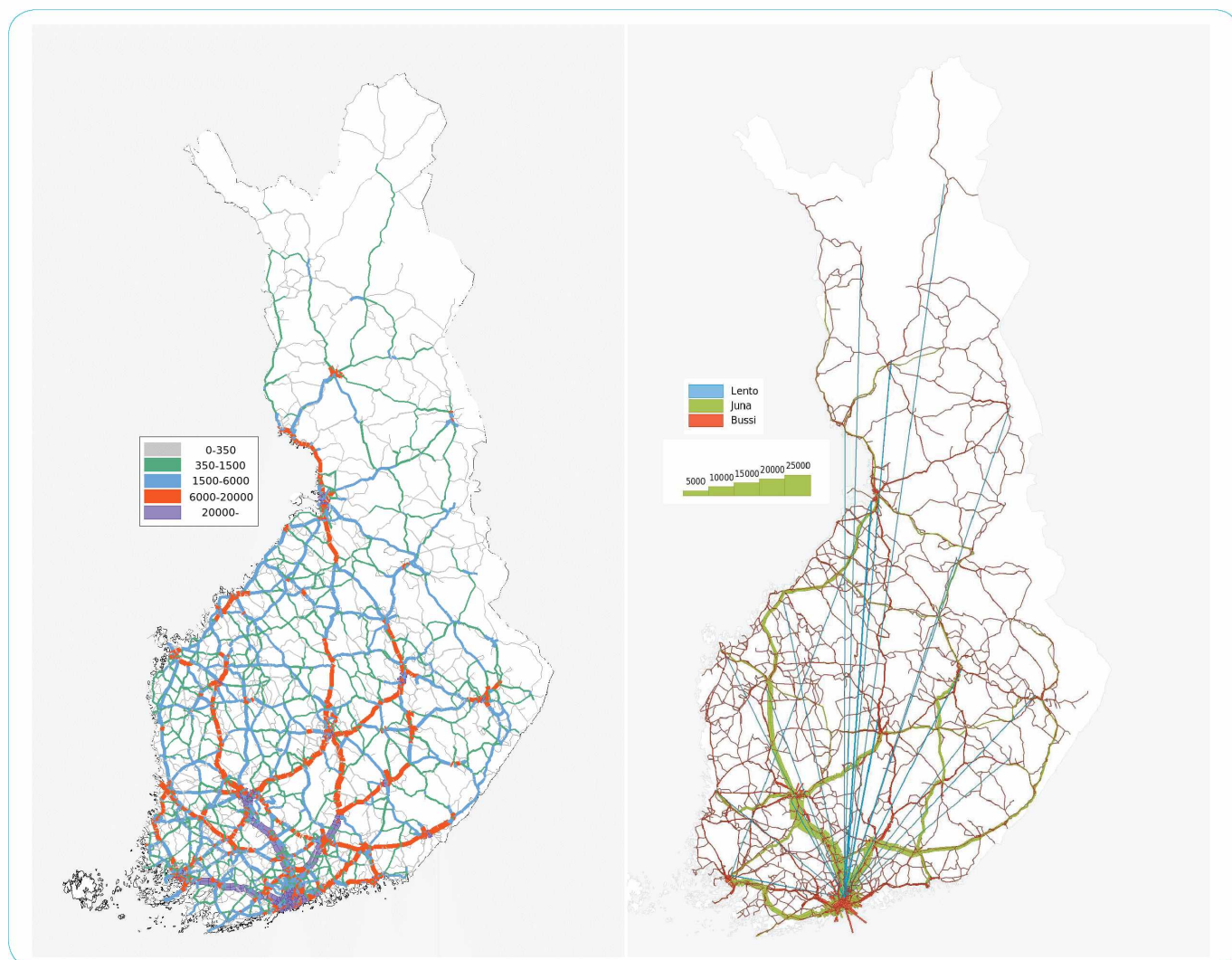


Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli



Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski, Jyrki Rinta-Piirto
Ville Koponen, Taina Haapamäki

Valtakunnallinen liikenne- ennustemalli

Liikennevirasto
Helsinki 2014

Kannen kuva: Nykytilanteen (2011) henkilöautoliikenne (ajon/vrk) ja joukkoliikenne (matkaa/vrk)

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISBN 978-952-255-437-6

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 029 534 3000

Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski, Jyrki Rinta-Piirto, Ville Koponen, Taina Haapamäki. Valtakunnallinen liikenne-ennustemalli. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki 2014. 41 sivua. ISBN 978-952-255-437-6.

Avainsanat: strategiset liikennemallit, liikenne-ennusteet

Tiivistelmä

Emme-sijoitteluohjelmistolla toteutetulla liikenne-ennustemallilla voidaan arvioida liikennejärjestelmän ja liikkumisen kustannusten muutosten vaikutuksia kulkutapavalintoihin, sijoitella kulkutapakohtaiset liikennekysyntäaineistot verkoille sekä tuottaa tietoja liikenteen suoritteiden ja muiden tunnuslukujen muutoksista.

Malliin on tuotettu kuntajaosta tihennetty noin 1000-alueinen aluejako. Ennustemalli kuvaa vuorokausitason (keskivuorokausiliikenne) henkilöliikenteen kysyntää. Vuorokausitason liikenteen sijoitteluissa ei ole otettu huomioon liikenteen mahdollista ruuhkautumista, sillä mallin tarkkuustaso ei riitä kaupunkiseutujen sisäisen liikenteen todellisen ruuhkautumisen kuvaamiseen. Mallin tavoitteena on kuvata ensisijaisesti pitkiä valtakunnallisia matkoja vuorokausitasolla ja ruuhkautuminen vaikuttaa vain vähän näiden matkojen kulkutapavalintoihin. Ennustemalliin on kuvattu vain henkilöliikenne. Tavaraliikenteen kysyntävaikutuksia ja logistisia ominaisuuksia ei ole tässä vaiheessa pyritty mallintamaan.

Kulkutavan valintamallit perustuvat nykyisiin liikkumistottumuksiin. Nykytilanteen liikkumistietona on käytetty valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimuksen (HLT) 2010–2011 aineistoa. Matkustajien liikkumisvalintoja koskeva on yhdistetty liikennejärjestelmäkuvauksesta tuotettuihin matka-aikoihin ja kustannustietoihin, jonka jälkeen niiden suhde kulkutavan valintaan on mallinnettu tilastollisin menetelmin matemaattisiksi kaavoiksi.

