



Infran ja väylänpidon vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin - Tilannekatsaus

Väyläviraston julkaisu 47/2019

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Sisältö	4
Tausta	5
Tavoitteet ja lähtötiedot	21
Liikennejärjestelmänäkökulman merkitys päästöjen vähentämisessä ja liikenteen päästöjen laskenta	24
Tieliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä	32
Rautatieliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä	53
Vesiliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä	71
Toimenpiteitä matka- ja kuljetusketjuissa	86
Arviot tutkimustiedon ja menetelmien ajantasaisuudesta ja kattavuudesta	90
Ehdotus toteutettavista toimenpiteistä	92
Suositus seuraavan vaiheen laskentamenetelmästä	99

Esipuhe

Työssä tarkasteltiin väyläinfran ja väylänpidon vaikutusta tavara- ja henkilöliikenteen aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin ja luotiin tilannekatsaus tämän hetkiseen tietämykseen asiassa.

Työ toteutettiin kirjallisuuslähteisiin ja haastatteluihin perustuen ohjausryhmän ohjauksessa.

Raporttiluonnos kävi myös kommenttikierroksella Väyläviraston asiantuntijoilla.

Selvityksen ovat laatinut Sitowise Oy.

Väylävirastossa hankkeen projektipäällikkönä toimi ympäristöasiantuntija Marketta Hyvärinen.

Ohjausryhmään kuuluivat Arto Hovi, Olli Holm, Katri Kallio, Soile Knuuti, Tuula Säämänen, Anton Goebel, Taneli Antikainen, Ossi Saarinen ja Juuso Kummala Väylävirastosta.

Sitowise Oy:stä Raisa Valli toimi projektipäällikkönä, ja työhön osallistuivat Jussi-Pekka Manner, Marko Tikkanen ja Jarno Kokkonen.

Helsingissä marraskuussa

Väylävirasto

Ympäristö- ja kiinteistöyksikkö

Sisältö

Työssä tarkasteltiin

- väyläinfran ja väylänpidon vaikutusta tavara- ja henkilöliikenteen aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin muun muassa nopeuden, kiihdytys- ja jarrutusolosuhteiden tai vierintävastuksen kautta
- kaikkien kolmen väylämuodon (tie-, rautatie- ja vesiliikenne) päästövähennysmahdollisuuksia, joita saadaan väyläinfran teknisen rakenteen ja väylänpidon kehittämällä
- matkojen ja kuljetusten väylämuodosta toiseen siirtymien vaikutuksia (liikennejärjestelmävaikutukset)
- toimenpiteiden alustavia kustannusvaikutuksia.

Tausta

Osion sisältö

- Työn tausta dia 7
- Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt dia 8
- Tulevaisuus dia 9
- Väyläviraston tehtävät dia 10
- Edellisten selvitysten antia tälle työlle diat 11–14
- Yhteenvedoa liikenteen päästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä diat 15–19
- Väylänpidon vaikutus päästöihin dia 20

Tausta

- Suomea sitovat useat sekä EU:n että kansallisen tason kasvihuonekaasupäästöjä koskevat vähennystavoitteet. Liikennesektorilla vähennystoimia kohdistetaan erityisesti tieliikenteeseen, jossa päästövähennyspotentiaali on suurin.
- Liikenteen päästöjen vähentämisen velvoite on kirjattu Väylävirastoa koskevaan lakiin ja tienpitoa koskevana vaatimuksena uuteen lakiin liikennejärjestelmästä ja maanteistä.
- Työllä tuotetaan tietoa Väyläviraston vaikuttavimpien päästövähennystoimenpiteiden priorisointiin.
- Projekti on osa laajempaa väyläinfran ja väylänpidon kasvihuonekaasupäästöjä ja energian kulutusta koskevaa selvitystä, joka sisältyy Liikenneviraston ympäristöohjelmaan vuosille 2017–2020.

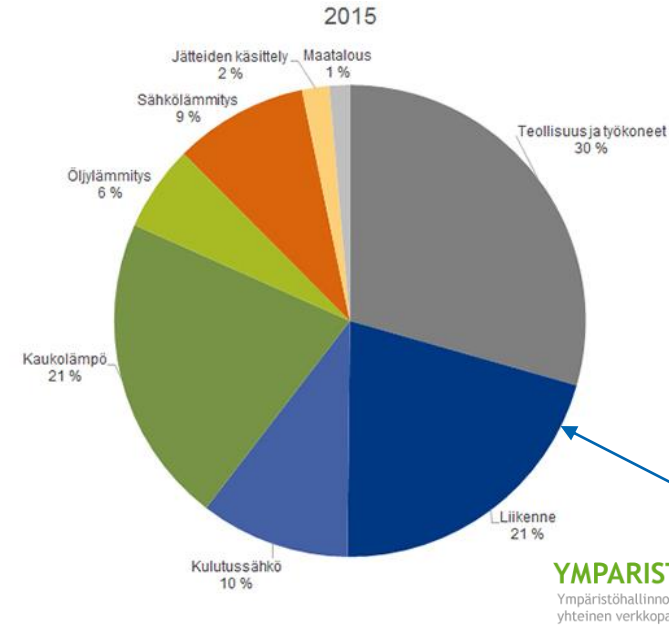
Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt

Liikenteen päästöjen osuus Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä on noin viidennes.

Liikenteen osuus päästökaupan ulkopuolelle jäävän taakanjakosektorin päästöistä on noin 40 prosenttia.

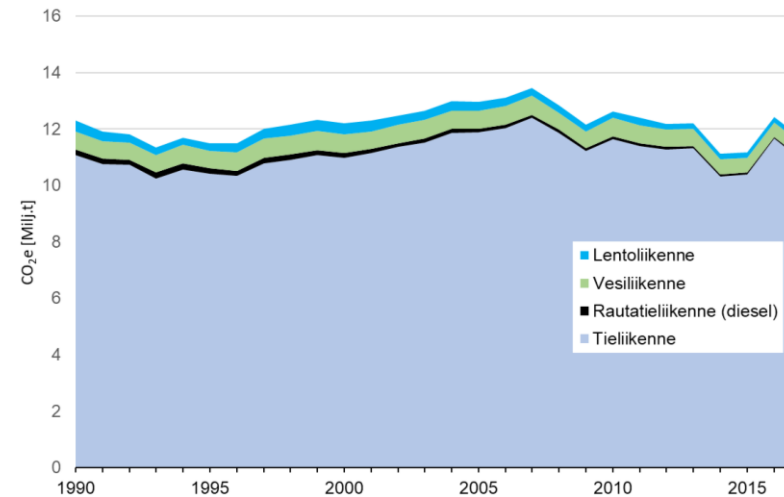
Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjään 39 prosentilla taakanjakosektorilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasoon verrattuna.

Kansallisella tasolla Suomi on sitoutunut vähentämään liikenteen päästöjä 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä.



YMPARISTO.fi
Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt (CO₂e)



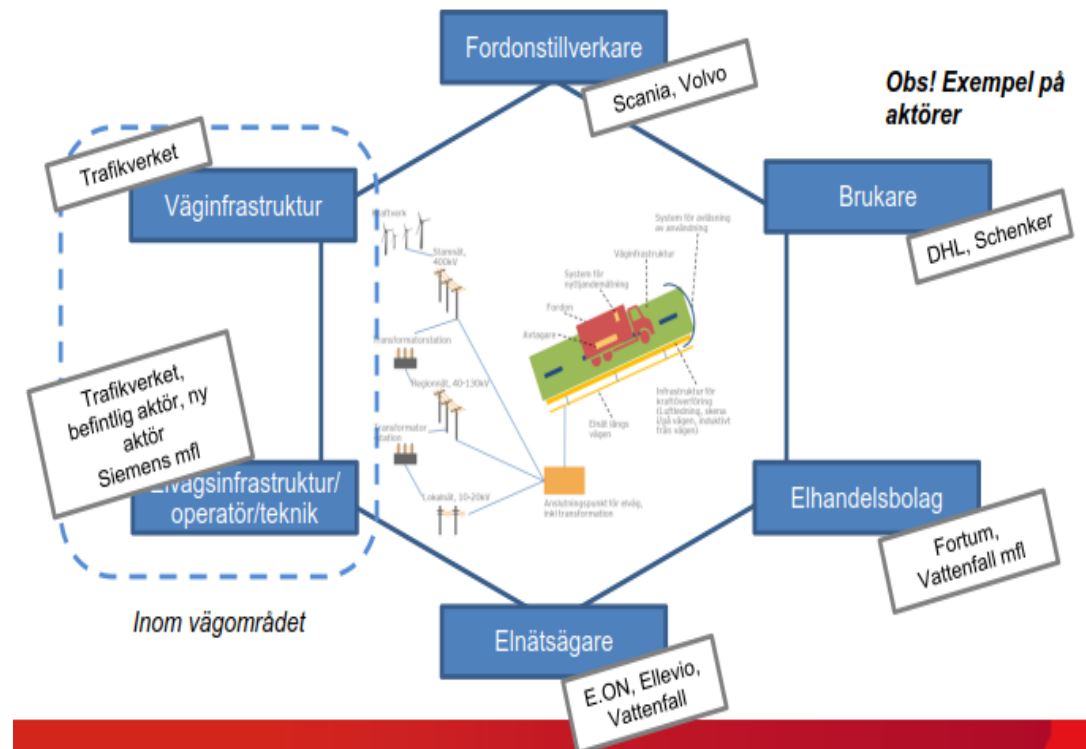
Lähde: LIPASTO, VTT / Tilastokeskus

Huom! IPCC:n laskentaohjeen mukaan Suomen vesiliikenteen päästöiksi lasketaan vain kotimaanliikenteen päästöt. Laivojen ulkomaanliikenne on mallissa ja tuloksissa mukana siltä osin kuin Suomen satamiin suuntautuva liikenne kulkee Suomen talusvyöhykkeen alueella. Vastaavasti lentoliikenteen päästöjen laskenta jättää ulkopuolelle ns. kansainvälisen osuuden.

Tulevaisuus

- Koska kansainväliset ilmastotavoitteet ovat tiukkenemassa, eri puolilla maailmaa haetaan uusia ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi. Tutkimusta tehdään ja teknologioita kehitetään.
- Muun muassa sähköistyminen, digitalisaatio ja robotisaatio ovat muuttamassa liikennejärjestelmää ja vaikuttavat päästöjen kehitykseen.
- Nopeaa kehitystä on vaikeaa arvioida. Siksi tarvitaan Suomen oman kehystoiminnan lisäksi muiden maiden tutkimuksen ja kehityksen seuraamista sekä lupaavien ideoiden arviointia ja pilotointia Suomen olosuhteissa.
- Yksi esimerkki väylänpitoon vaikuttavasta kehityshankkeesta on Ruotsin ja Saksan yhteistyöhanke vuosille 2019–2022, jossa tarkastellaan sähköisen tiejärjestelmän (ERS-Electric Road System) mahdollisuuksia.

Kehitystyötä sähköisen tiejärjestelmän kehittämiseksi tehdään Ruotsissa laajassa yhteistyössä.



Väylävirasto hoitaa seuraavia tehtäviä:

- 1) **vastaa hallinnoimistaan valtion tie- ja rataverkosta sekä vesiväylistä ja niiden kehittämisestä** sekä niihin kohdistuvien toimien yhteensovittamisesta koko maassa;
- 2) **rajoittaa liikenteen aiheuttamia ympäristöhaittoja;**
- 3) **vastaa liikenteenohjauksen järjestämisestä;**
- 4) edistää liikenteen palveluiden ja liikennejärjestelmän digitalisaatiota ja automatisaatiota;
- 5) **vastaa maanteiden kunnossapidosta ja palvelutasosta, merkittävien tiehankkeiden rakentamisesta ja tienpidon valtakunnallisista tehtävistä sekä ratojen ja vesiväylien suunnittelusta, rakentamisesta, kunnossapidosta ja palvelutasosta;**
- 6) vastaa elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten toiminnallisesta ohjauksesta toimialallaan ja tienpidon yhteensovittamisesta sanotuissa keskuksissa;
- 7) **vastaa ja hallinnoi väyliä koskevia tietovarantoja, huolehtii toimialansa tilastoinnista sekä liikenne- ja väylätietoa koskevasta yhteistyöstä;**
- 8) **turvaa talvimerenkulun edellytykset;**
- 9) edistää väylänpidon markkinoiden toimivuutta;
- 10) huolehtii oman toimintansa varautumisesta normaaliolojen häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin sekä edistää toimialallaan yhteiskunnan varautumista normaaliolojen häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin; sekä
- 11) vaalii ja hoitaa hallinnassaan olevia kulttuurihistoriallisesti arvokkaita kiinteistökohteita, kulttuuriympäristöjä ja kulttuuriomaisuutta.

Väylävirasto **osallistuu liikennejärjestelmäsuunnitteluun ja liikenneverkkojen toimenpiteiden valmisteluun** sekä maankäytön yhteistyöhön väylänpidon asiantuntijana ja väyläomaisuuden haltijana.

Virasto **osallistuu myös liikenteen ja maankäytön yhteensovittamiseen sekä valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman laatimiseen ja alueelliseen liikennejärjestelmäsuunnitteluun** maakuntien liittojen, kuntien, kaupunkiseutujen ja muiden toimijoiden kanssa.

Keskeisiä Väyläviraston keinoja liikenteen päästöjen vähentämiseksi vuoden 2016 selvityksen mukaan

Valtakunnallisten toimenpiteiden tukeminen

- Biopolttoaineiden raaka-ainelogistiikassa tarvittavan infran varmistaminen
- Infran käytön ohjaaminen vähän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavia ajoneuvoja suosivaksi
- Uusia käyttövoimia mahdollistavan infran edistäminen
- Vaihtoehtoisten teknologioiden edistäminen Väyläviraston hankinnoissa
- Uusilla käyttövoimilla toimivien liikenteen uusien palveluiden, automaatti-ajoneuvojen ja sähköbussien edistäminen

Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön vaikuttaminen

- Huonokuntoisten väylien parantaminen ja liikenteen energiankulutusta vähentävä väylänpito
- Mitat ja massat huomioitu toimenpiteiden ohjelmoinnissa
- Keskeiset HCT-reitit ja kehittämistoimenpiteet
- Optimaaliset, energiatehokkaat reitit vesiliikenteessä
- Liikenteen sujuvuuden edistäminen, mm. liikenteen hallinnan keinot
- Taloudellisen ajotavan edistäminen
- Vähäpäästöisten liikenteen uusien palvelujen edistäminen henkilö- ja tavaraliikenteessä (sis. automaattibussit)
- Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön vaikuttaminen

Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön vaikuttaminen, henkilöliikenne

- Rautatieliikenteen kilpailun edistäminen
- Joukkoliikennettä, kävelyä ja pyöräilyä edistävät infrastruktuuri- ja väylänpidon toimenpiteet
- Liikenteen optimointi rataverkolla
- Uusien liikkumisen palvelujen edistäminen ml. automaation kehittyminen
- Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön vaikuttaminen sis. solmupisteet

Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön vaikuttaminen, tavaraliikenne

- Meri- ja sisävesiliikenteen edistäminen tavaraliikenteessä
- Rautatieliikenteen tavaraliikenteen keskeiset reitit ja kehittämistoimenpiteet
- Rautatieliikenteen kilpailun edellytysten parantaminen
- Kuljetusten optimointi rataverkolla
- Liikenneväylien korjausvelan vähentäminen
- Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön vaikuttaminen sis. solmupisteet

Ilmastotyön tehostaminen Liikennevirastossa -selvityksen tulokset tiivistetysti pohjaksi Väyläviraston työlle 1/3

Miltä tilanne näyttää tällä hetkellä?

- Ilmastoasioiden huomioon otto on pitkäjänteistä työtä, joka edellyttää **prosessien systemaattista läpikäyntiä, lähtötietoja ja työkaluja, vaikuttavien toimien tunnistamista sekä seurantaa.**
- Yksittäisten toimien sijasta on tärkeää **kokonaisuuksien haltuunotto ja ilmastoasioiden integrointi muuhun toimintaan.** Siksi monet toimenpiteet edellyttävät **yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa.**
- Energia- ja ilmastoasioita on viety hoitoon, kunnossapitoon ja suunnitteluun. Konkreettisia energiansäästötoimenpiteitä on saatu aikaiseksi, mutta toimijoilla on **puutetta kootusta vaikuttavuustiedosta, arvioinnin työkaluista sekä hyvistä esimerkeistä.**
- Valtakunnallisesti on **ongelmia ilmastotavoitteiden konkretisoimisessa.** Esimerkiksi kuntien ljs-suunnittelussa ja MAL-sopimuksissa tavoitteet ja toimet jäävät yleisiksi.
- **Rahoituspäätösten lyhyt aikaväli¹** haittaa kannusteiden käyttöä investointien sekä hoidon ja korjausten yhteydessä.

1 Tällä viitataan siihen, että kannusteiden käyttöä tukisi, jos voitaisiin asettaa useampaa vuotta koskevia tavoitteita ja sitoa rahoitus tavoitteiden saavuttamiseen. Nykyinen budjettivuoteen sidottu rahoitus tekee tällaisen hankalaksi.

Lähde: Ilmastotyön tehostaminen Liikennevirastossa -selvitys 2017, julkaisematon

Ilmastotyön tehostaminen Liikennevirastossa -selvityksen tulokset tiivistetysti pohjaksi Väyläviraston työlle 2/3

Miltä tulevaisuus näyttää?

- **Valmisteltavat hallinnolliset muutokset muuttavat vastuita ja toimintatapoja¹.** On tärkeää pyrkiä vaikuttamaan muutosten toteutukseen, jotta viraston osaaminen saadaan tehokkaasti käyttöön myös ilmastonäkökulmasta. Mahdollisuudet hallinnolliseen ohjaukseen ovat pienenemässä. Jatkossa korostuvat enemmän ”pehmeät” keinot esim. tiedolla ohjaaminen.
- Viraston **osaaminen luo pohjan** edistää ilmastoasioiden, hyvien suunnittelukäytäntöjen ja kestäväen liikkumisen huomioon ottamista eri suunnittelutasoilla ja toimijoiden keskinäisissä sopimuksissa. Siksi näiden kysymysten tarkastelu sekä **suunnittelun ja vaikutusten arvioinnin kehittäminen** osana muutosten valmistelua ovat tärkeitä.
- **Pyrkimykset liikennepolitiikan ja rahoituksen pitkäjänteisyyteen** tukevat mahdollisuuksia toteuttaa ilmastotoimenpiteitä ja käyttää kannustimia.
- Eri toimijat tarvitsevat toimintansa tueksi koottua **vaikuttavuustietoa, arviointityökaluja ja hyviä esimerkkejä**, mikä tarjoaa hyvän pohjan yhteiselle selvitystoiminnalle.
- **Ilmastotoimia voidaan tehostaa lyhyellä aikavälillä** selkeyttämällä linjauksia, päivittämällä ohjeita, esittämällä toiminta- ja asiakirjamalleja.

1 Vuonna 2017 valmisteltavina olleiden hallinnollisten muutosten arvioitiin muuttavan vastuita ja toimintatapoja.

Ilmastotyön tehostaminen Liikennevirastossa -selvityksen tulokset tiivistetysti pohjaksi Väyläviraston työlle 3/3

Jatkotoimenpiteitä, joissa ilmastoasioita voitaisiin edistää

Viraston toimenpiteitä (edelleen ajankohtainen)

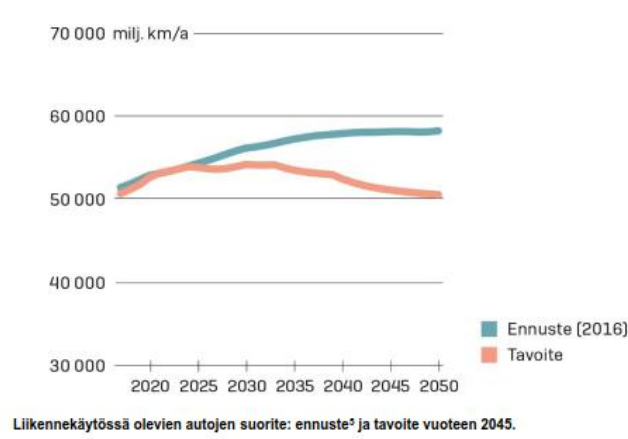
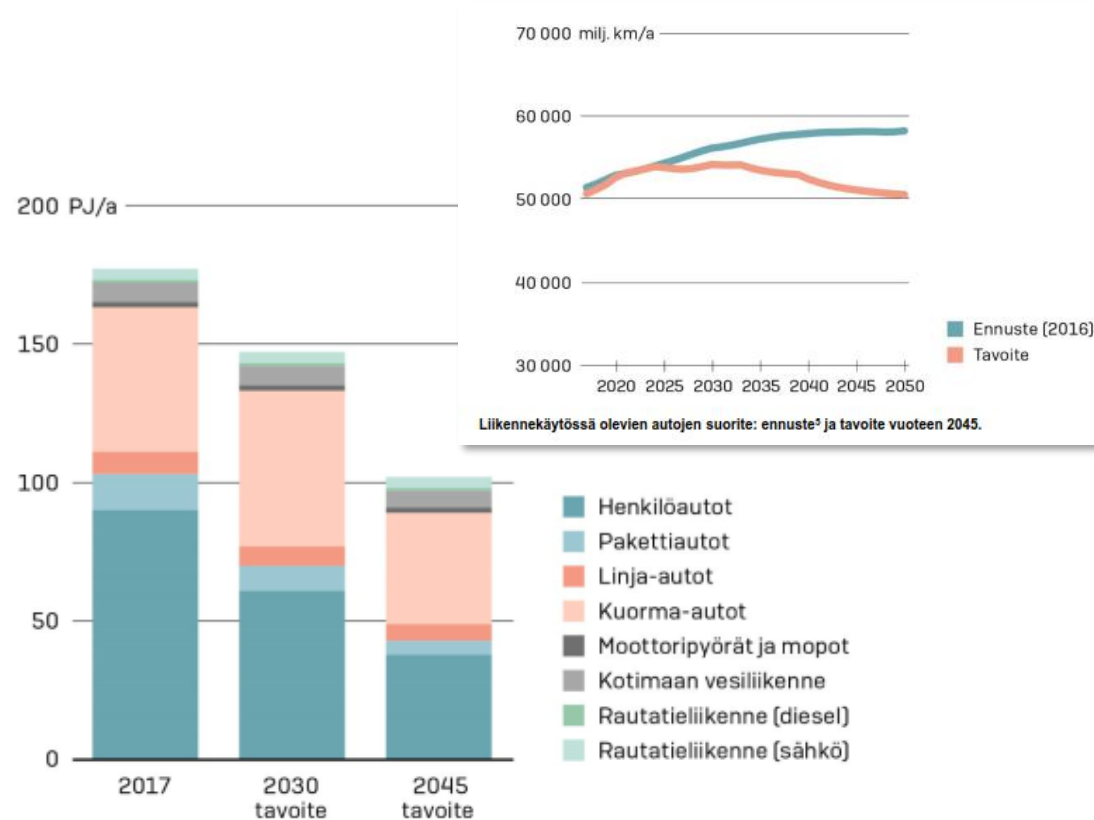
- Viraston ilmastotyön tahtotilan selkeyttäminen
- Vaikuttavuustiedon ja hyvien käytäntöjen kokoaminen ja tehokkaampi välittäminen
- Ilmastoasioiden liittäminen hankinta-, suunnittelu- ym. ohjeisiin sekä -prosesseihin
- Elinkaaritarkastelujen edistäminen
- Pilottien käynnistäminen yhdessä muiden kanssa hyvien käytäntöjen edistämiseksi
- Liikennejärjestelmätyön tukeminen kehittämällä työkaluja mm. arviointiin.

Toimenpiteitä, joihin virasto voi vaikuttaa

- Yhteistoiminnallisten prosessien kehittäminen mm. maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, liikkumisen palveluiden suunnittelussa ja toteutuksessa eri toimijoiden kanssa
- Liikennejärjestelmän energiatehokkuuden edistämistoimenpiteiden suunnittelu muiden toimijoiden kanssa sekä hallinnon uusien työkalujen (uudet suunnitelmat ja sopimukset) hyödyntäminen
- Meneillään olevien uudistusten muutosjohtamiseen osallistuminen
- Tietomallipohjaisen suunnittelun edistäminen yhdessä alan kanssa.

