksiin. Tulokseksi saatiin, että Thin client -järjestelmän vuotuiset käyttökustannukset ovat noin 20 % halvemmat kuin perinteisen PC-Windows-yhdistelmän vuotuiset käyttökustannukset. (Rönneberg 2010) Suomeen soveltuvalla PCS-järjestelmällä voitaisiin säästää tietotekniikan vuotuisissa käyttökustannuksissa Jyväskylän kaupungin esimerkin mukaisesti. Tietoliikenneyhteyksien tulee PCS-järjestelmässä tarjota riittävästi kapasiteettia, jottei synny pullonkauloja tietoliikenneyhteyksien takia. Virtanen et al. (2010) totesivat tutkimuksessaan, että huonoja puolia Thin client -järjestelmään siirtymisessä ovat servereiden kuormittumisesta ja viestintäverkon nopeuden kasvattamisesta aiheutuvat lisäkustannukset.

Palvelinkeskusten päivittäminen ja keskittäminen liittyvät oleellisesti Thin client -järjestelmään. Nykytrendinä keskitettyjen palvelinkeskusten lisäksi ovat erilaiset Pilvipalvelut ja laskenta (Cloud Services and Computing). Pilvilaskennalla tarkoitetaan verkkopalveluita, jossa tietokoneita, ohjelmia ja tietoteknisiä palveluja käytetään Internetin kautta (Stevens & Pettey 2008). Palvelinkeskusten keskittämisellä suuriksi yksiköiksi voidaan tehostaa energiankulutusta ja siten vähentää päästöjä. Päästövähennysmäärä on suoraan verrannollinen käyttöasteen ja energiatehokkuuden parantamiseen sekä lämmön talteenottoon. Suomessa sijaitsevien palvelinkeskusten energiankulutus on noin 450 GWh eli 0,5 % koko Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta. Hiilidioksidipäästöjen vähentämiskenaariossa oletetaan, että Suomessa palvelinkeskusten käyttämästä sähköstä 95 % muuttuu lämmöksi. Minimi ja maksimi skenaariossa lämpöä otetaan talteen 0–80 %. Lämmön talteenotolla voidaan Suomessa vähentää hiilidioksidipäästöjä 20 000 – 89 000 tonnia vuodessa. Kymenlaakson alueen logistiikka toimijoiden palvelinkeskusten sähkönkulutuksesta ei ole tietoa, mutta tämän esimerkin mukaisesti tilanteissa, jossa uusia tietoliikennesuunnitelmia tehdään tai päivitetään, on tutkimisen arvoista kannattaako keskittää palvelimet ja korvata perinteiset työasemat Thin client -tietokoneilla. (Virtanen et al. 2010)

### Älykäs valaistus

Älykäs valaistus voi olla maailmanlaajuisesti merkittäväkin keino vähentää energiakulutusta ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöjä, mutta Suomessa säästöt eivät ole kovin merkittäviä verrattuna muihin ICT-ratkaisuihin. Älykäs valaistus tarkoittaa tietokoneohjattua valaisimien hallintaa. Energia- ja LED-valaisimet ja polttimot eivät kuulu älykkään valaistuksen piiriin. Käytännössä sähköä säästetään erilaisten anturien ja liiketunnistimien avulla tai hämäräkytkimillä. Tällä tekniikalla voidaan säästää 10–20 % sähköä. Monessa paikassa niin varastoissa kuin satamissa on älykkäitä valaisimia, jotka toimivat juuri edellä mainituilla tekniikoilla. Suomen maantieteellisestä sijainnista johtuen valaistuksen vähentäminen lisää lämmitykseen kuluvan energian tarvetta. Toisaalta valaistus etenkin satamissa ja vilkkaasti liikennöidyillä tieosuuksilla on turvallisuustekijä, mistä ei voi tinkiä. (Virtanen et al. 2010) PCS-järjestelmällä voitaisiin ohjata älykäs-



tä valaistusta paremmin ja tehokkaammin. Esimerkiksi pimeään aikaan satamaan johtavilla tieosuuksilla ja satamassa voitaisiin anturien avulla tehostaa valaistusta tilanteen mukaan, jotta vältettäisiin onnettomuuksia. Liikenteen ollessa vähäistä valon voimakkuuden määrä voidaan vähentää. Valaistusta ohjaisi pääasiassa sensorit ja anturit, mutta valaistusjärjestelyissä voidaan ottaa huomioon myös PCS-järjestelmästä saatu tieto esimerkiksi onnettomuudesta satama-alueella. Tällöin PCS-järjestelmän avulla voitaisiin automaattisesti lisätä valaistuksen määrää etenkin onnettomuus alueella.

### Tulostaminen ja roskaposti

Viime vuosina esimerkiksi Helsingin Satama on pyrkinyt vähentämään toimistopaperin kulutusta. Helsingin Satama on vuodesta 2006 alkaen tilastoinut ja laskenut toimistopaperin kulutusta arkkiä/henkilö. Helsingin Satama on asettanut tavoitteeksi, että vuonna 2008 toimistopaperia kuluisi maksimissaan 3000 arkkiä/henkilö vuodessa. Kun vielä vuonna 2007 Helsingin satamassa kului paperia lähes 6000 arkkiä henkilöltä, niin vuonna 2010 toimistopaperin kulutus väheni alle 3000 arkkiin henkilöltä. (Helsingin Satama 2010) Tulostaminen on viime vuosina vähentynyt tehokkaampien Internet-yhteyksien ja lisääntyneen sähköpostin käytön myötä. Vuonna 2009 noin 82 % 16–74 vuotiaista asukkaista käytti Suomessa. Tästä osuudesta sähköpostia käytti 91 % ja päivittäin sähköpostia asioiden hoitoon käytti 68 %. (Kohvakka 2009) Toistaiseksi pelkillä sähköisillä dokumenteilla ei voida hoitaa kaikkia asioita, joten paperille tulostettuja dokumentteja edelleen tarvitaan. Tulostamista ja paperin kulutusta voidaan vähentää esimerkiksi tulostamalla paperin molemmille puolille aina kun mahdollista. Suomessa käytetään vuosittain tulostuspapereita 30000 tonnia, josta toimistot ja koulut käyttävät 95 %. Kaksipuolisen tulostuksen päästöjä vähennysskenaarioissa on oletettu, että kaikesta tulostuksesta 20–50 % olisi kaksipuolista tulostusta. Tämä tarkoittaisi 16000 – 41000 hiilidioksiditonniin vuotuisia säästöjä. (Virtanen et al. 2010) PCS-järjestelmän yhtenä hyötynä ja tavoitteena kokonaan sähköisten dokumenttien on käyttäminen. Vaikkei kaikkia dokumentteja saisi sähköistettyä, saataisiin PCS-järjestelmän avulla paperikulutusta minimoitua.

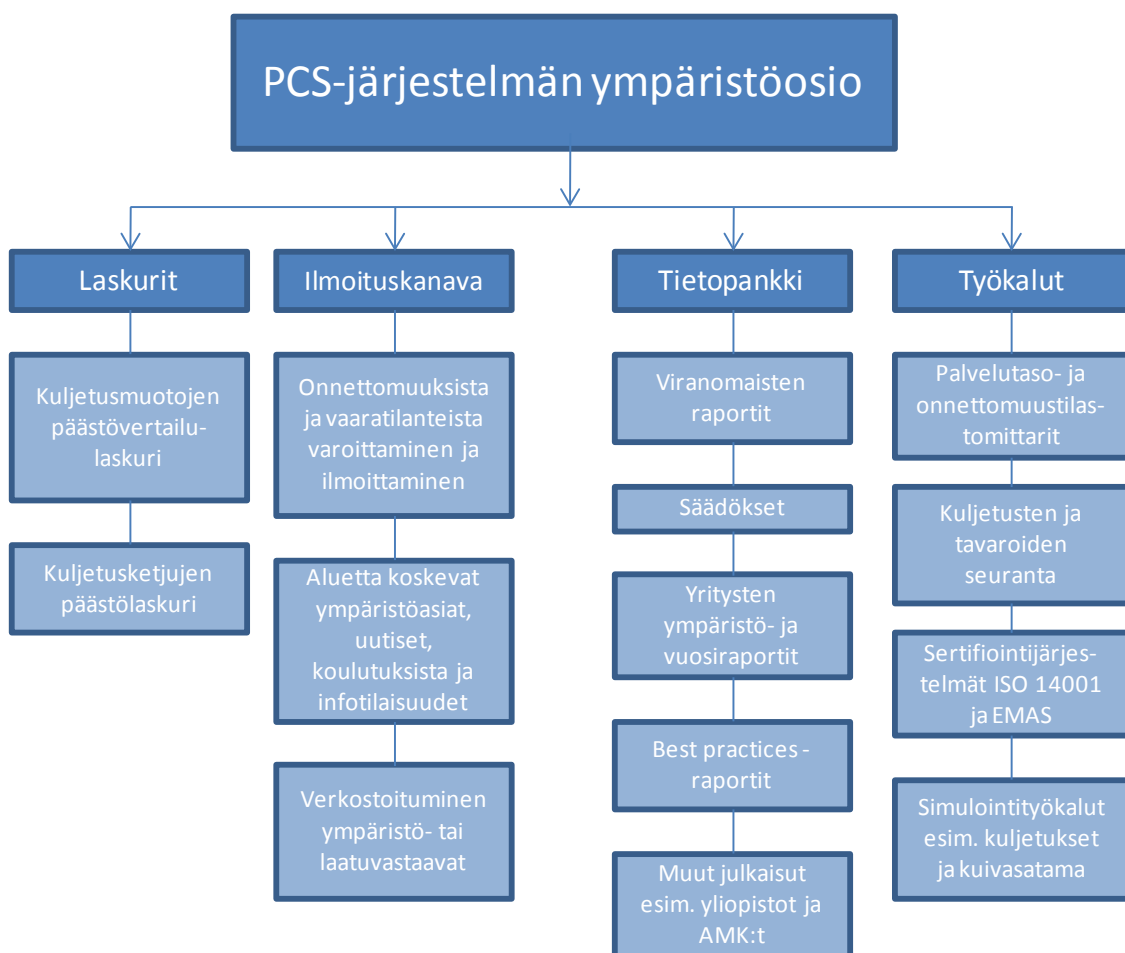
Vuoden 2010 loppupuolella päivittäinen roskapostin määrä maailmalla oli noin 200 miljardia. Roskapostiviestit muodostavat yli 90 % kaikesta sähköpostiliikenteestä. (M86Security 2010) Parantuneista ja kehittyneistä virusturvaohjelmistoista huolimatta roskapostit kuormittavat yhä tietoliikenneverkkoja ja tietokoneita. On arvioitu, että roskapostin energiankulutus on 22 kWh/käyttäjä/vuosi. Entistä tehokkaammat roskapostisuodattimet ja virusturvaohjelmit voivat vähentää roskapostia jopa 50–80 %. Tutkimuksessa arvioitiin, että paremmalla tietoturvalla saadaan roskapostin käsittelyyn kuluva energiankulutus vähennettyä 50–80 %, koska roskapostin määrää saadaan vähennettyä saman verran. Hiilidioksidipäästöjen vähennykset ovat 39000 – 62000 tonnia vuodessa vähennysmäärästä riippuen. Toisaalta tehokkaampi roskapostisuodatus tarvitsee enemmän sähköä, joten on arvioitu, että sähkönkulutus lisääisi päästöjä 12000 tonnilla vuodessa. (Virtanen et al. 2010) PCS-järjestelmässä suojatut sisäiset intranet-tiedonsiirtoverkot voisivat vähentää virusten ja roskapostien määrää eri sidosryhmien välisessä tiedonsiirrossa. Tällöin turhat haittaohjelmat vähentävät tietoliikenneverkkojen kuormitusta ja sitä kautta säästetään energiaa ja vähennetään päästöjä.

### Yhteenveto PCS-järjestelmän ympäristöhyödyistä

Suurin osa PCS-järjestelmällä saavutettavissa olevista ympäristöhyödyistä liittyy tavalla tai toisella järjestelmän käyttöönoton myötä parantuneeseen tiedon välitykseen ja saatavuuteen eri sidosryhmien välillä. Tiedonvälityksen ja saatavuuden parantuminen lisää koko logistisen toiminnan tehokkuutta. Esimerkiksi etukäteistieto laivan myöhästymisestä, satamalakosta, poikki olevasta tiestä tai muusta merkittävästä poikkeamasta auttaa eri sidosryhmiä uudelleen suunnittelemaan omat toimintansa. Tällöin vältetään turhien henkilöstö- ja kuljetusresurssien käyttöä eli pystytään parantamaan omaa tehokkuutta. Uudelleen suunnittelemisella tarkoitetaan esimerkiksi kuljetuskaluston ohjaamista muualle käyttäväksi siksi aikaa, kunnes alkuperäisestä aikataulustaan myöhässä oleva laiva saapuu satamaan ja on valmiina purkamaan ja lastaamaan tavaroita. Junanvaunujen seisominen ratapiha-alueilla sitoo turhaan kalustoa ja tuo sitä kautta lisäkustannuksia. Ongelmatilanteita ovat etenkin vaunujen purkaminen satamissa ja tyhjien vaunujen lähetys takaisin kiertoon ympäri Suomea. Älykkäät ratkaisut ja tiedonvaihdon paraneminen voisivat nopeuttaa vaunujen kiertoa ja lyhentää niiden seisonta-aikaa satamissa. Esimerkiksi paperitehtaissa rationaalisinta on lähettää paperirullat heti valmistumisen jälkeen satamiin. Toisaalta paperirullat saattavat seisoa junanvaunuissa ratapihoilla odottamassa sitä, että rullat saadaan purettua satama-alueen varastoihin odottamaan laivausta. Tähän ongelmaan eivät välttämättä älykkäät sovellukset tuo ratkaisua. Ratkaisuna voisi olla Lappeenrannan teknillisen yliopiston Kouvolan yksikön tutkima kuivasatamakonsepti. Kuivasatamaan voitaisiin kuljettaa esimerkkinä paperitehtaan tuotantoa ja sen myötä vähentää satamissa ruuhkautumista ja junanvaunujen turhaa seisontaa ratapihoilla. Parantuneella tiedonvaihdolla ja oikealla aikataulutuksella kuivasataman ja merisataman väliset kuljetukset voisivat poistaa edellä mainitun esimerkkitapauksen ongelmat.