Kulkutavan valintamallit on rakennettu ottamaan huomioon muutokset liikennejärjestelmien palvelutasossa, ottaen tarvittaessa myös liikkujien preferenssit huomioon. Valintamallit ovat logit-malleja, jotka mallintavat kulkutavan valintaa neljän pääkulkutavan välillä: henkilöauto, juna, linja-auto ja lento. Mallit on laadittu erikseen eri matkaryhmille. Malliin kuvatut matkaryhmät ovat:

- työ+koulu-/ opiskelumatkat
- työasiamatkat
- ostos+vapaa-ajanmatkat
- matkailumatkat.

Ennustemalli ei tuota liikenne-ennusteita itsenäisesti vaan se hyödyntää erillisestä liikkumisvalintojen yksilömallista saatavia arvioita liikenteen kehityksestä tulevaisuuden poikkileikkaustilanteessa. Malli on siis periaatteeltaan muutosmalli joka ei muuta liikenteen kokonaiskysynnän määrää tai suuntautumista, mutta ennustaa kulkutapaosuuksien muutoksen liikenteen tarjonnassa ja kustannuksissa tapahtuvien muutosten seurauksena. Tämä on ennustemallin ensisijainen tavoite, koska mallin liikennejärjestelmän kuvausta on helppo muuttaa ja analysoida erityisesti tulevaisuuden tilanteissa. Yksilömalli perustuu puolestaan tiheään ruutujakoon, jonka avulla paikallinen kysyntä on mahdollista mallintaa huomattavasti tarkemmin, mutta liikennejärjestelmien yksityiskohtaisempaa kuvausta on vastaavasti huomattavasti hankalampi muuttaa esim. ennusteissa. Kahden mallin avulla yhdistetään näin tehokkaasti erilaisien menetelmien vahvuuksia.

Esipuhe

Valtakunnallisen liikenne-ennustemallin laatiminen on osa Liikenneviraston valtakunnallisten strategisten liikennemallien kokonaisuutta, joka on määritelty Liikenneviraston raportissa 37/2011 Liikenteen strategiset mallit Liikennevirastossa - Esiselvitys.

Liikenneviraston T&K-ohjelmassa työ kuuluu hankkeeseen ”Liikennejärjestelmätason seuranta ja menetelmät” ja sen osahankkeeseen ”Liikenteen ennustemallit ja analyysimenetelmät”.

Työssä laaditulla ennustemallilla voidaan tutkia erilaisten liikennejärjestelmään tehtävien muutosten vaikutuksia liikenteen kulkutapavalintoihin valtakunnallisella tasolla. Ennustemallia on laadittu valtakunnallisen liikkumisvalintojen yksilömallin rinnalla. Liikkumisvalintojen yksilömalli tuottaa ennustemallin lähtökohdaksi tarkasteltavan tilanteen perusennusteen, johon ennustemallilla arvioidaan liikennejärjestelmän muutoksista aiheutuvat kulkutapamuutokset.

Ennustemallin ja liikkumisvalintojen yksilömallin laatimista on ohjannut yhteinen ohjausryhmä. Ohjausryhmään ovat kuuluneet Liikennevirastosta Harri Lahelma (puheenjohtaja), Arja Aalto, Taneli Antikainen, Anton Goebel, Anu Kruth, Tytti Viinikainen ja Jukka Valjakka. Muut ohjausryhmän jäsenet olivat Pekka Rätty (Helsingin seudun liikenne), Tuomo Suvanto (liikenne- ja viestintäministeriö) ja Juha Kenraali (Trafi).

Mallin on laatinut Strafica Oy, jossa työstä ovat vastanneet Paavo Moilanen, Miikka Niinikoski ja Jyrki Rinta-Piirto.

Helsingissä maaliskuussa 2014

Liikennevirasto
Suunnitteluosasto

Sisältö

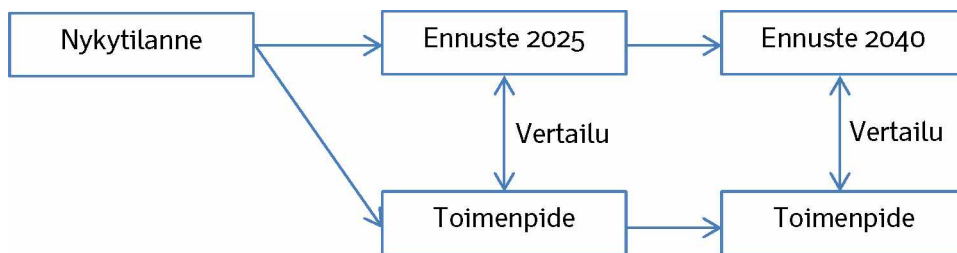
1	JOHDANTO	6
1.1	Liikenteen ennustaminen ja vaikutusten arviointi mallien avulla	6
1.2	Työn tausta ja lähtökohdat	7
1.3	Tavoitteet ja rajaukset	8
2	ENNUSTEMALLIN KUVAUS	9
2.1	Mallin toimintaperiaate	9
2.2	Aluejako	12
2.3	Liikennejärjestelmän kuvaus	14
	2.3.1 Verkkokuvauksen tarkentaminen	14
	2.3.2 Liikenteen sijoittelu	14
	2.3.3 Liikkumisen kustannukset	15
2.4	Kuljutavan valintamalli	18
3	MALLIN TESTAUS	20
3.1	Nykytilanteen ennuste	20
3.2	Vuosien 2025 ja 2040 ennustetestit	22
3.3	Liikennejärjestelmätetit	26
3.4	Mallin toimivuuden arviointia	34
4	MALLIN KÄYTTÖ	36
4.1	Yleistä	36
4.2	Perustilanteiden kysyntämatriisit	36
4.3	Mallin rajoitteita ja ominaisuuksia	37
4.4	Makrojen suorittaminen	38
5	MALLIN JATKOKEHITTÄMINEN	41

1 Johdanto

1.1 Liikenteen ennustaminen ja vaikutusten arviointi mallien avulla

Liikenne-ennustemalleilla kuvataan tulevaisuuden liikenteen kysynnän määrää ja liikennejärjestelmän muutosten vaikutuksia liikkumiseen ja liikennejärjestelmän toimivuuteen. Ennustemallit perustuvat tietoihin nykyisistä liikkumisvalinnoista, joita tutkitaan mm. henkilöliikennetutkimusten avulla. Näiden tietojen perusteella liikkujien käyttäytyminen eri valintatilanteissa (esim. kulkutavan ja reitin valinta) kuvataan tilastollisten ja matemaattisten menetelmien avulla.