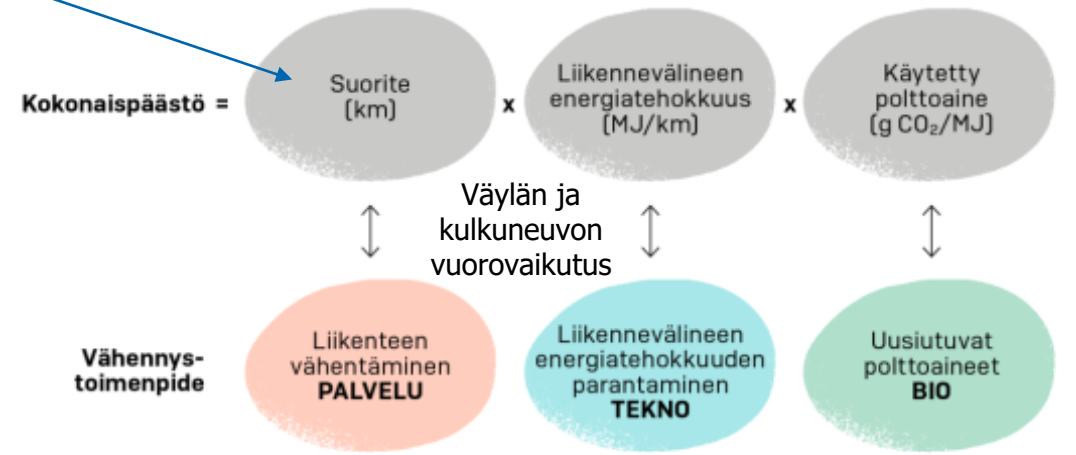
Yhteenvetoa liikenteen päästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä 1/5

Väylän ja kulkuneuvon vuorovaikutuksesta syntyvät päästöt eivät näy erikseen päästölaskelmissa, vaan ne ovat osa yleistä energiatehokkuuden parantamista



Liikenteen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää voidaan karkeasti jaotellen vähentää kolmella tavalla:

1. Vähentämällä päästöjä tuottavan liikenteen suoritetta (kilometrejä) ja parantamalla muilla tavoin liikennejärjestelmän energiatehokkuutta.
2. Siirtymällä liikennevälineissä vähäpäästöisiin tai päästöttömiin teknologioihin (esimerkiksi sähköautot).
3. Ottamalla käyttöön entistä vähäpäästöisempiä tai uusiutuvia polttoaineita.



Liikenteen energiankäyttö eri liikennemuodoissa vuonna 2017 sekä tavoitteet vuosille 2030 ja 2045.

CO₂-päästöjen muodostuminen ja niiden vähentäminen liikenteessä

Yhteenvetoa liikenteen päästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä 2/5

Infran ja väylänpidon päästö syntyy väylän, käyttäjän ja tekniikan vuorovaikutuksesta



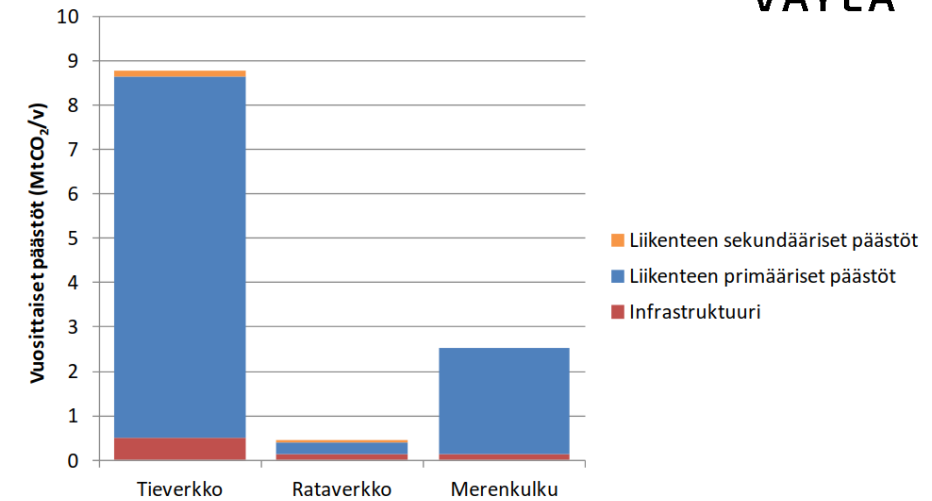
Hiilidioksidipäästöihin vaikuttavia tekijöitä

Yhteenvetoa liikenteen päästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä 3/5

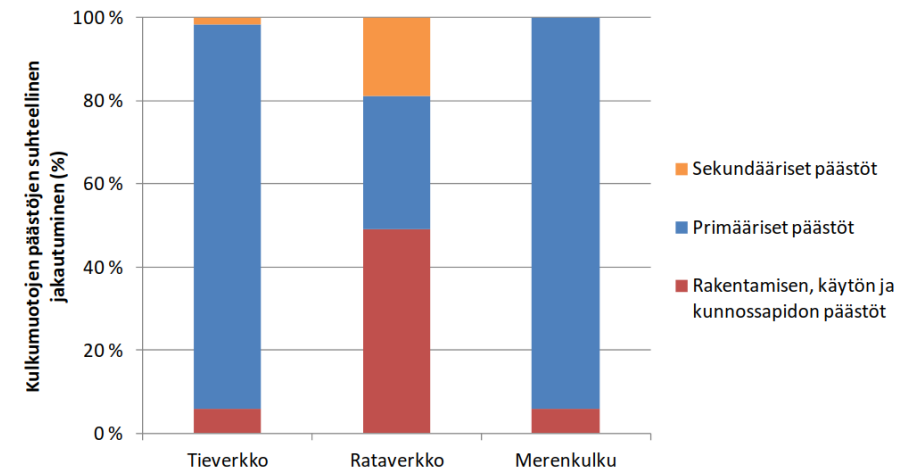
Rakentamisen, käytön ja kunnossapidon merkitys liikenteen¹ kasvihuonekaasupäästöissä

- Primääristen päästöjen eli kulkuneuvojen kuluttaman energian päästöjen osuus kokonaispäästöistä 92 %
- Tieverkolla syntyy 75 %, rataverkolla 4 % ja merenkulussa 21 % liikenteen hiilijalanjäljestä
- Sekundääristen liikennepäästöjen (erilaisten liikenne- ja rautatieasemien, varikoiden, levähdys- ja pysäköimis- ja lastausalueiden) osuus kokonaispäästöistä 2 %
- Infrastruktuuripäästöjen (rakentaminen, käyttö, kunnossapito) osuus on noin kolmannes rataverkon päästöistä ja noin 6 % tieverkon ja merenkulun päästöistä
- Tien- ja radanpidon infrastruktuuripäästöistä suurin osa syntyy rakentamisen aikana, merenkulussa käyttövaiheen aikana satamien energiankulutuksesta.

¹ lentoliikenne ei ole mukana tarkastelussa



Kuva 20. Tie- ja rataverkon sekä merenkulun vuosittaisien päästöjen jakautuminen infrastruktuurin ja liikenteen päästöihin

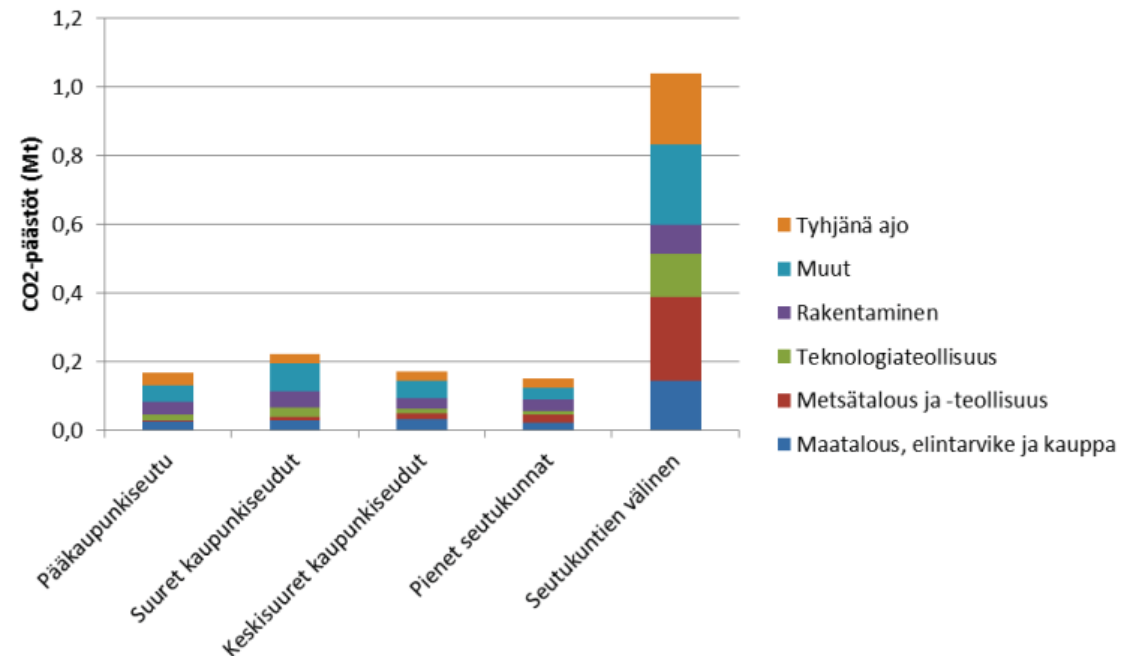


Kuva 22. Kulkumuotojen päästöjen suhteellinen jakautuminen infrastruktuurin ja liikenteen päästöihin ottaen huomioon junien käyttämän vihreän sähkön

Yhteenvetoa liikenteen päästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä 4/5

Kuorma-autoliikenteen päästöistä suuri osa syntyy seutukuntien välisestä, elinkeinoelämän tarpeita palvelevasta liikenteestä.

Suurin osa (60 %) kuorma-autoliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu seutukuntien välisessä liikenteessä (Ilmastopaneeli, 2015).

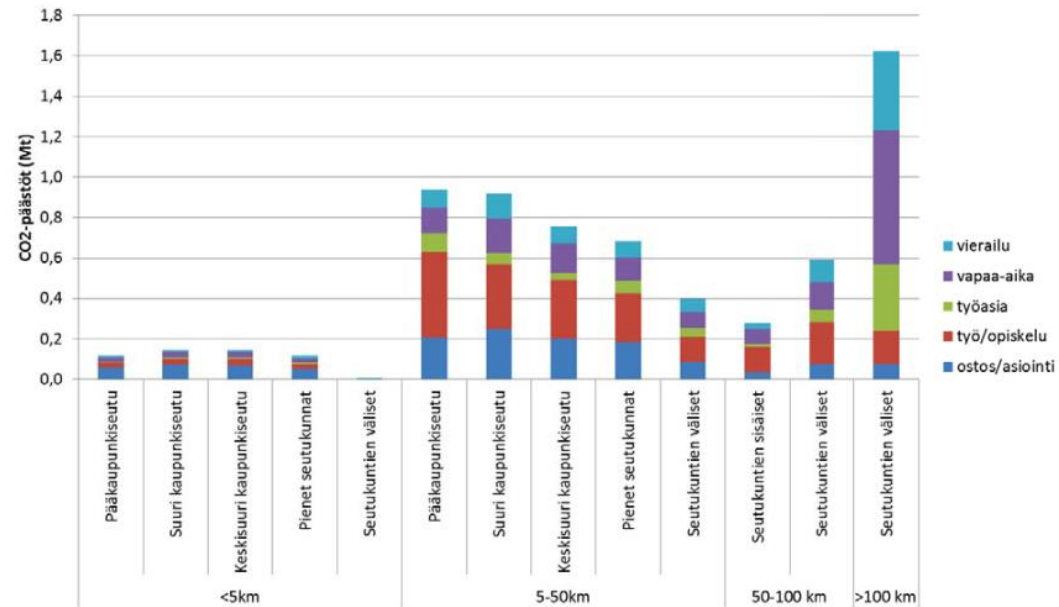


Kuva 4 Kuorma-autoliikenteen kasvihuonekaasupäästöt alueittain ja toimialoittain 2013 (Ilmastopaneeli, 2015)

Yhteenvedoa liikenteen päästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä 5/5

Seutukuntien välisellä liikenteellä ja yhteiskunnallisista aktiviteeteistä syntyvillä päästöillä merkittävä rooli

Suomen sisäisen henkilöliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä 60 % tulee seutukuntien sisäisestä arkiliikenteestä ja 40 % seutukuntien välisestä liikenteestä. (Ilmastopaneeli, 2015)

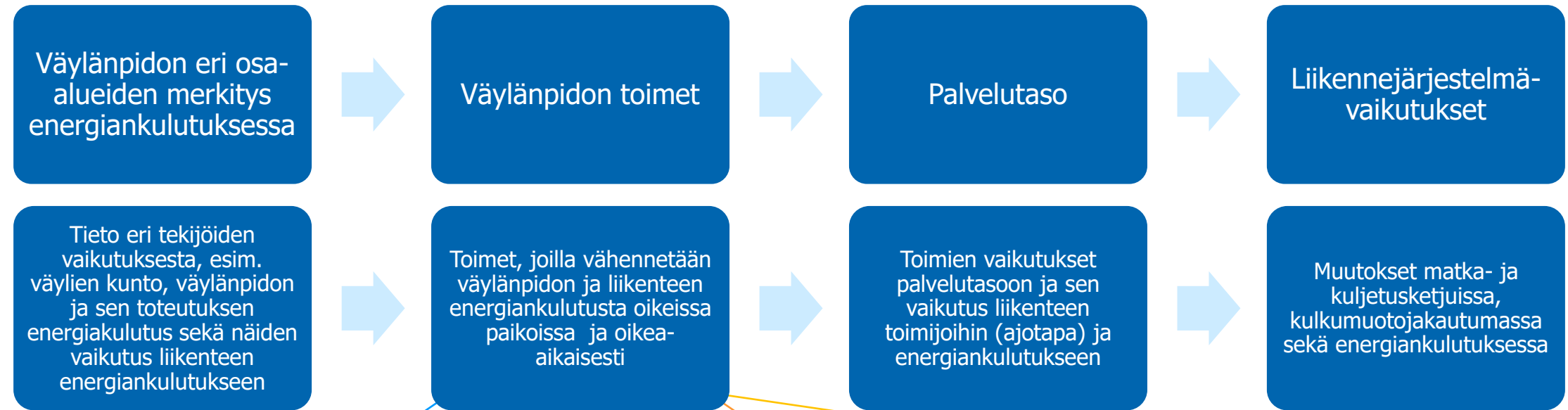


Kuva 5 Suomen henkilöliikenteen CO₂-päästöjen jakauma matkan tarkoituksen ja pituusluokan mukaan. (Ilmastopaneeli, 2015)

Väylänpidon vaikutus päästöihin

Väylänpito vaikuttaa energiankulutukseen suoraan toimiansa, palvelutasomuutosten, muihin toimijoihin kohdistuvien vaikutusten ja liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten kautta

Matkojen keskeiset palvelutasotekijät ovat matka-aika ja sen ennakoitavuus, hallittavuus, turvallisuus, helppous ja mukavuus. **Kuljetusten palvelutasotekijät** ovat kustannustehokkuus, täsmällisyys, turvallisuus, vaurioitumattomuus ja kuljetusvarmuus.



Parantaminen

Parannetaan liikenneverkon palvelutasoa pienillä tai isommilla investoinneilla (vaikutus arvioidaan hankearvioinnilla).

Korjaus

Korjataan liikenneverkon ja sen erityisrakenteiden kulumisesta ja ikääntymisestä aiheutuvia vaurioita sekä uusitaan vanhoja väylärakenteita nykyvaatimusten tasolle.

Hoito

Varmistetaan liikenneverkon päivittäinen liikennekäytettävyys, joka toteutetaan pitkillä hankintasopimuksilla.

Liikenteen palvelut

Huolehditaan, että käytössä on ajantasaista liikenteenohjausta, tietoa ja tiedotusta sekä jäänmurto- ja maantielauttapalveluja

Tavoitteet ja lähtötiedot

Tavoitteet

Vastaukset kysymyksiin

- miten infralla ja väylänpidolla voidaan vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä ja
- mitkä ovat vaikuttavimmat ja nopeasti vaikuttavat liikenteen päästövähennystoimenpiteet nykyisellä väyläverkolla.

Arvio

- tutkimustiedon ja menetelmien ajantasaisuudesta ja kattavuudesta.

Ehdotus

- toteutettavista toimenpiteistä vuosiin 2025 ja 2030 mennessä.

Suositus

- laskentamenetelmistä, joilla selvityksessä esiin nousevien päästövähennyskeinojen tehokkuutta voisi laskea.

Työ rajattiin seuraavasti

- Liikennejärjestelmävaikutuksissa rajaudutaan vain väylänpidon vaikutuksiin eikä esimerkiksi hinnoittelua tarkastella.
- Infrarakentamisen elinkaaren aikaisia päästöjä ei tarkastella, koska käynnissä olevassa yhteispohjoismaisessa NordLCA hankkeessa kehitetään laskennan ohjeistusta.
- Ei käsitellä tienrakennus- tai parannushankkeiden välillisiä, tien kapasiteetin kasvusta ja maankäytön muuttumisesta syntyviä vaikutuksia liikenteen määrään ja päästöihin.

Lähtötiedot

- Lähtöaineistona käytettiin koti- ja ulkomaisia tutkimuksia (etenkin pohjoismaisia).
- Lähtötietojen kattavuus ja oikeellisuus tarkistettiin yhdessä Väyläviraston asiantuntijoiden kanssa.
- Tehtiin 7 asiantuntijahaastattelua.
- Tehtiin täydentäviä kyselyjä asiantuntijoille ja pyydettiin kommentteja raporttiluonnoksesta.

Haastattelut

- Olli Holm, Väylä, merenkulku
- Ossi Saarinen, Väylä, päällysteet
- Juhani Laurikko, VTT, ajoneuvojen päästöihin vaikuttavat tekijät
- Janne Pusa, VR, radanpidon vaikutukset junaliikenteen päästöihin
- Otto Kärki, Väylä, talvihoidon vaikutukset
- Aleksanteri Ekrias ja Mikko Saari, Licon-at, valaistus

Liikennejärjestelmänäkökulman merkitys liikenteen päästöjen vähentämisessä ja päästöjen laskenta

Osion sisältö

- Liikenne osana yhteiskuntaa dia 26
- Kaupunkiseuduilla tarpeen monipuolinen keinovalikoina dia 27
- Päästöjen laskentatapa käyttötarkoituksen mukaan dia 28
- Menetelmiä päästölaskentaan diat 29–30
- Osion yhteenveto dia 31

Liikenne osana yhteiskuntaa

Toimenpiteiden suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon, että liikenne on osa yhteiskuntaa ja päästöjen vähentäminen on yksi tärkeä tavoite muiden joukossa.

Päätöksiin vaikuttavat useat tekijät ja toimijat. Väylävirasto vaikuttaa näihin kysymyksiin maankäytön ja liikennejärjestelmien sekä matka- ja kuljetusketjujen suunnittelussa.

kaupalliset, julkiset, eri sektoreiden tuottamat palvelut esim. *eri liikennemuotojen ja niihin liittyvien palveluiden tarjonta*

valtakunnallinen, maakunnallinen, seudullinen, paikallinen, kaupunki/maaseutu, eri vyöhykkeet, *olosuhteet/mahdollisuudet eri alueilla*

kaupunkilaiset/maaseutuväestö, nuoret/vanhat, työssäkäyvät/työttömät, auton omistajat / autottomat, yksin eläjät / perheelliset, miehet/naiset, väestö eri tuloluokissa, erilaisilla joukkoliikenteen tarjonnan alueilla, maahanmuuttajat/valtaväestö *Mahdollisuus toimia eri olosuhteissa*

turvallisuus, taloudellisuus, oikeudenmukaisuus, tehokkuus, kestävyys, ympäristömyötisyys... *Valintakriteerit*

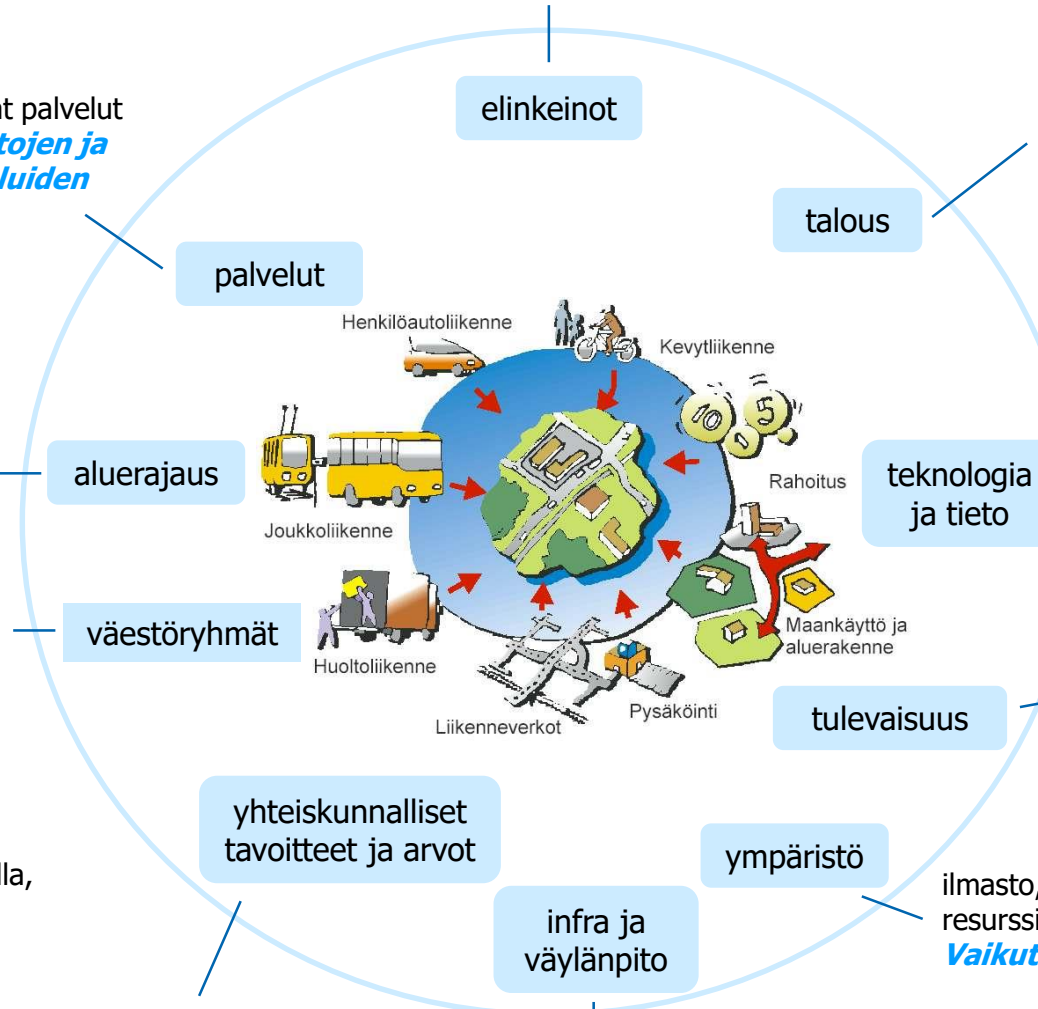
metsä-, metalli-, kaivos- ym. teollisuus, maatalous, matkailu, liikenne ja logistiikka ..., *elinkeinojen kuljetusketjujen tarpeet ja eri liikennemuotojen mahdollisuudet vastata tarpeeseen*

kansantalous, aluetalous, yritystalous, kuntatalous, liikennetalous, käyttäjien ja tuottajien kustannukset ja hyödyt... *päästövähennyskustannukset eri toimijoille*

kulkuneuvot, polttoaineet, materiaalit, digitalisaatio, *päästö/suorite, vähennyskustannus/suorite*

mahdollisuudet, uhat, riskit, *pitkän aikavälin kehitys*

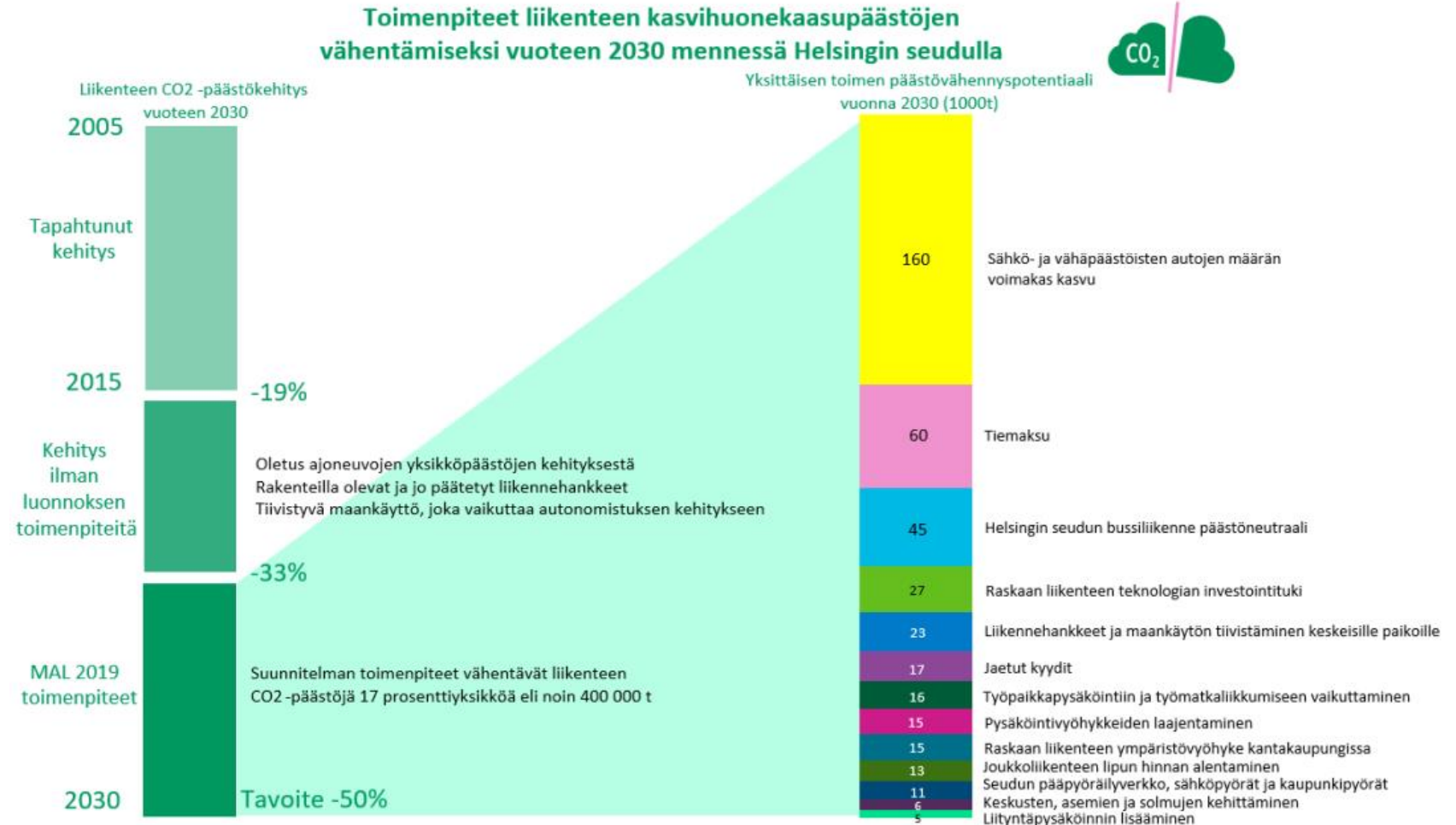
ilmasto, ilmanlaatu, melu, tärinä, resurssitehokkuus, luontovaikutukset... *Vaikutukset muihin tekijöihin*



väylien rakentaminen, kunnossapito ja käyttö sekä infran, väylänpidon ja liikenteen keskinäinen suhde, *tekniikan ja käyttöolosuhteiden välinen suhde*