## **5.2 PCS-järjestelmän potentiaali ympäristötyökaluna**

Kuten aiemmissa luvuissa todettiin, PCS-järjestelmät eri puolilla maailmaa ovat tuoneet tuon mukanaan erilaisia säästöjä. Kustannussäästöt ja toiminnan tehostaminen ovat markkinataloudessa ensisijaisina tavoitteina, mutta sähköiset palvelut ovat tuoneet myös ympäristön kannalta merkittäviä säästöjä. PCS-järjestelmä Kymenlaakson alueella ja muualla Suomessa voisi toimia muiden toimintojensa ohella myös eräänlaisena ympäristötietouden keskuksena viranomaisille, satamille ja muille logistiikan parissa toimiville yrityksille, jotka ovat PCS-järjestelmään aktivoituneina. Ideana olisi, että niin viranomaiset kuin muutkin sidosryhmät saisivat helposti haettua ympäristötietoutta järjestelmän kautta. Monipuolinen tietojärjestelmä voisi välittää yleistä tietoa esimerkiksi logistiikan ympäristövaikutuksista, Best Practises -menetelmistä, sertifikaateista (ISO 14001 ja EMAS), päästölaskureista sekä muista ajankohtaisista ja reaaliaikaisista ympäristötiedoista. Osa tiedoista voisi olla kaikkien työntekijöiden saatavilla esimerkiksi jallostettuna, tiivistettynä ja yksinkertaistettuna kansantajuisessa muodossa. Kuvassa 5.1 on esitetty, millaisia ympäristötyökaluja PCS-järjestelmä voisi sisältää. Kuvan jälkeen on esitelty tarkemmin potentiaalisten ympäristötyökalujen sisältöä ja toiminnallisuutta.



Kuva 5.1 PCS-järjestelmän potentiaaliset ympäristötyökalut.

### Päästövertailulaskurit

Visioidun Suomen PCS-järjestelmän ympäristöosion osaksi voitaisiin integroida päästölaskuri, joka laskisi esimerkiksi tietyn kuljetuksen tai toimituserän päästöt ilmaan. Laskentatutkimus eri kuljetusmuotojen vertailussa voitaisiin käyttää esimerkiksi VTT:n LI-PASTO-laskentajärjestelmää (ks. tarkemmin luku 2.3) ja satamien käytössä olevaa Portensys-järjestelmää (ks. tarkemmin luku 5). Nämä tietokannat yhdistämällä kevyeksi Internet-pohjaiseksi päästölaskuriksi saataisiin tuotettua eri sidosryhmille tietoa tavaroiden kuljetuksista aiheutuneista päästöistä. Päästölaskurin avulla yritysten olisi helpompi tilastoida toiminnastaan aiheutuvia päästöjä ja siten ohjata omaa toimintaansa ympäristöystävällisempään suuntaan. Esimerkiksi logistiikkayritys DHL:llä on käytössä www-pohjainen hiilidioksidilaskuri, jonka avulla asiakas voi laskea toimituskohtaiset hiilidioksidipäästöt koko lähetyksen osalta yksiköissä tCO<sub>2</sub> tai gCO<sub>2</sub> / tkm. Palvelu toimii maa-, meri- ja lentokuljetusten osalta. Laskurin tavoitteina on saada:

- analyysit lähetysten päästöistä
- yksityiskohtainen hiilijalanjälkilaskenta sisältäen käytetyn kuljetusmuodon, painon, tilavuuden ja todellisen kuljetusmatkan
- ympäristölaskelmat kolmansien osapuolten käyttöön

- toimintaindikaattorit, jotka auttavat yrityksiä saavuttamaan päästöjen vähennystavoitteet
- mitä jos -toiminto auttamaan analysoimaan kuinka hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää toimitusketjujen muutoksissa. (Foster 2011)

### Ilmoituskanava

PCS-järjestelmän ympäristöosion ilmoituskanava voisi toimia muiden varojärjestelmien ohella ja varottaa satamassa tai lähialueella sattuneista vaaratilanteesta tai ympäristöriskeistä esimerkiksi sähköpostitse tai tekstiviestinä matkapuhelimeen. Esimerkkitilanne voisi olla seuraavanlainen: Satamaan johtavalla tiellä säiliöauto on kolaroinut toisen ajoneuvon kanssa ja säiliö on saanut kolarissa pienen osuman, josta tihkuu polttoainetta pieniä määriä tielle. Ajoneuvon kuljettaja on ilmoittanut pelastuslaitokselle onnettomuudesta. Tällöin viranomaiset voisivat PCS-järjestelmän kautta välittää tiedon kaikille satamasidonnaisille toimijoille. Vastaavasti, jos kuorma-autossa olisi tietokone tai muu mobiilipäätelaite, voisi viestin lähettää PCS-järjestelmään ajoneuvosta käsin. Viestintätavasta riippumatta tieto onnettomuudesta saataisiin välitettyä nopeasti eri sidosryhmille ja sitä kautta voitaisiin estää ruuhkaantumista satamaan johtavilla väylillä ja estää lisäonnettomuuksien synty. Jos tulevaisuudessa autojen navigointilaitteet välittäisivät tietoa eteenpäin toisiin laitteisiin, navigointilaitte voisi onnettomuustilanteessa ohjata muun liikenteen suoraan vaihtoehtoisille reiteille onnettomuuden sattuessa.

### Yleistä ympäristötietoa

Yleisellä ympäristötietoudella tarjottaisiin kaikille PCS-järjestelmän käyttäjille yhteinen hakusanoilla toimiva tieto- ja julkaisupankki ympäristöasioihin liittyvien tietojen välittämiseen ja tarkasteluun. Perustana voisi olla esimerkiksi viranomaisten raportit ja tilastot sekä yritysten ympäristöraportit ja muut julkiset projektit ja tietokannat. Näin ollen tiettyjä tilastoja, ohjeita tai määräyksiä ei tarvitsisi erikseen etsiä eri paikoista, vaan kaikki tarvittava tieto löytyisi yhdestä ”tietopankista”. Myös esimerkiksi uudet lakimuutokset, viranomaisohjeet, tiedotteet, muut säädökset ja toimintaohjeet olisivat helposti kaikkien saatavilla. Tietopankkia voisi päivittää esimerkiksi viestintä- tai ympäristövästavaat henkilöt asiasisällöstä riippuen. Osana tietopankin sisältöä voisi olla myös yritysten ympäristövaikutusten arviointiraportit, vuosikatsaukset, muut ympäristötaseet ja muut mahdolliset ympäristöraportit. Myös eri toimijoiden julkaisemat Best Practices -esimerkit ja -ohjeistukset ovat tärkeitä ympäristöasioiden edistämisen kannalta. Muun muassa C40 Cities Climate Leadership Group (2010) on julkaissut hyviä esimerkki tapauksia siitä, kuinka päästöjä on saatu vähennettyä satamissa, rakennuksissa ja valaistuksen osalta sekä kuinka on pystytty vähentämään jätteiden määrää ja veden kulutusta.

Hyvänä päästöjen vähennysesimerkkinä toimii Göteborgin satama, jossa on pystytty leikkaamaan päästöjä 94–97 % laivojen ollessa kiinnittyneinä satamassa. Normaalitilanteessa, kuten luvussa 2.3.1 todettiin, laivan ollessa laiturissa dieselapukoneet käyvät 60 % teholla. Apukoneet tuottavat sähköä eri tarpeisiin kuten valaistukseen, lämmitykseen, pumppuihin ja purkutoimiin. Göteborgin satamassa laivoille syötetään virtaa sähköverkosta. EU:n alueella yleisesti laskettuna diesel moottoreilla tuotettu sähkö tuottaa kaksinkertaisen määrän hiilidioksidipäästöjä (690–720 gCO<sub>2</sub>/kWh) verrattuna tavalliseen

sähköntuotantoon (330 g CO<sub>2</sub>/kWh) kuten ydinvoimalla, vesivoimalla ja kivihiihillä tuotettuun sähkөөn. Göteborgin satamassa on käytössä uusiutuvia energiamuotoja kuten tuulivoimaa, joten sähkön tuotanto on vieläkin ekologisempaa. On arvioitu, että matkustaja-alus kuluttaa satamassa oloaikana 5 000 kWh sähkөө, mikä tuottaa CO<sub>2</sub>-päästöjä keskimäärin 2 tonnia. Parhaiten järjestelmä sopii Ro-Ro-aluksille, kun taas tankkereille järjestelmä ei sovellu, koska lastin lastaaminen ja purkaminen vaatii laivan omia pumppeja. Järjestelmä on ollut toimiva ja se on vähentänyt kasvihuonekaasupäästöjä tuntuvasti. Myös muita haittoja kuten meluhaittoja on pystytty vähentämään. Järjestelmä maksaa 60 000 – 500 000 €/laituri. (C40 Cities Climate Leadership Group 2010)

Helsingin Satama teetti vuonna 2005 selvityksen matkustaja- ja risteilyalusten siirtymisestä maasähkөөn laiturissa oloajaksi. Selvityksen mukaan yhden laituri paikan varustaminen maasähkөөn vaatii 250 000 – 300 000 € investoinnin. Lisäksi, jos laivassa ei ole maasähkөөvalmiutta muutostyöt laivaa kohden ovat 150 000 – 300 000 €. Selvityksessä otettiin vertailukohdiksi maasähkön käyttö, laivojen apukoneiden käyttö sekä laivojen apukoneiden ja katalysaattorin käyttö laivoissa. Selvityksen tulosten mukaan kustannuksiltaan kalleimmaksi tuli maasähkön käyttö ja halvimmaksi pelkkien apukoneiden käyttö sähköntuotannossa. Päästöjä tarkasteltaessa tilanne oli päinvastainen. Raportissa tultiin siihen johtopäätökseen, että kokonaisympäristövaikutusten kannalta edullisin vaihtoehto olisi investoida apumoottoreiden katalysaattorijärjestelmiin, joiden arvioitu hinta olisi 180 000 € apukone. (Helsingin Satama 2005) Kuitenkin vuonna 2010 maasähkөөkokeiluja tehtiin Helsingin satamassa ja vuonna 2011 Helsingin ja Tukholman välisen laivareitin matkustaja-autolautat siirtyivät maasähkön piiriin (YLE 2010). Kymenlaakson aluetta tarkasteltaessa HaminaKotka Satama Oy:n satamat voisivat hyötyä samasta tekniikasta tarjoamalla maasähkөөä Ro-Ro-laivoille. Vaikka investointikulut olisivat melko suuret, olisi sijoitus rationaalinen markkinoinnin, imagon ja ympäristön kannalta. Tämän tyylliset julkaisut ja hankkeet voisivat toimia signaaleina kehittäessä yritysten ja viranomaisten toimintaa.

### Muita ympäristötyökaluja

Tietotekniikka- ja logistiikkayritykset tarjoavat erilaisia kuljetus-, huolinta-, portaali-, mobiili- ja varastointiratkaisuja ja logistiikka-alan yrityksille (Digia 2009). Valmiit tietotekniikkaratkaisut helpottavat etenkin pienempien yritysten siirtymistä sähköisten palveluiden pariin. Yleensä logistiikan palveluja tuotetaan räätälöityinä ratkaisuin, jolloin tiedonvaihto eri logististen järjestelmien ja yritysten kesken toimii, mutta tiedon välitys kolmansille osapuolille ei välttämättä onnistu jouhevasti. Monilla suurilla logistiikka-alan yrityksillä kuten Itellalla, Schenkerillä, DHL:llä ja VR Transpointilla on toimivia sähköisiä työkaluja, joiden avulla asiakkaat voivat seurata lähetysten kulkua maalla, merellä ja ilmassa toimijasta ja tarjonnasta riippuen. Usein sähköiset palvelut voivat sisältää joukon muitakin palveluita kuten aikataulu- ja hintalaskimia, sähköisiä tilauslomakkeita ja rahtikirjoja ja varastoinnin seurantamahdollisuuden (mm. VR Transpoint 2011; Logistics CIO Forum 2010). PCS-järjestelmässä olevat työkalut voisivat olla paikkatietotyökaluja lähetysten ja kuljetusten seurantaan, jolloin eri toimijat voisivat suunnitella ja tehostaa omia toimintojansa ja optimoida kuljetusreitit ja siten vähentää ympäristönkuormitusta. PCS-järjestelmä voisi tarjota yhteisen alustan eri sidos-

ryhmien mobiilisovelluksille. Tällöin saataisiin keskitetysti suunnitella yhteisiä toimivia palveluita eri sidosryhmille.

Muita osaksi PCS-järjestelmää integroitavissa olevia sähköisiä työkaluja voisivat olla erilaiset simulaatiomallit, joita voisi hyödyntää esimerkiksi kuljetusten suunnittelun ja päästöjen hallinnan apuna. Esimerkiksi Lappeenrannan teknillisen yliopiston Kouvolan yksikkö on luonut osana Mobiilisatama-hanketta simulaatiomallin kuivasatamakonseptista. Kuivasatamakonseptissa sisämaan kuljetukset sataman ja kuivasataman välillä hoidettaisiin rautateitse perinteisen kuorma-auto liikenteen sijaan. Kuivasatama konseptin tarkoituksena on lisätä intermodaalikuljetusten kustannustehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. (Henttu et al. 2010) Vastaavanlaisia kustannussäästöjä ja ympäristöpäästöjä laskevia kuljetussimulaattoreita voisi olla eri sidosryhmien käytettävissä PCS-järjestelmän kautta. Simulaattoreiden tarkoituksena olisi tarjota eri sidosryhmille relevanttia tietoa oman toimintansa tehostamiseksi niin ympäristö- kuin laajemmastakin näkökulmasta tarkasteltuna.