Ennustemalleilla laaditaan tyypillisesti perusennusteet eri poikkileikkausvuosille, joi-
le kuvataan esim. oletukset väestömäärien muutoksista eri alueilla. Liikennejärjestelmän kehittämiseksi tehtävät toimenpiteet vaikuttavat alueiden välisiin matka-aikoihin ja kustannuksiin, jolloin myös liikkuminen ja liikenteen määrä eri kulkutavoilla muuttuvat. Kun toimenpiteiden vaikutukset lasketaan malleilla, niitä voidaan verrata keskenään ja arvioida asetettujen tavoitteiden toteutumista eri vaihtoehdoissa (kuva 1).



Kuva 1. Vaihtoehtojen vertailu ennustetilanteissa

Liikennemallien avulla voidaan arvioida liikenteen matka-aikoja ja kustannuksia sekä niiden muutosten vaikutuksia liikenteen määriin ja suoritteisiin eri kulkutavoilla. Näiden perusteella voidaan puolestaan arvioida esim. liikenteen sujuvuutta, onnettomuuksien, päästöjen määrää sekä muita päätöksenteon tueksi tarvittavia vaikutustietoja.

Malleja voidaan hyödyntää erityisesti yhteiskuntataloudellisten laskelmien lähtötietojen tuottamisessa. Strategiset, liikenteen kysyntää ennustavat mallit kuvaavat useita erilaisia liikenteen monimutkaisia vaikutusmekanismeja sisältäviä muutoksia realistisesti ja kattavasti. Malleja käyttämällä vältetään pelkkään päättelyyn sekä yksinkertaisiin esim. trendeihin perustuviin laskelmiin helposti jääviltä puutteilta ja ristiriitaisuuksilta. Toisaalta erilaisilla menetelmillä saadaan erilaisia tuloksia ja johtopäätöksiä. Siksi erilaisia toimenpiteitä tulisi verrata toisiinsa yhteisellä, tarpeisiin nähden riittävän kattavalla menetelmällä. Liikennehallinnossa ei ole ollut strategisia koko Suomen kattavia ennustemalleja yleisessä käytössä 2000-luvulla.

1.2 Työn tausta ja lähtökohdat

Liikennejärjestelmämallien laatiminen on käynnistetty osana Liikenneviraston valtakunnallisten strategisten liikennemallien kokonaisuutta, joka on määritelty Liikenneviraston raportissa 37/2011 *Liikenteen strategiset mallit Liikennevirastossa*. Esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa ja analysoida Liikenneviraston käytössä olevat ja kiinnostavimmat ulkomailla käytössä olevat liikennemallit, tunnistaa malleilla tuotettavien tietojen käyttötarpeet Liikenneviraston toiminnassa sekä suunnitella tarkoituksenmukainen ja kustannustehokas ratkaisu liikennemallien kehittämiseksi. Lopputuloksena oli suunnitelma malliprojektien rakenteesta ja arvio kehittämistyön aikataulusta, resurssitarpeesta ja sekä mallien käytön ja ylläpidon organisoinnista. Työn tuloksena esitettiin mallitarpeiden tyydyttämiseksi seuraavia osaprojekteja:

- H1: Henkilö/tavaraliikenteen nykytilanteen tarjonta- ja henkilöliikenteen kysyntätiedon kokoaminen
- H2: Paikkatietopohjaiset liikkumistunnuslukujen vyöhykemenetelmät
- H3: Henkilöliikennekysynnän ja liikennemuotojen pelkistetty ennustemalli
- T1: Tavaraliikenteen tarjonta: verkot ja palvelut
- T2: Tavaraliikenteen nykytilan kysyntätietojen kokoaminen
- Y1: Mallitulospankki ja nettikäyttöliittymä
- Y2: Kokonaisuuden hallinta ja kansainvälisten know-how:n kehittämisen seuranta

Osaprojektit H1, T1 ja T2 valmistuivat keväällä 2012 ja ne on raportoitu Liikenneviraston julkaisussa: *Valtakunnalliset liikenneverkko- ja kysyntätiedot liikenneennustetarkasteluihin (ISBN 978-952-255-284-6)*.

Tämä työ kattaa osatehtävän H3. Ennustemallin tarkoituksena on mahdollistaa

- tulevaisuuden liikenteen määrän ja liikkumisen ennustaminen
- erilaisten tulevaisuus-skenaarioiden liikenteellinen analyysi
- liikennejärjestelmän kehittämisen kysyntävaikutusten arviointi.

Ennustemalli hyödyntää edellisten osaprojektien tuloksia. Ennustemallien laatimisen rinnalla on kehitetty paikkatietopohjainen liikkumistunnuslukumalli (osaprojekti H2), jonka avulla tuotetaan ennustemallin lähtökohtana käytettävät perusennusteet (matkamäärät ja niiden suuntautuminen kulkutavoittain) eri poikkileikkausvuosille. Liikkumistunnuslukumalli on raportoitu Liikenneviraston julkaisussa: *Valtakunnallinen liikkumisvalintojen yksilömalli (ISBN 978-952-255-435-2)*.

Ennustemallia käytettiin jo mallin laatimisvaiheessa apuna liikenne- ja viestintäministeriön asettaman työryhmän työssä muodostettaessa kokonaiskuvaa siitä, kuinka Suomen kannattaisi edetä tiemaksujen käyttöönotossa pitkällä aikavälillä. Työryhmä tarkasteli tiemaksujen teknisiä, liikenteellisiä, taloudellisia ja lainsäädännöllisiä kysymyksiä.