Kaupunkiseuduilla tarpeen monipuolinen keinovalikoina

**Kaupunkiseudulla ajoneuvo- ja polttoainetekniikan kehityksellä on merkittävä rooli liikenteen päästöjen vähentämisessä, mutta myös ajosuoritteen vähentämistä ja kulku-
muotojakauman muutosta tarvitaan, mikä edellyttää eri toimijoiden yhteistyötä.**



Päästöjen laskentatapa on tarpeen valita käyttötarkoituksen mukaan



Ohjelmatasojen pyramidi [1]

Lähtötiedon tarkkuuden taso kasvaa

Päästölaskennan tarkoitus	Käytössä olevia malleja
Liikenteen päästöjen osuus Suomen ja kuntien päästöistä sekä vähennysmahdollisuuksien suuruusluokka ja kustannustehokkuus	LIPASTO (polttoaineenkulutukseen perustuva), keskimääräiset päästökertoimet eri kulkuneuvoille hyödynnetään kuntien päästölaskennoissa, väylänpitoon liittyen tietoa nopeuden vaikutuksesta, hiilijalanjälki
Matka- ja kuljetusketjujen vertailu, maankäytön ja liikenteen yhteensovittaminen ja siihen liittyvä liikenteen päästöjen minimointi	Hyödynnetään usein LIPASTOn yksikköpäästöjä, mallilaskelmia (esim. HELMET, TALLI, IVAR, MERIMA), ei tyypillisesti väyläominaisuuksien tietoa, kulkumuotojen vertailua, MIPS-laskennat
Verkkotasolla ohjelmointi on väylänpidon tuotteiden ja niiden osaluokkien välistä vertailua, priorisointia ja resursointia muun muassa ilmastovaikutusten suhteen	Elinkaarianalyysit, esim. MELI käytettävien materiaalien päästöt esim. polttoaineen kulutus, kuljetusmatkat, CO ₂ -päästöt, NO _x -, SO ₂ -, VOC- ja CO-päästöt, hiukkaspäästöt sekä melupäästöt. MELI huomioi materiaalien valmistuksen, kuljetukset sekä materiaalien asennuksen työmaalla.
Optimaalisten ratkaisujen etsintä, toimenpiteiden päästövaikutusten laskenta kohteessa ja siitä seuraavat päästövaikutukset (simulointi)	Ajosimulointimallit, Vemosim ¹ (IVAR ²), kulkuneuvojen päästömallit (VECTO ³ raskaille ajoneuvoille EU, Ecodrive-junat), elinkaarianalyysit, hiilijalanjälki (erilaiset laskurit)

Lähde: [1] Ohjelmatasojen arvioinnin nykytila ja kehittämisen tavoitteita. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 19/2014

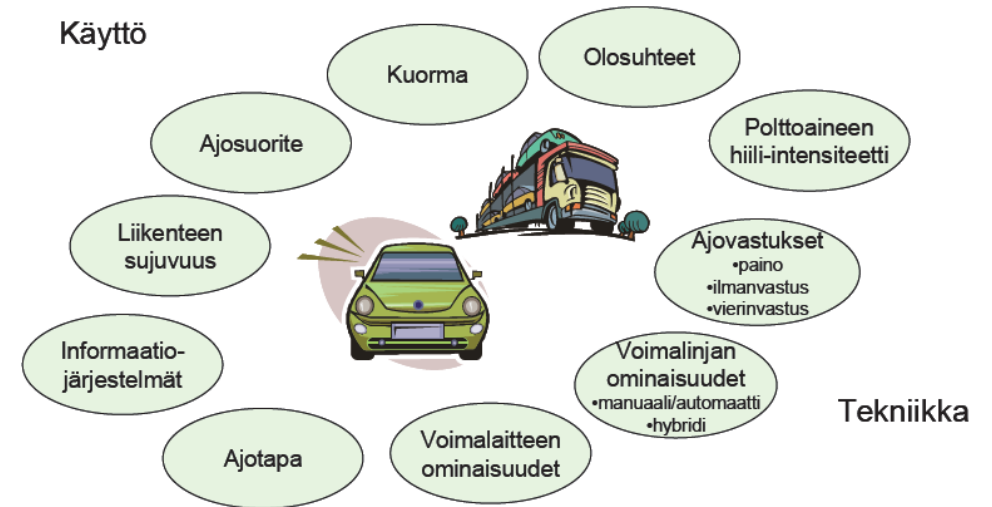
¹ Vemosim on ajoneuvosimulaattori, jonka avulla voidaan määrittää eri ajoneuvojen liiketila sekä energiankulutus ja päästöt erilaisissa tie- ja liikenneoloissa

² IVAR on Investointihankkeiden Vaikutusten Arviointiohjelmisto, joka on tarkoitettu tiehankkeiden suunnittelun apuvälineeksi eri suunnitteluvaiheissa

³ VECTO on raskaiden ajoneuvojen erilaisten moottoreiden, voimansiirron, akselirakenteiden, kokonaisuusmassojen, päällirakenteiden ja ajotehtävien vaikutusten huomioimiseksi hiilidioksidipäästöjen määrittämiseen muodostettu simulointiohjelmisto Vehicle Energy Consumption Calculation Tool (VECTO).

Menetelmiä liikenteen päästölaskentaan ja väylänpidon vähennystoimien suunnitteluun 1/2

- Erilaiset simulointimallit ovat periaatteessa käyttökelpoisia menetelmiä väylänpidon ja kulkuneuvojen vuorovaikutuksen ja siitä aiheutuvien päästöjen laskentaan ja väylänpidon toimien suunnitteluun kohdetasolla, kun lisäksi otetaan huomioon toimen elinkaarivaikutukset. Simulointimallit tarvitsevat lähtötietona eri käyttöolosuhteiden ja kulkuneuvojen ominaisuuksien vaikutuksen päästöihin tai energiankulutukseen.
- Simulointimalleja varten kulkuneuvojen päästöt saadaan mittaamalla ne kontrolloiduissa olosuhteissa esimerkiksi tyyppihyväksyntätesteissä. Tällöin keskeistä on, miten hyvin testi pystyy kuvaamaan kulkuneuvon päästöihin vaikuttavia todellisia ajoneuvon ominaisuuksia ja ajo-olosuhteita. Puutteita tässä suhteessa on erityisesti ollut raskaan kaluston päästöjen mittauksissa. Tilanne on paranemassa raskaan ajoneuvokaluston osalta EU:ssa parhaillaan käyttöön otettavan simulointiohjelmiston Vehicle Energy Consumption Calculation Tool (VECTO) myötä. Sillä lasketaan jatkossa raskaiden ajoneuvojen erilaisten moottoreiden, voimansiirron, akselirakenteiden, kokonaisuusajoneuvojen, päälirakenteiden ja ajotehtävien vaikutusta hiilidioksidipäästöihin.
- Kun tunnetaan väylän ominaisuuksien, kuten mäkien tai kiertoliittymien tai nopeuden vaikutus kulkuneuvon päästöihin, voidaan väylätietojen avulla laskea eri toimenpiteiden vaikutus päästöihin. Tällaista tietoa on kuitenkin toistaiseksi käytettävissä rajallisesti. Tällä hetkellä arviointiin on käytettävissä Vemosim-ohjelma, joka simuloi väyläominaisuuksien vaikutusta raskaan kaluston päästöihin. Sen ongelmana on riittävä lähtötietojen saanti muun muassa ajoneuvojen moottorikartoista sekä ohjelman dokumentoinnin puutteellisuus (laskennan läpinäkyvyys) ja käytön rajautuminen pienelle käyttäjäjoukolle.



Tarve erityisesti raskaan liikenteen päästöjen paremmalle arvioinnille on olemassa. Raskaiden ajoneuvojen päästöjen osuus tulee kasvamaan henkilöautojen vaihtoehtoisten voimanlähteiden yleistyessä. Lisäksi monet elementit (hidastukset, nopeus, mäet, keli) vaikuttavat enemmän raskaaseen liikenteeseen. On siis tarve kehittää laskentaa huomioon ottamaan liikenneolosuhteet ja ajoneuvon eri ominaisuudet.

Menetelmiä liikenteen päästölaskentaan ja väylänpidon vähennystoimien suunnitteluun 2/2

- **Raideliikenteessä tietoa** energiankulutuksesta saadaan junissa käytössä olevilla Eco Drive -järjestelmillä, jotka on tarkoitettu tukemaan energiatehokasta ajoa niin, että junan nopeus ja junien kohtaamiset voidaan optimoida. Järjestelmän kautta operaattoreille kertyy tietoa radan ja sen kunnossapidon vaikutuksista energiankulutukseen, jota voitaisiin käyttää radanpitoa kehitettäessä.
- **Alusten päästöistä** tullaan jatkossa saamaan tietoa alusten energiatehokkuusindeksin EEDI kautta. EEDI on tavoiteperusteinen tekninen standardi, jota sovelletaan uusiin aluksiin vaiheittain 1.1.2013 jälkeen. EEDI-indeksi osoittaa laivojen energiatehokkuuden yksiköllä gCO₂ (tuotettua päästöä)/tonni*merimaili (lastikuljetusmatka), joka lasketaan tietyn viitealueen sisään.
- Lisäksi Itämerellä on käynnissä lukuisia tutkimushankkeita, joista SHEBA-hankkeessa tutkitaan laivaliikenteen päästöjä ilmaan ja veteen sekä merenkulusta aiheutuvaa vedenalaisen melun määrää. Hankkeessa sovelletaan viimeisimpiä mallityökaluja mm. päästöjen, ilmanlaadun, ekosysteemivaikutusten ja vedenalaisen melun kartoittamiseksi ja taloudellisten vaikutusten arvoimiseksi. Hanke sisältää mm. laajoja mittauskampanjoita laivamoottorien pakokaasupäästöjen puhdistustekniikoiden suorituskyvyn sekä vedenalaisen melun vaikutusten arvioimiseksi. Lisäksi pyritään etsimään keinoja, joilla haittavaikutukset meriympäristölle voidaan minimoida.
- Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöjen laskentaan on käytössä MERIMA-mallit, jonka reittivertailumalli soveltuu satamaparin päästöjen laskentaan.
- **Monia tienpidon päästöjen vaikutuksia käsitellään osana hankearviointia** ja lasketaan IVAR-ohjelmalla, joka on kattavasti dokumentoitu. Teiden suunnittelussa käytettävä IVAR-malli arvioi eri tekijöiden vaikutuksia ja kannattavuutta hankealueella keskenään vertailukelpoisesti ja hyödyntää tietoa eri väyläominaisuuksien vaikutuksesta ajoneuvojen päästöihin. Laskelmat tehdään hankkeissa ainakin 30 vuoden elinkaarelle. IVAR-ohjelman erityisenä etuna on, että se tarkastelee hankkeen hyväksyttävyyteen vaikuttavia eri tekijöitä samanaikaisesti sekä samoilla oletuksilla ja lähtötiedoilla. Ohjelmaa on kehitetty viime vuosina ottamaan paremmin huomioon polttoaineenkulutus ja esimerkiksi mäkisyyden vaikutukset. Ohjelman toiminnalle asettaa kuitenkin rajat käytettävissä olevat lähtötiedot mm. tierekisterin tuottama tieto. Lisäksi on hyvä pitää mielessä, että IVAR ei ole mikrotason malli vaan mallintaa liikennettä mikrotason simulointimalleja huomattavasti karkeammalla tasolla. Toisaalta se ottaa ajoneuvodynamiikan malleja paremmin huomioon liikenteen koostumuksen ja ruuhkautumisen. IVAR-laskentaa täydentämään on viime vuosina käytetty muutamissa hankkeissa Vemosim-ohjelmaa.

Osion yhteenveto

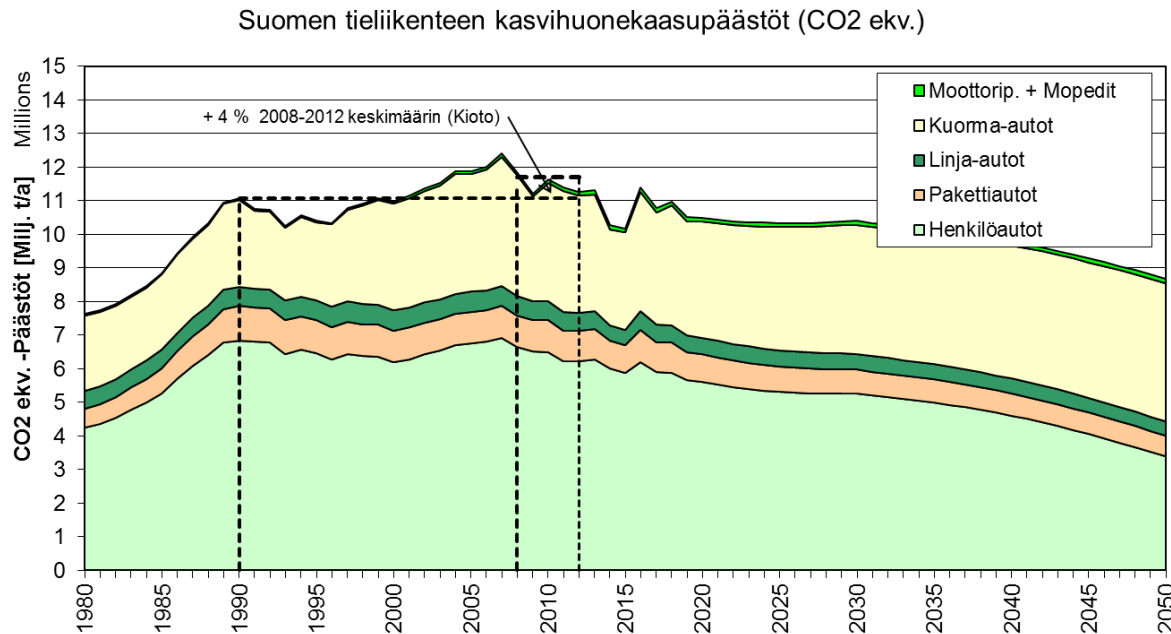
- Väylänpidon päästöjen vähentämiseen vaikuttavat monet tekijät (esim. muut tavoitteet, vaikutukset muihin toimijoihin ja tekijöihin, tasapaino päästövähennyksen ja lisäyksen välillä, kustannus/rahoitus, tarkasteltava aikaväli).
- Väylävirasto osallistuu liikennejärjestelmäsuunnitteluun ja liikenneverkkojen toimenpiteiden valmisteluun sekä maankäytön yhteistyöhön väylänpidon asiantuntijana ja väyläomaisuuden haltijana, millä on merkittäviä pitkäaikaisvaikutuksia.
- Virasto osallistuu myös liikenteen ja maankäytön yhteensovittamiseen sekä valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman laatimiseen ja alueelliseen liikennejärjestelmäsuunnitteluun maakuntien liittojen, kuntien, kaupunkiseutujen ja muiden toimijoiden kanssa. Tämä on taso, jolla voidaan toteuttaa maankäytön ja liikenteen yhteensovittamista sekä matka- ja kuljetusketjujen optimointia.
- Aiemmat liikennejärjestelmän kehittämiseen vuosina 2016–2017 tehdyt linjaukset, jotka koskevat liikenteen päästövähennystoimia, ovat edelleen relevantteja Väyläviraston liikennejärjestelmätyössä.
- Liikenneolosuhteet vaikuttavat päästöihin sekä kohteessa (väylä, nopeus, liikennemäärä → kuluminen, ruuhkautuminen ja nopeuteen vaikuttavat muut tekijät) että matka- ja kuljetusketjun muissa osissa.
- Liikenneolosuhteiden lisäksi todelliseen päästöön vaikuttaa merkittävästi ajotapa kaikissa liikennemuodoissa.
- Liikenteen päästöjen laskentaan soveltuva malli riippuu tiedon käyttötarkoituksesta ja systeimirajauksesta. Laskennan luotettavuus riippuu paljon lähtötietojen laadusta.

Tieliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä

Osion sisältö

- Yleistä tieliikenteen päästöistä dia 34
- Tienpito ja päästöihin vaikuttavat tekijät dia 35
- Liikenneolosuhteiden erilaisuus eri osilla tie- ja katuverkkoa dia 36
- Hankesuunnittelussa huomioitavia tekijöitä diat 37–38
- Sujuvuuden ja tiegeometrian vaikutus dia 39
- Nopeuden, kiihdytysten/hidastusten vaikutus dia 40
- Päällysteiden vaikutus diat 38–39
- Päällysteiden ylläpidossa huomioitavia tekijöitä diat 41–43
- Tievalaistus dia 44
- Kunnossapidon vaikutus dia 45
- Talvihoidon vaikutus dia 46
- Liikenteenhallinnan vaikutuksista diat 47–51
- Osion yhteenveto dia 52

Yleistä tieliikenteen päästöistä



LIISA 2018 model

- Ajoneuvotekniikan kehittyminen on vaikuttanut lähipäästöihin, mutta ei energiankulutuksen periaatteisiin/määriin. Vanhat tutkimustulokset ovat edelleen käyttökelpoisia.
- Jatkossa ajoneuvo- ja polttoainetekniikan kehityksellä on suuri merkitys päästöjen vähentämisessä. Tekniikan kehitys voi olla nopeaa, mutta vaikutukset tulevat kuitenkin verrattain hitaasti.
- Raskaiden ajoneuvojen päästöjen vähentäminen on selvästi haasteellista.
- Liikenneolosuhteet ja rakenteelliset ratkaisut ovat erilaisia eri tieosilla.
- Tieluokka/hoitoluokka (liikennemäärä) määrittävät nopeutta, liikenteellisiä ratkaisuja (esim. liittymät), päällysteiden kunnossapitoa ja korjaamista sekä kunnossapidon tasoa.
- Huonokuntoisten teiden osuus on kasvussa.

Tienpito ja päästöihin vaikuttavat tekijät

Parantaminen

Parannetaan liikenneverkon palvelutasoa pienillä tai isommilla investoinneilla (vaikutus arvioidaan hanke-arvioinnilla).



Verkon ominaisuudet, nopeudet, sujuvuus, tiegeometria

Korjaus

Korjataan liikenneverkon ja sen erityisrakenteiden kulumisesta ja ikääntymisestä aiheutuvia vaurioita sekä uusitaan vanhoja väylärakenteita nykyvaatimusten tasolle.



Päällysteet ja valaistus sekä pienet parannustoimet

Hoito

Varmistetaan liikenneverkon päivittäinen liikennöitävyys, joka toteutetaan pitkillä hankintasopimuksilla.



Kunnossapito erityisesti talvihoito

Liikenteen palvelut

Huolehditään, että käytössä on ajantasaista liikenteen-ohjausta, tietoa ja tiedotusta sekä jäänmurto- ja maantielauttapalveluja.



Liikenteenhallinta

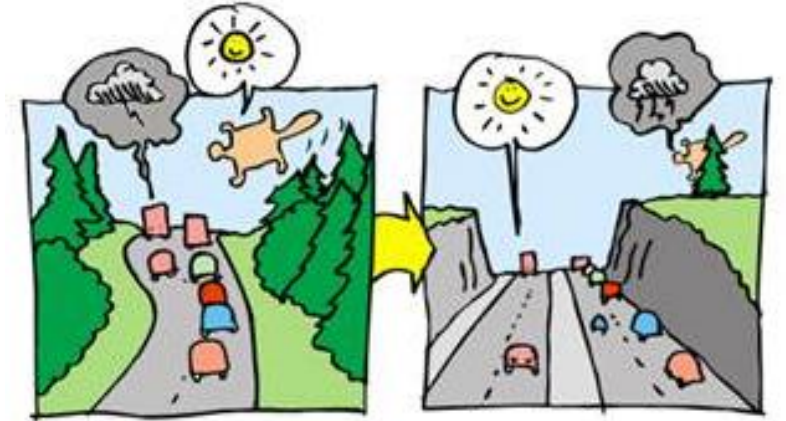
Liikenneolosuhteet (nopeudet, sujuvuus, hidastukset/ kiihdytykset) ovat erilaisia eri osilla tie- ja katuverkkoa

- Nopeudet vaihtelevat liikennetilanteen mukaan: turvallisuus, joukkoliikenne, pyöräily, kävelijät
- Ruuhkautuminen, hidastukset, liittymät ja väylätilan jako ovat maanteillä olennaisesti erilaiset kuin taajamissa

	Päätiet	Alempi tieverkko	Katuverkko
Kaistojen määrä, liikenteen sujuvuus	<ul style="list-style-type: none"> • Usein 2+2-kaistaisia tai ohituskaistatietä • Hyvät ohitusmahdollisuudet • Hyvä liikenteen sujuvuus, vähän ruuhkautumista • Ruuhkautuminen valtateiden liittymäkohdissa ja kaupunkiseuduilla työssäkäyntiliikenteen aikaan ja erityistilanteissa 	<ul style="list-style-type: none"> • Usein 1+1-kaistaisia, myös ohituskaistateitä • Hitaiden ajoneuvojen ohittaminen haastavaa • Heikompi sujuvuus, ruuhkautumisen todennäköisyys suurempi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaistamäärät vaihtelevat katuluokan mukaan • Pyörä- ja joukkoliikenteellä omat kaistat • Osa liikenteestä yksisuuntaista • Katuverkon ruuhkautuminen erityisesti työssäkäyntiliikenteen aikaan
Tasoliittymät	<ul style="list-style-type: none"> • Suurimmilla pääteillä liittymät yleensä eritasossa (moottoritiet), kuitenkin paljon myös tasoliittymiä • Liittymäväli on harva 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasoliittymiä saattaa olla paljon • Vilkkaiden tasoliittymien kohdalla yleensä alennettu nopeusrajoitus • Liittymäväli paikoin tiheä • Taajamien kohdalla saattaa olla myös liikennevaloin ohjattuja liittymiä tai kiertoliittymiä 	<ul style="list-style-type: none"> • Pääsääntöisesti tasoliittymiä, joissa kaikilla suunnilla saattaa olla vilkas liikenne • Liittymiä on tiheästi, palvelevat erilaisia maankäytön tarkoituksia • Erilaisia liittymätyyppejä; tasa-arvoiset liittymät, kiertoliittymät, liikennevalo-ohjatut liittymät
Ajonopeudet	<ul style="list-style-type: none"> • 80–120 km/h 	<ul style="list-style-type: none"> • 60–100 km/h, taajamien kohdalla myös 50 km/h 	<ul style="list-style-type: none"> • 40–50 km/h, myös 30 km/h
Liikenne-valo-ohjaus	<ul style="list-style-type: none"> • Harvoin • Sijoittuvat taajamien kohdalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Harvoin • Sijoittuvat taajamien kohdalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Usein, erityisesti suurempien ja keskisuurien kaupunkien katuverkolla • Myös joukkoliikenteen liikennevaloetuksia
Muut liikenteen kulkuun vaikuttavat tekijät		<ul style="list-style-type: none"> • Joukkoliikenteen etuajo-oikeus, kun nopeus 60 km/h tai alle • Suojatiet, kun nopeus alle 60 km/h (suositus) 	<ul style="list-style-type: none"> • Joukkoliikenteen etuajo-oikeus • Suojatiet • Erilaiset rakenteelliset hidasteet, kuten töyssyt • Erilaiset pintamateriaalit, kuten kivetykset • Mopot, skootterit, pyöräilijät ajoneuvoliikenteen seassa • Kadun varren pysäköinti • Alueiden erilaiset ominaispiirteet (maankäytön luonne)
Työmaat	<ul style="list-style-type: none"> • Ajoittaisia tietöitä, hidastava vaikutus hetkellisesti 50–60 km/h, väliaikaiset järjestelyt suunniteltu 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajoittaisia tietöitä, hidastava vaikutus hetkellisesti 50–60 km/h 	<ul style="list-style-type: none"> • Katutyömaita erityisesti kesäaikaan, joilla ruuhkauttava vaikutus

Hankesuunnittelussa arvioidaan eri tekijöiden vaikutusta 1/2

- Monia tienpidon päästöjen vaikutuksia käsitellään osana hankearviointia ja lasketaan IVAR-ohjelmalla. Päästöjen ja polttoaineen laskenta perustuu VTT:n tieliikenteen yksikköpäästökertoimiin. IVAR-laskentaa on viime vuosina täydennetty muutamissa hankkeissa Vemosim¹-ohjelmalla.
- Mäet ja kaarteet lisäävät energian kulutusta. Tiegeometrialla on raskaalle liikenteelle huomattavasti suurempi vaikutus kuin henkilöautoille. Raskaan liikenteen kulutusta lisää merkittävästi ajotapa eli ylämäkeen ajetaan rajoitinta vastaan ja alamäessä tehty työ (potentiaalienergia) menee hukkaan nopeuden rajoittimen myötä. Mäkien loiventamisen vaikutuksen suuruus voidaan karkealla tasolla arvioida IVAR-laskentaohjelman avulla. Mielenkiintoisen vertailukohdan laskelmiin saisi esimerkiksi vertaamalla tuloksia Ruotsin VTI:n VETO-laskentamallin laskentoihin [1], joissa mäkien pituus ja jyrkkyys sekä tien kaarevuus on huomioitu tarkemmin.