#### Mittarit palvelutason ja onnettomuuksien seurantaan

PCS-järjestelmän yhtenä osana voisi olla palvelutason ja onnettomuuksien mittaaminen. Mittarit kuvaisivat satamasidonnaisten toimijoiden palvelujen ja toiminnan tasoa. Hyvät tulokset, positiivinen ja turvallinen kuva työympäristöstä sekä tyytyväiset asiakkaat ovat elinehto toiminnan jatkuvuudelle. Palvelutasokäsite esimerkiksi yleisesti liikennettä mitattaessa voidaan jakaa viiteen eri arvoasteikkoon. Arvoasteikkoina ovat: *erityispalvelutaso*, jossa on tavoitetason ylittäviä erityistarpeita, *tavoitetaso*, joka mahdollistaa hyvinvoinnin lisäämisen, *peruspalvelutaso*, joka mahdollistaa tavanomaisen liikkumisen ja kuljetukset, *minimipalvelutaso*, jossa turvataan perusturvallisuudelle välttämättömät tarpeet ja *huonoin taso*, jota ei voida hyväksyä. (Tervala et al. 2003) Liikennevirastolla oli uusi strateginen hanke matka- ja kuljetusketjujen palvelutasosta. Siinä lähtökohdiksi otettiin asiakkaiden tarpeet, sidosryhmien odotukset, yhteiskunnalliset tavoitteet ja toimittajamarkkinoiden mahdollisuudet. Näillä tekijöillä määritellään palvelutaso (Liikennevirasto 2011b). Eri arvoilla on mitattavissa joko yksittäisen yrityksen palvelutaso tai suurempi kokonaisuus esimerkiksi satamasidonnaisten toimijoiden yhteinen palvelutaso. Onnettomuuksien seuranta voisi käytännössä olla tietokanta, johon tilastoitaisiin onnettomuudet ja läheltä piti tilanteet. Turvallisuutta ja onnettomuuksia kuvaavalla mittaristolla voidaan tehostaa yleistä turvallisuutta sekä puuttua ja korjata tilanteita, jotka ovat onnettomuuden tai läheltä piti -tilanteen aiheuttaneet.

#### Sertifiointijärjestelmät ISO 14001 ja EMAS

ISO 14001 -ympäristöjärjestelmämalli on melko yleisesti käytössä suurissa yrityksissä Kymenlaakson alueella, mutta etenkin pienillä yrityksillä ei ole vielä standardeja ja järjestelmiä käytössä omassa toiminnassaan. Yleisin käytetyistä ympäristöjärjestelmistä on ISO 14001. Tämä järjestelmä on myös maailman tunnetuin ympäristöjärjestelmämalli, joka auttaa parantamaan ympäristönsuojelun tasoa ja osoittaa ympäristöasioiden hyvää hoitoa. ISO 14001 on tehty joustavaksi, jotta järjestelmää voidaan soveltaa erikokoisiin ja tyyppisiin yrityksiin ja organisaatioihin. Ottaessaan käyttöön ympäristöjärjestelmän yritys sitoutuu ympäristönsuojelutason jatkuvaan parantamiseen. Myös lakisääteisten

velvoitteiden ja asetettujen tavoitteiden tulee täyttyä sekä järjestelmän käyttöönottamiseksi varattava riittävästi resursseja. ISO 14001 tarjoaa yrityksille ja organisaatiolle esimerkiksi seuraavanlaisia hyötyjä:

- ympäristöasioiden yhdistäminen osaksi johtamista ja toiminnan suunnittelua
- kustannustehokkuus raaka-aineiden ja jätteen vähentämisellä
- ympäristötietouden edistäminen
- lainsäädännön noudattaminen ja ennakoiminen tuleviin säädöksiin
- ympäristövaikutusten huomioiminen toimintaprosesseissa ja palvelujen tuottamisessa
- ympäristöriskien parempi hallinta toiminnan turvaaminen
- vastuullisuus ympäristöasioissa eri sidosryhmille
- ympäristöviestinnän tukeminen
- auditoinnit ja riippumattoman osapuolen sertifiointi (Suomen Standardoimisliitto 2011).

EMAS (the Eco-Management and Audit Scheme) on vapaaehtoinen ympäristöjärjestelmä yksityisen sektorin tai julkishallinnon toimijoille. EMAS-järjestelmä perustuu EU:n asetukseen osallistumisesta vapaaehtoiseen ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmään (EY) N:o 1221/2009. ISO 14001-järjestelmä luo EMAS-järjestelmälle pohjan, mutta erona on pakollinen ympäristöselonteko ja ulkopuolinen todennus. (Suomen ympäristökeskus 2010a) Avoimuus ja ympäristötietojen raportointi ovat keskeinen osa EMASia. EMAS-järjestelmästä saatavat hyödyt ovat pitkälti samankaltaisia kuin ISO 14001-järjestelmästä saatavat hyödyt, mutta seuraavassa on lueteltu EMAS:sta saatavat edut:

- vahvistettu ja luotettava ympäristöraportointi, jota voidaan käyttää kaikessa viestinnässä
- jatkuva ympäristötehokkuuden parantaminen
- EMAS-logon käyttöoikeus
- kustannustehokkuus verrattuna järjestelmän sertifiointiin ja erikseen todennettuun raporttiin
- näkyvyys EU:n ja Suomen EMAS-rekisterissä (Suomen ympäristökeskus 2011c).

EMAS-järjestelmän selonteon sisältö on määritelty EU:n asetuksessa N:o 1221/2009. Selontekoon tulee sisällyttää vähintään seuraavat asiasisällöt:

- kuvaus toiminnasta
  - vaatimuksena on selkeä ja yksiselitteinen kuvaus organisaation tai yrityksen toiminnasta, palveluista ja tuotteista.
  - tavoitteena on selkeä kuvaus kaikista toiminnoista.
- ympäristöpolitiikka ja -järjestelmä
  - vaatimuksena ympäristöpolitiikka ja ympäristöasioiden hallintajärjestelmän kuvaus
  - tavoitteena on ympäristösitoumusten esille tuominen kaikkialle organisaatioon.
- ympäristönäkökohdat

- vaatimuksena on kuvaus suorista ja epäsuorista ympäristönäkökohdista, joilla on merkittäviä ympäristövaikutuksia
- tavoitteena on kuvata keskeiset ympäristönäkökohdat ja ympäristövaikutusten selvittäminen. Toiminnan ja ympäristövaikutusten väliset yhteydet on tärkein osio.
- päämäärät ja tavoitteet
  - vaatimuksena on kuvata merkittävimmät ympäristönäkökohdat ja vaikutukset ympäristöpäämääristä ja -tavoitteista.
  - tavoitteena on niiden toimien esittely, jota suunnitellaan ympäristönsuojelun tason parantamiseksi. Merkittävimmät näkökohdat ja niiden parantamiseksi laaditut suunnitelmat on pystyttävä osoittamaan.
- tiedot päästöjen ja muiden ympäristönäkökohtien kehityksestä
  - vaatimuksena on yhteenveto saatavilla olevista ympäristövaikutuksista, joita voidaan verrata edellisten vuosien tietoihin.
  - tavoitteena on ympäristönsuojelun tason, päämäärien ja tavoitteiden kehityksen esittely.
- ympäristölainsäädännön vaatimusten täyttäminen
  - vaatimus on lainsäädännön täyttäminen merkittävien ympäristövaikutusten kannalta
  - tavoitteena on verrata omaa toimintaa lainsäädännössä asetettuihin vaatimuksiin nähden. Myös investoinnit ympäristönsuojelun hyväksi, toiminta eri sidosryhmien kanssa ja turvasuunnitelmat kuuluvat tähän osaan raportointia. (Suomen ympäristökeskus 2010b)
- Keskeiset EMAS-asetuksessa määritellyt indikaattorit

Indikaattoreista on raportoitava ympäristöselonteossa, jos ne liittyvät organisaation välittömiin ympäristönäkökohtiin. Indikaattoreiden on oltava sellaisia, että ne antavat oikean kuvan ympäristönsuojelun tasosta, ovat ymmärrettäviä ja yksiselitteisiä, mahdollistavat vertailun edellisiin vuosiin, muiden maiden ja esimerkkien kanssa sekä lainsäädännössä annettujen vaatimusten kanssa. Keskeisimpinä indikaattoreina voidaan pitää:

- energiatehokkuus
- materiaalitehokkuus
- vesi
- jätteet
- biologinen monimuotoisuus
- päästöt (Asetus 2009).

Sertifiointijärjestelmät ISO 14001 ja EMAS tuovat PCS-järjestelmän visioituun ympäristöosioon lisäarvoa järjestelmien avulla tuotetulla raportoinnilla. Osa raportoiduista tiedoista voisi olla kaikkien sidosryhmien saatavilla ja osa vain tietoa tarvitseville.

### 5.3 Case-esimerkkejä logistiikan tietojärjestelmistä Kymenlaakson alueella

Tutkimuksessa tarkasteltiin case-esimerkkeinä kahta suurta logistiikka-alan toimijaa Kymenlaakson alueella. Painopisteeksi valittiin yritysten tietotekniset järjestelmät ja



niiden toiminnan tehostamisessa ja sitä kautta merkitys päästöjen vähentämisessä. Case-  
esimerkkien tiedot saatiin haastatteluilla ja yritysten Internet-sivuilta.

### 5.3.1 VR Transpoint Massatavaralogistiikka

VR Transpoint kattaa rautatielogistiikan, kappaletavara ja massakuljetukset sekä kansainväliset kuljetukset. VR Transpoint on osa VR Groupia. VR Transpoint Massatavaralogistiikalla on toimipisteitä Kouvolassa, Tampereella ja Lahdessa sekä terminaaleja Kouvolassa ja Vantaalla. Yritys tarjoaa erilaisia massatavaralogistiikan palveluja teollisuuden ja kaupan tarpeisiin. Toimialat ovat mekaaninen ja kemiallinen metsäteollisuus, rakennusteollisuus, rakennuslogistiikka työmaapalvelut, irtokierrätysmateriaalit, kuljetussuunnittelu, varastointi ja kaupan päivittäistavarajakelut. Massatavaroiden kuljetuksissa 85 %:ssa käytetään sähköistä tiedonsiirtoa asiakkaiden välillä. Yrityksessä on todettu, että hyvät ennakkotiedot antavat paremmat lähtökohdat kuljetusten suunnitteluun ja takaavat häiriöttömämmät jakelut. Jokaisesta kuljetuksesta lähetetään ennakkotiedot sekä tilaus-, kuljetus- ja laskusanomat vahvistuksineen. Sähköisessä tiedonsiirrossa tieto on oikeassa muodossa ja siellä missä tietoa tarvitaan. (VR Transpoint 2011)

VR Transpointin käytössä olevalla järjestelmällä voidaan kommunikoida niin tilaajan, vastaanottajan kuin liikennöitsijöidenkin kanssa. Yksinkertaistettu logistinen prosessi tilauksen tekemisestä aina tavarantoimitukseen loppuasiakkaalle etenee seuraavanlaisesti: Asiakas tai tilaaja tekee kuljetustilauksen, josta välittyy tieto sekä tilausten käsittelyyn että kuljetussuunnitteluun. Tarvittaessa kuljetussuunnittelu kommunikoi tilaajan kanssa ja sopii tarkemmista yksityiskohdista tai aikataulusta. Tilaukselle varataan sopiva ajoneuvo ja tämän jälkeen voidaan luoda tilaus järjestelmässä, josta lähetetään joko sähköpostiviesti tai EDI-sanoma tilaajalle, vastaanottajalle ja ajoneuville. Tavarantoimituksen jälkeen lähettäjältä riippuen lähetetään paperiset rahtikirjat ja joissain tapauksissa myös sähköiset rahtikirjat laskutukseen, jossa suoritetaan tilitys. Tämän jälkeen tiedot lähetetään sähköisesti reskontraan ja tehdään tarvittavat raportit. Normaalien taloudellisten raporttien lisäksi yrityksessä kerätään tietoa esimerkiksi kuljetussuoritteista, ajetuista kilometreistä ja kulutetusta polttoaineesta. (VR Transpoint 2011)

VR Transpointin järjestelmän avulla useat tiedot kuten tilauksen vastaanotto, sopivan ajoneuvon valinta sekä tiedot lähettäjälle ja kuorma-autolle saadaan, pääsääntöisesti lähetettyä sähköisesti. Jos yritysten välille on rakennettu tietojärjestelmä, tiedot välittyvät yleisesti EDI-sanomina ja tarvittaessa vielä esimerkiksi sähköpostein. Kuorma-autoihin on asennettu mobiilipäätelaitteet, joissa on Windows XP -käyttöjärjestelmä, karttaohjelmisto, GPS-paikannus, sekä viestien lähettämiseen ja vastaanottamiseen soveltuva Internet-yhteys. Tutkimuksen aikana tehdyssä haastattelussa selvisi, että VR Transpoint on paraikaa päivittämässä autojen tietokonejärjestelmiä uudempiin ja kehittyneempiin järjestelmiin. Käyttöjärjestelmänä on Windows 7. Muita päivityksen kohteena olleita asioita oli muun muassa kartta-aineistot, josta näkee rakennukset ja esimerkiksi lastaussillat. Etukäteistieto lastaussiltojen sijainnista säästää aikaa ja polttoainetta, koska tiedon ansiosta tehdasalueilla tai satamissa ei tarvitse etsiä rahtikirjassa määrättyä lastaussiltaa. Myös kuljetusten suunnittelussa sähköisistä kartta-aineistoista, tilauksista ja lähetystiedoista on todettu olevan apua. Järjestelmästä saavutettavia hyötyä, kuten

toimitusprosessin nopeutta tai asiakastyytyväisyyttä ei ole mitattu millään mittareilla, mutta yleisesti niiden todettiin parantuneen. Yhtiöllä on käytössään ISO 14001 -ympäristöstandardi ja vuosittain tehdään ympäristötase, jossa on tilastoitu esimerkiksi kulutettu polttoainemäärä [l], ajosuorite [km], tyhjänäajo [%] ja päästöt [t ja g/tkm]. Lisäksi ympäristötaseessa on laskettu rakennusten energian ja veden kulutus sekä syntyneiden jätteiden määrä. Verrattuna aiempien vuosien laskelmiin voidaan todeta päästöjen ja suoritteiden osalta, että markkinatalous ja yleinen taloudellinen tilanne määrittelevät vuosittaiset suoritteet ja päästöt. Myöskään tässä tapauksessa ei voida todeta millään mittareilla, että käytettävällä järjestelmällä olisi saatu vähennettyä tyhjänäajoa, polttoaineenkulutusta ja päästömääriä. Haastattelussa kuitenkin kävi ilmi, että järjestelmän avulla on saavutettu ympäristöhyötyjä ja toiminnan tehostumista, mutta mitattuja tuloksia ei ole saatavilla. (Suosalmi 2011)