1.3 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on ollut luoda pelkistetty menetelmä, jolla voidaan arvioida liikennejärjestelmän ja liikkumisen kustannusten muutosten vaikutuksia kulkutapavalintoihin, sijoitella kulkutapakohtaiset liikennekysyntäaineistot verkoille (liikennemääräennusteet) sekä tuottaa tietoja liikenteen suoritteiden ja muiden tunnuslukujen muutoksista. Muutokset kulkutapavalinnoissa kuvataan yksityiskohtaisemmalla liikkumistunnuslukumallilla tuotettuihin perusennusteiden kysyntäaineistoihin. Ennustemalli ei muuta liikenteen kokonaiskysynnän määrää tai suuntautumista.

Jatkossa on mahdollista laajentaa ennustemalli käsittämään myös liikenteen kysynnän ennustamisen, jolloin valtakunnalliset liikenne-ennusteet voitaisiin laatia yhdellä mallijärjestelmällä Helsingin seudulla käytössä olevan HSL:n mallijärjestelmän tapaan. Tällaisen mallijärjestelmän toteuttamiseen liittyy kuitenkin haasteita. Osa haasteista liittyy mallien kykyyn selittää asioita oikein (joustot ovat oikein) ja osa siihen, että mallien tulisi kuvata politiikkatoimenpiteiden aiheuttamat muutokset (esim. hintojen muutos), vaikka lähtöaineistossa olisi puutteita tai mallirakenteessa on järkevää yksinkertaistaa asioita.

Mallin laatimisessa on hyödynnetty valmiiksi olemassa olevaa tietoa, erityisesti valtakunnallista henkilöliikennetutkimusta (HLT) 2010-2011. Tämä tarkoittaa erityisesti lentoliikenteen käsittelyä erittäin karkealla tasolla, sillä havaittuja matkoja on hyvin vähän. Mallijärjestelmän jatkokehittäminen voi edellyttää jatkossa HLT-aineistoa tarkentavia yksityiskohtaisempia tutkimuksia.

Nyt tuotettu ennustemalli kuvaa vuorokausitason (keskivuorokausiliikenne) henkilöliikenteen kysyntää. Valtakunnallisissa tarkasteluissa vuorokausitason tarkkuus on usein riittävä. Huipputuntien liikenteen käyttö valtakunnallisissa tarkasteluissa tuottaisi ongelmia varsinkin liikenteen sijoitteluun ja sijoittelutulosten tulkintaan. Ennustemallissa jokainen matka kuormittaa koko reittiään samanaikaisesti. Näin ollen esim. aamuhuipputuntien sijoittelussa sama matka Helsingistä Ouluun olisi samanaikaisesti aamuruuhkassa sekä matkan lähtöpäässä Helsingissä että loppupäässä Oulussa.

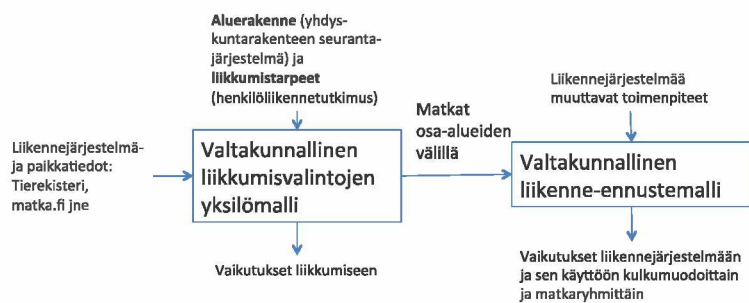
Vuorokausitason liikenteen sijoitteluissa ei ole pyritty ottamaan huomioon liikenteen mahdollista ruuhkautumista. Vaikka malliin on tuotettu kuntajaosta tihennetty aluejako ja kaupunkiseutujen liikenneverkon kuvausta on tarkennettu, on mallin tarkkuustaso vielä riittämätön kaupunkiseutujen liikenteen todellisen ruuhkautumisen kuvaamiseen. Lisäksi mallin tavoitteena on kuvata ensisijaisesti pitkiä valtakunnallisia matkoja vuorokausitasolla ja ruuhkautuminen vaikuttaa vain vähän näiden matkojen kulkutapavalintoihin.

Ennustemalliin on kuvattu vain henkilöliikenne. Tavaraliikenteen kysyntävaikutuksia ja logistisia ominaisuuksia ei ole tässä vaiheessa pyritty mallintamaan. Ennusteskenaarioihin on kuitenkin mahdollista jatkossa tuottaa myös tavaraliikenteen kysyntämatriisit esim. nykytilanteen käytettävissä olevien kysyntäaineistojen pohjalta. Varsinkin tieliikenteen vaikutusten arvioinneissa tavaraliikenteen kysynnän ottaminen huomioon liikenteen sijoitteluissa ja verkoilta laskettavissa tunnusluvuissa olisi jatkossa tarpeellista.

2 Ennustemallin kuvaus

2.1 Mallin toimintaperiaate

Ennustemalli hyödyntää muiden valtakunnallisten liikennemallien kehittämisen osaprojektien (ks. luku 1) tuloksiin. Ennustemallin lähtötiedot, osamallit ja niiden yhteydet liikkumisvalintojen yksilömalliin näkyvät seuraavassa kuvassa.



Kuva 2. Valtakunnallisen liikkumisvalintojen yksilömallin ja ennustemallin väliset kytkennät

Liikennejärjestelmän kuvaus perustuu osaprojektin H1 aineistoihin ja menetelmiin (verkkokuvauksen muodostamistyökalu). Ennustemalli ottaa lähtötietoina liikkumisvalintojen yksilömallin (osaprojekti H2) matkat matkaryhmittäin sekä nyky- että ennustetilanteissa alue- ja yhdyskuntarakennetta rakennetta kuvaavan paikkatiedon perusteella. Aluejako perustuu kuntajakoon, jota on tihennetty erillisellä tämän työn yhteydessä kehitetyllä menetelmällä n. 1000 alueeseen (luku 2.2).

Ennustemallilla tuotetaan kulkutapavalintojen muutokset liikenteen tarjonnassa ja kustannuksissa tapahtuvien muutosten seurauksena. Tämä on mallin ensisijainen tavoite, koska mallin liikennejärjestelmän kuvausta on helppo muuttaa ja analysoida erityisesti ennustetilanteissa. Muutokset heijastetaan liikkumisvalintojen yksilömallista saatuihin perustilanteiden (nykytilanne sekä perusennusteet 2025 ja 2040) matkaryhmä- ja kulkutapakohtaisiin kysyntävirtoihin. Liikkumisvalintojen yksilömalli perustuu tiheään ruutujakoon, jonka avulla paikallinen kysyntä on mahdollista mallintaa huomattavasti tarkemmin, mutta liikennejärjestelmien yksityiskohtaisempaa kuvausta on vastaavasti huomattavasti hankalampi muuttaa esim. ennusteissa.