¹ Vemosim on ajoneuvosimulaattori, jonka avulla voidaan määrittää eri ajoneuvojen liiketila sekä energiankulutus ja päästöt erilaisissa tie- ja liikenneoloissa

Hankesuunnittelussa arvioidaan eri tekijöiden vaikutusta 2/2

- IVAR-laskentaohjelman linjaosuuksien mallit perustuvat **poikkileikkauksesta ja nopeusrajoituksesta riippuvan tavoitenopeuden sekä tien geometriasta ja liikennetilanteesta riippuvan nopeuden aleneman yhteisvaikutukseen, sekä erillisenä tekijänä mäkisyyden vaikutukseen (m/km).**
- Polttoaineenkulutusmallit ottavat huomioon kaikki linkkien matkanopeuteen vaikuttavat tekijät (esim. **nopeusrajoitus, poikkileikkaus, tien geometria, päällystelaji ja liikennemäärien vaikutus vuoden eri tunteina**). Tien kunnon vaihtelua eri vuosina eivät mallit kuitenkaan ota huomioon.
- Polttoaineenkulutus vapaissa olosuhteissa (ilman liittymää) ei vaikuta liittymien polttoaineenkulutukseen. Sen sijaan **nopeuden alenemisesta johtuva lisäkulutus on suoraan liittymän lisäkulutus.**

Sujuvuuden ja tiegeometrian vaikutus

Esimerkkejä sujuvuuden parantumisen vaikutuksista hankesuunnittelussa:

- Vt 7 ohikulkutie Haminan kohdalla vähensi liikenteen sujuvuusongelmia keskustan tasoliittymistä. Polttoaineen kulutus laski sujuvuuden parantuessa yhdistelmäajoneuvolla 1,8 km pidemmästä matkasta huolimatta noin 1–2 litraa läpiajoa kohti. [1]
- Kotkan Merituulentien kehittämisvaihtoehdoissa saatiin erilaisilla raskaan liikenteen sujuvoittamis- ja nopeudennosto-toimenpiteillä vaihtoehdosta riippuen 2,7–0,8 kt/vuosi eli 7–15 % säästöt CO₂-päästöissä vertailuvaihtoehtoon verrattuna. [2]

Tiegeometrian parantaminen vähentää energiankulutusta, kun oikein mutkikas ja mäkinen tie oiotaan

polttoaineen kulutus vähenee [4]: henkilöautot: 7,1 %, raskaat ajoneuvot: 21 %, yhdistelmäajoneuvot: 60 %

- Toisaalta poikkileikkauksen ja tien geometrian parantaminen voivat vähentää CO₂-päästöjä, mutta ajoneuvojen nopeudet samalla yleensä kasvavat eikä parannuksilla useimmiten ole merkittävää vaikutusta, vaikka nopeusrajoitus säilyisi entisellään [4]
- Korkeilla nopeusrajoituksilla, tien poikkileikkauksella ja geometrialla sekä hyvällä palvelutasolla on vain vähäinen vaikutus raskaan liikenteen CO₂-päästöihin. [4]
- Alemmat nopeusrajoitukset, liittymäratkaisut sekä voimakas ruuhkautuminen vaikuttavat raskaiden ajoneuvojen CO₂-päästöjen määriin voimakkaammin. [4]

Nopeuden ja kiihdytysten/hidastusten vaikutukset päästöihin

- Simuloidut **polttoaineen kulutukset nopeusalueella 60–80 km/h** ovat henkilöautoilla suunnilleen samat (70 km/h jopa hieman pienempi kuin 60 km/h) kaikilla eri tietyypeillä (tietyytit luokiteltu näkyvyyden/mutkaisuuden ja mäkisyyden perusteella). [1]
- Kuorma-autoilla polttoaineen kulutus aina suurempi mitä suurempi ajonopeus. [1]
- Keskeistä liikenteen sujuvuuden kannalta oikea ajonopeus, **tasainen ajonopeus on energiaa säästävä** [2]. Tasaiseen ajonopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa liikennemäärään ja olosuhteisiin suhteutettu palvelutaso, reaaliaikaiset nopeusrajoitukset, häiriönhallinnan toimet, jotka parantavat sujuvuutta.
- Kiihdytykset ja jarrutukset lisäävät polttoaineenkulutusta.
- Taajamien ohikulkutiehankkeet vähentävät hiilidioksidipäästöjä, mutta yhteysvälihankkeet lisäävät hiilidioksidipäästöjä. [3]
 - Savonlinnan keskustan ohitustiellä (vt 14) palvelutason parannus nopeuttaa liikennettä ja laskee CO₂-päästöjä 13,4 %
 - Vt 7 Koskenkylä–Kotka lisää keskinopeutta huomattavasti, mutta palvelutason paraneminen ei ole yhtä merkittävä kuin taajamahankkeissa. Ajonopeudet moottoritiellä kasvavat, mikä lisää polttoaineenkulutusta ja CO₂-päästöjä 18,3 %

Päällysteiden vaikutus 1/2

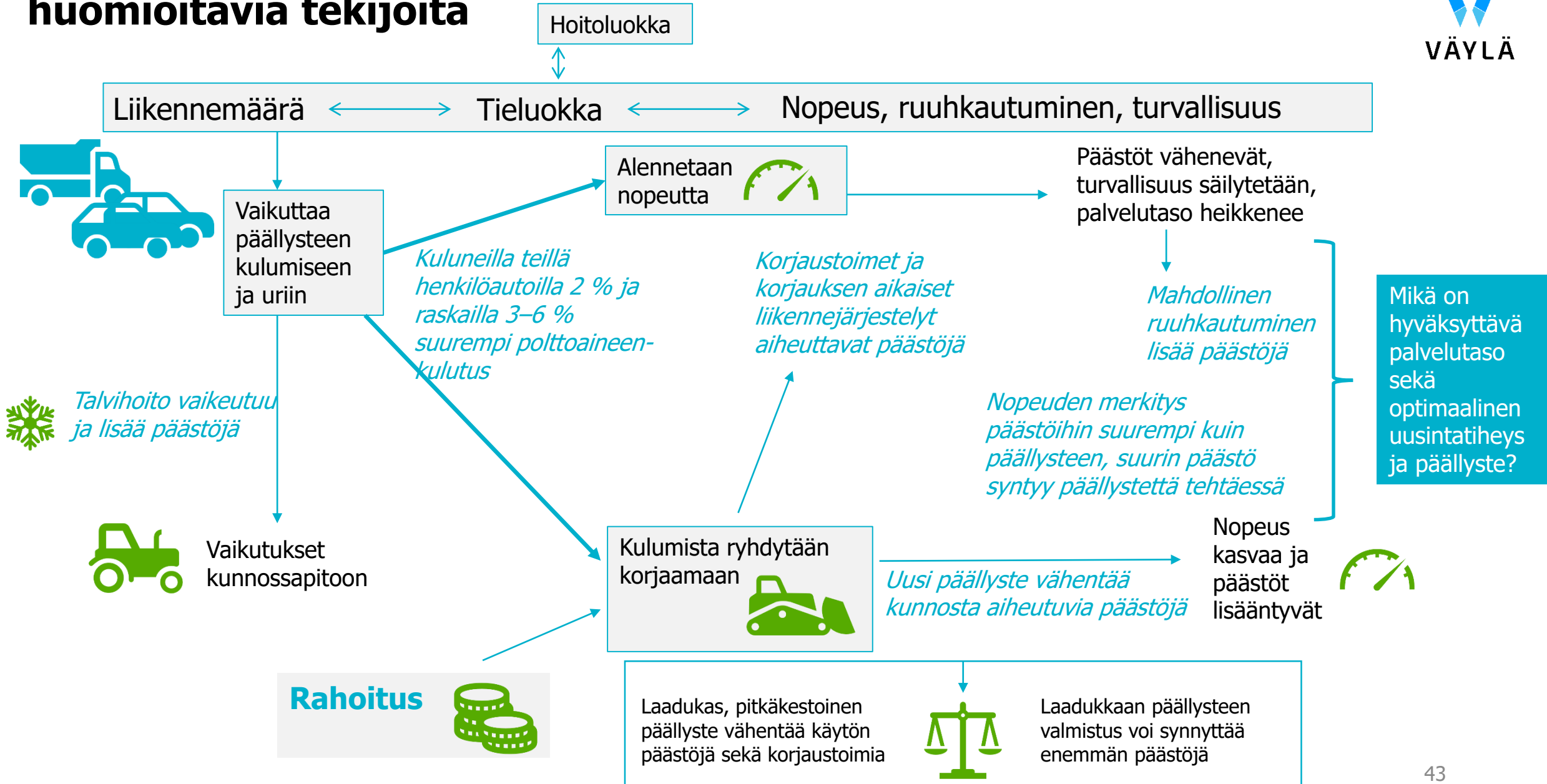
Päällysteen kunnon ja tyyppin vaikutuksia päästöihin ja energiankulutukseen selvitetty

- Vierintävastuksia on selvitetty sekä laboratoriokeilla että kenttämittauksilla. Vierintävastuksilla on merkitys energiankulutuksen lisäksi liikenteen melun ja liikenneturvallisuuden kannalta. Tästä lähtökohdasta on paljon selvitetty tienpinnan, kunnossapidon ja renkaan vaikutuksia ja kustannuksia. Päällysteen valinnassa onkin optimoitava useita tekijöitä.
- Päällysteen pinnan ominaisuudet voivat pahimmillaan kaksinkertaistaa vierintävastuksen. 10 %:n muutos vierintävastuksessa aiheuttaa henkilöautojen polttoaineen kulutukseen noin 2 %:n ja raskaiden autojen kulutukseen noin 3–6 %:n lisän. [1]
- Yhden millimetrin lisäys karkeuksien RMS-arvoissa aiheuttaa keskimäärin 12,4 %:n lisäyksen vierintävastuksiin. Päällysteen karkeuden vaikutus henkilöauton polttoaineen kulutuksessa on noin 0,26 litraa/100 km. Tutkimusten vaikutusarviot kuitenkin vaihtelevat melko paljon. [1]
- Päällysteen epätasaisuus aiheuttaa suuremman polttoaineen kulutuksen ja kustannukset maassamme kuin mitä ulkomaiset tutkimukset osoittavat.
- Päällysteiden ominaisuudet voivat enimmillään kaksinkertaistaa vierintävastuksen suuruuden. Polttoaineen kulutuksessa tämä vastaa noin 10 % kulutuslisää. Laskelmaa voidaan soveltaa vain kohdekohtaisesti. [1]
- Esimerkiksi vilkasliikenteisellä tiellä, jolla keskimääräinen vuorokausiliikenne on noin 80 000 ajon./vrk, voisi karkeuksien ääriarvojen perusteella laskettu polttoaineen kulutuksen säästö olla luokkaa 100 000 litraa vuodessa. [1]
- Karkean ja suuntaa antavan laskelman perusteella koko maassa päällysteiden pintakarkeuksien pienentämisellä saavutettava säästöpotentiaalia olisi polttoainekustannuksina noin 22 M€ vuodessa ja hiilidioksidipäästöinä noin 140 milj.kg. [1]

Päällysteiden vaikutus 2/2

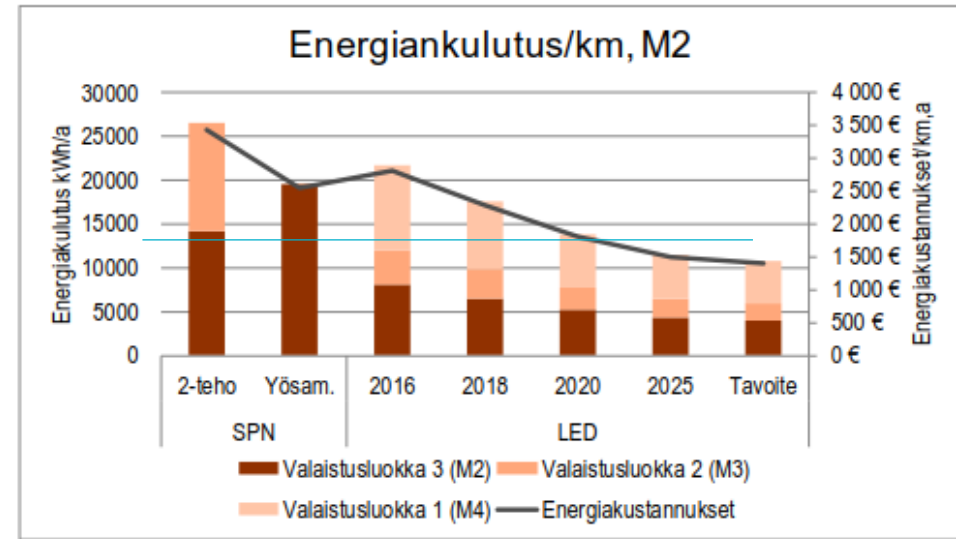
- **Hyväkuntoisilla teillä** ajoneuvojen päästöt ja energiankulutus ovat pienempiä huonokuntoisiin verrattuna, koska ajokäyttäytyminen eroaa ja vierintävastus pienenee, kun tien uraisuus ja kuoppaisuus vähenee. [1]
- Tienkunnan huonontuessa joudutaan alentamaan ajonopeuksia, millä on maantienopeuksilla päästöjä vähentävä vaikutus. Jos kuitenkin nopeuden lasku johtaa kapasiteetin laskun kautta ruuhkautumiseen, voi siitä seurata CO₂-päästön kasvua.
- Kansainvälisten tutkimusten mukaan alhaisilla nopeuksilla polttoaineen kulutus laskee tien tasaisuuden parantuessa. Korkeammilla nopeuksilla tilanne on päinvastainen. Esimerkiksi tien tasaisuuden parantaminen huonosta hyvään laski CO₂-päästöjä noin 3 g/km (nopeusrajoitus 64–80 km/h), mutta lisäsi päästöjä noin 6 g/km (nopeusrajoitus 90 km/h).
- Ristikartanon & al. (2005) mukaan kevyillä ajoneuvoilla tien kunto ei juurikaan vaikuttanut päästökustannuksiin, mutta raskaiden ja yhdistelmäajoneuvojen tapauksessa tien kunnolla oli vaikutusta. [2]
- Koska kuitenkin päällysteen valmistusvaiheessa syntyvät suurimmat päästöt, on löydettävä optimi kunnan huononemisen ja toimenpiteiden toteutuksen välillä. Myös on löydettävä optimi päällysteen laadun (pitkäkestoisuus), hinnan ja päällysteen valmistuksen päästöjen kesken.
- **Päällystehankinnoissa ei** nykyisin suoraan huomioida teiden käytön aikaisia päästöjä. [1]
 - Päällystelajien ja nopeusrajoitusten yhteisvaikutus päästöihin ja energiankulutukseen epäselvä
 - Selvityksin on etsitty menetelmää, jonka avulla kasvihuonekaasupäästöt ja energiatehokkuus voidaan huomioida päällystehankinnoissa ja joka soveltuu Suomen olosuhteisiin
- Ei tarkkaa tietoa päällysteiden vaikutuksesta talvihoidon päästöihin ja energiankulutukseen. [1]

Tarpeen mukainen palvelutaso ja päällysteen ylläpidossa huomioitavia tekijöitä

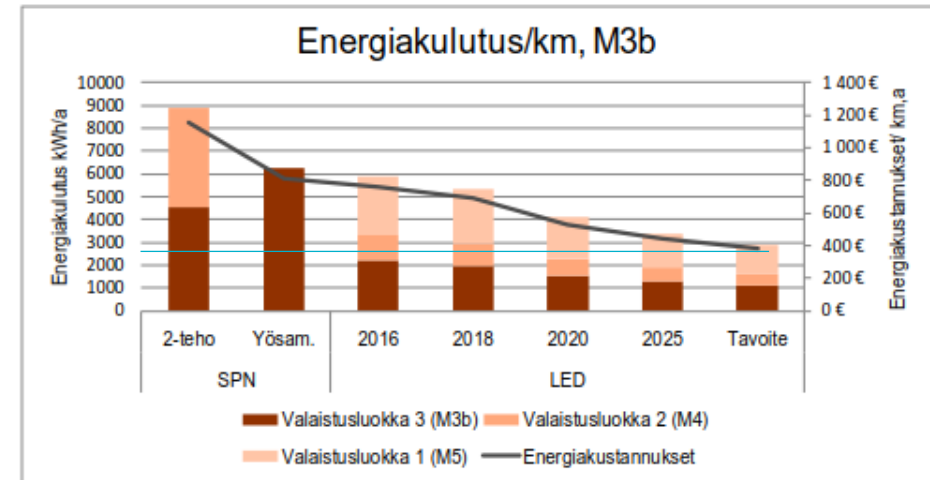


Tievalaistus

- Liikenneviraston maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen päivitetty suunnitteluohje (16/2015) ottaa huomioon energiatehokkuusvaatimukset, ohjeen päivitys aloitetaan 2020
- Paraikaa ollaan aloittamassa selvitystä tievalaistuksen nykytilasta, kehittämisestä ja tavoitteista, arvioitu valmistuminen keväällä 2020
- Tievalaistuksen osuus tienpidon päästöistä 10–20 % [2], vaihtelee tietyypeittäin
- Tievalaistuksella on vaikutusta liikenneturvallisuuden lisäksi ajonopeuksiin. Ruotsissa on todettu tievalaistuksen rakentamisen vaikutuksesta ajonopeuksien kasvavan 3,6 km/h suoralla tieosalla ja 0,5 km/h kaarteisella osuudella. Myös Saksassa on todettu tievalaistuksen parantamisen nostavan ajonopeuksia. Vastoin ennako-odotuksia ja edellä mainittuja kirjallisuusselvityksen tuloksia Suomessa tievalaistus ei ole nostanut ajonopeuksia pääteillä. Tulos on yhdenmukainen sekä 100 km/h että 80 km/h -nopeusrajoituksilla.(3)
- Maanteitä noin 78 000 km, joista valaistuja noin 16 %, saneerataan 2–5 % vuodessa, melkein kaikki valaisimet ovat suurpainenatriumvalaisimia noin 95 %, LED valaisimia noin 5 %, pitkä elinkaari (noin 30–40 vuotta)
- Noin 20 % himmennettäviä, kaikki uudet LED-valaisimet ohjelmoidaan himmenemään pimeän ajan keskipisteen mukaan. 2013 alkaneilla yösammutuksilla saatiin 8–9 % säästö, himmennyksillä edelleen merkittävin potentiaali, noin 75 % valaistavasta ajasta mahdollista
- Uusilla valaisimilla energiankulutus ja kustannus selvästi pienempiä, yhdysteillä ja jalankulku- ja pyöräteillä selkeästi vielä tästäkin alempia.
- Valaisinten tekninen kehitys on nopeaa. Hinnat ovat laskeneet viime vuosina merkittävästi.
- Nykyisen tievalaistuksen saneeraus valaisimia vaihtamalla ja tievalaistusta purkamalla kohteissa, missä tievalaistuksen kriteerit eivät enää täyty, ovat hyviä keinoja hoitokustannusten alentamiseksi
- Pienitehoisten ST-100, ST-70 ja ST-50 valaisimien vaihtaminen ledivalaisimeksi maksaa itsensä takaisin lähes varmasti alle 10 vuodessa.



Kuva 8. Moottoritien tievalaistuksen vuotuinen energiakulutus ja -kustannukset per kilometri. Valaisimina ST-250/150 2-tehokuristimella, ST-250 yösammutuksella sekä ennusteen mukaiset ja valovirrallaan suurpainenatriumvalaisimia vastaavat ledivalaisimet.



Kuva 9. Valta- tai kantatien tievalaistuksen vuotuinen energiakulutus ja -kustannus per kilometri. Valaisimina ST-150/100 2-tehokuristimella, ST-150 yösammutuksella sekä ennusteen mukaiset ja valovirrallaan suurpainenatriumvalaisimia vastaavat ledivalaisimet.

Hoidon vaikutus päästöihin

Hoidon hankinta määrittää reunaehdot

- Päästöjen vähentämistä ohjaavat vaatimukset (laatu, kalusto, henkilöstö, alueet) sekä polttoainevaatimukset
- Toteutuksen seuranta

Toteutus pyrkii optimoimaan kustannukset

- Toteutuksen ennakointi ja suunnittelu (oikea-aikaisuus, ajoitus, energiatehokas kalustonkäyttö)
- Energiatehokas kalusto ja säästävä ajotapa, urakoinnin ammattitaito ja asenne
- Hiekoituksen ja suolauksen optimointi kannattaa, koska kuljetettavana on suuret massat ja hiekoituksen toteutuksella on vaikutus kevät-kunnossapitoon
- Yhteistyö kaluston käytössä, tienpäältä saatava tieto (tieasemat, maitoautot ym.)

Lopputulos vaikuttaa päästöihin

- Loskan ja polanteiden ym. vaikutus raskaaseen liikenteeseen
- Nopeus
- Hidastukset/kiihdytykset olosuhteiden vuoksi

Talvihoidon vaikutus liikenteen päästöihin

- Energiankulutus muodostuu pääasiassa urakoitsijoiden toimin urakkasopimuksessa sovittujen reunaehtojen mukaisesti, heillä on oma intressi energiakulutuksen vähentämiseen, esimerkiksi taloudellisella ajotavalla kuljettajien on mahdollista saavuttaa 4–6 % pysyvässästä vuositasolla.
- Hoidon energiatehokkuuden parantamisessa tärkeää on oikea ajoitus: liian aikaisin ajoitettu hoitotyö johtaa usein siihen, että vaaditaan tuplamäärä ajokertoja, kun taas myöhään ajoitettu hoitotyö johtaa pahimmillaan onnettomuustilanteisiin.
- Tietoa hyödyntämällä voidaan ajoittaa paremmin hoitotoimenpiteitä tieolosuhteiden mukaan ja saadaan kustannussäästöjä, kun ajolenkkien ja käytetyn suolan määrä vähenee.
- Tierakenteisiin joutuva sulamisvesi vaikuttaa tiestön vuosittaisiin korjaamistarpeisiin. Jos veden pääsy rakenteisiin vähenee, vähenevät myös paikkaustyöt, asfaltointi ja tiemerkitöjen uusinta.
- Puhdas tie vähentää erityisesti raskaan tavaraliikenteen kuljetuksen aikaista polttoaineen kulutusta. Lumi ja loska aiheuttavat suurempaa polttoaineen kulutusta. Merkittävin vaikutus on raskaaseen kalustoon, johon kertyy talvella helposti paljon ylimääräistä massaa, joka lisää polttoaineen kulutusta. Lumella noin 7–8 % suurempi vierintävastus.
- Paremman talvikunnossapidon vaikutusta päästöihin on vaikea arvioida, tienpinnan (karheus ja lumisuus) vaikutus kokonaispäästöön on prosenteissa. Ajonopeudella ja liikenteen sujuvuudella on suurempi vaikutus.