Kehittyneistä tietojärjestelmistä huolimatta VR Transpointilla ongelmaksi koetaan edelleen asiakkailta tulevat tilaukset. Vaikka 85 % kuljetustilauksista saadaan sähköisessä muodossa, 15 % tilauksista tuottaa ongelmia. Tilaukset voivat olla tehty puhelimella, faksilla tai sähköpostilla. Kiireessä edellä mainituilla tavoilla tehdyt tilaukset saattavat jopa unohtua inhimillisestä erehdyksestä johtuen. Myös asiakkaiden huono motivaatio koettiin ongelmaksi. Huonoon motivaatioon vaikuttavat yleinen taloudellinen tilanne ja erilaiset henkilöstövähennykset. Vaikka tieto tilauksesta kulkee koko toimitusketjun läpi, voidaan tavarat lastata tehtaissa väärin ilman erityisiä lisätietoja. Esimerkiksi tehtaalta voidaan lastata yhteen kuormaan samaa tuotetta, mutta eri laatuja. Satamassa kuorman purkaus voi viedä ilman riittävää informaatiota useita tunteja, jos jokaisen yksikön kohdeterminaali joudutaan erikseen tarkastamaan. Pieni, mutta harmillinen tiedon puute voi viivästyttää tavaran kulkemista koko toimitusketjussa useilla tunneilla. (Suosalmi 2011)

### 5.3.2 Steveco Oy

Steveco Oy on Suomen suurin satamaoperaattori, jolla on toimipaikat Kotkan Mussalossa ja Hietasessa, Haminassa ja Helsingin Vuosaarella. Lisäksi yrityksellä on kaksi tytäryhtiötä Suomen Satamatekniikka Oy ja Oy Saimaa Terminals Ab. Satamaoperaattori Steveco Oy on kehittänyt ja ottanut käyttöönsä uudet porttipalvelut Mussalon konttisatamassa. Etuna on lyhentynyt odotus- ja käyntiaika satamassa. On arvioitu, että uusi järjestelmä vähentää yhden konttiauton läpimenoaika jopa 15–30 minuutilla. Palvelukonseptiin kuuluvat truck Check In, truck Check Net ja eWaybill-palvelut. Truck Check In -palvelu on satamarakennuksen alakerrassa oleva itsepalvelukioski, jossa kuorma-auton kuljettaja voi itse ilmoittaa tuoko hän tyhjän vai täyden kontin sisään satamaan tai viekö hän tyhjän vai täyden kontin ulos satamasta. Toiminto tehdään ennen satamaan sisään menoa. Operaattorilla tulee kuitenkin olla ennakkotiedot satamaan saapuvasta ajoneuvosta joko EDI-sanomana tai eWaybill-sovelluksen kautta lähetettynä. Truck Check Net -konsepti on periaatteessa vastaavanlainen palvelu kuin Truck Check In, mutta tässä sovelluksessa kuljetusliike tai kuorma-auton kuljettaja voi ilmoittaa etukäteen, onko hän tulossa hakemaan konttia satamasta vai viemässä konttia satamaan. Truck Check Net -palvelua käytettäessä ei tarvitse pysähtyä satamaan tullessa itsepalvelukioskille satamaan tultaessa. Laitteistovaatimuksena toimistoissa on Internet-

yhteyteen kykenevä tietokone ja kuorma-autoissa voi olla käytössä esimerkiksi web-selailuun kykenevä matkapuhelin tai kannettavatietokone. Käyttäjätunnuksen perustamista varten tulee Stevecon tiedossa olla kuljetusliikkeen kuorma-autojen rekisterinumerot ja puhelinnumerot sekä vähintään yhden ajojärjestelijän sähköpostiosoite. (Steveco Oy 2011)

eWaybill-palvelu on tarkoitettu satamaan sisään tulevien täysien konttien tarkkojen rahtikirjojen antamiseen. Toisin sanoen eWaybill sovelluksella voidaan korvata EDI-sanomilla välitetyt viestit. Tarkkojen rahtikirjatietojen saamisen jälkeen voidaan käyttää fyysistä palvelutiskiä, Truck Check In -palvelua tai Truck Check Net -palvelua. eWaybill sovellus tarvitsee suuremman näytön, minkä takia laitteistovaatimuksena on PC tai tablet-tietokone. Palveluun kirjaututtaessa tarvitaan Stevecon toimittama noutoviite ja käyttäjätunnus. Palvelun tiedonsiirto prosessi on seuraavanlainen. Ensin kuljetusliike lähettää terminaali-ilmoituksen tai vastaavan sähköpostitse Stevecolle. Stevecon huolinta vahvistaa ilmoituksen ja noutoviitteen sähköpostitse. Lopulliset tiedot kontin sisällöstä lähetetään kuljetusliikkeestä EDI-sanomana tai eWaybill-sovelluksella. Rekka-auton kuljettaja kirjaa itsensä satamaan palvelutiskillä, Truck Check In -palvelulla tai Truck Check Net-palvelulla. Tämän jälkeen rekka-auto voidaan ajaa terminaaliin. (Elomaa 2011) Stevecon kehittämä sähköinen palvelukonsepti tuo nopeutta konttiopeointiin ja lyhentää läpimenoaikaa satamassa, minkä kautta voidaan vähentää kuorma-autojen tyhjäkäyntiä ja vähentää päästöjä ilmaan. Tällaisen järjestelmän kehittäminen vaatii resursseja, mutta se tuo yleensä kilpailuetua yritykselle ja sen asiakkaille. Vaikka Stevecolla on käytössä uusi moderni järjestelmä, PCS-järjestelmällä olisi mahdollista saavuttaa lisähyötyjä. PCS-järjestelmän kautta voitaisiin esimerkiksi välittää tietoa asiakkaille ja muille sidosryhmille laivojen myöhästymisistä sekä informoida muista mahdollisista vaara- ja poikkeamatilanteista, jotka koskettavat Stevecoa ja sen asiakkaita. Myös aiemmin esiteltyjen mahdollisten tietopankkipalvelujen ja sähköisten työkalujen (ks. luku 5.2.) käyttö nykyisten ohjelmien rinnalla voisi tehostaa asiakaspalvelua sekä palvella paremmin uusia asiakkaita.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Port Community System (PCS) -järjestelmän eli satamayhteisön informaatiokeskuksen mahdollisuuksia vähentää ympäristövaikutuksia Suomessa ja erityisesti Kymenlaakson alueella. Kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin yleisellä tasolla logistiikan aiheuttamia ympäristövaikutuksia Suomessa ja tutkittiin millaisia ohjauskeinoja EU:lla on logistiikan ympäristökuormitusten vähentämiseksi. Kymenlaakson alueelta kartoitettiin tavaraliikenteen päästömäärien nykytilaa ja kehitystä laskemalla auto-, juna- ja laivaliikenteen ympäristövaikutukset vuosilta 2001–2009 sekä vertailupohjaksi esitettiin transitoliikenteen päästöjä vuosilta 2005–2009. Lisäksi selvitettiin millaisia logistiikkaan liittyviä älyliikenne- ja tietotekniikkahankkeita ja -visioita on EU:n tasolla vireillä. Osana kirjallisuus tutkimusta selvitettiin ICT-ratkaisujen mahdollisuuksia ympäristöhaittojen vähentämisessä. Tutkimuksessa kuvattiin myös Suomeen soveltuvasta PCS-järjestelmästä saatavia ympäristöhyötyjä ja ympäristötyökaluja, joita PCS-järjestelmä voisi sisältää. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin kahden Kymenlaaksossa operoivan logistiikkayrityksen kohdistetun case-esimerkin avulla, minkälaisia logistisia toimintoja helpottavia ja ympäristöasioita parantavia tietojärjestelmiä logistiikkayrityksillä on tänä päivänä käytössä. Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan todeta, että ympäristöhyötyjä ja kustannussäästöjä voidaan saavuttaa pienilläkin investoinneilla. Vastaavasti suuren mittakaavan älyliikennejärjestelmät ja kansalliset strategiat vaativat suuria investointeja ja standardeja, jotta järjestelmistä saatavat hyödyt olisivat kaikille satamayhteisön sidosryhmille tasapuolisia. Älykkäillä ratkaisuilla voidaan saavuttaa merkittäviäkin maailmanlaajuisia ympäristöhyötyjä, mutta kansallisen toimivan älykkään järjestelmän käyttöönottoon kuluu vielä monia vuosia.

Logistiikan ympäristövaikutukset voidaan jakaa välittömiin ja välillisiin ympäristövaikutuksiin. Välittömällä ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan suoria päästöjä ja vaikutuksia, joita kuljetusten aikana aiheutuu luonnolle ja ihmisille. Keskeisimmät välittömät ympäristövaikutukset, joita työssä tarkasteltiin olivat ilmastonmuutos, päästöt ilmaan, melu ja värinä. Välillisillä ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan puolestaan niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat esimerkiksi pitkällä aikavälillä ihmisiin, eläimiin ja luontoon. Logistiikan välillisiä ympäristövaikutuksia voidaan tarkastella eri laajuuskäsitteillä. Tarkasteluun voidaan ottaa muun muassa ympäristövaikutusten arviointi ja elinkaarianalyysi (Life Cycle Assessment), joka pitää sisällään muun muassa polttoaineen tuotannosta ja jakelusta sekä ajoneuvojen ja renkaiden valmistuksesta aiheutuvat päästöt. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kuitenkin ainoastaan seuraaviin välillisiin ympäristövaikutuksiin: väylien käyttö, luonnon monimuotoisuuden muutokset ja ihmisten terveyteen vaikuttavat tekijät.

Osana tutkimusta tarkasteltiin ja laskettiin Kymenlaakson alueen välittömiä ympäristövaikutuksia vuosilta 2001–2009 VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmän avulla (ks. tarkemmin luku 2.3 ja 3). Välittömien ympäristövaikutusten osalta saatiin laskennallisia tuloksia laiva-, raskas maantie- ja rautatiekuljetusten päästöistä ilmaan. Vertailupohjaksi tarkasteluun otettiin mukaan transito- eli kauttakulkuliikenteen päästöt ilmaan Suomessa vuosilta 2005–2009, jotka Liikenne- ja viestintäministeriö on tuottanut Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset -tietokonemallin (TRAMA) avulla (ks. tarkemmin luku 3.1). Transitoliikenteen aiheuttamien ympäristövaikutusten tarkastelu nähtiin tut-

kimuksessa tärkeänä, koska kauttakulkuliikenne muodostaa merkittävän osan Kymenlaakson alueella tapahtuvasta logistiikasta. Kymenlaakson alueen välittömien ympäristövaikutusten analysoimiseksi tarkasteluun otettiin mukaan myös Kouvolan alueella tehdyt rautatieliikenteen melu- ja värinämittaukset.

Edellä mainituista kuljetusmuodoista laskettiin päästöt (t/a) hiilidioksidin, rikkidioksidin ja typenoksidien osalta sekä energian- ja polttoaineen kulutus (GJ/a ja t/a). Laskelmista saatiin selville, että raskas maantieliikenne on käytetyin kuljetusmuoto Kymenlaaksossa polttoaineen- ja energiankulutuksen osalta mitattuna. Maantieliikenne on myös tarkastelluista kuljetusmuodoista suurin hiilidioksidi- ja typpipäästöjen aiheuttaja Kymenlaakson alueella. Suurimmat rikkidioksidipäästöt aiheutuvat puolestaan laivaliikenteestä. Tämä selittyy sillä, että laivoissa käytetään runsasrikkistä polttoainetta. Laivoissa käytetyn polttoaineen rikkipitoisuus on 1,1 %, kun taas kuorma-autoissa käytetävän dieselin rikkipitoisuus on vain 0,01 %. Laskelmista oli selvästi havaittavissa, että rautateitse tapahtuva tavaraliikenne on päästömäärien ja energiankulutuksen suhteen selvästi ympäristöystävällisin kuljetusmuoto. Ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna tavaroiden kuljettamista rautateitse tulisi suosia jopa poliittisin ohjaukskeinoin. Raideliikenteen suosiminen vaatisi luonnollisesti lisäratakapasiteettia etenkin eteläiseen Suomeen ja uusien kilpailijoiden tuloa junaliikenteeseen. Hyvänä esimerkkinä tästä olisi suunnitteilla oleva rantarata Helsingistä Kotkaan ja aina Pietariin asti. Eri kuljetusmuotojen energiankulutusten osalta on todettavissa, että junilla ja laivoilla on mahdollista kuljettaa moninkertainen määrä tavaraa yhtä energiayksikköä kohden verrattuna raskaaseen tieliikenteeseen. Suurimmat syyt raskaan maantieliikenteen runsaaseen käyttöön Kymenlaakson alueella ovat Suomen kautta itään suuntautuva kauttakulku- eli transito-liikenne, hajautettu teollisuus sekä satamatoiminnot kahden kaupungin välillä. Itätransitossa käytetään yleisesti puoliperävaunua tavaroiden kuljetukseen. Syy puoliperävaunujen käyttöön itätransitossa on se, että välimatkat ovat lyhyempiä ja tavarat saadaan kuljetettua suoraan määränpäähen perille ilman kuljetusmuodon vaihtoa. Kotkan ja Haminan satamista sekä Kouvolan logistiikkakeskittymästä kuljetetaan runsaasti transitotavaroita Venäjälle ja muihin IVY-maihin.

Osana kirjallisuuskatsausta kartoitettiin, millaisia älyliikenteen ja telematiikan linjauksia logistiikan ympäristöhaittojen ja energiankulutuksen vähentämiseksi on olemassa niin Suomessa kuin EU:ssa. Älykkäällä liikenteellä tarkoitetaan yleisesti tieto- ja viestintätekniikan soveltamista liikennejärjestelmissä. Älykästä liikennettä voidaan pitää myös yläkäsitteenä liikennejärjestelmissä ja kulkuneuvoissa sovellettaville informaatiotekniikoille. Älyliikennettä voidaan pitää ilmastonmuutoksen ohella yhtenä merkittävämpänä yksittäisenä murroksena vuosien 1990–2030 välillä. EU:n ja sitä edeltävien eri Euroopan yhteisöjen liikennepoliittisilla suunnitelmissa on pohjustettu EU:n ja sitä kautta Suomen nykyliikennepoliittikkaa ja älyliikenteen tavoitteita. Suomessa valmistui vuonna 2009 kansallinen älyliikennestrategia, jossa asetettiin tavoitteita ja liikennepoliittisia linjauksia vuodelle 2020. Keskeisiä liikennepoliittisia uudistamiskeinoja ovat tieto- ja viestintätekniikan käyttö sekä ilmasto- ja ympäristöpolitiikan edistäminen ja liikenneturvan parantaminen.