Koska ennustemalli käyttää suoraan liikkumisvalintojen yksilömallista saatavia liikennetuotoksia ja suuntautumistietoja, vältetään myös perinteisten mallien vaikeat autonomistus-, tuotos- ja suuntautumismallit. Näin laajempaan käyttöön tarkoitettua ennustemallista on saatu ymmärrettävämpi ja helppokäyttöisempi ollen silti riittävä kuvaus useita käytännön selvitystarpeita ajatellen. Ennustemallin käytössä voidaan keskittyä liikennejärjestelmien kehittämisen vaikutusten kuvaamiseen (esim. Emme-ohjelmalla tehtävistä liikenteen sijoitteluista verkolta laskettavat tunnusluvut).

Malli ottaa lähtötietona ja käsittelee eri kulkutavoilla tehtäviä matkoja, jotka kuvataan lähtö- ja määräpäiden osa-alueiden avulla matkamatriiseiksi. Matriisi on taulukko, jossa kullekin riville tallennetaan yhdeltä osa-alueelta suuntautuvat matkat toisiin osa-alueisiin kukin omaan sarakkeeseensa. Ennustemalli etenee kuvan 3 osoittamalla

tavalla ja tuottaa muuttuneen liikennejärjestelmän mukaiset matkaryhmä- ja kulkutapakohtaiset kysyntämatriisit seuraavasti.

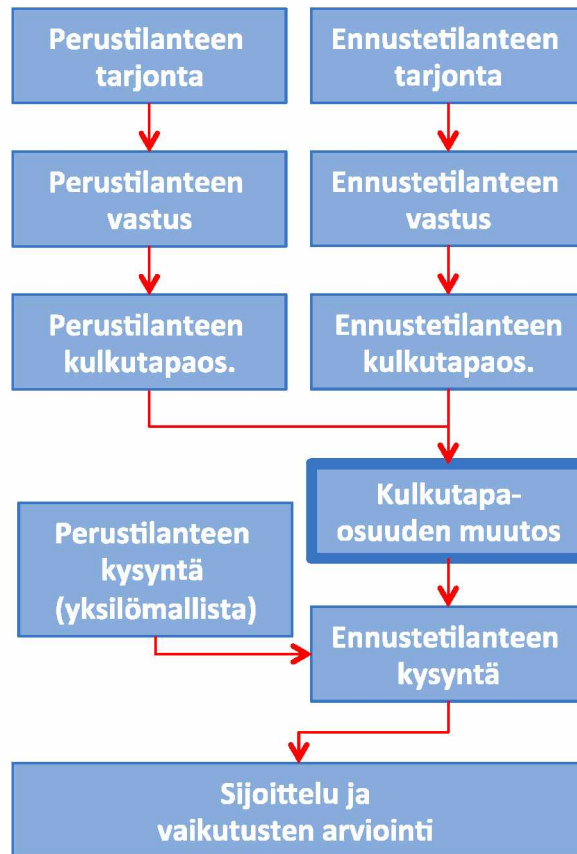
Perustilanteen mallintaminen (pohjaksi muutosten mallintamista varten)

- Liikkumisvalintojen yksilömallin tuottamat kysyntämatriisit yhdistetään perustilanteen kulkutapakohtaisiksi kysyntämatriiseiksi liikenteen sijoittelua varten
- Liikkumisvalintojen yksilömallin tuottamista henkilöautoliikenteen matkamatriiseista tuotetaan matkaryhmäkohtaisilla keskikuormitusmalleilla ajoneuvomatriisit (mallissa muuttujana matkan pituus) autoliikenteen sijoittelua varten
- Liikkumisvalintojen yksilömallin tuottamat kysyntämatriisit yhdistetään perustilanteen matkaryhmäkohtaisiksi kysyntämatriiseiksi
- Ennustemallilla tuotetaan kunkin matkaryhmän kulkutapaosuudet kunkin alueparin välillä ennusteen perustilanteen mukaisella liikennejärjestelmäkuvauksella
- Matkaryhmäkohtaiset matriisit jaetaan perustilanteen mallinnetuiksi kulkutapakohtaisiksi matriiseiksi

Liikennejärjestelmäskenaarioiden vaikutusten mallintaminen

- Ennustemallilla tuotetaan kunkin matkaryhmän kulkutapaosuudet kunkin alueparin välillä tarkasteltavan skenaarion toimenpiteet sisältävällä liikennejärjestelmäkuvauksella
- Matkaryhmäkohtaiset matriisit jaetaan skenaarion mallinnetuiksi kulkutapakohtaisiksi matriiseiksi
- Kulkutapavalintojen muutokset lasketaan perustilanteen ja skenaarion mallinnettujen matkaryhmä- ja kulkutapakohtaisten kysyntämatriisien erotuksena
- Kulkutapavallintojen muutokset viedään liikkumisvalintojen yksilömallista tuotettuihin perustilanteen matkaryhmä- ja kulkutapakohtaisiin kysyntämatriiseihin, minkä tuloksena saadaan skenaarion matkaryhmä- ja kulkutapakohtaiset ennustematriisit
- Ennustematriisit yhdistetään skenaarion kulkutapakohtaisiksi kysyntämatriiseiksi liikenteen sijoittelua varten
- Skenaarion henkilöautoliikenteen matkamatriiseista tuotetaan matkaryhmäkohtaisilla keskikuormitusmalleilla ajoneuvomatriisit autoliikenteen sijoittelua varten

Malli on siis periaatteeltaan muutosmalli joka muuttaa vain kulkutapaosuuksia. Ennustemalli ei muuta mallin osa-alueiden liikennetuotoksia eikä liikenteen suuntautumista. Ennusteskenaario, joka on mallinnettu perustilanteen liikennejärjestelmäkuvauksella tuottaa tuloksena liikkumisvalintojen yksilömallista saatuja kysyntämatriiseja vastaavan kysynnän.