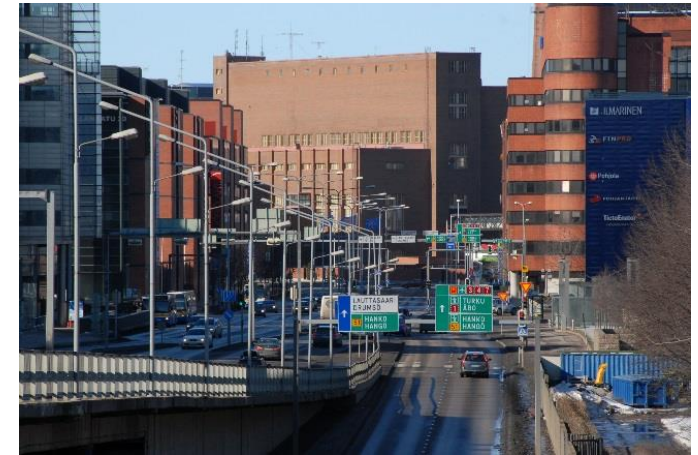
Liikenteenhallinnassa

Painopisteenä on

- Liikennöitävyyden seuranta ja tiedottaminen, liikenteen ohjaaminen, poikkeustilanteiden hallinta
- Tilannekuvan parantaminen ja ennakoiva liikenteenhallinta
- Liikenneverkon kysynnän ja käytön hallinta
- Yhteistyö kaupunkien ja poliisin kanssa.

Tavoitteena on

- Liikenne ja matkustaminen on mahdollisimman sujuvaa ja turvallista kaikissa keliolosuhteissa ja kaikkina vuorokaudenaikoina.
- Määränpäähän saapumisen ajankohta on tiedossa. Ruuhkia vähennetään ja uusien väyläinvestointien tarve pienenee.
- Kyetään hallitsemaan matka- ja kuljetusketjuja yli liikennemuotojen
- Mahdollistetaan kuljetusvälineiden ja älykkään infrastruktuurin välisen vuorovaikutuksen kehittäminen



Vaikutukset päästöihin ja energiankulutukseen saadaan häiriöiden hallinnan, sujuvuuden, tasaisempien nopeuksien, käyttäjän ja liikennöitsijän reitti- ja ajonoptimoinnin sekä uusien liikennepalveluiden mahdollistamisen kautta.

Liikenteenhallinnan esimerkkejä 1/3

- **Verkollisen ohjauksen** esim. liikennevalojen ansiosta voidaan vähentää liikenteen viiveitä jopa 10–30 %. Viiveiden vähentäminen tarkoittaa suoraan liikenteen energiankulutuksen vähentymistä lähes yhtä paljon. [1]
- Tieto reittien ruuhkautumisesta auttaa valitsemaan optimaalisempia reittejä. Tieto voi merkittävästi parantaa liikenneverkon käyttöastetta ja liikenteen sujuvuutta koko liikenneverkolla. Liikenteen energiankulutus vähenee kansainvälisten kokemusten mukaan erittäin vilkailla ja ruuhkautuvilla katuosuuksilla parhaimmillaan jopa 20 %. [2]
- Valtatien 4 Oulu–Kemi-parannushankkeessa tehdään **mittavia investointeja älyliikenne- ja telematiikkajärjestelmiin** (tienvarsitiedotukset, kelivaroitukset, ruuhkavaroitukset ja vaihtuvat nopeusrajoitukset). Niiden avulla seurataan, ohjataan, opastetaan ja sujuvoitetaan liikennettä. Liikenteenhallinnan toteutuksella saadut hyödyt ylittävät niiden toteuttamisen ja ylläpidon aiheuttamat kustannukset. [4]
- **Häiriöiden hallinta** ja nopea purkaminen ovat erityisen tärkeitä kaupunkiseuduilla. Häiriöiden purku tarkoittaa mm. yhteistyömallien ja toimintatapojen kehittämistä, kiertotieohjausta, varareittien suunnittelua ja viitoitusta, tietyömaiden sujuvoittamista, liikennevalo-ohjauksen aktiivista käyttöä, liikenteen ohjausvaunujen ja häiriöiden purkuun sopivan kaluston käyttöä, radiotaajuuksien mahdollista omistamista, tienvarsitekniikan tilatietokannan ylläpitoa ja mm. muuttuvien opasteiden ohjausta häiriötilanteessa. Kansainvälisten kokemusten ja tutkimustulosten mukaan esitetyn asiantuntija-arvion mukaan häiriöiden hallinnalla voidaan vähentää ruuhkautumista 5–20 % ja **kasvihuonekaasupäästöjä 5–15 %**. [2]

Liikenteenhallinnan esimerkkejä 2/3

- **Vaihtuvilla rajoitus-, varoitus-, kiello- ja opastusmerkeillä** on mahdollista luoda olosuhteiden mukaan muuttuva, joustavampi liikenneympäristö. Tieverkolla vaihtuvilla nopeusrajoituksilla, varoitusmerkeillä ja tiedotustauluilla on saavutettu myönteisiä turvallisuus- ja sujuvuusvaikutuksia. [2]
- Vaihtuvien nopeusrajoitusten vuositason vaikutuksista Suomen oloissa on esitetty seuraavat arviot: matka-aika ~0 %, henkilövahinko-onnettomuudet -6...- 10 % ja CO₂-päästöt -0,2...-0,5 %. [3]
- **Automaattisen liikennevalvonnan** avulla voidaan turvallisuuden lisäksi vähentää liikennejärjestelmän väärinkäyttöä. Englannissa tehdyn laajan valvontakokeilun myötä keskinopeudet laskivat 8 %, ylinopeutta ajavien määrä laski yli 30 % ja räikeät ylinopeudet laskivat jopa 80 % kiinteiden valvontapisteiden kohdalla. Nopeuden lasku vähentää osaltaan energiankulutusta, mutta hidastukset/kiihdytykset puolestaan lisäävät sitä.

Liikenteenhallinnan esimerkkejä 3/3

- **Kaistaohjauksen**¹ vuositasen vaikutuksista Suomen oloissa on esitetty seuraavat arviot: matka-aika $-0,1...-0,5$ %, henkilövahinko-onnettomuudet $-5...-10$ %, ja CO₂-päästöt $-0,1...-0,3$ % [3].
- **Valo-ohjauksen** vuositasen sujuvuus- tai ympäristövaikutuksista Suomen olosuhteissa ei ole esitetty numeerisia arvioita. Klunder ym. (2009) arvioivat kirjallisuuteen perustuen, että liikennevalojen dynaamisella ohjauksella voitaisiin EU27:ssä vähentää CO₂-päästöjä 2 % [3]
- **Joukkoliikenteen valoetuuksilla** voitaisiin Suomen oloissa vähentää ruuhkautumista 1–2 % ja kasvihuonepäästöjä 1–3 %. [3]
- **Kelivaroitusten vuositasen vaikutuksista** Suomen oloissa on esitetty seuraavat arviot: matka-aika ~ 0 %, henkilövahinko-onnettomuudet $-1...-4$ % ja CO₂-päästöt ~ 0 % [3].
- **Ruuhkavaroitusten** vuositasen vaikutuksista Suomen oloissa on esitetty seuraavat arviot: matka-aika $-0,1...-0,5$ %, henkilövahinko-onnettomuudet $-0,1...-0,5$ % ja CO₂-päästöt $-0,1...-0,3$ % [3].

¹ Kaistaohjaus. Palvelu toteuttaa kaistoihin kohdistuvia ohjaustoimia (esim. kaistan sulkeminen, ajosuunnan muutos tai ajonopeuden muutos) vaihtuvien opasteiden avulla. Kaistaohjausta käytetään Suomessa lähinnä tunneleiden ja avattavien siltojen yhteydessä. [4]

Liikenteen hallinta kaupunkiseuduilla

Taulukko 1. Liikenteen hallinnan ohjaustoimet kaupunkiseuduilla (ITS Action plan 2013).

Strategiset tavoitteet	Liikenteen hallinta:	Liikenteen hallinta:
	Taktinen taso	Operatiivinen taso
Ruuhkien vähentäminen	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen kysynnän hallinta • Liikennevirran harmonisointi • Kaupunkiin pääsyn vaihtoehdot 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruuhkamaksut • Häiriöiden havaitseminen • Parkkitilan hallinta
Energiankulutuksen / päästöjen vähentäminen	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen kysynnän hallinta • Liikennevirran harmonisointi • Kaupunkiin pääsyn vaihtoehdot 	<ul style="list-style-type: none"> • Vihreät aallot • Joukkoliikenteen parantaminen
Elämänlaadun parantaminen kaupungissa	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen kysynnän hallinta • Liikennevirran harmonisointi 	<ul style="list-style-type: none"> • Vähäpäästöiset alueet (low emission zone) • Ruuhkamaksut • Joukkoliikenteen parantaminen
Vähäpäästöisten ajoneuvojen osuuden kasvattaminen	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen kysynnän hallinta 	<ul style="list-style-type: none"> • Vähäpäästöiset alueet (low emission zone) • Ruuhkamaksut
Liikennejärjestelmän tehokkuuden parantaminen	<ul style="list-style-type: none"> • Liikennevirran harmonisointi 	<ul style="list-style-type: none"> • Matkustajainformaatio • Vihreät aallot • Parkkitilan hallinta • Häiriöiden havaitseminen
Kulikutapamuutos / Joukkoliikenteen houkuttavuuden lisäys	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen kysynnän hallinta • Kaupunkiin pääsyn vaihtoehdot 	<ul style="list-style-type: none"> • Matkustajainformaatio • Joukkoliikenteen parantaminen • Etuuskaitat
Rahti- ja palvelukuljetusten tukeminen	<ul style="list-style-type: none"> • Kaupalliset toimituspalvelut 	<ul style="list-style-type: none"> • Lastausalueiden hallinta • Parkkitilan hallinta • Rahtien kokoamiskeskukset • Kalustonhallintajärjestelmien kehitys
Tieturvallisuuden parantaminen	<ul style="list-style-type: none"> • Uhrimäärän vähentäminen • Materiaalisen vahingon vähentäminen 	<ul style="list-style-type: none"> • Häiriöiden havaitseminen • Yleisiin onnettomuuspaikkoihin panostaminen
Parkkitilan puutteen vähentäminen	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen kysynnän hallinta 	<ul style="list-style-type: none"> • Parkkitilan hallinta • Lastausalueiden hallinta • Rahtien kokoamiskeskukset

Tieliikenneosion yhteenveto

- Tiedot ovat pääosin riittäviä vaikuttavuuden suuruusluokan arvioimista varten, mutta tulosten yhteismitallisuudesta ei voi olla varmuutta, sillä tulosten luotettavuudessa ja tutkimusmenetelmissä on eroja.
- Koska monien toimien toteutuksessa on tarpeen ottaa huomioon myös muita tavoitteita ja vaikutukset ovat hankekohtaisia, on hankearvioinnin kehittämiseksi tärkeä rooli toimien kohdistamisessa myös energiatehokkuuden parantamiseksi.

Tieliikenteen vaikuttavimmat kasvihuonekaasupäästöjen ja energiankulutuksen vähentämistoimet ovat:

- **Liikenteen sujuvuuteen ja parempaan tiegeometriaan** liittyvät hankkeet, jotka eivät lisää ajonopeuksia. Sujuvuuteen vaikutetaan erityisesti tieverkolla erilaisilla liittymäratkaisuilla ja liikenteen hallinnalla. Kaupunkiolosuhteissa vaikuttavia tekijöitä on huomattavasti enemmän. Päästöjen lisäksi muut tekijät (matka-aika, turvallisuus...) ratkaisevia hankkeen toteuttamiskelpoisuutta arvioitaessa.
- Koska merkittävimmät vaikutukset saavutetaan, kun tehdään merkittäviä väylän parannustoimia, hankearvioinnin merkitys on suuri. Päästöjen kannalta tavoitteena tulisi olla, etteivät toimenpiteet nosta merkittävästi ajonopeuksia. Koska hidastusten merkitys on suurempi raskaalla liikenteellä, potentiaalisissa kohteissa on todennäköisesti suuri raskaan liikenteen osuus.
- **Tievalaistuksen** on arvioitu ulkomaisissa muutamissa selvityksissä vaikuttavan ajonopeuteen. Suomessa (kuitenkin verrattain vanhassa selvityksessä) sillä ei ole havaittu vaikutusta nopeuteen. Sen sijaan tievalaistuksen energiakulutusta saadaan merkittävästi vähennettyä himmennyksillä, valaisinten vaihdoilla, saneerauksella ja älykkäällä ohjauksella. Valmisteilla oleva toimintalinjaselvitys antaa arvion eri toimenpiteiden toteuttamisesta ja niiden kustannuksista.
- **Tienpinta (karheus ja lumisuus)** Vaikutus kokonaispäästöön prosenteissa (0–5 %). Huomion arvoista on, että toimenpiteet vaativat myös energiaa (päälylystys, kunnossapito). Lisäksi tienpinnan toimenpiteiden suunnittelussa on myös huomioitava muut tekijät, kuten liikenneturvallisuus, melu ja kunnossapidon toteutus. Paras hyöty päästöjen osalta kohteissa, joissa ajonopeudet eivät kasva sileämmän tien pinnan seurauksena ja raskaan liikenteen osuus on suuri.
- Rahoitus on haastavaa, parempi laatutaso tarkoittaa pysyvää kuluerää tieverkon kunnossapitoon.
- **Talvihoidossa toimenpiteet** kohdistuvat erityisesti hankintamenettelyjen edelleen kehittämiseen niin, että urakoitsijalla on mahdollista hyödyntää omaa osaamistaan ja toimintamalleja energiatehokkuuden parantamiseksi.

Rautatieliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä

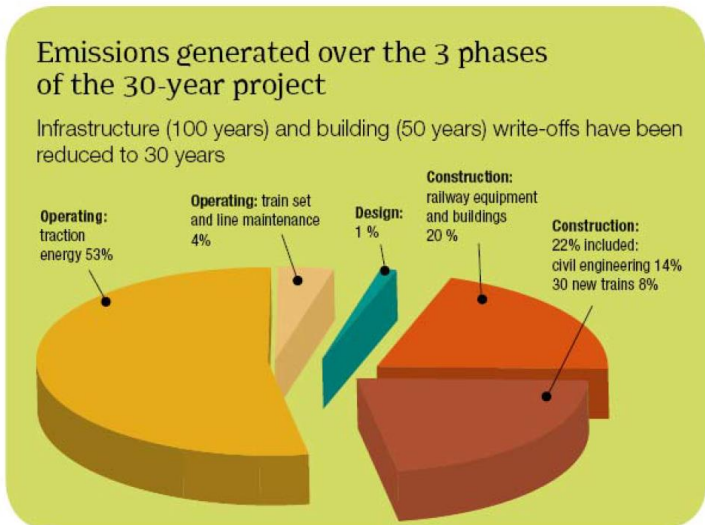
Osion sisältö

- Raideliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä diat 55–56
- Raideliikenteen päästöjen vähentäminen ja Väyläviraston vaikutusmahdollisuudet diat 57–58
- Rataverkon hiilijalanjälki dia 59
- Operaattorin energiankulutukseen vaikuttavia väylänpidon toimia dia 60
- Raideinfran suunnittelu energiatehokkaaksi dia 61
- Ratojen sähköistys dia 62
- Vaihteenlämmitys dia 63
- Valaistus dia 64
- Liikenteenhallinta diat 65–66
- Liikenteen ohjaus ja tiedonkulku dia 67
- Jarrutusenergian talteenotto dia 68
- Osion yhteenveto diat 69–70

Raideliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä 1/2

Tärkeimmät raideliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavat tekijät väyläpitäjän näkökulmasta ovat

- Vaihteenlämmitys ja valaistus
- Ratojen sähköistys
- Liikenteenohjaus

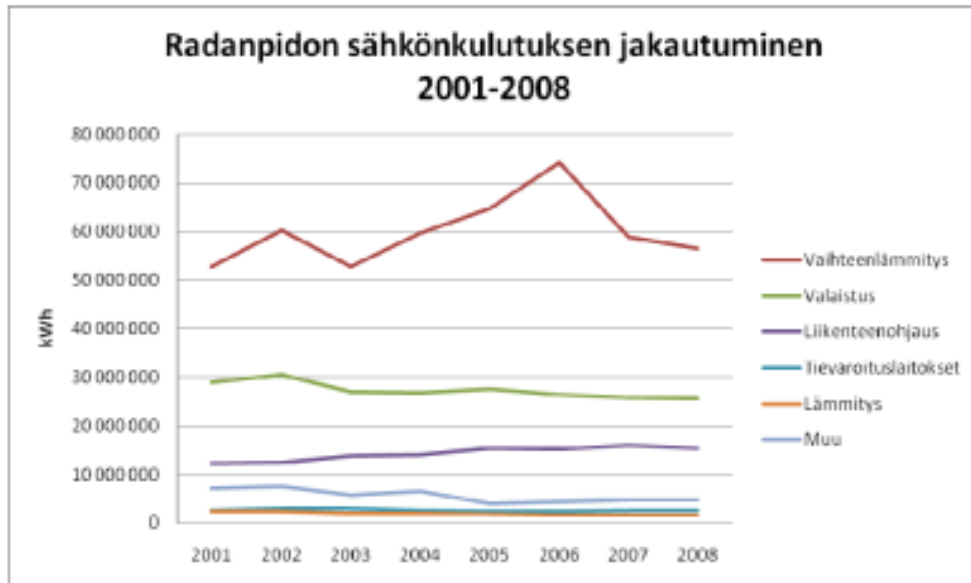


Kuva 12. Rautatieliikenteen hiilijalanjäljen jakautuminen eri osa-alueisiin (ADEME, RFF & SNCF 2009, 12).

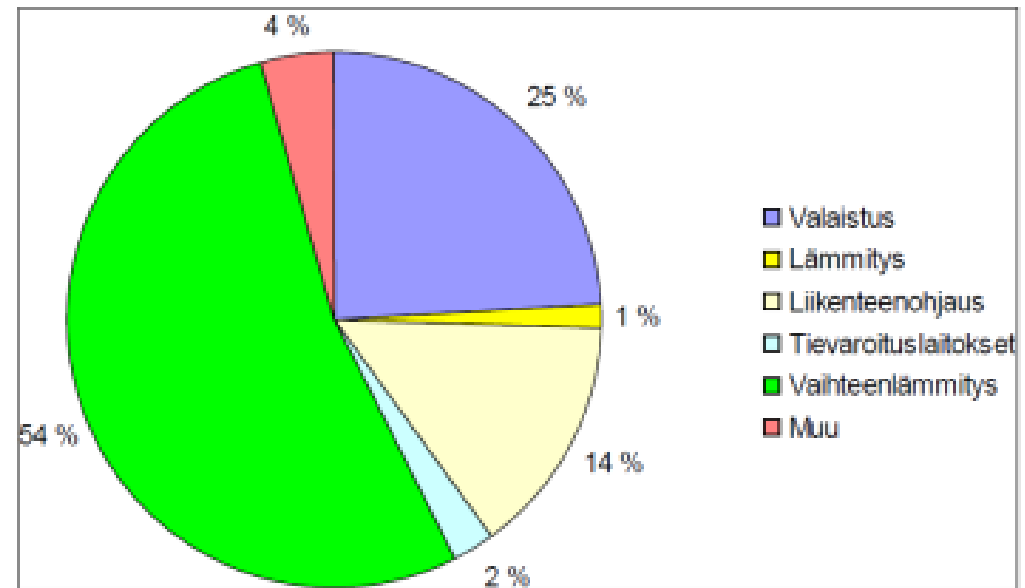
Raideliikenteen päästöjen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet (UIC 2008)

Raideliikenteen päästöjen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet	päästövähennys-potentiaali (%)
Energiatehokas ajaminen	5 – 10
Kuormitusasteen nosto	< 30
Uusi kalusto	< 30
Kansallisen energiatuotannon kehitys	5 – 10
Jarrutusenergian hyödyntäminen	10 – 20
Infrastruktuurin energiankulutuksen hallinta	5 – 10
Vaihtoehtoiset energialähteet	20 – 80
Sähköistäminen	< 50
Biodieselin hyödyntäminen	< 40

Raideliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä 2/2



Kuva 7 Radanpidon sähkönkulutuksen jakautuminen vuosina 2001-2008 (Lähde: RHK:n sähkönkulutustilastot 2002-2009)



Kuva 6. Radanpidossa vuonna 2008 kulutetun sähkön jakautuminen (VR, 2009)

Raideliikenteen päästöjen vähentäminen ja Väyläviraston vaikutusmahdollisuudet



Kuva 11. Junaliikenteen päästöjen muodostuminen ja vaikutusmahdollisuudet

Raideliikenteen päästöjen vähentäminen ja Väyläviraston vaikutusmahdollisuudet

Päästöihin ja energian kulutukseen vaikuttava tekijä	Vaikutusmekanismi	Mahdollisuus vähentää vaikutusta
Massa, jarrutusenergian hyödyntäminen, rataprofiili	<p>Massa vaikuttaa suoraan junien kulkuvastukseen.</p> <p>Lähtö- ja saapumispisteen korkeuserolla on suuri merkitys käytettävän sähköenergian määrään.</p> <p>Nousuissa veturiin syötetyllä energialla täytyy korvata mäen nousuun tarvittava energia. Laskussa tämä tulee vastaavasti hyödyksi.</p> <p>Uutta rataa suunnitellessa huomioidaan keinulautaperiaate (rata nousee asemalle saavuttaessa ja laskee asemalta lähdeettäessä)</p> <p>Eniten korkeuseron huomioon ottamisella on merkitystä tiettyyn suuntaan säännöllisesti kulkevalle raskaalle tavaraliikenteelle, kuten esimerkiksi malmien ja metallien kuljetuksille.</p>	<p>Junien aikataulusuunnittelu, junakoon optimointi yhteysvälin ominaisuuksien perusteella.</p> <p>Erityyppisten ja -painoisten junien ominaiskulutustiedon hyödyntäminen aikataulusuunnittelussa.</p> <p>Uudessa kalustossa liike-energian pienentäminen jarruttamalla voidaan ohjata takaisin sähköverkkoon. Sr2-veturin mittausten mukaan verkkoon takaisin syötetty jarrutusenergia oli keskimäärin lähes 10 % verkosta otetusta. Lähiliikennejunilla hyöty on vielä suurempi.</p> <p>Nousujen ja laskujen hyödyntämisellä taitava veturinkuljettaja säästää merkittävästi energiaa silloin kun se aikataulullisesti on mahdollista.</p> <p>Aikataulujen suunnittelu ja pitäminen niin, että liikenne on sujuvaa ja rullausmahdollisuudet käytetään hyväksi näyttää olevan merkittävin energiansäästötoimenpide.</p>
Nopeus sekä kiihdytykset ja pysähdykset	<p>Nopeus vaikuttaa ilmanvastukseen toisessa potenssissa ja sitä myöten lisää kilometriä kohti käytettävää energiaa vastaavalla tavalla.</p> <p>Ilmanvastuksesta aiheutuva energiantarve aika-yksikössä eli teho kasvaa nopeuden kolmannessa potenssissa.</p> <p>Nopeuden lisäys (kiihdytys) lisää junan liike-energiaa, mikä näkyy kulutuksessa.</p> <p>Pysähdysten lukumäärillä on suuri merkitys energiankäytölle.</p> <p>Pysähdysten lisäksi ylimääräiset jarrutukset ja kiihdytykset lisäävät energiankäyttöä</p>	<p>Määritetään matkan AB optiminopeus eri junille huomioon ottaen rataprofiili, pysähdykset ja otetaan huomioon aikataulusuunnittelussa.</p> <p>Mittausten mukaan henkilöjunat (H) kuluttivat 20–50 % enemmän tonnikilometriä kohti kuin IC-junat. Tavarapuolella lähi- ja keräilyliikenteen TL-junat kuluttivat 25–80 % tavaraliikenteen keskiarvokulutusta enemmän.</p> <p>Pysähdysten ja niitä seuraavien kiihdytysten suuren lukumäärän vuoksi taajamajunien ominaiskulutuksen voidaan olettaa olevan huomattavasti suuremman kuin kaukojunien.</p> <p>Aikataulujen suunnittelulla ja liikenteen hallinnalla on kansainvälisten kokemusten mukaan todettu saatavan nopeasti merkittäviä energiansäästöjä.</p> <p>Liikenteen ohjauksessa voidaan ottaa huomioon parhaat kohtauspaikat, prioriteetit ja antaa tavoitenopeus.</p>