EU:lla on useita erilaisia liikennepoliittisia ja älyliikenteen linjauksia. Esimerkkejä keskeisistä liikennepoliittisista linjauksista ovat TEN-konsepti, Eurooppa 2020 -strategia ja

EU:n valkoinen kirja ja e-Maritime. Vuonna 2010 EU antoi direktiivin (2010/40/EU) tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönotosta sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista. Direktiivin keskeisenä sisältönä on löytää älyliikenteen avulla keinoja tieinfrastruktuurin ruuhkautumiseen estämiseksi, energian kulutuksen vähentämiseksi ja sitä kautta ympäristö- ja yhteiskunnallisten ongelmien vähentämiseksi. Älykkään liikenteen käyttäminen koko Euroopan unionin alueella vaatii määräyksiä ja standardeja. Määrityksissä olisi otettava huomioon ja hyödynnettävä kokemuksia ja tuloksia muista älykkään liikenteen järjestelmistä. Älykkään liikenteen järjestelmien olisi rakennuttava yhteentoimiville avoimen ja julkisen standardin ratkaisuille. Tällöin järjestelmä olisi syrjimättömästi kaikkien sovelluskehittäjien ja palveluntarjoajien saatavilla. EU:lla ja kumppaneilla on monia älykkäitä visioita, suunnitelmia ja hankkeita, joissa käytetään apuna tietotekniikkaa ja telematiikkaa. Tällaisia hankkeita ovat esimerkiksi e-freight, e-customs ja e-navigation. Keskeistä näillä projekteilla on tiedonvaihdon ja yleisen informaation siirron, toiminnan ja kilpailukyvyn parantaminen ja tehostaminen sekä kustannusten alentaminen. Lisäksi järjestelmät parantavat turvallisuutta ja riskienhallintaa. Euroopan Unionin e-maritime-aloitteella pyritään parantamaan meriliikenteen hallinnollisia menettelytapoja ja velvollisuuksia. E-maritime tavoitteena on myös parantaa meriliikenteen turvallisuutta, ympäristöystävällisyyttä, kilpailukykyä ja työskentelyolosuhteita. E-maritime-aloite tulee sisältämään EU:n poliittisia linjauksia, strategioita ja muita relevantteja EU:n puiteohjelmia. E-maritime hyödyntää ja tukee myös muita EU:n hankkeita kuten esimerkiksi e-freight, e-customs ja e-navigation. Lisäksi AIS- ja VTS-järjestelmien (alusten paikka- ja aikataulutietojen) liittäminen PCS-järjestelmään parantaisi meriturvallisuutta ja ympäristöhaittojen torjuntaedellytyksiä.

Suomessa, Euroopassa ja muuallakin maailmassa uskotaan älyliikenteen ja älykkäiden järjestelmien tuovan osittaisen ratkaisun päästötavoitteiden saavuttamiseksi. Älyliikenteen sovellukset voidaan jakaa karkeasti kolmeen kategoriaan. Ensimmäinen kategoria on älykkäät ratkaisut, jotka helpottavat ihmisten arkea ja ohjaavat ihmisten käyttäytymistä ja toimintaa ympäristöystävällisempään suuntaan. Tällaisia voivat olla automaattiset hiilijalanjälkilaskurit ja sosiaalisen median palvelut. Tärkeänä pidetään tiedon ja tietokantojen standardointia, jotta tieto olisi luotettavaa ja vertailukelpoista. Toinen kategoria pitää sisällään erilaisia teknisiä ratkaisuja ja parannuksia. Esimerkkejä tällaisista ovat älykkäät moottorit, rakennukset ja sähköverkot, älykäs logistiikka sekä erilaiset langattomat sensorit ja tietoliikenneverkot. Esimerkiksi raskaassa kuorma-autoliikenteessä olisi mahdollista vähentää kasvihuonekaasupäästöjä seuraavilla teknisillä menetelmillä: pyörintävastuksen pienentäminen (noin 3 % hyöty), aerodynaamiset parannukset (1 %) sekä moottorien, vaihteistojen ja teknisten osien parannukset (jopa 7 prosentin säästö). Kolmantena kategoriana voidaan pitää nykyisten toimintojen optimointia, joista esimerkkejä logistiikan toimialalla ovat:

- logistiikantietoverkkojen optimointi
- kaupalliset intermodaalikuljetukset
- keräilyoptimointi ja jakelun tarkempi suunnittelu
- kuljetusreittien optimointi ja taloudellinen ajaminen
- alusten täyttöasteen maksimointi
- laivaliikenteen optimointi
- pakkausten minimointi.

Esimerkiksi kuorma-autojen lastauskapasiteetin nostaminen nykyisestä 50 % suuremmaksi voisi vähentää päästöjä jopa 15 %. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että kahdella kuorma-autolla voitaisiin kuljettaa kolmen kuorma-auton kuorma. Löytämällä älykkäistä ratkaisuksista, tekniikoista ja optimoinneista parhaimmat ja kustannustehokkaimmat vaihtoehdot voidaan saavuttaa merkittäviäkin säästöjä niin kustannuksissa kuin päästöjen määrissä.

Tutkimuksessa arvioitiin Suomeen soveltuvan Port Community System (PCS) -järjestelmän eli satamayhteisön informaatiokeskuksen potentiaalisia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arvioimiseksi valittiin keskeisimmät vaikutusmekanismit. Tarkasteluun otetut vaikutusmekanismit valittiin sillä perusteella, että kirjallisuudessa oli tietoa vaikutusmekanismien päästövähennysmääristä. Tämän esitiedon perusteella pystyttiin luomaan jonkinlaisia suuntavia arvioita Suomen ja Kymenlaakson alueen päästövähennysmääristä. Valitut vaikutusmekanismit ovat: jonotusaikojen lyhentäminen, turhien ajosuoritteiden minimoiminen, paperidokumenttien vähentyminen, älykäskäsiikenne, kevyet asiakaspäätteet, keskitetyt palvelinkeskukset, älykäs valaistus ja roskaposti.

Suurin osa PCS-järjestelmällä saavutettavissa olevista ympäristöhyödyistä liittyy tavalla tai toisella järjestelmän käyttöönoton myötä parantuneeseen tiedon välitykseen ja saatavuuteen eri sidosryhmien välillä. Tiedonvälityksen ja saatavuuden parantuminen lisää koko logistisen toiminnan tehokkuutta. Esimerkiksi etukäteistieto laivan myöhästymisestä, satamalakosta, poikki olevasta tiestä tai muusta merkittävästä poikkeamasta auttaa eri sidosryhmiä uudelleen suunnittelemaan omat toimintansa. Tällöin vältetään turhien henkilöstö- ja kuljetusresurssien käyttöä eli pystytään parantamaan omaa tehokkuutta.

PCS-järjestelmä antaisi eri toimialoille mahdollisuuden siirtyä kevyeen asiakaspäätte (Thin client) -järjestelmään. Thin client tarkoittaa kevyttä tietokonetta, joka on yhteydessä muissa tiloissa olevaan keskustietokoneeseen. Kevyiden asiakaspäätetietokoneiden etuna on pienempi energiankulutus verrattuna tavalliseen tietokoneeseen. Kevyen asiakaspäätteen vuotuiset ylläpitokustannukset ovat noin 20 % pienemmät perinteiseen tietokoneeseen verrattuna. Kevyiden asiakaspäätteiden heikkoutena on servereiden ja viestintäverkon kuormittuminen. Thin client -järjestelmän käyttöönotto käytännön tasolla edellyttää keskitettyjä palvelinkeskuksia. Keskitämällä palvelinkeskukset suuriksi yksiköiksi voidaan tehostaa energiankulutusta ja siten vähentää päästöjä. Päästövähennysmäärä on suoraan verrannollinen käyttöasteen ja energiatehokkuuden parantamiseen sekä lämmön talteenottoon. Palvelinten sähkön kokonaiskulutus ja lämmön talteenotto vaihtelee välillä 0–80 %. Suuret tietoliikennejärjestelmät, kuten PCS-järjestelmä vaatii suuren määrän tietoliikenneverkko kapasiteettia toimiakseen. Kevyet asiakaspäätteet ja keskitetyt palvelinkeskukset lisääisivät PCS-järjestelmän energiatehokkuutta, mutta tiedonsiirrolle tulisi varata riittävästi kapasiteettia pullonkaulojen välttämiseksi.

Älykäs valaistus on maailmanlaajuisesti yksi merkittävä keino energiakulutuksen ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi, mutta Suomessa säästöt eivät ole kovin merkittäviä verrattuna muihin ICT-ratkaisuihin. Käytännössä sähköä säästetään erilaisten anturien ja liiketunnistimien avulla tai hämäräkytkimillä. Tällä tekniikalla voidaan säästää 10–20 % sähköä. Monessa paikassa niin varastoissa kuin satamissa on jo

älykkäät valaisimet, jotka toimivat juuri edellä mainituilla tekniikoilla. PCS-järjestelmällä voitaisiin ohjata älykästä valaistusta paremmin ja tehokkaammin. Esimerkiksi pimeään aikaan satamaan johtavilla tieosuuksilla ja satamassa voitaisiin anturien avulla tehostaa valaistusta tilanteen mukaan, jotta vältettäisiin onnettomuuksia. Liikenteen ollessa vähäistä valon voimakkuuden määrä voidaan vähentää. Valaistusta ohjaisi pääasiassa sensorit ja anturit, mutta valaistusjärjestelyissä voidaan ottaa huomioon myös PCS-järjestelmästä saatu tieto esimerkiksi onnettomuudesta satama-alueella. Tällöin PCS-järjestelmän avulla voitaisiin automaattisesti lisätä valaistuksen määrää etenkin onnettomuus alueella.

Tulostaminen on viime vuosina vähentynyt tehokkaampien Internet-yhteyksien ja lisääntyneen sähköpostin käytön myötä. PCS-järjestelmän yhtenä tavoitteena kokonaan sähköisten dokumenttien on käyttäminen. Vaikkei kaikkia dokumentteja saisi sähköistettyä, saataisiin PCS-järjestelmän avulla paperikulutusta minimoitua. Toistaiseksi pelkät sähköiset dokumentit eivät aina riitä, joten paperille tulostettuja dokumentteja tarvitaan edelleen. Tulostamista ja paperin kulutusta voidaan vähentää esimerkiksi tulostamalla paperin molemmille puolille aina kun mahdollista. Suomessa käytetään vuosittain tulospaperia 30 000 tonnia. Jos oletettaisiin, että kaikesta tulostuksesta 20–50 % olisi kaksi puoleista tulostusta, pystyttäisiin vuotuisia hiilidioksidimääriä vähentämään 16 000 – 41 000 tonnia.

Sähköpostiliikenteestä noin 90 % on roskapostia. Vuonna 2010 päivittäinen roskapostin määrä maailmalla oli noin 200 miljardia viestiä. Parantuneet ja kehittyneet virusturvat poistavat useimmat roskapostit, mutta roskapostit kuormittavat tietoliikenneverkkoja ja tietokoneita. On arvioitu, että roskapostin energiankulutus on noin 22 kWh/käyttäjä/vuosi. Entistä tehokkaammat roskapostisuodattimet ja virusturvat voivat vähentää roskapostia jopa 50–80 %. Paremmalla tietoturvalla saadaan vähennettyä hiilidioksidipäästöjä 39 000 – 62 000 tonnia vuodessa. PCS-järjestelmässä suojatut sisäiset intranet-tiedonsiirtoverkot voisivat vähentää virusten ja roskapostien määrää eri sidosryhmien välisessä tiedonsiirrossa. Tällöin turhat haittaohjelmat vähentävät tietoliikenneverkkojen kuormitusta ja sitä kautta säästetään energiaa ja vähennetään päästöjä.

PCS-järjestelmä Kymenlaakson alueella ja muualla Suomessa voisi toimia myös eräänlaisena ympäristötietouden keskuksena viranomaisille, satamille ja muille logistiikan parissa toimiville yrityksille, jotka ovat PCS-järjestelmään aktivoituneina. PCS-järjestelmän ympäristöosion kautta viranomaiset ja muut sidosryhmät saisivat helposti haettua ympäristötietoutta järjestelmän kautta yhden luukun periaatteella. Monipuolinen tietojärjestelmä antaisi yleistä tietoa esimerkiksi logistiikan ympäristövaikutuksista, Best Practises -menetelmistä, mitatuista tuloksista, raporteista, sertifikaateista (ISO 14001 ja EMAS), päästölaskureista sekä muista ajankohtaisista ja reaaliaikaisista ympäristötiedoista. PCS-järjestelmästä saatava tieto voisi olla kaikkien työntekijöiden saatavilla esimerkiksi jalostettuna, tiivistettynä ja yksinkertaistettuna kansantajuisessa muodossa.

Työn lopuksi tarkasteltiin kahta Kymenlaaksossa operoivaa logistiikkatoimijaa VR Transpoint Oy:tä ja Steveco Oy:tä. Tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia ICT- tai älykkäitä ratkaisuja yrityksillä on käytössä ja onko järjestelmillä saavutettu ympäristö-



hyötyjä. Tarkastelun tuloksena on todettavissa, että VR Transpoint Oy:n ja Steveco Oy:n ICT-järjestelmät ovat nykyaikaisia ja toimivia, mutta järjestelmät on suunniteltu asiakaspalvelun ja oman toiminnan tehostamista varten. Järjestelmiä suunniteltaessa ympäristönäkökohtia ei ole otettu niinkään huomioon. Järjestelmien on kuitenkin todettu tuovan ympäristöhyötyjä esimerkiksi kuorma-autojen tyhjänä ajon vähenemisenä ja odotusaikojen lyhenemisenä. Lisäksi ajantasaiset karttasovellukset ovat parantaneet reittien optimointia. Vaikka ympäristöhyötyjä on todettu, niistä ei ole saatavissa mitattua ja tilastoitua tietoa.