Kuva 3. Liikennejärjestelmäskenaarioiden vaikutusten mallintamisen ja vertailun periaate

2.2 Aluejako

Ennustemallia varten tuotettiin aluejako, joka palvelee liikenteen mallintamista paremmin kuin esim. kuntajako. Lähtökohdaksi aluejaon muodostamisessa otettiin Manner-Suomen jakaminen noin 1000 osa-alueeseen nykyisiä kuntarajoja noudattaen.

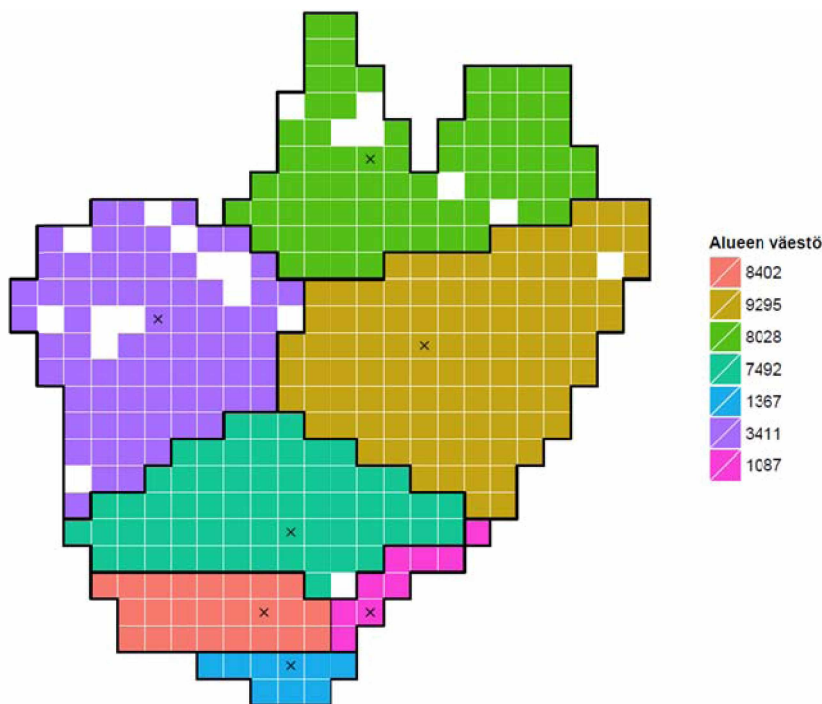
Aluejaon tuottamiseksi muodostettiin menetelmä, joka ryhmitteli maankäytön 1 x 1 km ruutuaineiston liikkumisvalintojen yksilömallin kuvaaman saavutettavuuden pohjalta siten, että osa-alueet ovat sisäisesti mahdollisimman yhtenäisiä aluerakenteen, liikenteen suuntautumisen ja muun liikkumisen ominaisuuksien osalta.

Aluejaon muodostamisessa noudatettiin seuraavia periaatteita

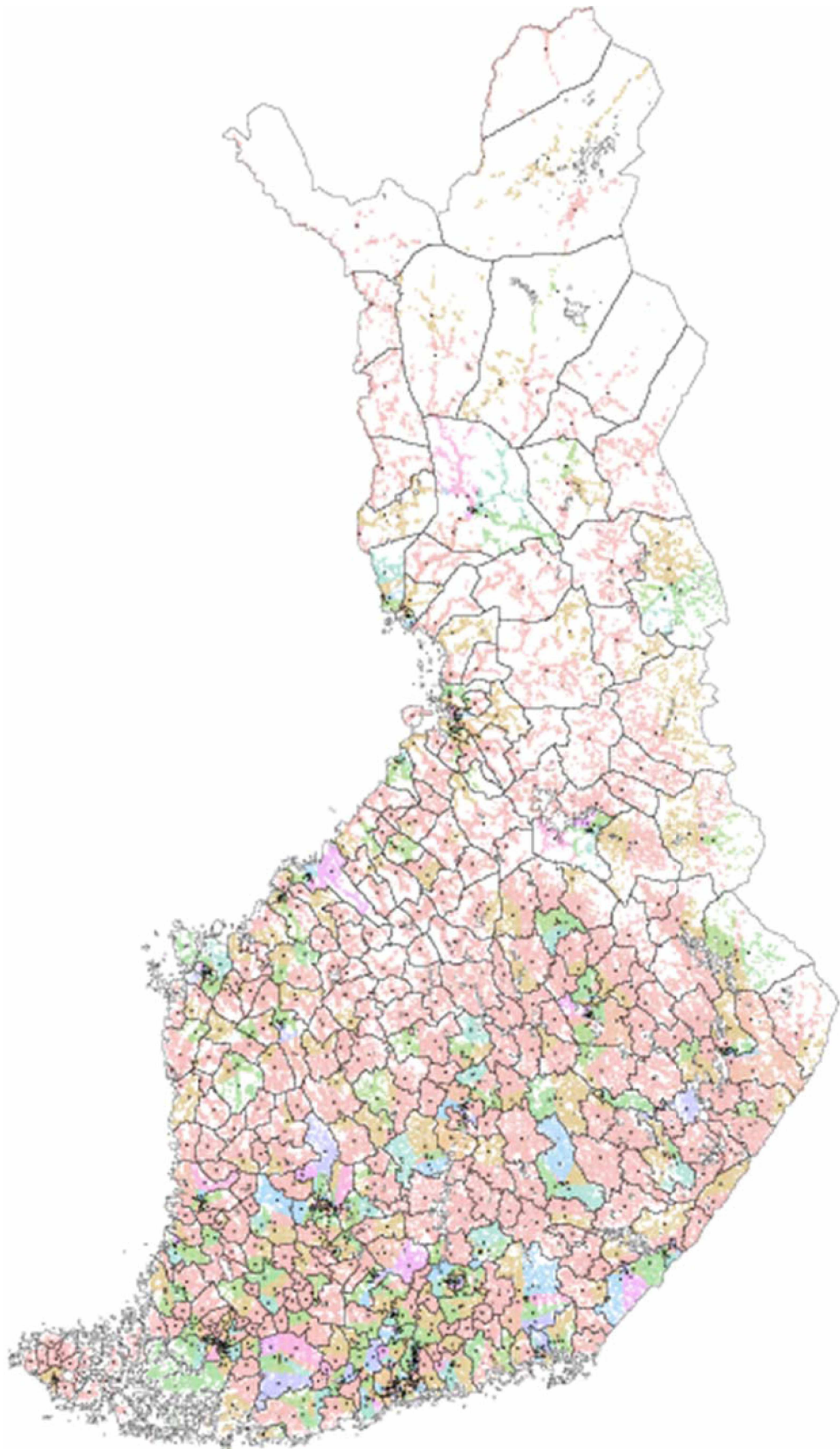
- osa-alueet eivät ylitä kuntien rajoja
- jokaisessa kunnassa vähintään 1 alue (alle 4 000 asukkaan kunnat yhtenä alueena)
- kunnan asukasmäärän kasvaessa osa-alueiden koko kasvaa
 - pienimmissä jaetuissa kunnissa 2 aluetta, noin 2 000 asukasta/alue
 - Helsingissä 26 aluetta, keskimäärin noin 22 500 asukasta/alue