Raideliikenteen hiilijalanjälki

- **Liikennevirasto [1] selvittänyt Suomen rataverkon hiilijalanjäljen vuonna 2011**
 - Hiilijalanjälki 142 000 tCO₂/v, ominaispäästökertoimet 8–43 tCO₂/km/v ratatyypistä riippuen, ratapihojen ominaispäästökertoimet 19–30 tCO₂/km/v.
 - Rautatieliikenteen päästöt (noin 230 000 tCO₂/v) samaa suuruusluokkaa kuin rautatieinfrastruktuurin päästöt.
- **Raideliikenteen hiilijalanjäljen laskemisessa ei yhtenäisiä menetelmiä [2]**
 - Eri laskentamenetelmillä ja eri tekijöitä (rakenteet, geometria ym.) huomion ottamalla saadaan rautatieliikenteen ja -infran CO₂-päästöissä toisiinsa nähden jopa kaksinkertaisia arvioita päästöistä. Tuloksen tueksi ei esitetty konkreettisia päästömääriä, mutta todettiin, että raideliikenteen hiilijalanjälki on huonommissakin tapauksissa muita liikennemuotoja pienempi.
 - Eri laskentamenetelmissä raiteet ja niiden pohjarakenteet huomioitu, mutta saatettu jättää raiteiden käytön aikaiset ajojohtimien, vaihteiden, viestinannon, asemien käytöstä johtuvat päästöt huomiotta. Osa menetelmistä toisia herkempiä huomioimaan esim. siltojen ja tunneleiden merkityksen raideinfran päästöissä. Menetelmien vertailu onkin haasteellista.
- **”Suurimmat tietoaukot koskevat kunnossapidon toimenpiteitä” [1]**

Operaattorin energiankulutukseen vaikuttavia väylänpidon toimenpiteitä

Ratamaksun perusmaksun suuruus vuonna 2019

Perusmaksu	Sähkövetoinen liikenne: 0,1355 senttiä/ bruttotonnikilometri *)
	Muu kuin sähkövetoinen liikenne: 0,1274 senttiä/ bruttotonnikilometri

Keino	Päästöön vaikuttavia tekijöitä	Huomioon otettavaa
Radan suunnittelu	Hidastuksista ja pistemäisistä nopeusrajoituksista aiheutuu monen kymmenen kilowattitunnin menetyksiä sekä lisäksi kerrannaisvaikutuksia	Tavoitteena tulisi olla yhtenäinen nopeusprofiili ja vaihteiden sijainnin optimaalinen suunnittelu (nopeat/hitaat vaihteet)
	Energiatehokkuus perustuu pieniin vierintävastuksiin, suurin energiankulutus liikkeelle lähdettäessä	Liikkeelle lähtö rullaten tasaisessa maastossa
	Erotusjaksojen optimointi ja ratojen suunnittelu kuljettajan energiatehokkaan ajon mahdollistamiseksi, ilmajarrujen käytön välttämiseksi ja sähkön takaisinsyötön mahdollistamiseksi	Erityyppisillä junilla erilaiset mahdollisuudet hyödyntää ratageometriaa energiankulutuksessa, liikenteen sujuvuuden yhteensovittaminen tärkeää, kuljettajan merkitys kulutukseen suuri ja ajotavan huomioiminen suunnittelussa yhtä tärkeää kuin sähkö- ja ratatekniset ratkaisut
Sähköistys	Lähiliikenteessä saadaan palautettua jopa puolet otetusta energiasta takaisin verkkoon, veturivetoisessa hyötysuhde ajotavasta johtuen pienempi, mutta silti merkittävä	Sähköllä ajaminen kolmannes dieselillä ajamisen polttoainekustannuksista, ratamaksut kalliimpia sähkökalustolle, loisenergian laskuttaminen heikentää sähkövedon kannattavuutta, sähköistyshankkeet eivät useinkaan yhteiskuntataloudellisesti kannattavia
Kunnossapito	Nykyisin yli puolet myöhästymisistä väyläinfrastruktura johtuvia, aikataulussa pysymisen tavoittelu johtaa tällöin suurimman sallitun nopeuden hyödyntämiseen, mikä lisää kyseisen junan energiakulutusta, mutta edistäessään muiden junien aikataulussa pysymistä estää näiden junien energiankulutuksen lisääntymisen	Radan kunto vaikuttaa energiankulutukseen lähinnä nopeusrajoitusten kautta
	Vaikutukset nopeusrajoitusten kautta	Kunnostustöistä muutoksia ennalta sovittuihin aikatauluihin, infrastruktuurin ongelmakohtat tulisi tunnistaa tehokkaammin
	Kitkan vaikutus vierintävastukseen	Kiskonhionnan vaikutuksista ei konkreettista tietoa, kitkaa vähennetään kiskojen voiteluiden ja kastelujärjestelmien välityksellä, mutta kitkaa voidaan joutua lisäämään esim. erilaisten geelien avulla
Liikenteen hallinta	Nykyisen raitinfran kapasiteetti lähes täysin hyödynnetty, esim. huoltotoimien aikana raskas tavarajuna voi käyttää koko käytössä olevan jännitteen, liikenteenohjauksessa voidaan tietoteknisiä rajapintoja kehittämällä saada hyödynnettyä kuljettajaa ohjaavaa järjestelmää (Driver Advisory System)	Keskeisiä keinoja ovat kapasiteetin jako, aikataulusuunnittelu ja liikenteen ohjaus (yhteistyötarve), ratatöiden ja liikenteen yhteensovitus sekä erityisesti liikenteen sujuvuus

Raideinfran suunnittelu energiatehokkaaksi

- **Yhtenäinen nopeusprofiili on** merkittävä keino vähentää energiankulutusta [1] [2], esitettyjä keinoja
 - Esim. pistemäisistä nopeusrajoituksista aiheutuvien jarrutusten ja kiihdytysten vähentäminen
 - ratakapasiteetin lisääminen, erityisesti kaksoisraiteet vähentävät merkittävästi jarrutuksia ja kiihdytyksiä
 - tasoristeyksien poistamisella vaikutetaan liikenneturvallisuuden lisäksi tieliikenteen päästöihin
- **Keinulautaperiaatteella asemien suunnittelussa** (hyödynnetään nousut ja laskut aikataulujen puitteissa) saadaan huomattavat energiasäästöt [3]. Sijoittamalla asema muuta rataa ylemmäksi voidaan saavuttaa 5 % säästö vetoenergiassa ja 23 % jarrutusenergiassa [1]
- **Kiskojen hionnalla** voidaan vähentää päästöjä merkittävästi. Arviota vähennyksen suuruusluokasta ei kuitenkaan tiedossa. [4]
- Kiskotyypistä (teräksen käsittely, materiaali) riippuen voidaan **raiteen elinkaaren aikana** (ml. raiteen rakennus, käyttö, poistaminen käytöstä) **saavuttaa 75 % säästöt khk-päästöissä** verrattuna tavanomaisiin raiteisiin. Säästö syntyy erityisesti raiteen pitkäikäisyyden vaikutuksesta [4], sillä pidentämällä raiteen käyttöikää 50 % saadaan 11 % säästöt kasvihuonekaasupäästöissä. [4]
- **Puisilla ja teräksisillä ratapölkyillä** on elinkaaren aikana lähes yhtä suuri hiilijalanjälki, betonisilla em. suurempi. Valmistuksen aikaiset päästöt ovat suurimpia teräksisillä pölkyillä. Niiden etuna muihin on kuitenkin vähäisempi radan sepellystarve ja täysi kierrätysmahdollisuus käytöstä poistamisen jälkeen.

Ratojen sähköistys

- **Ratojen sähköistyksellä voidaan vähentää päästöjä, mutta sähköistäminen ei aina kannattavaa [1]**
- Ratojen sähköistys liittyy matka- ja kuljetusketjujen toimivuuteen.
- Tarkastelu 16 rataosan tai eri rataosien kokonaisuuksien sähköistystarvetta, kustannuksia, vaikutuksia sekä yhteiskuntataloudellista kannattavuutta. Päästöjen ja energiankulutuksen kannalta hyödylliset hankkeet eivät välttämättä ole yhteiskuntataloudellisesti kannattavia:
 - Tärkeimmät jatkosähköistyskohteet ($HK \geq 1$) Jyväskylä–Äänekoski, Ylivieska–Iisalmi (ml. Iisalmen kolmioraide) ja Siilinjärvi–Ruokosuo
 - Jyväskylä–Äänekoski-radon sähköistys toteutettu (arvioitu selvityksessä kannattavaksi, kun Äänekoskelle rakennettu biotuotetehdas)
 - Hanko–Hyvinkää ($HK=0,7$) toteutetaan vuonna 2020
 - Kolari–Tornio–Laurila-rataosuus ($HK=0,3$) edellyttäisi 240 % liikenteen (raakapuun kuljetuksen) kasvun, jotta sähköistyshanke olisi kannattava
- Dieselveureita käytettävä joillakin rataosuksilla mm. lastinkäsittelyn vuoksi
 - Toisaalta VR:n Vectron-sähkoveureita voidaan käyttää lyhyillä matkoilla sähköistämättömillä raiteilla (dieselapumoottorit) ja dieselveureita käytetään myös sähköistetyillä rataosuksilla lyhyillä etäisyyksillä
 - Lyhyiden sähköistämättömien rataosien veturien vaihtotarve poistuu → säästöt kustannuksissa sekä päästöt ja energiankulutus vähenevät.
- Kaluston uusiminen vaikuttaa sähköistyshankkeiden kannattavuuteen. Dieselveurien uusimisella saavutetaan n. 60 % sähköistämisen päästöhyödyistä [2], vähäpäästöisiä dieselveureita on jo jonkin verran käytössä.

Vaihteenlämmitys

- **Radanpidon suurimpia sähkönkulutuskohteita**
 - Vaihteenlämmitys 54 % radanpidon energiankulutuksesta [1]
 - Rataverkolla 3328 lämmitettyä vaihdetta
 - Energiankulutus noin 70–90 GWh eli 3,5–4,5 milj. euroa (0,05 €/kWh)
 - Suurin kohde Ilmala energiankulutus noin 4,2–4,3 GWh eli 210 000 – 215 000 euroa
- **Edetty pilottien avulla, Ilmalan pilotista [2] lupaavia tuloksia:**
 - Ilmalassa 210 vaihdetta, joista 55 vaihdetta muutettiin uuteen sääasemaohjaukseen perustuvaan järjestelmään. Järjestelmä käytti loka- joulukuussa 2017 noin 70 % vähemmän energiaa kuin vanha järjestelmä. Sähköä säästyi 336 MWh ja rahaa 17 000 € / 3 kk. Koko järjestelmässä tehtynä muutos tarkoittaisi noin 1 GWh ja 50 000 €/syksy lisäsäästöä. Takaisinmaksuaika noin 5 v.
 - Kun lämmitysenergia kohdistetaan paremmin vaihteen avonaiselle puolelle, saadaan vähennettyä energiakustannusta lisää noin 30 %.
- **Rataverkolla runsaasti manuaalisia lämmönsäätöjärjestelmiä**, joissa käyttäjän vaikutus energiankulutukseen korostuu, niissä sääasema mahdollistaisi lämmitysvastusten paremman ohjauksen sääolosuhteiden mukaan
 - Leppävaarassa lämmönsäätöjärjestelmän päivityksellä yli 30 % energiansäästöt perinteisiin käytössä oleviin lämmitysjärjestelmiin [3]
- **Vaihteiden lämmityksen kohdentaminen kääntötarpeen** mukaan vähentäisi ilmeisesti merkittävästi energiankulutusta, mutta tarvitsee tuekseen kääntömäärien ja käytänteiden selvittämistä.

Valaistus

- **Radanpidon suurimpia sähkönkulutuskohteita**
- Valaistus 25 % radanpidon energiankulutuksesta [1]
- Liikenneviraston maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen päivitetty suunnitteluohje (16/2015) ottaa huomioon energiatehokkuusvaatimukset, päivitys aloitetaan 2020
- Rautatiealueiden valaistuksen tarkoituksena on käyttökohteesta riippuen parantaa matkustajien liikenneturvallisuutta, yleistä turvallisuutta ja viihtyvyyttä tai turvata työskentelyä ja huoltotoimenpiteitä. [2] Valaistus on siten keskeinen osa rautatiejärjestelmän toimivuutta ja palvelutason saavuttamista.
- Valaisinsaneerausta tehty elohopealamppuvalaisimille vuosina 2012–2015. Tuona aikana on vaihdettu noin 3500 valaisinta (30 %), kun kokonaisvalaisinmäärä on noin 10 000 kpl. Valaisinvaihdolla saavutettiin 226 kW säästö (noin 9000 MWh), joka on noin 50 % energiansäästö vaihdettujen valaisimien energiankulutuksesta. Suuri säästö selittyy sillä, että vaihtotyö keskitettiin energiatehottomiin elohopealamppuihin. Valaisimen vaihtokustannukset olivat n. 1 650 000 € [3].
- Nykyinen etelän alueen valaistus kattaa 27–30 % koko Suomen rautatiealueen valaistuksesta. Kokonaistehon säästöpotentiaali on noin 240 kW ja valaistuksen käyttötunneilla tarkoittaa noin 970 MWh säästöä. Valaisimien saneeraus LED tekniikkaan maksaa noin 3–5 M€.
- Uusiutuvien energianlähteiden käyttö valaistuksessa, on ulkomaisessa kirjallisuudessa mainittu keinona vähentää päästöjä. Koska kyseessä on 95 % ulkovalaistus, joka palaa pimeään aikaan, ei aurinkovoiman käyttö Suomessa ole mahdollista ilman suuria akustoja.

Valaisintyyppi	Määrä (kpl)	Teho yhteensä (kW)	Tehon säästö-potentiaali
Loisteputki	2800	233	n. 40 %
Suurpainenatrium	3100	802	n. 10 %
Monimetallilamppu	550	100	n. 25 %
Elohopealamppu	600	80	n. 50 %

Rautateiden etelän alueen ei-LED valaisinten jakautuma ja tehon säästöpotentiaali [2]

Liikenteenhallinta

- Merkitys radanpidon energiankulutuksesta on noin 14 % [1]
- Liikenteenhallinta on kokonaisvaltaista, päähuomio on rautatieliikenteen sujuvuudessa ja turvallisuudessa.
- Painopisteenä liikenteenhallinnassa on verkon kysynnän ja käytön hallinta, liikennöitävyyden seuranta ja tiedottaminen, kuljettajan tuki, matkustajainformaatio, liikenteen valvonta ja ohjaaminen, poikkeustilanteiden hallinta. [2]
- Päätöksentekijänä liikenteenohjaaja.
- Tulevaisuudessa panostetaan automaatioasteen kasvattamiseen, tilannekuvan tarkentamiseen (GPS), kilpailuneutraliteetin saavuttamiseen radanpidossa ja liikenteenhallinnassa, ml. ratakapasiteetin jakaminen ja matkustajainformaatio. [2]



Liikenteenhallinnan vaikutuksia

Rautatieliikenteen liikenteenhallinnan vaikutuksista turvallisuuteen, sujuvuuteen ja ympäristöön on niukasti tutkimustuloksia.

Vain harvat tutkimukset käsittelivät nykyisin käytössä olevien liikenteenhallinnan toimien vaikutusta tai liikenteenhallinnan vaikutuspotentiaalia rautatieliikenteen turvallisuuteen, sujuvuuteen ja/tai ympäristöön.

Lähde: Liikenteen hallinnan vaikutukset tie-, rautatie- ja meriliikenteessä Liikennevirasto 2013

Taulukko 3. Yhteenveto liikenteenhallinnan arvioituista vaikutuksista rautatieliikenteen turvallisuuteen, sujuvuuteen ja ympäristöön.

	Turvallisuus	Sujuvuus	Ympäristö
RATAKAPASITEETIN HALLINTA			
Aikataulujen laadinta (LIIKE)	+	++	+
Rataverkon käytettävyyden seuranta, täsmällisyysanalyysit	+	++	+
Liikenteen ja ratatöiden yhteensovittaminen (ETJ, ratatyölistat)	+	++	0
Rataverkon markkinointi ja ratamaksut	0	+	+
POIKKEUS- JA HÄIRIÖTILANTEIDEN HALLINTA			
Rataliikennekeskuksen ja alueellisten liikenteenohjauskeskusten toiminta, joka tähtää paluuseen aikataulunmukaiseen liikenteeseen	++	++	(+)
LIIKENTEENOHJAUS			
Valtakunnallinen ja alueellinen liikenteen valvonta (mm. ESKO, TAKO)	+	++	0
Vaihto- ja ratatöiden suojaaminen, junien kulkuteiden turvaaminen	++	++	+
Automatisointihankkeet	++	++	+
Nopeusrajoitusten ja opasteiden noudattamisen valvonta (JKV)	++	+	0
Liikenteenohjaajien työympäristön kehittäminen	++	+	0
Liikkuvan kaluston vikojen tunnistaminen	++	+	0
RAUTATIE- JA TIELIIKENTEEN KOHTAAMISET¹			
Tasoristeysten poistaminen	++	++	0
Tasoristeysten varustaminen varoituslaitteilla	++	+	0
Tasoristeysten turvallisuuden arviointi (RAUTATARVA)	++	+	0
MATKUSTAJAINFORMAATIO²			
Kiinteät aikataulut ja niiden saatavuus matkustajille	0	++ ³	0
Tiedot myöhästymisistä ja junien kokoonpanosta (MIKU)	0	++ ³	0
Varoitukset ohittavista junista laitureilla	+	0	0
Ajantasainen tieto matkan etenemisestä ja perille saapumisesta	0	++ ³	0
KAMERAVALVONTA⁴			
Asemien ja ratapihojen kamerajärjestelmät	++	++	0

← Parantaa tieliikenteen sujuvuutta ja vähentää päästöjä

Liikenteenohjaus ja tiedonkulku

- **Aikataulujen suunnittelulla sujuviksi ja junien rullausmahdollisuuksia hyödyntämällä** saadaan merkittävät energiansäästöt [1], tarkemmat vaikutukset ja suuruusluokat vaativat lisäselvitystä
- **Tietoteknisten rajapintojen kehittäminen** ja niihin panostaminen ovat merkittäviä tekijöitä päästöjen ja energiankulutuksen kannalta [2]. Kuljettajaa ohjaavilla järjestelmillä (esim. Driver Advisory System) energiankulutusta saadaan vähennettyä jopa 20 % [3]
- Aikataulussa pysyminen on tärkeää, **täsmällinen liikenne on taloudellisinta myös energiankulutuksen kannalta** [2], sillä näin vältetään kiihdytyksiä, kyetään säilyttämään energiatehokkaampi ajonopeus sekä välttämään häiriöt muulla verkolla.
- Liikenteenohjauksen merkitys korostuu liikenteen ja kunnostustöiden yhteensovittamisessa ja aikataulussa pysymisessä, esim. raskas tavarajuna voi kuormittaa verkkoa siten, ettei jännite riitä toisen raskaan junan ajamiseen.

Jarrutusenergian talteenotto

- Muuttamalla voimaverkkoja ja muuntoasemia saadaan **jopa 99 % jarrutusenergiasta kerättyä talteen ja palautettua verkkoon**, näin voidaan saada jopa 15 % säästö energiankulutuksessa radasta riippuen [1]
- Myös uusimmat tekniikat energian talteenotossa (vauhtipyörät, kondensaattorit, akut) voivat vähentää energiankulutusta 10–30 % radasta riippuen
- Energian talteenottoa edistää radan vilkas liikennöinti, siksi työmatkaliikenteessä on tavaraliikennettä paremmat mahdollisuudet hyödyntää jarrutusenergian talteenottoa (CO₂ säästö 8–17 %) [2]
- Suomessa lähiliikenteessä (sähköjunasta riippuen) noin 50 % otetusta energiasta saadaan takaisin verkkoon [3]. Veturivetoisessa hyötysuhde ei ole yhtä suuri, mutta silti merkittävä.

Rautatieliikenneosion yhteenveto 1/2

Radanpidon vaikuttavimmat kasvihuonekaasupäästöjen ja energiankulutuksen vähentämistoimet:

- **Vaihteenlämmityksen päivittäminen**

- Vaihteenlämmitys on suurin radanpidon energian kuluttaja.
- Tiedot vaihteenlämmityksen päästövähennysmahdollisuuksista perustuvat tehtyihin pilotteihin. Pilottien perusteella potentiaalia energiansäästöön on.
- Pilottien perusteella voidaan suunnitella energiankulutuksen ja päästöjen vähentäminen, taloudelliset säästöt saadaan verrattain nopeasti ja pienillä kustannuksilla verrattuna sähköistyshankkeisiin.

- **Valaistuksessa on suuri säästöpotentiaali**

- Valaistuksella on rooli erityisesti rautatiejärjestelmän toiminnan ja palvelutason kannalta.
- Valaistus on toiseksi suurin radanpidon energiankuluttaja. Tällä hetkellä ei ole yhtenäistä käsitystä valaistuksen mahdollisuuksista päästöjen ja energiankulutuksen vähentämiseksi vaan tiedot ovat saatavissa sähköalueittain ja isännöitsijäpiireittäin.
- Valaistuksen suunnitteluohjeissa on energiatehokkuus otettu huomioon ja ohjeita ollaan päivittämässä.
- Eteläisen alueen tietojen perustella voidaan sanoa, että valaistuksessa on suuri tehon säästöpotentiaali. Valaistustekniikka kehittyy nopeasti ja alentaa kustannuksia.

Rautatieliikenneosion yhteenveto 2/2

- **Liikenteenohjaus ja tietoteknisten rajapintojen kehittäminen**

- Tiedot liikenteenohjauksen ja tiedonkulun vaikutuksista energiankulutukseen ovat melko yleisellä tasolla.
- Lopputulokseen vaikuttaa yhteistyö väylänpitäjän ja operaattorin välillä, mutta myös junan kuljettajalla on merkittävä vaikutus.
- Aikataulujen suunnittelu, niissä pysyminen sekä erilaisten häiriöiden, kuten huoltotöiden ajantasainen huomioiminen liikenteen optimoimiseksi ja sujuvoittamiseksi ovat tärkeitä. Raideliikenteessä häiriön hallinnalla vaikutetaan yhtä raideyhteyttä laajempaan kokonaisuuteen ja sen energiankulutukseen.

- **Raideinfran suunnittelu ja ylläpito**

- Energiakulutuksen kannalta yhtenäiset nopeudet rataosuuksilla ovat tavoiteltavia sekä vaihteiden ja erotusjaksojen sijainnin optimaalinen suunnittelu.
- Infrastruktuurin ongelmakohtien tehokkaampi tunnistaminen parantaa liikenteen sujuvuutta, kiihdytysten ja jarrutusten vähentämiseen voidaan pyrkiä valituissa kohteissa esimerkiksi lisäämällä ratakapasiteettiä kaksoisraiteilla.

- **Ratojen sähköistyksellä voidaan vähentää päästöjä ja energiankulutusta**

- Ratojen sähköistys liittyy matka- ja kuljetusketjujen toimivuuteen.
- Tiedot kotimaisten sähköistyshankkeiden vaikutuksista päästöihin ja kustannuksista ovat hyvällä tasolla.
- Suurin osa rataverkosta on jo sähköistetty ja vielä jäljellä olevat sähköistyshankkeet ovat verrattain hitaita ja kalliita.
- Myös kaluston uusiminen vähentää sähköistyshankkeiden kannattavuutta.

Vesiliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä

Osion sisältö

- Vesiliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä dia 73
- Tässä selvityksessä tunnistettuja päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä dia 74
- Vesiväylän syventäminen diat 75–76
- Alusten merelläajonopeus dia 77
- Informaatio dia 78
- Vesikuljetukset liikennejärjestelmän näkökulmasta diat 79–83
- Muita päästöihin vaikuttavia tekijöitä dia 84
- Vesiliikenneosion yhteenveto dia 85

Vesiliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vesiväylänpitäjän näkökulmasta vaikuttavia tekijöitä

The 10 most effective existing technical and operational measures to reduce CO₂ emissions from shipping

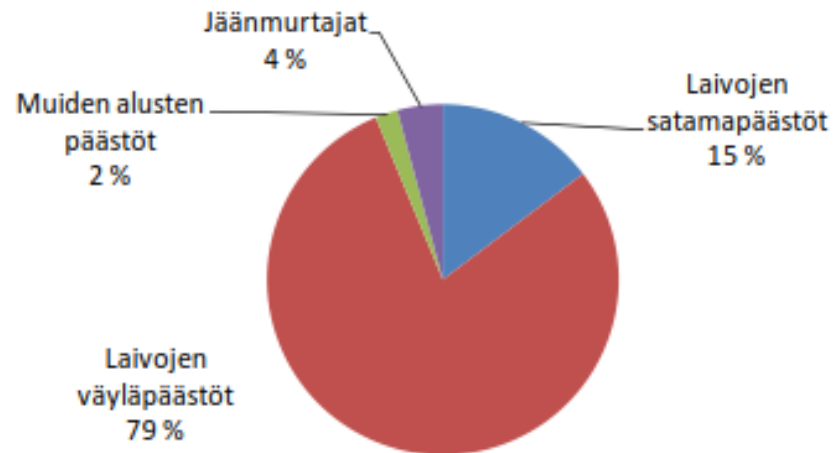
Solution	Relative CO ₂ savings	Savings/Costs per tonne CO ₂	Take-up	
			2007	2011
Speed reduction	17-34%	- 280 €/t	0%	50%
Propeller & rudder upgrade	3-4%	- 150 €/t	0%	0%
Hull coating	2-5%	- 280 €/t	0%	50%
Waste heat recovery	2-6%	+ 60 €/t	0%	0%
Optimisation of trim & ballast	1-3%	- 200 €/t	0%	50%
Propeller polishing	1-3%	- 280 €/t	75%	75%
Hull cleaning	1-5%	- 200 €/t	75%	75%
Main engine tuning	1-3%	- 250 €/t	75%	75%
Autopilot upgrade	1-1.5%	- 280 €/t	75%	75%
Weather routing	1-4%	- 280 €/t	75%	75%

CO₂ savings and costs compared to 'business as usual' in 2020 (source: Maddox 2012)

Kuva 9
Tehokkaimmat keinot vähentää vesiliikenteen CO₂-päästöjä. (EU, 2013)

Tärkeimmät vesiliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavat tekijät vesiväylänpitäjän näkökulmasta ovat

- Väyläinfra ja väylätieto
- Kuljetusketjujen optimointi
- Informaatio



Kuva 8
Meriliikenteen primääristen päästöjen jakaantuminen Suomen rannikon kauppamerenkulussa. (Liikennevirasto, 2012a)

Tässä selvityksessä tunnistettuja vesiliikenteen päästöihin ja energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä

- Vesiväylien ja satamien syventäminen ja laajentaminen
- Sisävesillä kanavien sulkujen pidennys
- Alusten ajonopeus merellä
- Väylätieto ja alusliikennepalvelut
- Laivojen vaihtoehtoiset energiamuodot ja uudet tekniikat
- Satamapäästöt ja energiankulutus satamassa
- Alusliikennepalvelut / liikenteenohjausyhtiön ohjauksen tehostamismahdollisuudet
- Luotsaus
- Jäänmurtotoiminta
- Tie- ja ratayhteydet satamiin, liikenteen sujuvuus
- Ratakapasiteetin riittävyys / junien aikataulujen yhteensovittaminen
- Kuorma-autojen tilantarve satama-alueilla
- Raskaan tieliikenteen taukopaikat (täsmällisen saapumisen mahdollistava odottelu)
- Tiedonkulku / kuorma-autojen saapuminen satamaan

Vesiliikenteeseen
liittyvät tekijät

Tie- ja rautatie-
liikenteeseen /
kuljetusketjuun
liittyvät tekijät

Vesiväylän syventäminen – Tehokkuus ja rakentamiskustannukset 1/2

Suuremman aluskoon mahdollistava väylän syventäminen on erittäin tehokas keino päästöjen ja energiankulutuksen vähentämiseksi kuljetettua tonnia kohti.

- **MERIMA-reittivertailumallin [1]** avulla tehdyn suuntaa antavan esimerkkilaskelman mukaan **vesiväylän syventäminen yhdellä metrillä 10 metristä 11 metriin vähentäisi hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä noin 23 % kuljetettua lastitonnia kohti**, kun kuljettamiseen voitaisiin käyttää suurempaa kuivabulk-alusta
- **MERIMA-kokonaispäästömallilla [1]** tehdyn laskelman mukaan suurennettaessa vuoden 2017 Suomen ulkomaan meriliikenteessä **kaikkien alustyyppien keskikokoja 10 %:lla hiilidioksidiekvivalenttipäästöt vähenisivät merelläajossa noin 6,6 %**
- Suuremmille aluksille on kuitenkin oltava tarve, johon vaikuttaa mm. optimilastikoko kuljetuksenantajan näkökulmasta [2]
- Väylänpitäjän kannalta väylän syventämisessä on lisäksi otettava huomioon syvemmän väylän tarve ja liikennejärjestelmän näkökulma [2]
- Vesiväylän syventämiseen liittyy myös sataman vesialueen laajentaminen ja syventäminen sekä laituripituuksien kasvattaminen, jotta suuremmat alukset mahtuvat satamaan [2]

Vesiväylän syventäminen – Tehokkuus ja rakentamiskustannukset 2/2

MERIMA-mallilla tehdyt suuntaa antavat esimerkkilaskelmat

Sataman vesiväylä	Vesiväylän syventäminen	Valtion väylän rakentamiskustannus ¹	Vesiväylän pituus	Vaikutukset päästöihin
Vuosaari	11 m → 13 m	23,3 M€	32,3 km	Hiilidioksidipäästöt vähenevät 30 vuodessa - Konttialus, syväys 11→12 m, 127 000 tonnia - Konttialus, syväys 11→13 m, 295 000 tonnia - Irtolastialus, syväys 11→13 m, 358 000 tonnia
Kokkola	13 m → 14 m	35,0 M€	22 km	Hiilidioksidipäästöt vähenevät 30 vuodessa 667 500 tonnia (maltillisen kasvun skenaario)
Oulu	10 m → 12,5 m	18,4 M€	90 km	Hiilidioksidipäästöt vähenevät 30 vuodessa 152 500 tonnia

¹ Kustannukset hankkeiden toteutusajankohtien hintatasossa paitsi Vuosaaren vesiväylä, jonka hintataso on kesän 2019 hintataso

Lähteet: MERIMA, Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästölaskentamalli, reittivertailumalli, taulukon tiedot Vuosaaren meriväylän syventämisen päivitetty kannattavuusarviointi (Liikenneviraston suunnitelmia 3/2015), Kokkolan väylän ja sataman syventäminen (Väyläviraston internetsivut, viitattu 12.9.2019), Kokkolan meriväylän syventämisen (13,0 m → 14,0 m) kannattavuuslaskelma (20.2.2017 Liikennevirasto), Oulun meriväylä (Väyläviraston internetsivut, viitattu 12.9.2019) ja Oulun väylän syventämisen (10,0 m → 12,0/12,5 m) kannattavuuslaskelma (21.4.2017 Liikennevirasto)

Alusten merelläajonopeuden vaikutus päästöihin

Alusten merelläajonopeudella on merkittävä vaikutus päästöihin.

- **Alusten päästöjen pienentämiseen tähtää alusten energiatehokkuusindeksi EEDI. [1]**
- Laivan polttoaineen kulutus muuttuu nopeuden muutoksen suhteen kolmanteen potenssiin (amiraliteettikaava), kun laivalla ajetaan lähellä sen suunnittelunopeutta [2]. Jotta alukset voivat ajaa tasaista nopeutta, on vesiväylänpitäjän varmistettava väylän riittävä syvyys.
 - Esimerkiksi **10 % nopeuden nosto lisää kulutusta laskennallisesti noin 33 %**
 - Käytännössä on havaittu, että esim. Saksaan suuntautuvassa liikenteessä **nopeuden nostaminen 18 solmusta 24 solmuun (+33 %) kaksinkertaistaa kulutuksen**
- MERIMA-mallilla [3] laskettuna esimerkiksi
 - **Kemikaalialuksen nopeuden alentaminen 10 %:lla** (13,0→11,7 solmuun) **laskee CO₂-ekv-päästöjä noin 16 %:lla**
 - **Konttialuksen nopeuden alentaminen 10 %:lla** (19,0→17,1 solmuun) **laskee CO₂-ekv-päästöjä noin 18 %:lla**
- Aluksen nopeuden alentamisella on kuitenkin myös muita kuin päästövaikutuksia [1] [4]
 - Ajovuorokausien määrä kasvaa, mikä lisää aluksen miehityskustannuksia
 - Linjaliikenteessä aikatauluja joudutaan muuttamaan
 - Nopeuden alentaminen ei ole aina mahdollista aluskierron sekä lastaus- ja purkuaikeiden takia
 - Alukset on suunniteltu käyttämään tiettyä nopeutta (suunnittelunopeus), josta poikkeaminen saattaa lisätä alusten huoltokustannuksia

Väylätieto vesiliikenteessä/ Alusliikennepalvelut

Ajantasainen tieto auttaa optimoimaan kuljetusketjua.

- Vesiväylänpitäjän tehtävänä on ajantasaisen tiedon kartoittaminen, kerääminen ja tuottaminen vesiväylän ominaisuuksista, olosuhteista ja liikennetiedoista ja tiedon tehokas välittäminen alusten ja varustamoiden käyttöön. [1]
 - Vedenkorkeus
 - Aallokko
 - Tuuli
 - Pohjaolosuhteet
 - Liikennetiedot
- Tietojen avulla voidaan optimoida alusten merelläajoa polttoainekulutuksen suhteen, jolloin myös päästöt vähenevät.**
- Vesiväylänpitäjän tehtävänä on myös tiedonkeruun ylläpito ja kehittäminen. [2]
 - Myös jäänmurtotoiminnassa tiedonkulun varmistaminen on oleellista kuten myös liikenteen ohjaus (reitit ja odotuspaikat) ja jäänmurtokaluston kehittäminen, jotta alusten odotusajat olisivat mahdollisimman lyhyitä. [1]
 - Satamien tehtävänä on ajantasaisen tiedon tuottaminen laituripaikoista ja liikenteestä alusten ja varustamoiden käyttöön, jolloin alusten odotusajat saadaan minimoitua. [1]
 - Tiedot laituripaikoista, hinaajien, luotsien ja jäänmurron saatavuudesta auttavat suunnittelemaan matkanopeuden niin, että ollaan perillä oikea-aikaisesti. Tällä voidaan säästää polttoainetta ja aiheuttaa vähemmän päästöjä. [2]
 - Optimaalisia reittejä edistetään operatiivisella liikenteenohjauksella ja tietopalveluita kehittämällä. Älykäs väylä kertoo merenkulkijalle väylällä vallitsevista olosuhteista ja myös mukautuu asiakkaan tarpeisiin. Aluksen lähestyessä väylää sille voidaan toimittaa ajantasaiset säätiedot ja -ennusteet suoraan komentosillan järjestelmiin. [3]

Vesikuljetukset liikennejärjestelmän näkökulmasta 1/4

– Talvisatamien määrä

- **Pohjoisimpien talvisatamien sulkeminen talvikaudeksi siirtäisi kuljetuksia meriliikenteestä todennäköisesti tieliikenteeseen, jolloin päästöt kasvaisivat [1]**
- Pohjoisimpien satamien kautta kuljetetaan tavaralajeja, joiden kuljettamisessa suuret alukset ovat sopivia (esim. rautapellettikuljetukset). Tällöin myös vesiväylien on oltava riittävän syviä, jotta alukset voivat kuljettaa täyden lastin. [1]
- Jos pohjoisimpien satamien kuljetuksia siirrettäisiin talveksi eteläisempiin satamiin, jouduttaisiin samoilla aluksilla kuljettamaan vajaita lasteja tai käyttämään pienempiä aluksia. **Seurauksena olisi päästöjen kasvu kuljetettua tonnia kohti. [1]**

Vesikuljetukset liikennejärjestelmän näkökulmasta 2/4

– Sisävesillä kanavien sulkujen pidentäminen

- Kokonaisuutena sisävesiliikenteen osuus (6,1 milj. tonnia) kotimaan tavaraliikenteessä kuljetetuista tonneista on pieni, vuonna 2017 se oli noin 2 %. [3] Saimaan kanavan tavaraliikenne oli vuonna 2017 yhteensä 1,27 miljoonaa tonnia (n. 1,2 % Suomen koko vesiliikenteestä). [4] [5]
- Saimaan kanavien sulkujen pidentäminen (85→93 metriä) mahdollistaisi suurempien aluksien käyttämisen sisävesikuljetuksissa, mikä lisäisi sisävesikuljetusten kilpailukykyä. [1] Kanavasulkujen pidentämisellä olisi mahdollista kasvattaa aluksen lastimäärää nykyisestä 2 500 tonnista noin 600:lla tonnilla. Uudella pidemmällä aluskalustolla lastimäärä voisi olla 3100 tonnia. [2]
- Suuremmat alukset kulkisivat myös paremmin jäissä, mikä mahdollistaisi ympärivuotisen liikennöinnin Saimaan kanavassa. [1] Pelkästään liikennekauden lisäyksellä kahdella kuukaudella olisi mahdollista saavuttaa 15 % kuljetusvolyymlisäys vuositasona. [2]
- Saimaan kanavassa käytettävät alukset ovat vanhentumassa ja ne poistuvat liikenteestä. Vastaaviin uusiin aluksiin ei kannata investoida, vaan vaihtoehtoina on liikennöinnin lopettaminen ja kuljetusten siirtyminen muihin kuljetusmuotoihin tai uusien pidempien alusten hankkiminen, jos kanavien sulkua pidennettäisiin. Lisäksi uusia aluksia voitaisiin käyttää talvella myös Suomen rannikkokuljetuksissa Saimaan kanavan ollessa suljettuna. [1]
- Vanhentuneiden alusten poistuessa liikenteestä on mahdollista, että Saimaan kanavan tavaraliikenteen vähenee. [1]
- **Saimaan kanavan sulkujen pidentäminen vähentäisi sisävesikuljetuksissa päästöjä kuljetettua tonnia kohti, kun aluskoko kasvaisi. Lisäksi päästöt saattaisivat vähentyä myös kokonaisuutena, kun sisävesikuljetusten kilpailukyky kasvaisi ja kuljetuksia siirtyisi tiekuljetuksista sisävesikuljetuksiin.**

Lähteet: [1] Väyläviraston vesiväylänpidon asiantuntija Olli Holmin haastattelu (kesäkuu 2019); [2] Kestävämpää liikennettä ja väylänpitoa – Katse kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä, Liikennevirasto (2016); [3] tavaraliikenteen määrät Väyläviraston internetsivut <https://vayla.fi/liikennejarjestelma/tavaraliikenne> (viitattu 12.9.2019); [4] Saimaan kanavan ja kuiden sulkukanavien liikennetilasto 2017, Liikennevirasto 2/2018 ja [5] Liikennefakta https://www.liikennefakta.fi/markkinat/henkilot_ja_tavarat/meri- ja vesiliikenne (viitattu 12.9.2019)

Vesikuljetukset liikennejärjestelmän näkökulmasta 3/4

– Alusten satamapäästöt

- **Suomessa paras tapa tehostaa satamien toimintaa olisi pitää satamat auki ympäri vuorokauden ja ympäri vuoden.** Tällä olisi vaikutusta alusten satamapäästöihin ja energiankulutukseen, kun laivojen satamassaoloaika ja aukioloajoista johtuvat odotukset lyhenisivät. Aukioloaikoihin vaikuttavat satamassa työskentelevien työehtosopimukset. [1]
- Alusten satamassaoloajan lyhentäminen vähentäisi satamapäästöjä (lastinkäsittelyn nopeuttaminen ja tiedonkulku). [1]
- Maasähkön käyttö laivoissa vähentäisi alusten satamapäästöjä, mutta maailmanlaajuinen standardi maasähköstä puuttuu. [1]

Väylänpitäjällä ei ole suoraa roolia alusten satamapäästöjen vähentämisessä [1]

Vesikuljetukset liikennejärjestelmän näkökulmasta 4/4

– Kuljetusketjut ja niiden toimivuus

- **Suurempien ajoneuvoyhdistelmien avulla on mahdollista vähentää tiekuljetusten päästöjä kuljetettua yksikköä kohti**
 - Tienpitäjän (Väylävirasto, kunnat) tehtävänä on varmistaa satamaan johtavien tie- ja katu-yhteyksien toimivuus myös uusille mitoiltaan suuremmille ajoneuvoyhdistelmille ja raskaan liikenteen taukopaikkojen riittävyys satamien läheisyydessä. [1]
 - Satamien tehtävänä on huomioida suurempien ajoneuvoyhdistelmien tilantarve satama-alueilla ja tiedottaa alusten saapumisesta satamaan. [1]
 - Suomen tulisi saada internetissä toimiva tietoaalusta raskaan liikenteen käyttöön. Tietoaalustassa esitettäisiin esimerkiksi alusten aikataulut, vapaat pysäköintipaikat ja tieliikenteen häiriötilanteet. Tietoaalusta tulisi kehittää yhteistyössä ainakin tienpitäjän, satamien, liikenneasemaketjujen ja kuljetusalan järjestöjen kanssa. [1]
- **Siirtymä tiekuljetuksista ympäristöystävällisempiin rautatiekuljetuksiin vähentäisi päästöjä**
 - Rataverkonpitäjän (Väylävirasto) tehtävänä on riittävän tasokkaan satamaan johtavan rataverkon ylläpito, jotta rautatiekuljetusten kilpailukyky säilyy tiekuljetuksiin verrattuna. Tehtävänä on myös ratakapasiteetin ja toimintavarmuuden varmistaminen sekä tavarajunien aikataulujen yhteensovittaminen matkustajajunien kanssa. [1]
 - Satamien tehtävänä on satama-alueen rataverkon ylläpito ja kehittäminen. [1]
 - Rautatiekuljetusten kilpailun edellytyksiä tulisi parantaa esimerkiksi kaluston saatavuutta helpottamalla. [2]

Vesikuljetukset liikennejärjestelmän näkökulmasta – Yhteenvedo

Liikennemuoto	Keinot vesikuljetusten edistämiseksi	Vastuutaho	Vaikutukset liikennejärjestelmään ja päästöihin
Meriliikenne	Valtion vesiväylien syventäminen tarvittaessa	Väylävirasto	Meriliikenteen kilpailukyky paranee ja osuus tavarakuljetuksista säilyy vähintään nykyisenä aluskoon kasvaessa. Alusten päästöt kuljetettua tonnia kohti vähenevät aluskoon kasvaessa ja alusten pystyessä käyttämään koko lastikapasiteetin.
Meriliikenne	Pohjoisten satamien liikennöitävyyden varmistaminen pitämällä satamat auki myös talvella	Väylävirasto	Pohjoisten satamien sulkeminen talveksi pidentää kuljetusketjun tiekuljetusten osuutta ja lisää siten päästöjä.
Meri- ja sisävesiliikenne	Satamien pitäminen auki ympäri vuorokauden ja myös viikonloppuisin	Yhteiskunta Satamat	Meriliikenteen kilpailukyky paranee ja osuus tavarakuljetuksista säilyy vähintään nykyisenä satamatoimintojen tehostuessa. Alusten satamassaoloaika lyhenee, jolloin päästöt vähenevät.
Sisävesiliikenne	Saimaan kanavan sulkujen pidentäminen ja kanavan ympärivuotinen aukiolo	Väylävirasto	Päästöt kuljetettua tonnia kohti vähenevät aluskoon kasvaessa. Sisävesiliikenteen kilpailukyky paranee ja osuus tavarakuljetuksista kasvaa.
Kuljetusketjut / tieliikenne	Satamiin johtavien teiden liikennöitävyyden varmistaminen myös uusille suurikokoisille ajoneuvoyhdistelmille	Väylävirasto Satamat Kunnat	Tiekuljetusten päästöt kuljetettua yksikköä kohti vähenevät, kun satamiin voidaan kuljettaa tavaraa suuremmilla ajoneuvoyhdistelmillä.
Kuljetusketjut / rautatieliikenne	Satamiin johtavien ratojen kehittäminen ja ylläpito	Väylävirasto Satamat	
Kuljetusketjut / rautatieliikenne	Tavarajunien satamakuljetusten sujuvuuden varmistaminen (ratakapasiteetti, toimintavarmuus)	Väylävirasto	Rautatiekuljetusten kilpailukyky säilyy vähintään nykyisenä. Tavarakuljetusten siirtyminen tiekuljetuksista rautatiekuljetuksiin vähentää päästöjä.
Kuljetusketjut / rautatieliikenne	Tavarajunien satamakuljetusten sujuvuuden varmistaminen yhteensovittamalla tavarajunien ja matkustajajunien aikataulut.	Väylävirasto	

Muita vesiliikenteen päästöihin vaikuttavia tekijöitä

- **Laivojen vaihtoehtoiset energiamuodot:**
 - Kaasukäyttöiset alukset
 - Kaasutankkausinfraan varautuminen satamissa.
 - **Väylänpitäjän tehtävänä on kaasutankkaustermiinaaleihin johtavien väylien leventäminen tarvittaessa (jos kaasu tuodaan leveillä kaasualuksilla termiinaaleihin).**
 - Sähkökäyttöiset alukset
 - Latausinfraan varautuminen satamissa.
 - Vetykäyttöiset alukset
 - Ei tällä hetkellä realistinen energiamuoto.

Vesiliikenneosion yhteenveto

Väylänpitäjän vaikuttavimmat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimenpiteet vesiliikenteessä ovat:

- **Vesiliikenteen päästöjen vähentäminen osana kuljetusketjua kotimaassa ja ulkomailla**
 - Optimaalista ketjua valittaessa on tärkeää ottaa huomioon useita vaikuttavia tekijöitä ja eri toimijoita.
 - Ketjujen optimointiin on olemassa laskentamenetelmiä, mutta erityisen tärkeää on kiinnittää huomiota käytettyjen lähtötietojen relevanttisuuteen.
- **Ajantasaisen väylä- ja liikennetiedon tuottaminen aluksille**
 - Vähentää päästöjä jo lähivuosina riippuen älykkäiden väylien ja tietojärjestelmien kehityksestä.
 - Ajantasaisen tiedon avulla voidaan optimoida alusten ajonopeutta ja vähentää alusten odotusaikoja sekä optimoida koko kuljetusketjua ja saavuttaa sitä kautta päästöjen väheneminen, erityisesti vaikutus alusten liikennöintiin (väyläsyvyys, jäänmurto, tieto aluksille ja satamiin kuljetuksen optimointia varten) korostuu.
- **Alusten ajonopeuden optimointi**
 - Päästövähennelmä on saavutettavissa välittömästi, tiedot alusten nopeuksien ja väylänpidon vaikutuksista päästöihin ovat kohtalaisella tasolla perustuen väylien syventämisestä tehtyihin selvityksiin.
 - Monet varustamot ovat jo alentaneet nopeuksia polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi.
 - Ei voida aina toteuttaa esimerkiksi alusten aikataulujen vuoksi.
- **Satamien vesiväylien syventäminen**
 - Vähentää päästöjä vasta vuosien kuluttua, koska aikajänne päätöksenteosta eri suunnitteluvaiheiden kautta toteutukseen voi kestää useita vuosia.
 - Syventämiseen on kuitenkin oltava selkeä tarve kuten esimerkiksi alusten joutuminen liikennöimään nykytilanteessa vajaalla lastilla.
 - Samalla on laajennettava ja syvennettävä myös sataman vesialuetta sekä kasvatettava laituripituuksia.

Toimenpiteitä matka- ja kuljetusketjuissa

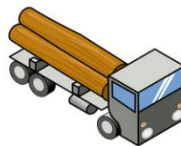
Esimerkki yhdestä kuljetusketjusta ja tekijöistä, jotka vaikuttavat syntyviin päästöihin



Metsä, Maaninka



Aaltopahvitehdas, Kuopio



Hamina-Kotka satama



Amsterdam



Eri kuljetusmuotojen tarjonta ja kilpailukyky – mahdollisuus valintaan kuljetettava tuote huomioiden esim. sisävesi- ja rautatiekuljetukset (terminaalit)

Ominaispäästöt kuljetusreitillä – kulkuneuvon (koko, tekniikka) sekä väylänpidon vaikutukset päästöihin

Potentiaalinen satama (satamatyyppi, 24/7?) ja mahdolliset kuljetusmuodot ja ominaispäästöt kuljetusreiteillä satamaan

Aluskoko – väylän syvyys – jäänmurto, aluksen ominaisuudet aluksen käyttö (nopeus, seisonta satamassa)

Kuljetusketjujen ominaispäästöt

Päästöön vaikuttavat tekijät

Merkittävien kuljetusten optimaaliset kuljetusketjut (raaka-ainekuljetukset tehtaalle), strategiset selvitykset.