Tämä tutkimus tuotti arvokasta taustatietoa Suomeen soveltuvan PCS-järjestelmän ympäristövaikutuksista. Jatkokehityshankkeena voisi olla PCS-järjestelmään soveltuvien ympäristöhyötyjen ja -työkalujen pilotointi. Joitakin tutkimuksessa tarkasteltuja sovelluksia, kuten kevyitä asiakaspäätteitä, on jo testattu Suomessa. Viranomaiset ja suuret satamasidonnaiset toimijat voisivat pilotoida kevyitä asiakaspäätteitä ja muita luvussa 5.2 esiteltyjä mahdollisia PCS-järjestelmän ympäristötyökaluja ja muita sovelluksia ja mitata niiden päästövähennyksiä ja vertailla eri laitteiden soveltuvuutta ja kustannustehokkuutta. Pilotointi voitaisiin toteuttaa esimerkiksi muiden tietoteknisten hankkeiden päivitysten ohella. Helsingin satamassa tulostuspaperin määrää on vähennetty viime vuosina ja paperinkulutusta on tilastoitu. Tulostuspaperin säästämiseksi samanlaista toimintamallia voitaisiin noudattaa muissakin Suomen satamissa. Erilaisia päästö- ja ympäristölaskureita on käytössä, mutta ongelmana voidaan pitää niiden yhdenmukaisuuden puutetta. Olisi suotavaa, että päästömääristä saataisiin yhdenmukaiset tulokset, joita voitaisiin vertailla. Viranomaisraportit, säädökset, yritysten ympäristö- ja vuosiraportit sekä yliopistojen tutkimustulokset ovat saatavissa eri toimijoiden portaaleista tai sisäisistä intranet-järjestelmistä. Tämä tekee ajankohtaisten ja muiden tärkeiden tietojen ja tutkimusten etsimisen hankalaksi. Olisi suotavaa koota kaikki yhteinen satamasidonnaisten sidosryhmien tarvitsema ympäristötieto yhteen tietoportaaliin. Tällaisen portaalin käyttäminen edellyttäisi täysin sähköisiä dokumentteja ja tiedostoja toimiakseen. Sähköinen tietopankki tarvitsisi jokaiselta sidosryhmätaholta yhteyshenkilön, joka toimittaisi ja päivittäisi tietoa järjestelmään. Lisäksi viranomaisten salassa pidettävät materiaalit tulisi ottaa huomioon.

## LÄHTEET

Ahola, J., Ahlqvist, T., Ermes, M., Myllyoja J. & Savola, J. (2010). ICT for environmental Sustainability. VTT Research Notes 2532. Espoo. 57 s. [Viitattu 7.7.2011]. Saatavissa: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2532.pdf>>

Ames, B. (2007). Cambridge to host wireless sensor network. Infoworld. [Viitattu 25.7.2011]. Saatavissa: <<http://www.infoworld.com/t/networking/cambridge-host-wireless-sensor-network-413>>

Arposalo, A. & Lienes, M. (2007). TRAKET II – Turvallisuus ja ympäristövaikutukset transitoliikenteessä. Lappeenranta University of Technology, Northern Dimension Research Center. Publication 43. Lappeenranta. [Viitattu 13.6.2011]. Saatavissa: <<http://www.lut.fi/en/nordi/publications/publicationslist/2007/pages/publication43.aspx>>

Asetus (2009). (EY) N:o 1221/2009. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus organisaatioiden vapaaehtoisesta osallistumisesta yhteisön ympäristöasioiden hallinta- ja auditointijärjestelmään (EMAS-järjestelmä) ja asetuksen (EY) N:o 761/2001 ja komission päätösten 2001/681/EY ja 2006/193/EY kumoamisesta.

Bayly, M., Fildes, B., Regan, M. & Young, K. (2007). Review of crash effectiveness of Intelligent Transport Systems. TRACE – TRAffic Accident Causation in Europe. Saatavissa: <[http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/doc/rtd\\_projects/fact\\_sheets\\_fp6/call\\_4/trace.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/rtd_projects/fact_sheets_fp6/call_4/trace.pdf)>

Belt, J., Lämsä, V.-P., Savolainen, M. & Ehrola, E. (2002). Tieliikenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. Tiehallinto 2002, Helsinki. [Viitattu 21.3.2011]. ISSN 1457-9871. ISBN 951-726-881-5. TIEH 3200747. Saatavissa: <[http://oci.oulu.fi/OuluConstructionInnovations/Tiedostot/Projektit/selv15\\_02.pdf](http://oci.oulu.fi/OuluConstructionInnovations/Tiedostot/Projektit/selv15_02.pdf)>

C40 Cities Climate Leadership Group (2010). Best practices. Ports Göteborg, Sweden. [Viitattu 17.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.c40cities.org/bestpractices/ports/gothenburg\\_ships.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/ports/gothenburg_ships.jsp)>

Commission of the European Communities (2009). COM(2009), 10 Final. Communication and action plan with a view to establishing a European maritime transport space without barriers. [Viitattu 10.5.2011]. Saatavissa: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0010:FIN:EN:HTML>>

D 2010/40/EU (2010). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/40/EU, tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista ETA:n kannalta.

Diaz, M. F. (2009). Port Community System: A Key Component of the Future Vision for Cargo and Port Security. *Logistics Journal*. [Viitattu 1.8.2011]. Saatavissa: <<http://innovation.es/wp-content/uploads/2011/04/Logistics-Journal-Port-Community-System-A-Key-Component-of-the-Future-Vision-for-Cargo-and-Port-Security-10-2009.pdf>>

Digia (2009). Logistiikan tietojärjestelmäratkaisut. [Viitattu 13.9.2011]. Saatavissa: <[http://www.digia.com/C2256FEF0043E9C1/0/5F05F96BEBD5D451C225746A002E7767/\\$file/Ratkaisuesite\\_logistiikka\\_Digia\\_20090525.pdf](http://www.digia.com/C2256FEF0043E9C1/0/5F05F96BEBD5D451C225746A002E7767/$file/Ratkaisuesite_logistiikka_Digia_20090525.pdf)>

e-Freight (2010). e-Freight: Let`s make it happen. A European roadmap. e-Freight-hankkeen esite.

Elomaa, J. (2011). Käyttöohje eWaybill www-palvelu Steveco. Versio 1.0.0.02. 12 s. [Viitattu 17.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.steveco.fi/folders/Files/eWaybill%20k%C3%A4ytt%C3%B6hje%20FIN%20v1%200%200%2002.pdf>>

Euroopan komissio (2001). Valkoinen kirja. Eurooppalainen liikennepolitiikka vuoteen 2010: valintojen aika. Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto. ISBN 92-894-0346-2. [Viitattu 11.5.2011]. Saatavissa: <[http://ec.europa.eu/transport/white\\_paper/documents/doc/lb\\_texte\\_complet\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/transport/white_paper/documents/doc/lb_texte_complet_fi.pdf)>

Euroopan komissio (2011). ”Valkoinen kirja – Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää. [Viitattu 13.5.2011]. Saatavissa: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:FI:PDF>>

European Commission (2008). Electronic Customs Multi-Annual Strategic Plan 2008 Yearly Revision. [Viitattu 13.7.2011]. Saatavissa: <[http://ec.europa.eu/taxation\\_customs/resources/documents/customs/policy\\_issues/e-customs\\_initiative/masp\\_strategic\\_plan\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/taxation_customs/resources/documents/customs/policy_issues/e-customs_initiative/masp_strategic_plan_en.pdf)>

European Commission; DG Enterprise & Industry (2009). The potential of Intelligent Transport Systems for reducing road transport related greenhouse gas emissions. A Sectoral e-Business Watch study by SE Consult. Special Study No. 02/2009. Final Report version 1.2. [ 18.7.2011]. Saatavissa: <[http://ec.europa.eu/enterprise/archives/e-business-watch/studies/special\\_topics/2009/documents/SR02-2009\\_ITS.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/archives/e-business-watch/studies/special_topics/2009/documents/SR02-2009_ITS.pdf)>

European Commission Mobility & Transport (2010a). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/40/EU. [Viitattu 24.9.2011]. Saatavissa: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:207:0001:0013:FI:PDF>>

European Commission Mobility & Transport (2010b). Intelligent Transport Systems, Action Plan and Directive. [Viitattu 24.9.2011]. Saatavissa: <[http://ec.europa.eu/transport/its/road/action\\_plan/action\\_plan\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/its/road/action_plan/action_plan_en.htm)>

European Commission Mobility & Transport (2011). TEN-T / Transport infrastructure. [Viitattu 11.5.2011]. Saatavissa: <[http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/index_en.htm)>

European Environment Agency (2009). Transport at a crossroads. TERM 2008: indicators tracking transport and environment in the European Union. European Environment Agency, Copenhagen. [Viitattu 26.4.2011]. Saatavissa: <[http://www.eea.europa.eu/publications/transport-at-a-crossroads/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/transport-at-a-crossroads/at_download/file)>

European Environment Agency (2010). Towards a resource-efficient transport system. TERM 2009: indicators tracking transport and environment in the European Union. European Environment Agency, Copenhagen. [Viitattu 26.4.2011]. Saatavissa: <[http://www.eea.europa.eu/publications/towards-a-resource-efficient-transport-system/at\\_download/file](http://www.eea.europa.eu/publications/towards-a-resource-efficient-transport-system/at_download/file)>

European Environment Agency (2011). Environmental Terminology and Discovery Service (EDTS) Business as usual. [Viitattu 10.10.2011]. Saatavissa: <[http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept\\_html?term=business-as-usual%20scenario](http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=business-as-usual%20scenario)>

Fog, A. (2000). Man Machine Interface. Compendium on user-friendly design. Copenhagen University College of Engineering. [Viitattu 13.9.2011]. Saatavissa: <<http://www.eit.ihk-edu.dk/subjects/mmi/>>

Foster, P. (2011). The Green IT report. DHL launches as online logistics CO2 calculator. [Viitattu 8.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.thegreenitreview.com/2011/08/dhl-launches-online-logistics-co2.html>>

Friman, H. (1989). Autolauttaliikenteen vaikutus vesimassaan ja rantoihin Etelä-airistolla. Pro-gradu tutkielma. Turun yliopiston maantieteenlaitos. 79 s. [Viitattu 6.7.2011]. Saatavissa: <<http://users.utu.fi/jojoivi/gradu.pdf>>

Global eSustainability Initiative & The Climate Group (2010). SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. [Viitattu 13.7.2011]. Saatavissa: <[http://www.smart2020.org/\\_assets/files/02\\_Smart2020Report.pdf](http://www.smart2020.org/_assets/files/02_Smart2020Report.pdf)>

Goose, G. (2007). Virtual Container Yards to Decrease Congestion and Improve Efficiency. Innovative Technology and Programs, Long Beach Convention Center, February 27, 2007, eModal-esityskalvot.

Hallituksen esitys (1993). HE 289/1993. Hallituksen esitys Eduskunnalle ilmastonmuutosta koskevan Yhdistyneiden Kansakuntien puitesopimuksen hyväksymisestä. [Viitattu 7.10.2011]. Saatavissa: <<http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/1993/19930289>>

HELCOM Responce (2010). Illegal discharges of oil in the Baltic Sea during 2009. HELCOM Indicator Fact Sheet 2010. [Viitattu 22.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.helcom.fi/BSAP\\_assessment/ifs/ifs2010/en\\_GB/illegaldischarges/](http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/ifs/ifs2010/en_GB/illegaldischarges/)>

Helsingin Satama (2005). Selvitys Eteläsataman ja Katajanokan matkustaja-alusten liittämisestä maasähköön. Electrowatt-Ekono Oy. Jaakko Pöyry Group. Selvitys 60K05367.01.Q060. 32s. [Viitattu 19.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.portofhelsinki.fi/download/12958\\_maasahkoselvitys\\_2005\\_final.pdf](http://www.portofhelsinki.fi/download/12958_maasahkoselvitys_2005_final.pdf)>

Helsingin Satama (2010). Ympäristövastuuraportti 2010. [Viitattu 4.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.helsinginsatama.fi/download/14474\\_Ymparistovastuu\\_2010.pdf](http://www.helsinginsatama.fi/download/14474_Ymparistovastuu_2010.pdf)>

Henttu, V., Lähti, L. & Hilmola, O.-P. (2010). Financial and Environmental Impacts of a Dry Port to Support Two Major Finnish Seaports. Lappeenranta University of Technology, Kouvola unit. [Viitattu 10.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.kuivasatama.fi/files/download/Tutkimusraportti224-HenttuLattilajaHilmola.pdf>>

Henttu, V. (2011). Regional Survey Study from Dry Port Concept in South-East Finland. Lappeenranta University of Technology, Department of Industrial Management. Research Report 230. [Viitattu 25.10.2011]. Saatavissa: <[http://kuivasatama.fi/file/!id94/files/attachment/Research\\_Report\\_230.pdf](http://kuivasatama.fi/file/!id94/files/attachment/Research_Report_230.pdf)>

Henttu, V. & Multaharju, S. (2011). Transshipment Costs of Intermodal Transport in Finnish Context. Lappeenranta University of Technology, Department of Industrial Management. Research Report 234. [Viitattu 25.10.2011]. Saatavissa: <[http://www.kouvola.lut.fi/files/download/Research\\_Report\\_234-20110824.pdf](http://www.kouvola.lut.fi/files/download/Research_Report_234-20110824.pdf)>

IALA-AISM (2007). The IALA Vision for e-Navigation. Nordic Navigation Conference. Oslo 16 & 17 October 2007. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa: <<http://www.nornav.org/getfile.php/563991.753.auvtfbptbr/The%20IALA%20Vision%20for%20e-Navigation.pp>>

IALA-AISM (2011). IALA Committees. E-navigation. [Viitattu 16.6.2011]. Saatavissa: <[http://www.ialathree.org/chapo/committees/e\\_nav.php](http://www.ialathree.org/chapo/committees/e_nav.php)>

Ilmatieteenlaitos (2011a). Ilmastonmuutos. [Viitattu 14.3.2011]. Saatavissa: <<http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksia>>

Ilmatieteenlaitos (2011b). Katupöly. [Viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <<http://ilmatieteenlaitos.fi/katupoly>>

IMO (2011). e-Navigation. [Viitattu 16.6.2011]. Saatavissa: <<http://www.imo.org/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx>>

Insinööritoimisto Ecobio Oy (2005). Kotka Satama Oy. Mussalon sataman laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiohjelma. [Viitattu 21.6.2011]. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=44787&lan=fi>>

IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC Fourth Assessment Report (AR4). IPCC Geneva, Switzerland. [Viitattu 14.3.2011]. 104 s. Saatavissa: <[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)>

ISO (2008). Draft business plan, ISO/TC 204, Intelligent transport systems. International Organization for Standardization. [Viitattu 23.9.2010]. Saatavissa: <[http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO\\_TC\\_204\\_\\_Transport\\_information\\_and\\_control\\_systems\\_.pdf?nodeid=1166991&vernum=-2](http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO_TC_204__Transport_information_and_control_systems_.pdf?nodeid=1166991&vernum=-2)>

Itämeriportaali (2011). Itämeren vieraslajit. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/tulokaslajit/fi\\_FI/tulokaslajit/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/tulokaslajit/fi_FI/tulokaslajit/)>

Jalkanen, J.-P. (2011). Laivojen pakokaasupäästöjen mallintaminen. Ilmatieteenlaitos, ilmanlaadun tutkimus. MKK Merenkulun päästöt koulutus.