Aluejaon muodostamisen jälkeen määritettiin kullekin osa-alueelle väestön painopiste, jonka koordinaatteihin muodostettiin ennustemallissa osa-alueita kuvaava sentroidi. Osa-alueiden sentroidit yhdistettiin lähimpiin tieverkon solmuihin.

Lopputuloksena tuotetussa aluejaossa on yhteensä 950 sisäistä aluetta. Näiden lisäksi liikenneverkkoon on kuvattu ulkoisina alueina maan rajat ylittävät tärkeimmät maaliikenneyhteydet (28 kpl). Ennustemalli ei kuitenkaan käytä näitä ulkoisia alueita.



Kuva 4. Esimerkki aluejakomenetelmällä muodostetusta aluejaosta, Nurmijärvi. Eri klustereihin kuuluvat asutut ruudut on esitetty eri väreillä, klusterin väestön painopiste (emmemallin sentroidi) on esitetty x:llä.



Kuva 5. Mallin aluejako (lopullisessa mallissa Ahvenanmaa ei mukana) Kunkin kunnan sisällä eri klustereihin kuuluvat asutut ruudut on esitetty eri väreillä, klusterin väestön painopiste (emmemallin sentroidi) on esitetty pisteinä.

2.3 Liikennejärjestelmän kuvaus

2.3.1 Verkkokuvauksen tarkentaminen

Liikennejärjestelmän kuvaus perustuu vuonna 2012 laadittuihin valtakunnallisiin liikenneverkkokuvauksiin. Verkkokuvausten muodostamisen lähtökohdat ja periaatteet on kuvattu raportissa *Valtakunnalliset liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot liikenne-ennustetarkasteluihin*, *Liikennevirasto 2013*. Työssä muodostettiin menetelmä, jolla eri liikennemuotojen verkkojen ja liikennetarjonnan kuvaukset yhdistettiin ja karkeistettiin vastaamaan valtakunnallisten liikennemallien tarpeita kuntatasolla.

Liikenne-ennustemallia varten muodostettua tarkennettua aluejakoa varten tuotettiin tarkennettu autoliikenteen verkon kuvaus ja bussiliikenteen tarjonta. Tarkennettu liikennejärjestelmän kuvaus tuotettiin *Valtakunnalliset liikenneverkkokuvaukset ja kysyntätiedot liikenne-ennustetarkasteluihin* -työssä kerättyjen lähtöaineistojen ja muodostettujen menetelmien pohjalta.

Tarkennettujen alueiden kytkentöjen lisäksi verkkokuvausta täydennettiin suurimpien kaupunkien osalta karkealla katuverkon kuvauksella. Bussiliikenteen tarjonta vastaa kuntatasolle tuotetun verkkokuvausten tarjontaa, mutta linjasto sovitettiin uudelleen tarkennettuun autoliikenteen verkkoon. Juna- ja lentoliikenteen kuvaukset vastaavat kaikilta osin kuntatasolle tuotettuja valtakunnallisia kuvauksia. Vesiliikenteen verkko poistettiin tästä mallista, koska sille ei ole kuvattu henkilöliikennettä.

2.3.2 Liikenteen sijoittelu

Liikenteen sijoittelu verkolle tehdään pääkulkutavoittain. Malliin kuvattuja henkilöliikenteen pääkulkutapoja ovat autoliikenne, bussiliikenne, junaliikenne ja lentoliikenne.

Autoliikenne (mallissa kulkutapa c) sijoitellaan nopeimmille reiteille (matkan pituudella tai kustannuksella ei painoa). Sijoittelu ei huomioi ruuhkautumista, mikä on otettava huomioon tarkasteltaessa autoliikenteen kapasiteettia lisäävien toimenpiteiden vaikutuksia.

Joukkoliikenne sijoitellaan erikseen bussi-, juna- ja lentoliikenteen osalta. Kaikkien joukkoliikennekulkutapojen sijoittelussa on käytetty samoja sijoitteluparametreja, jotka on esitetty alla.


```

Select: Source for effective headways
1= actual line headways
2= actual line headways with maximum
3= user defined line attribute
4= user defined segment attribute
1

Select: Source for boarding times
1= same value for entire network
2= node specific boarding times
3= line specific boarding times
4= node and line specific boarding times
1

Enter: Boarding time (mins)=1

Select: Source for wait time factors
1= same value for entire network
2= node specific wait time factors|
1

Enter: Wait time factor=0.16

Enter: Wait time weight [, spread factor]=3

Enter: Auxiliary transit time weight=2

Enter: Boarding time weight=4

Perform additional options assignment?n

```

Kuva 6. Mallin sijoittelussa käytettävät parametrit

Bussiliikenteen sijoittelussa mahdollisia kulkutapoja ovat vakiovuorobussit (b), pika-
vuorobussit (e) sekä liityntäkulkutapa (a). Liityntäkulkutapa kuvaa tässä mallissa eri
kulkutavoilla tapahtuvaa liityntää ja joukkoliikennetarjonnasta pois jätettyä paikallis-
liikennettä. Liityntäkulkutavan nopeus on 20 km/h.