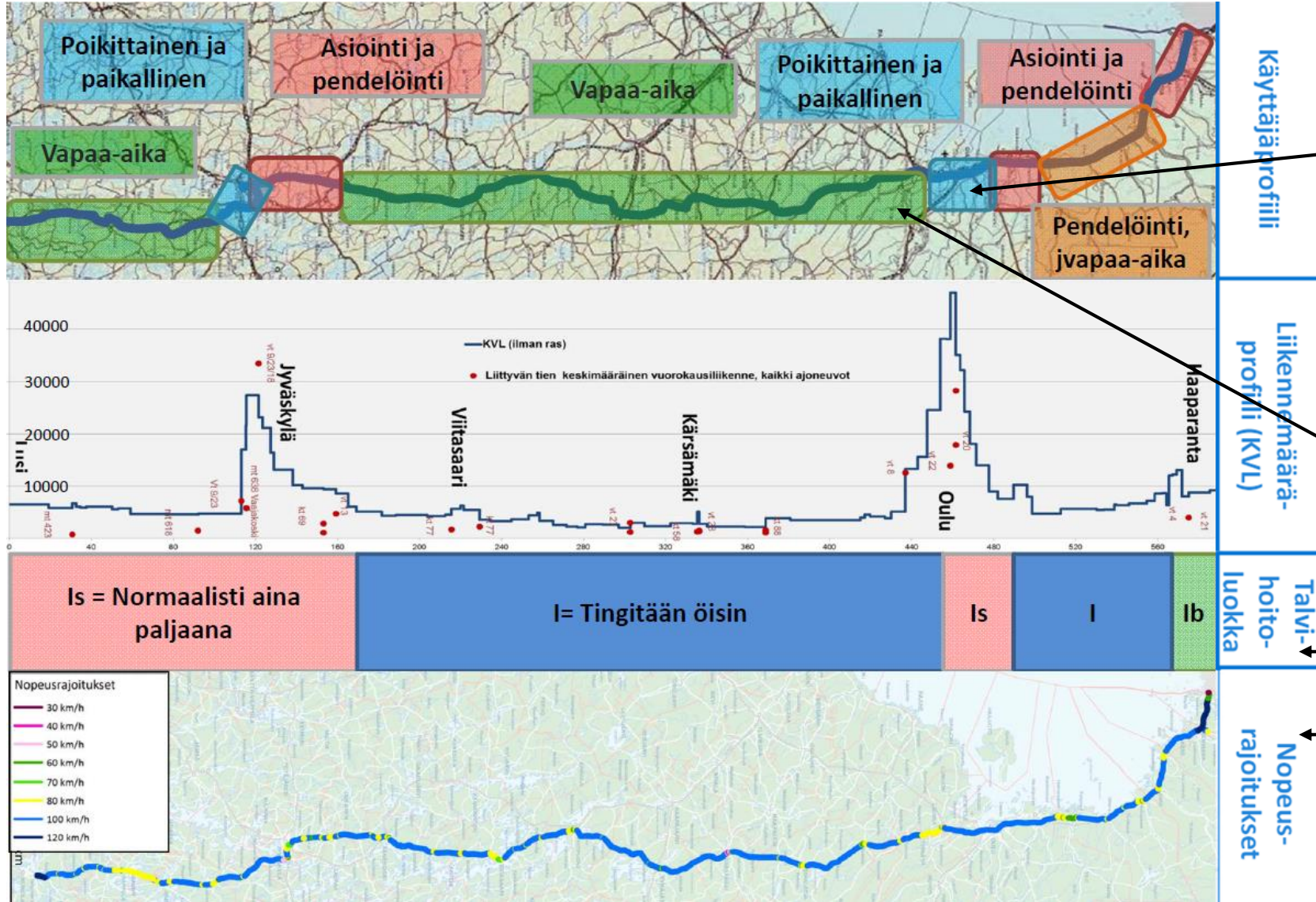
Raskaan liikenteen käyttämän väylästä, taukopaikkojen, kunnossapidon sekä informaation optimointi.

Merkittävien kuljetusten optimaaliset kuljetusketjut (tuotteet satamaan) taukopaikkojen, kunnossapidon sekä informaation optimointi (ennakointi).

Kuljetettaville tuotteille optimaalisten alusten edellyttämä väylänsyvyys, kuljetusketjun eri toimijoiden yhteistyötä tukeva informaatio.

Väyläviraston toimet

Väyläviraston toimia matkaketjun päästöjen vähentämiseksi, esimerkki Vt 4 Lusi–Haaparanta-käytävä



Käyttäjäprofiili

Liikennejärjestelmätöissä kestävän liikkumisen edistäminen sekä muiden toimijoiden CO₂-vähennystyön tukeminen. Kulkumuotojakautumaan vaikuttaminen, solmujen kehittäminen

Väylänpidossa erityisesti huomio tasaiseen nopeuteen ja kiihdytysten ja jarrutusten välttämiseen (informaatio, nopeudet ja liikenteen ohjaus, verkon jäsenyys kaupunkiseuduilla)

- Liikennemäärä-profiili (KVL)
- Matkaketjujen kehittäminen (kestävän liikkumisen edistäminen, liityntä, solmut)
 - Pahimpien raskaan liikenteen pullonkaulojen poistaminen (liityntät, mäet)
 - Liityntä- ja nopeuspolitiikka tasaisen liikennevirran saavuttamiseksi
 - Optimaalisten reittien ja aikojen informointi
 - Hankearvioinnin edelleen kehittäminen energiatehokkuusnäkökulmasta

Talvihoito-luokka

Ennakoinnin kehittäminen, hankinta-asiakirjojen kehittäminen, seuranta

Nopeusrajoitukset

Liikenteen hallinta, ennakoitavuus, tasainen liikennevirta, ruuhkautumisen välttäminen

Matka- ja kuljetusketjuosion yhteenveto

Vaikuttavimmat kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimenpiteet liikennejärjestelmän näkökulmasta raskaassa liikenteessä ovat:

- **Kuljetusketjujen optimaalisen toiminnan varmistaminen**
 - Vesiliikenne: väylä- ja liikennetiedon ajantasainen tuottaminen aluksille.
 - Tieliikenne: internetissä toimiva tietoaalusta sekä taukopaikkojen riittävän määrän, oikean sijainnin ja riittävien palveluiden varmistaminen.
 - Rautatieliikenne: tavarajunien satamakuljetusten sujuvuuden varmistaminen riittävällä ratakapasiteetilla ja toimintavarmuudella sekä yhteensovittamalla tavarajunien ja matkustajajunien aikataulut.
 - Taukopaikkojen ja terminaalien optimaalinen sijoittaminen.
- **Satamien pitäminen auki ympäri vuorokauden ja vuoden jokaisena päivänä**
 - Työmarkkinapoliittinen asia, joten aukioloaikojen laajentaminen voi olla hankala ja hidas toimenpide.
- **Satamiin johtavien teiden liikennöitävyyden varmistaminen myös uusille suurikokoisille ajoneuvoyhdistelmille**
- **Satamiin johtavien ratojen kehittäminen ja ylläpito**
- **Kuljetusten siirtyminen kuorma-autokuljetuksista rautatiekuljetuksiin**
 - Kansainvälisesti yhdistettyjen auto-junakuljetusten arvioidaan säästävän energiankulutuksessa jopa 50 prosenttia ja hiilidioksidipäästöjen vähentyvän liityntäkuljetusmatkasta riippuen 60–80 prosenttia. Suomessakin nykyiseen yhdistettyjen kuljetusten volyymiin nähden yli 300 kilometriä pitkissä maantiekuljetuksissa olisi jopa 50-kertainen potentiaali (LVM 32/2011).
- **Vaihtoehtoisia ympäristöystävällisiä energiamuotoja käyttävien alusten ja kuorma-autojen yleistäminen**

Ajantasaisen tiedon avulla voidaan vähentää odotusaikoja sekä optimoida koko kuljetusketjua ja saavuttaa sitä kautta päästöjen väheneminen

Arvio tutkimustiedon ja menetelmien ajantasaisuudesta ja kattavuudesta

Yleinen arvio

- Liikennemuotojen ja eri väylänpidon osa-alueiden välillä on vaikea löytää yhteismitallista aineistoa, sillä vertailu ja laskenta on tehty eri menetelmillä tosin pääsääntöisesti Suomessa perustuen VTT:n yksikköpäästökertoimiin. Suurta epävarmuutta sisältyy tekniikan kehityksen nopeuteen, millä on merkitystä, kun tehdään laskelmia 30 vuoden päähän.
- Yleisesti kirjallisuudessa ei ole eri toimenpiteiden vaikutusta käsitelty kattavasti ja niin, että toimenpiteen merkitys päästöjen vähentämisessä tulisi selvästi ilmaista, vaan aineistoa on osana muita selvityksiä ja hankearviointeja. Erityisesti kustannustietoa on rajallisesti eikä siitä ole yleensä eroteltavissa päästövähennyskustannusta erikseen, koska samalla toimenpiteellä vastataan useaan tavoitteeseen. Tarkasteltu aineisto antaa kuitenkin käsityksen suuruusluokista.
- Monia tienpidon päästöjen vaikutuksia käsitellään osana hankearviointia ja lasketaan IVAR-ohjelmalla, joka toisin kuin monet muut väylänpidon päästöjen laskennassa käytettävät mallit tai laskelmat on kattavasti dokumentoitu. IVAR-ohjelman erityisenä etuna on, että se tarkastelee hankkeen hyväksyttävyyteen vaikuttavia eri tekijöitä samanaikaisesti sekä samoilla oletuksilla ja lähtötiedoilla.
- Ulkomaisten tulosten siirrettävyys Suomen olosuhteisiin on ongelmallista: erilaiset liikenneolosuhteet, järjestelmät, laskennan perusteiden puuttuminen vaikeuttavat niiden luotettavuuden arviointia.
- Pyrittäessä kohdentamaan toimenpiteitä, olisi tärkeää tietää elinkaarivaikutuksista ja järjestelmävaikutuksista riittävästi, ettei osaoptimoinnin kautta kasvateta päästöjä elinkaaren muissa osissa, esim. päällysteiden uusiminen.
- Monet vaikutukset ovat hyvin tapauskohtaisia.
- Selvästi enemmän tarvittaisiin eri liikenneolosuhteissa kerättyä tietoa kulkuneuvojen päästöistä eri kohteissa. Siksi tehdyt pilotit ovat tärkeä keino saada tietoa sekä päästövähennysten vaikuttavuudesta että kustannuksista.

Ehdotus toteutettavista toimenpiteistä vuosiin 2025 ja 2030 mennessä

Toimenpiteiden valintaan vaikuttavia tekijöitä

- Merkittävyys kokonaispäästöissä nyt ja tulevaisuudessa
- Päästövähennyspotentiaali 5 v ja 10 v aikajänteillä
- Kustannustehokkuus

- Myönteiset muut vaikutukset
- Muut tekijät, jotka on tarpeen ottaa huomioon

Huomioita

- Elinkaaritarkasteluja tehty vähän, tietoja yhdistettävä sieltä täältä
- Päästövähennykset laskettu eri tavalla, tarvitaan ohjeistusta laskentojen tekoon, jotta saadaan vertailukelpoisia tuloksia
- Kustannustieto puutteellista, toimilla useita tavoitteita

- Voidaan arvioida yleisellä tasolla
- Toimenpiteen vaikuttavuus ja tarkat vaikutukset usein tapauskohtaisia

Toimenpiteet – Tieliikenne 1/2

Toimenpide	Merkittävyys	Vähennyspotentiaali	Kustannus	2025	2030	Huomion arvoista	Muita hyötyjä
Tiegeometrian parantaminen	Melko merkittävä (arvio)	riippuu kohteesta, parhaimmillaan jopa noin 20 % vähennys nykyisestä	Riippuu hankkeesta, ~ 2 M€ –17 M€/km			Arvioidaan osana hankesuunnittelua. Vaikutus pidemmällä aikavälillä erityisesti energian kulutukseen, kun ajoneuvotekniikka vähentää khk-päästöjä.	Parempi palvelutaso ja turvallisuus, raskaan liikenteen kustannus-tehokkuus
Sujuvuuden parantaminen	Melko merkittävä (arvio)	Suuruutta vaikea arvioida, häiriön hallinnalla 5–15 %, riippuu hankkeesta voi olla jopa 20 %	Sujuvuuden parantaminen parantaa yhteiskunta-taloudellisuutta, kustannus riippuu hankkeesta ja toteutustavasta			Liikennehallinnan merkitys on suuri tasaisen nopeuden ja häiriöttömän liikenteen saavuttamisessa, sujuvuuden parantaminen voi nostaa ajonopeuksia ja siten lisätä päästöjä.	Parempi palvelutaso
Teiden kunnon parantaminen	Vähäinen	0–5 %, merkitys raskaalle liikenteelle suurempi, parantaminen voi nostaa ajonopeuksia, mikä lisää päästöjä	-	x	x	Päällystys on energiaintensiivistä toimintaa, joten päällyste uusinnassa tärkeä ottaa huomioon elinkaari-päästöt.	Parempi palvelutaso ja turvallisuus
Talvihoidon parantaminen	Vähäinen (arvio)	<1 % (lumisella tiellä 7–8 % suurempi polttoaineen kulutus ja lumisia päiviä N kpl), Merkitys raskaalle liikenteelle suurempi	Ei tietoa	x	x	Hoidon toteuttamisella ja henkilöstön ammattitaidolla suuri merkitys päästöjen syntyyn.	Parempi palvelutaso ja turvallisuus, energiatehokkuus on tärkeää kustannusten kannalta

Toimenpiteet – Tieliikenne 2/2

Toimenpide	Merkittävyys	Vähennyspotentiaali	Kustannus	2025	2030	Huomion arvoista	Muita hyötyjä
Nopeusrajoitusten alentaminen	Merkittävä (arvio)	~10–20 % (riippuu tiegeometriasta, nopeusalueesta ja raskaan liikenteen osuudesta)	Suorat kertakustannukset pienet, mutta jatkuvat matka-aikakustannukset todella suuret	x	x	Päästöjen vähentäminen voi olla osatekijänä nopeusrajoituksen alentamiselle mutta ei ainoa. 80 km/h nopeusalueen alapuolella päästövähennykset voivat olla vähäisiä tai päästöt voivat jopa lisääntyä, jos sujuvuus kärsii.	Parempi turvallisuus
Tievalaistus, uudet valaisimet ja älykäsvalaistus	Melko merkittävä (arvio)	Energian kulutuksen vähennyspotentiaali on suuri (> 50 %). Päästövähennyksen suuruus riippuu sähköntuotantotavasta.	Valaisimien vaihdolla hoitokustannukset pienemmät, eli pitkällä aikavälillä (eli 10 v) kustannukset negatiivisia	x	x	Valaistuksella ei ole Suomessa havaittu olevan vaikutusta ajonopeuksiin. Valaistuksesta saneerataan 2–5 % vuodessa, kannattaisiko valaisimia vaihtaa jo hieman etupainotteisesti, eli ennen virallista saneeraus ikää?	Parempi turvallisuus
Kaupunki-seutujen maankäyttö- ja liikennejärjestelmäsuunnittelu	Pitkällä aikavälillä merkittävä	Keino liikennetarpeen vähentämiselle, liikennemuoto-osuuksien muuttamiselle sekä matka- ja kuljetusketjujen toiminnan parantamiselle, riippuu kohteesta, vuoteen 2030 mennessä Helsingin seudulla 17 %-yksikön vähennys perustilaan verrattuna			x	Tekniikan kehityksellä ja hinnoittelulla merkittävä rooli päästövähennyksessä	Useita yhteiskunnallisia tavoitteita

Toimenpiteet – Rautatieliikenne 1/2

Toimenpide	Merkittävyys	Vähennyspotentiaali	Kustannus	2025	2030	Huomion arvoista	Muita hyötyjä
Vaihteiden lämmitys	54 % radanpidon energiankulutuksesta, mikä merkittävä suhteessa liikenteen päästöihin	> 30 % vähennys nykyisestä	Sääsaman hankinta ja käyttö tukemaan ajoitusta (45 000 €)/alue			Osa talvikunnossapidon kokonaisuutta	Parantaa raideliikenteen turvallisuutta ja häiriöttömyyttä
Rautatiealueiden valaistus (järjestelmävaikutus)	25 % radanpidon energiankulutuksesta, mikä merkittävä suhteessa liikenteen päästöihin	Kokonaistehonsäästö-potentiaali on n. 240 kW ja valaistuksen käyttötunneilla tarkoittaa n. 970 MWh säästöä.	Valaisimien saneeraus LED tekniikkaan maksaa n. 3–5 M€.	x	x		Älykkäällä valaistuksella voidaan parantaa turvallisuutta ja viihtyvyyttä
Ratojen sähköistys (järjestelmävaikutus)	Merkittävä. Nykyisestä rataverkosta 55 % sähköistetty	Hankkeesta riippuen CO ₂ päästömäärien väheneminen 0–8714 tn/vuosi	Hankkeesta riippuen n. 2–110 milj. euroa/30 vuotta	x	x	Hankkeita toteutetaan, vaikka eivät yhteiskuntataloudellisesti kannattavia. Ratojen sähköistys liittyy matka- ja kuljetusketjujen toimivuuteen. Dieselkaluston uusiminen heikentää sähköistys-hankkeiden kannattavuutta.	Merkittävät säästöt liikennöinti-kustannuksissa veturien vaihtotarpeen poistuessa

Toimenpiteet – Rautatieliikenne 2/2

Toimenpide	Merkittävyys	Vähennyspotentiaali	Kustannus	2025	2030	Huomion arvoista	Muita hyötyjä
Ratojen yhtenäisen nopeusprofiilin ylläpito	Merkittävä (arvio)	Ei arvioitu	Ei tietoa	x	x	Pistemäiset nopeusrajoitukset enimmäkseen huonokuntoisesta radasta johtuvia. Korjausvelka suuri.	Aikataulujen ja liikenteen sujuvoituminen
Energiatehokkuuden huomioiminen raideinfran suunnittelussa	Merkittävä (arvio)	Raiteen käyttöiän pidentäminen 50 % → 11 % säästöt päästöissä Uusien asemien suunnittelussa keinulautaperiaate: 5 % säästö veto-, 23 % säästö jarrutusenergiassa	Ei tietoa	x	x	Riittävä kapasiteetti tärkeä hidastusten ja kiihdytysten välttämiseksi.	
Liikenteenohjaus ja tiedonkulku – Tietoteknisten rajapintojen kehittäminen	Merkittävä (arvio)	Esim. DAS:n avulla 20 % säästöt energiankulutuksessa	Ei tietoa	x	x	Kuljettajan merkitys suuri.	Häiriöiden välttämiseksi ja matka- ja kuljetusketjujen sujuvuudella merkittäviä vaikutuksia koko liikennejärjestelmälle.
Kaupunkiseutujen maankäyttö- ja liikennejärjestelmäsuunnittelu	Merkittävä pitkällä aikavälillä	Vähennyspotentiaali syntyy maankäytön ja liikenteen yhteensovittamisesta, joka hankekohtaista				Raideliikenteen järjestelmävaikutuksia on mahdollista tarkastella.	Useita yhteiskunnallisia tavoitteita

Toimenpiteet – Vesiliikenne

Toimenpide	Merkittävyys	Vähennyspotentiaali	Kustannus	2025	2030	Huomion arvoista	Muita hyötyjä
Satamien vesiväylien syventäminen	Merkittävä (arvio)	Kaikkien alusten suurentaminen esimerkiksi 10 %:lla vähentäisi koko Suomen ulkomaan meriliikenteen merelläajon päästöjä arvioilta 6–7 %	Kymmeniä miljoonia euroja satamaa kohti	x	x	Tarve selvitettävä satamakohtaisesti, vaatii myös mm. sataman vesialueen syventämisen.	
Ajantasaisen väylä- ja liikennetiedon tuottaminen aluksille	Merkittävä (arvio)	Ei tietoa	Ei tietoa	x		Vaikuttaa koko kuljetusketjuun.	
Alusten ajonopeuden alentaminen	Merkittävä (arvio)	Aluksen ajonopeuden alentaminen esimerkiksi 10 %:lla vähentäisi aluksen päästöjä arviolta 16–18 %	Ei tietoa	x		Alusten aikataulut Aluskierto	Aaltovaikutus vähenee
Satamien pitäminen auki ympäri vuorokauden ja vuoden jokaisena päivänä	Melko merkittävä (arvio)	Ei tietoa	Ei tietoa	x	x	Vaikuttaa koko kuljetusketjuun Työmarkkinapoliittinen asia	Suomen satamien kilpailukyvyyn mahdollinen paraneminen
Alusten vaihtoehtoiset energiamuodot	Melko merkittävä (arvio)	Aluksen vaihtaminen esimerkiksi kaasualukseksi vähentäisi aluksen päästöjä arviolta 13 % [1]	Ei tietoa	x	x	Mahdollistettava esimerkiksi kaasunjakeluinfran toteuttaminen (vesiväylät).	
Saimaan kanavan sulkujen pidentäminen ja kanavan ympärivuotinen aukiolo	Ei suurta merkitystä kokonaisuuteen	Ei tietoa	Sulkujen pidentäminen 68 miljoonaa euroa [2]	x			

[1] Lähteet Suomen kansainvälisen meriliikenteen tavarakuljetusten päästölaskentamalli, reittivertailumalli ja

[2] Saimaan kanavan kehittäminen, Väyläviraston hankekortti

**Suositus laskentamenetelmästä,
laskelman lähtötiedoista ja rajouksista
sekä laskentaoletuksista**

Suositus seuraavan vaiheen laskentamenetelmästä 1/2

Suomessa käytetyissä päästöjen laskentamalleissa **liikenteen päästöjen laskenta perustuu pääsääntöisesti VTT:n LIPASTO-järjestelmässä julkaistuihin yksikköpäästökertoimiin**. Laajan käyttönsä vuoksi kerrointen kyky kuvata todellista päästöä on erityisen tärkeää.

Päästöjen laskennassa korostuu kaksi tärkeää osa-aluetta:

- **1. elinkaarivaikutukset**, jota kautta saadaan tietoa, missä vaiheessa elinkaarta päästöt ovat muita merkittävämpiä ja siten, mihin vähennystoimet on tarpeet erityisesti kohdistaa ¹.
- **2. hankearvioinnin yhteydessä tehtävä päästöjen ja energiakulutuksen arviointi**, joka auttaa hankkeiden suunnittelussa arvioimaan päästöjä yhdessä muiden päätöksentekoon vaikuttavien tekijöiden kanssa yhtenäisellä tavalla.

¹ Pohjoismaiden kesken on käynnissä projekti (NordLCA), jossa kehitetään infrarakentamisen elinkaaren aikaisten päästöjen laskennan ohjeistusta. Elinkaarivaikutusten tarkastelu ei kuitenkaan kuulunut tämän selvityksen piiriin.

Suositus seuraavan vaiheen laskentamenetelmästä 2/2

- **Hankearviointiin käytetään IVAR² -ohjelmistoa.** Sillä lasketaan muiden tekijöiden ohella hankkeen eri vaihtoehtojen synnyttämät liikenteen käytön aikaiset päästöt. Se ei kuitenkaan ota huomioon infran rakentamisesta aiheutuvia päästöjä. Niiden huomioimiseksi ollaan tekemässä pilottilaskentoja. Tulevaisuudessa onkin tärkeää liittää nämä laskelmat osaksi hankearviointia.
- Parantamista on erityisesti päästötietojen oikeellisuudessa ja kattavuudessa, koska ne vaikuttavat kaikkiin päästölaskelmiin ja toimenpiteiden suunnitteluun.
- **IVAR-ohjelmistoa on viime vuosina kehitetty** huomioimaan paremmin raskaan liikenteen päästöjä. Laskennan täydentäjänä on muutamissa hankearvioinneissa käytetty VEMOSIM³ -mallia, jota on kehitetty erityisesti raskaan liikenteen päästöihin vaikuttavien tekijöiden arviointiin. Sen yhtenä ongelmana on ollut ajoneuvojen moottorikarttojen riittävän kattava saaminen. Tuleva VECTO⁴ -malli ja sen vertailu kotimaisiin ajo-olosuhteisiin tarjoaa apua raskaan liikenteen päästöjen laskentaan, mutta tähän menee muutama vuosi. Mikrosimulointien kehittäminen auttaisi jatkossa väylänpidon toimenpiteiden arviointia ja tukisi myös IVAR-laskentaa. Tarkkuuden parantamista haittaa kuitenkin eniten, ettei tierekisteristä saada tarkkaa tien profiilitietoa.

² IVAR on Investointihankkeiden Vaikutusten Arviointiohjelmisto, joka on tarkoitettu tiehankkeiden suunnittelun apuvälineeksi eri suunnitteluvaiheissa

³ Vemosim on ajoneuvosimulaattori, jonka avulla voidaan määrittää eri ajoneuvojen liiketila sekä energiankulutus ja päästöt erilaisissa tie- ja liikenneoloissa

⁴ VECTO on raskaiden ajoneuvojen erilaisten moottoreiden, voimansiirron, akselirakenteiden, kokonaismassojen, päälirakenteiden ja ajotehtävien vaikutusten huomioimiseksi hiilidioksidipäästöjen määrittämiseen on muodostettu simulointiohjelmisto Vehicle Energy Consumption Calculation Tool (VECTO).



Verkkójulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-317-733-8