Kaartokallio, H., Knuutila, S., Pitkänen, H. & Ekholm, P. (2011). Rehevoityminen. Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/rehevoityminen/fi\\_FI/rehevoityminen/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/rehevoityminen/fi_FI/rehevoityminen/)>

Kalenoja, H. & Kallberg, H. (2005). Liikenteen ympäristövaikutukset. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetustekniikka. Opetusmoniste 37.

KL-Net (2003). Introduction of Port Management Information System in Korea. APLF Logistics Conference 2003, Seoul: Korea Logistics Network Corporationin esityskalvot. [Viitattu 10.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.aplf.net/files/down/B1m.pdf>>

Kohvakka, L. (2009). Internetin käyttö on yleistä ja arkista. Tilastokeskuksen Hyvinvointi katsaus 3/2009. [Viitattu 4.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.stat.fi/artikkelit/2009/art\\_2009-09-30\\_007.html](http://www.stat.fi/artikkelit/2009/art_2009-09-30_007.html)>

Kondratjeff, S. (2007). Ilmastonmuutos vaikuttaa metsäpuiden kasvuun ja rakenteeseen. Metla-asiakaslehti. Metsäntutkimuslaitos. Saatavissa: <<http://www.metla.fi/asiakaslehti/2007/2007-1/2007-1-kondratjeff.pdf>>

Korppinen, P. & Saloniemi, A. (2011). Roskaantumisen. Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/roskaantuminen/fi\\_FI/roskaantuminen/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/roskaantuminen/fi_FI/roskaantuminen/)>

Koskinen, P., Rautiainen, P. & Rinta-Keturi, I. (2010). Sataman informaatiokeskus ja sen rajapinnat. Turun yliopiston Merenkulualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja. B 179. [Viitattu 13.9.2011]. Saatavissa: <[http://www.merikotka.fi/mopo/tiedostot/MOPO\\_B179\\_Satamayhteison\\_informaatiokeskus\\_ja\\_sen\\_rajapinnat.pdf](http://www.merikotka.fi/mopo/tiedostot/MOPO_B179_Satamayhteison_informaatiokeskus_ja_sen_rajapinnat.pdf)>

Kulmala, R. (2008). Älykkyyteen liikenteessä, Selvitysmiehen raportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 58/2008. [Viitattu 13.7.2010]. Saatavissa: <[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=57092&name=DLFE-5027.pdf&title=%C4lykkyyteen%20liikenteess%E4.%20Selvitysmiehen%20raportti.%20%28LVM%2058/2008%29](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=57092&name=DLFE-5027.pdf&title=%C4lykkyyteen%20liikenteess%E4.%20Selvitysmiehen%20raportti.%20%28LVM%2058/2008%29)>

Kukkamäki, M. & Saloniemi, A. (2010). Öljy- ja meriliikenteen riskit. Suomen ympäristökeskus. [Viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/oljyonnettomuudet/fi\\_FI/oljyonnettomuudet/](http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/oljyonnettomuudet/fi_FI/oljyonnettomuudet/)>

Kumpulainen, A. & Raivio, T. (2009). Ajoneuvostrategia 2015 Liikennesuoritteet ja ajoneuvokanta, Taustamuistio C. Gaia Consulting Oy. [Viitattu 7.4.2011]. Saatavissa: <[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=191434&name=DLFE-10406.pdf&title=Ajoneuvot2015%20Taustamuistio\\_Liikennesuoritteet%20ja%20ajoneuvokanta](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=191434&name=DLFE-10406.pdf&title=Ajoneuvot2015%20Taustamuistio_Liikennesuoritteet%20ja%20ajoneuvokanta)>

Kuukka-Ruotsalainen, V. & Kalenoja, H. (2001). Tiekuljetusten telematiikan ympäristövaikutukset. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 43/2001. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki. [Viitattu 11.3.2011]. 122 s.

L 4.2.2000/86. Ympäristönsuojelulaki [FINLEX – Valtion säädöstietopankki]. [Viitattu 26.4.2011]. Saatavissa: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>>

Lahelma, H. & Juuti, V. (toim.) (2010). Suomen rautatietilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 6/2010. Liikennevirasto, Helsinki. [Viitattu 20.4.2011]. 52 s. ISSN-L 1798-811X. ISSN 1798-8128. ISBN 978-952-255-523-6. Saatavissa: <<http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/d7c97437e8641e8e1c6cb0c25c6b1211/1303287008/application/pdf/4026871/srt10.pdf>>

Lahtinen, J. (2009). Rikkipesurit puhdistuvat laivojen pakokaasuja. Vaasan yliopisto. [Viitattu 4.7.2011]. Saatavissa: <[http://www.uwasa.fi/midcom-serveattachmentguid-d2158d1e26a0d64f717e2d910aaf540b/su0911\\_artikkeli\\_lahtinen.pdf](http://www.uwasa.fi/midcom-serveattachmentguid-d2158d1e26a0d64f717e2d910aaf540b/su0911_artikkeli_lahtinen.pdf)>

Kostiainen, J. & Linkama E. (toim.) (2011). Liikennerevoluutio 2011 Ajatuskartta. [Viitattu 21.9.2011]. Saatavissa: <<http://www.sitra.fi/NR/rdonlyres/17DAB17E-E9EB-499E-802D-C989BA0CAC72/5436/Liikennerevoluutio2011ajatuskartta.pdf>>

Liikennevirasto (2006). Päälystettyjen teiden kunnossapito. [Viitattu 22.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?\\_pageid=71&\\_dad=julia&\\_schema=PORTAL30&menu=752&\\_pageid=71&linkki=1241&julkaisu=615&kieli=fi](http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=71&_dad=julia&_schema=PORTAL30&menu=752&_pageid=71&linkki=1241&julkaisu=615&kieli=fi)>

Liikennevirasto (2009). Pohjavedet. [Viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?\\_pageid=71&\\_dad=julia&\\_schema=PORTAL30&menu=3722&\\_pageid=71&kieli=fi&linkki=6309&julkaisu=2685](http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=71&_dad=julia&_schema=PORTAL30&menu=3722&_pageid=71&kieli=fi&linkki=6309&julkaisu=2685)>

Liikennevirasto (2010). Kunnossapito. [Viitattu 18.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?\\_pageid=71&\\_dad=julia&\\_schema=PORTAL30&kieli=fi&menu=742&\\_pageid=71&linkki=1220&julkaisu=605&kieli=fi](http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=71&_dad=julia&_schema=PORTAL30&kieli=fi&menu=742&_pageid=71&linkki=1220&julkaisu=605&kieli=fi)>

Liikennevirasto (2011a). Matka- ja kuljetusketjujen palvelutaso -strateginen hanke. Infra-alan seminaari 15.6.2011. [Viitattu 10.8.2011]. Saatavissa: <[http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/uutiset/tapahtumat/20110517\\_infra/Matka-%20ja%20kuljetusketjujen%20palvelutasot.pdf](http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/uutiset/tapahtumat/20110517_infra/Matka-%20ja%20kuljetusketjujen%20palvelutasot.pdf)>

Liikennevirasto (2011b). Ulkomaan meriliikenne. [Viitattu 7.10.2011]. Saatavissa: <[http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto/tilastot/liikennemaarat/ulko\\_maan\\_meriliikenne](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto/tilastot/liikennemaarat/ulko_maan_meriliikenne)>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2010a). TRAMA – Transitoliikenteen taloudelliset vaikutukset. Tulosraportti 2010. [Viitattu 10.6.2011]. Saatavissa: <[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=964902&name=DLFE-10900.pdf&title=TRAMA3\\_tulosraportti\\_2010](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964902&name=DLFE-10900.pdf&title=TRAMA3_tulosraportti_2010)>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2010b). Älyliikenne. [Viitattu 16.5.2011]. Saatavissa: <<http://www.lvm.fi/web/fi/alyliikenne>>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2011). Liikenneväylät. [Viitattu 18.3.2011]. Saatavissa: <<http://www.lvm.fi/web/fi/liikennevaylat>>

Logistics CIO Forum (2010). Eye for Transport. DHL About ECO carbon presentation. Amsterdam May 2010.

M86Security (2010). Security Labs Report. [Viitattu 4.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.m86security.com/newsimages/trace/M86\\_Labs\\_Report\\_Jan2010.pdf](http://www.m86security.com/newsimages/trace/M86_Labs_Report_Jan2010.pdf)>

Madekivi, O. (1993). Alusten aiheuttamien aaltojen ja virtausten ympäristövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja A. No 166. Helsinki. 116 s.

McKinnon, A. & Krie, A. (2010). Adaptive logistics: Preparing logistical systems for climate change. Conference paper. Logistics Research Centre. Heriot-Watt University. Edinburgh, United Kingdom. [Viitattu 21.4.2011]. Saatavissa: <<http://www.greenlogistics.org/SiteResources/15thLRN/McKinnon%20and%20Krie%20Adaptive%20Logistics.pdf>>

McKinsey & Company (2009). Pathways to a Low-Carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve. McKinsey & Company. [Viitattu 8.7.2011] Saatavissa: <[https://solutions.mckinsey.com/climatedesk/default/en-us/contact\\_us/fullreport.aspx](https://solutions.mckinsey.com/climatedesk/default/en-us/contact_us/fullreport.aspx)>



Merenkulukulaitos (2007). Komentosiltayhteistyön kehittäminen. Esiselvitys. Helsinki. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa:

<[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl\\_2007-1\\_komentosiltayhteistyön\\_kehittäminen.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl_2007-1_komentosiltayhteistyön_kehittäminen.pdf)>

MESSAGE (2008). Mobile Environmental Sensing System Across Grid Environments. MESSAGE project homepage. [Viitattu 25.7.2011]. Saatavissa:

<<http://bioinf.ncl.ac.uk/message/>>

Meritaito Oy (2011). Väylänhoito. [Viitattu 22.3.2011]. Saatavissa:

<[http://www.meritaito.fi/www/fi/palvelut/vesivaylien\\_hoito.php](http://www.meritaito.fi/www/fi/palvelut/vesivaylien_hoito.php)>

Moore, R. G. (2009). e-Navigation: Coming Soon to the Oceans Near You. Sidelight vol. 39. Published by the Council of Master Mariners, Inc. [Viitattu 12.7.2011]. Saatavissa: <<http://www.mastermariner.org/sidelights/fall09.pdf>>

Motiva (2011). Tavaraliikenteen määrä vuonna 2007. [Viitattu 9.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.motiva.fi/liikenne/perustietoa\\_liikenteesta\\_ja\\_ymparistosta/tavaraliikenteen\\_maara](http://www.motiva.fi/liikenne/perustietoa_liikenteesta_ja_ymparistosta/tavaraliikenteen_maara)>

Mäkelä, K., Auvinen, H., Tuominen, A. & Pääkkönen, E. (2010a). Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä RAILI 2009. VTT tutkimusraportti Nro VTT-R-06150-10. Espoo. [Viitattu 4.4.2011]. s. 38. Saatavissa:

<<http://lipasto.vtt.fi/raili/raili2009raportti.pdf>>

Mäkelä, K., Järvi, T., Auvinen, H., Tuominen, A. & Pääkkönen, E. (2010b). Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 2009. VTT tutkimusraportti Nro VTT-R-06270-10. Espoo. [Viitattu 11.4.2011]. s. 35 + 11 liitettä. Saatavissa:

<<http://www.lipasto.vtt.fi/meeri/meeri2009raportti.pdf>>

Mäkelä, K. & Auvinen, H. (2010). Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt LIISA 2009laskentajärjestelmä. VTT tutkimusraportti Nro VTT-R-05541-10. Espoo. [Viitattu 15.4.2011]. Saatavissa: <<http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa2009raportti.pdf>>

Pajari, M. & Hakalisto, S. (2009). Rautatiealueiden paahdeympäristöt – eliölajien suojeleminen ja hoidon järjestäminen Joensuun kaupunkiseudun rautatiealueilla. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja 7 / 2009. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 35 s. [Viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <[http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/29ca48209fccbbffa48306d7c0bd4066/1301480572/application/pdf/3580831/09\\_rataha\\_sirkka\\_netti.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/29ca48209fccbbffa48306d7c0bd4066/1301480572/application/pdf/3580831/09_rataha_sirkka_netti.pdf)>

Paukkeri, S. (2010). Nopeusrajoitukset alusliikenteen ympäristövaikutusten, turvallisuuden ja sujuvuuden kannalta Vuosaaren meriväylällä. Liikenneviraston tutkimuksia ja julkaisuja 50/2010. [Viitattu 6.7.2011]. Saatavissa:

<[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2010-50\\_nopeusrajoitukset\\_alusliikenteen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2010-50_nopeusrajoitukset_alusliikenteen_web.pdf)>

Pedersen, J. T., Vayou, M. & Katsoulakos, T. (2011). The e-Freight Concept Supporting Alignment of EU policy, Business and IT in Freight Transport and Logistics. Position Paper. Version 1.3. [Viitattu 18.7.2011]. Saatavissa:

<<http://www.efreightproject.eu/uploadfiles/The%20e-Freight%20Concept%20%206Feb11%20v1.3.pdf>>

Pipitsoulis, C. (2009). The EU e-Maritime Initiative. European Sea Ports Organisation I&L / MA&S joint Committee meeting, 30 September 2009. Maritime Transport Policy, DG Energy and Transport European Commission.

Posti, A., Häkkinen, J., Hyle, J. & Tapaninen, U. (2010). Satamayhteisön informaatio-keskus tiedonvälityksen tehostajana. Turun yliopiston Merenkulun koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja, B 175. [Viitattu 25.5.2011]. Saatavissa:

<[http://www.merikotka.fi/mopo/tiedostot/Posti\\_Hakkinen\\_Hyle\\_Tapaninen\\_Satamayhteisön\\_informaatiokeskus\\_tiedonvälityksen\\_tehostajana.pdf](http://www.merikotka.fi/mopo/tiedostot/Posti_Hakkinen_Hyle_Tapaninen_Satamayhteisön_informaatiokeskus_tiedonvälityksen_tehostajana.pdf)>

Pursiainen, H. (2009). Kansallinen älyliikenne strategia. Selvitysmiehen ehdotus. Liikenne- ja viestintäministeriö, Ohjelmia ja strategioita 5/2009. Helsinki. [Viitattu 1.6.2011]. Saatavissa:

<[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=440554&name=DLFE-9889.pdf&title=Ohjelmia%20ja%20strategioita%205-2009](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=440554&name=DLFE-9889.pdf&title=Ohjelmia%20ja%20strategioita%205-2009)>

Ratahallintokeskus (2007a). Kouvolan seudun rataympäristöselvitys. Vaihe I, Nykytilaselvitys. [Viitattu 8.6.2011]. Saatavissa: <[http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/99c6af97858164c88c79a1ce11a20995/1307515078/application/pdf/1620032/Rataymparistoselvitys\\_180407.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/99c6af97858164c88c79a1ce11a20995/1307515078/application/pdf/1620032/Rataymparistoselvitys_180407.pdf)>

Ratahallintokeskus (2007b). Kouvolan seudun rataympäristöselvitys. Vaihe I, Nykytilaselvitys. [Viitattu 8.6.2011]. Saatavissa: <[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/kouvolan\\_seudun\\_rataymparistoselvitys\\_vaihe\\_2/raportti.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/kouvolan_seudun_rataymparistoselvitys_vaihe_2/raportti.pdf)>

Ratahallintokeskus (2008). Ympäristöraportti 2008. Ratahallintokeskus, Helsinki. [Viitattu 16.3.2011]. Saatavissa: <[http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/e7084fda90b3738b0ad6379425136021/1300084063/application/pdf/2941830/RHK\\_ymp%C3%A4rist%C3%B6raportti\\_2008.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/e7084fda90b3738b0ad6379425136021/1300084063/application/pdf/2941830/RHK_ymp%C3%A4rist%C3%B6raportti_2008.pdf)>

Ratahallintokeskus (2011). Rataverkko. [Viitattu 18.3.2011]. Saatavissa: <<http://www.rhk.fi/rataverkko/>>

Rauman Satama (2008). Yhteiskuntavastuuraportti 2008. [Viitattu 10.5.2011]. Saatavissa:

<[http://www.portofrauma.com/pdf.php?pdf=pdf%20fyhtkuntavastuu2008\\_web.pdf&sKieli=suomi](http://www.portofrauma.com/pdf.php?pdf=pdf%20fyhtkuntavastuu2008_web.pdf&sKieli=suomi)>

Rautiainen, P. & Rinta-Keturi, I. (2005). PortNet 2. Toiminnallinen esiselvitys. AINO-julkaisuja 3/2005. Liikenne- ja viestintäministeriö. [Viitattu 3.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.aino.info/julkaisut/2\\_kuljinfo/aino3\\_2005.pdf](http://www.aino.info/julkaisut/2_kuljinfo/aino3_2005.pdf)>

RFID Lab Finland Ry (2011). Mitkä ovat RFID-tekniikan liiketoiminnalliset hyödyt logistiikassa?. [Viitattu 10.10.2011]. Saatavissa: <<http://www.rfidlab.fi/useinkysytty%C3%A4>>

RITA (2010). ITS Overview. The Research and Innovative Technology Administration (RITA). [Viitattu 23.9.2010]. Saatavissa: <[http://www.its.dot.gov/its\\_overview.htm](http://www.its.dot.gov/its_overview.htm)>

Ritvanen, V. (2011). Logistiikan ja toimitusketjujen hallinnan perusteet. Logistiikka palvelee. Logistiikan maailma -kirjasarja. Saarijärvi

Rudeberg, G. (2010). ESPO initiatives on Sustainable Development – presentation. [Viitattu 20.6.2011]. Saatavissa: <<http://www.transbaltic.eu/wp-content/uploads/2011/05/TransBaltic-Report-Future-environmental-regulations-and-Baltic-seaports.pdf>>

Räisänen, J. (2008). Kasvihuoneilmiö, ilmastonmuutos ja vaikutukset. Helsingin yliopiston fysiikan laitos, Helsinki. [Viitattu 11.3.2011]. 177 s. Saatavissa: <[http://www.atm.helsinki.fi/~jaraisan/kasvihuonemoniste\\_uusi.pdf](http://www.atm.helsinki.fi/~jaraisan/kasvihuonemoniste_uusi.pdf)>

Rönberg, R. (2010). Raportti LINUX-pääteljärjestelmän ja avoimen lähdekoodin ohjelmistojen käyttö Jyväskylän opetustoimessa 2006–2010. [Viitattu 3.8.2011]. Saatavissa: <[http://www.peda.net/img/portal/1177608/Linux\\_LTSP\\_raportti\\_JKL\\_04052010.pdf](http://www.peda.net/img/portal/1177608/Linux_LTSP_raportti_JKL_04052010.pdf)>

Saksa, J. (2010). EU:n Tulli-hanke. [Viitattu 13.7.2011]. Saatavissa: <<http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/sahkoinenasiointi/eTulli/index.jsp>>

Salo, J. (2009). Single Window – Kehitysnäkymät Suomessa ja Venäjällä. [Viitattu 14.7.2011]. Saatavissa: <[http://www.tieke.fi/mp/db/file\\_library/x/IMG/39093/file/Tieke\\_Salo\\_fin.ppt](http://www.tieke.fi/mp/db/file_library/x/IMG/39093/file/Tieke_Salo_fin.ppt)>

SKEMA (2010). SKEMA Periodic Study: e-Maritime Task 1 Report. Seventh Framework Programme. SKEMA Coordination Action “Sustainable Knowledge Platform for the European Maritime and Logistics Industry”. [Viitattu 16.6.2011]. Saatavissa: <<http://www.efreightproject.eu/knowledge/DownloadFile.aspx?tableName=tblSubjectInfo&field=Skema%20Study%20Filena>>

Smit, S. (2004). A Comparison of Port Community Systems – A framework to compare Port Community Systems and an application to the Port Community Systems of Hamburg, Rotterdam and Antwerp. MSc Thesis in Maritime Economics and Logistics, Erasmus University Rotterdam [Viitattu 1.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.maritimeeconomics.com/system/files/downloads/Thesis%20SmitS.pdf>>

Steveco Oy (2011). Truck Check In, truck Check Net ja eWaybill.. ja ajat suoraan terminaaliin. Konseptikuvaus. Versio 9.5.2011. [Viitattu 16.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.steveco.fi/folders/Files/konseptinkuvaus.pdf>>

Stevens, H. & Pettey, C. (2008). Gartner Says Cloud Computing Will Be As Influential As E-business. Special Report Examines the Realities and Risks of Cloud Computing. Gartner Newsroom. [Viitattu 12.10.2011]. Saatavissa: <<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=707508>>

Suomen virallinen tilasto (2010). Tieliikenteen tavarankuljetukset. 4. Vuosineljännes 2010. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu: 8.3.2011]. Saatavissa: <[http://www.stat.fi/til/kttav/2010/04/kttav\\_2010\\_04\\_2011-02-11\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/kttav/2010/04/kttav_2010_04_2011-02-11_tie_001_fi.html)>

Suomen Satamaliitto (2010). Satamat ja ympäristö. [Viitattu 20.6.2011]. Saatavissa: <[http://www.finnports.com/about.php?set\\_lang=1](http://www.finnports.com/about.php?set_lang=1)>

Suomen Standardoimisliitto (2011). Ympäristöjärjestelmä ISO 14001. [11.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.sfs.fi/iso14000/ymparistojarjestelma/>>

Suomen ympäristökeskus (2010a). EMAS-järjestelmä. [Viitattu 11.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=1502>>

Suomen ympäristökeskus (2010b). EMAS-selonteko. [Viitattu 11.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=1513&lan=fi>>

Suomen ympäristökeskus (2011a). Ilmastonmuutos. [Viitattu 11.3.2011]. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=98&lan=fi>>

Suomen ympäristökeskus (2011b). Luonnon monimuotoisuus. [Viitattu 27.4.2011]. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=108&lan=fi>>

Suomen ympäristökeskus (2011c). EMASin hyödyt. [Viitattu 11.8.2011]. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=1511&lan=fi>>

Suosalmi, E. (2011). VR Transpointin Massatavaralogistiikan laatupäällikön haastattelu. 9.8.2011. Kouvola.

Talja, A. (2004). Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. VTT, Espoo. [Viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: <<http://www.phnet.fi/anttilanmaki/VTT-T2278.pdf>>

Talja, A.(2009). Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. VTT Espoo. [15.3.2011]. Saatavissa: < <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2569.pdf> >

Tenhunen, J. (2008). Tieliikenteen päästöt ilmaan. SYKE. [Viitattu 29.3.2011]. Saatavissa: <[www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=86504](http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=86504)>

Tervala, J., Herneoja A., Karessuo, L., Kavonius, V., Keva, J., Linkama, E., Mansukoski, R., Mykkänen, A. & Tainio, E. (2003). Liikkumisen ja kuljetusten peruspalvelutaso tie- ja rataverkolla. Mietintö. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 3/2003. 64 s. [Viitattu 10.8.2011]. Saatavissa:

<[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=178908&name=DLFE-4831.pdf&title=03/2003](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=178908&name=DLFE-4831.pdf&title=03/2003)>

Tiehallinto (2009). Tieliikenteen melu. Perustietoa tieliikenteen melusta ja sen torjunnasta. [Viitattu 16.3.2011]. Saatavissa:

<<http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/13256.PDF>>

UN/CEFACT (2005). Case Studies Implementing a Single Window to enhance the efficient exchange of information between trade and government, working draft. The United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/CEFACT). 85 s. [Viitattu 1.8.2010]. Saatavissa: <<http://www1.unece.org/unece/collect/unece/pdf/s8881e/s8881e.pdf>>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2000). Control of Emissions of Hazardous Air Pollutants from Motor Vehicles and Motor Vehicle Fuels. Technical Support Document. [Viitattu 29.3.2011]. 195 s. Saatavissa:

<<http://www.epa.gov/otaq/regs/toxics/r00023.pdf>>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2007). Acid Rain. [Viitattu 28.4.2011]. Saatavissa: <<http://www.epa.gov/acidrain/what/index.html>>

Valtioneuvosto (2007). Neuvottelutulos hallitusohjelmasta 15.4.2007. [14.6.2011]. Saatavissa: <<http://www.vn.fi/tiedostot/julkinen/hallitusneuvottelut/fi190670.pdf>>

Valtioneuvosto (2010). Hallituksen iltakoulu linjasi älyliikenteen strategiaa. Valtioneuvoston viestintäyksikkö. Tiedote 118/2010. [Viitattu 16.5.2011]. Saatavissa:

<<http://www.valtioneuvosto.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedote/fi.jsp?oid=291915>>

Valtioneuvosto (2011). Neuvottelutulos hallitusohjelmasta 17.6.2011. [Viitattu 21.9.2011]. Saatavissa:

<<http://www.valtioneuvosto.fi/tiedostot/julkinen/hallitusneuvottelut-2011/neuvottelutulos/fi.pdf>>

Vermeer, M. (2011). Navigoinnin menetelmät Maa-6.3285. Kurssiesite TKK. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa: <[http://users.tkk.fi/mvermeer/nav\\_fi.pdf](http://users.tkk.fi/mvermeer/nav_fi.pdf)>

Virtanen, E., Hagström, M., Vanhanen, J. & Vehviläinen I. (Gaia Consulting Oy) (2010). Viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen päästövaikutukset. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2010. [Viitattu 1.8.2011]. Saatavissa:

<[http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=964900&name=DLFE-10732.pdf&title=Julkaisuja%2012-2010](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964900&name=DLFE-10732.pdf&title=Julkaisuja%2012-2010)>

VNp 29.10.1992/993. Valtioneuvoston päätös melutason ohjeavosta. FINLEX – Valtion säädöstietopankki. [Viitattu 26.4.2011]. Saatavissa:

<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=993%2F1992>>

VR Transpoint (2011). VR Transpoint Oy Massatavaralogistiikka.[Viitattu 10.8.2011].

Saatavissa: <<http://www.vrtranspoint.fi/index/massakuljetuslogistiikka.html>>

VTT (2009a). LIPASTO 2009 laskentajärjestelmä. [Viitattu 8.3.2011]. Saatavissa:

<[http://lipasto.vtt.fi/lipasto\\_lask\\_tulokset.htm](http://lipasto.vtt.fi/lipasto_lask_tulokset.htm)>

VTT (2009b). LIPASTO 2009 järjestelmän kuvaus. [Viitattu 28.4.2011]. Saatavissa:

<[http://lipasto.vtt.fi/lipasto\\_kuvaus.htm](http://lipasto.vtt.fi/lipasto_kuvaus.htm)>

Waterson, B. & Polak, J. (2009). MESSAGE. Mobile Environmental Sensing System Across Grid Environments. [Viitattu 25.7.2011]. Saatavissa:

<<http://www.commsp.ee.ic.ac.uk/~wiser/message/MESSAGEpress30June09v6small.pdf>>

YLE (2010). Eteläsataman laivat kytketään maasähköön. Helsingin alueuutiset. [Viitattu 19.8.2011]. Saatavissa:

<[http://yle.fi/alueet/helsinki/helsinki/2010/06/etelasataman\\_laivat\\_kytetaan\\_maasahkon\\_1740434.html?comment\\_form=show](http://yle.fi/alueet/helsinki/helsinki/2010/06/etelasataman_laivat_kytetaan_maasahkon_1740434.html?comment_form=show)>

Ympäristöministeriö (2011). Liikenteen ympäristöhaitat. [Viitattu 11.3.2011]. Saatavissa:

<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=10620&lan=fi#a1>>

Ympäristöministeriö (2009). Liikenteen melu ja tärinä. [Viitattu 16.3.2011]. Saatavissa:

<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=139310&lan=fi>>





Turun yliopisto  
MERENKULKUQUALAN KOULUTUS- JA TUTKIMUSKESKUS

FI-20014 TURUN YLIOPISTO

<http://mkk.utu.fi>



Turun yliopisto  
University of Turku