Junaliikenteen sijoittelussa mahdollisia kulkutapoja ovat kaikki junatyypit:

- h hsl-junaliikenne
- i intercity
- s pendolino
- t taajamajuna
- v kansainvälinen junaliikenne

Lisäksi junaliikenteen liityntään voidaan käyttää bussikulkutapoja (b ja e) sekä liityn-
täkulkutapaa (a). Jotta kaikki junamatkat saadaan käyttämään junaa, on liityntään
käytettävien kulkutapojen nopeus hidastettu kymmenesosaan todellisesta.

Lentoliikenteen sijoittelussa pääkulkutapana on lento (l). Liityntään käytetään busse-
ja (b ja e) ja liityntäkulkutapaa (a) kuten junaliikenteessäkin. Liityntään käytettävien
kulkutapojen nopeudet on hidastettu kuten junaliikenteenkin sijoittelussa.

2.3.3 Liikkumisen kustannukset

Kulkutavanvalintamallia varten tuotetaan kunkin alueparin välisten matka-aikojen
lisäksi tieto käyttäjille aiheutuvista markkinahintaisista verollisista kustannuksista.

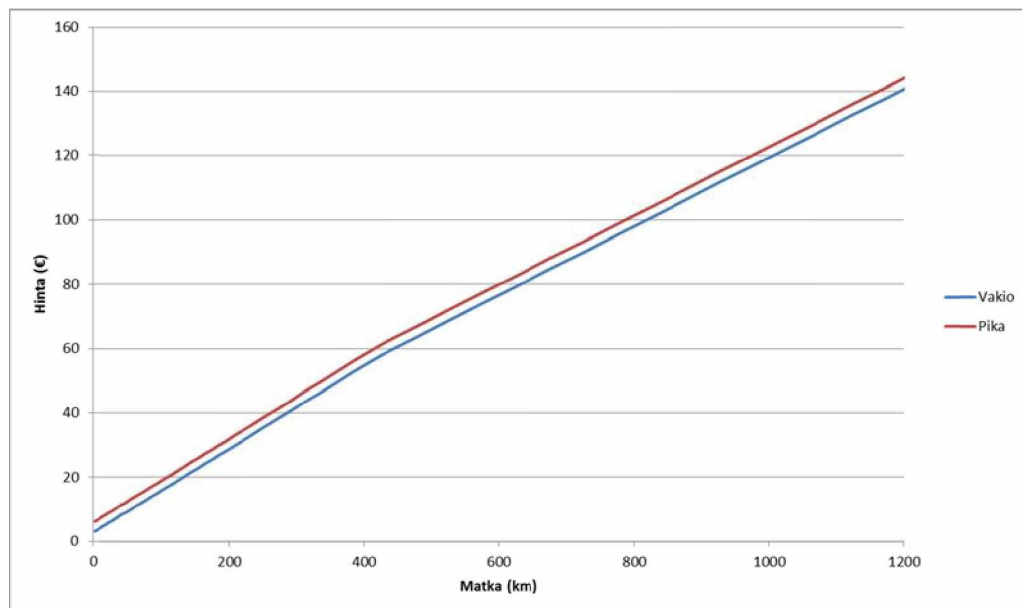
Autoliikenteen osalta kustannuksena on käytetty keskimääräistä verollista poltto-
ainekustannusta kilometriä kohden (nykytilanteessa 9,6 snt/km). Autoliikenteen hin-
ta kuvataan verkolle linkkikohtaisena kustannuksena (kilometrihinta*linkin pituus)
linkin ekstra-attribuuttiin @hakul. Autoliikenteen hinnan muutokset voidaan ottaa
mallissa yksinkertaisesti huomioon kuvaamalla tarkasteluskenaarioon muuttuneet
hinnat verkolle. Linkkikohtaisten kustannusten perusteella voidaan myös kuvata esim.
silta tai tunnelikohtaisia tulleja.

Joukkoliikenteen osalta on käytetty kaukojunaliikenteen ennustemallia varten vuoden 2011 lipunhintojen perusteella päivitettyjä kustannuksia eri kulkutavoille. Juna- ja linja-automatkojen hinnat määräytyvät matkan pituuden perusteella, lentomatkoille lennon keston perusteella.

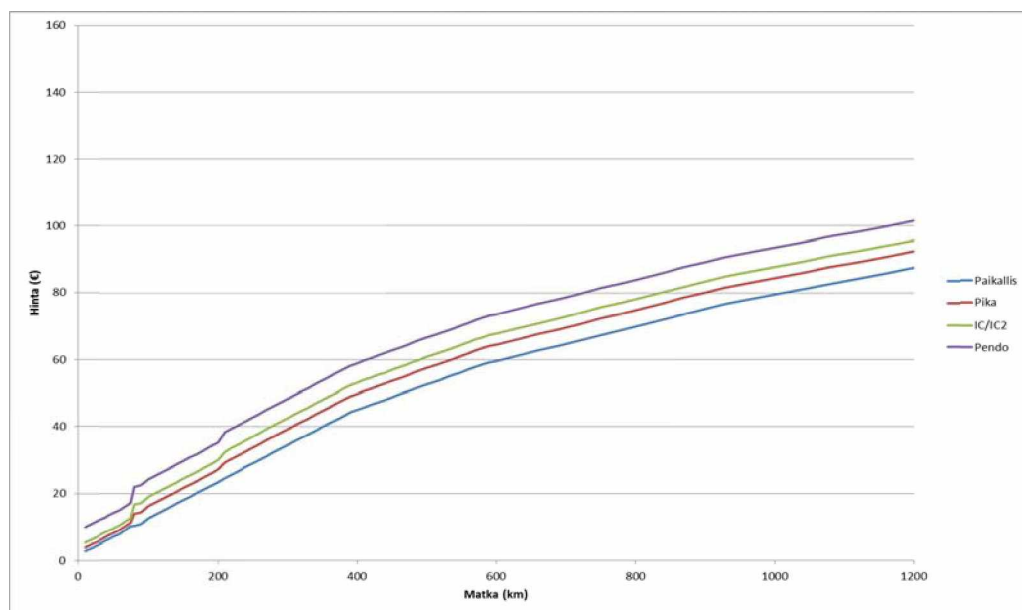
Bussi- ja junaliikenteen osalta on erityyppisten bussien ja junien hintoja painotettu kunkin alueparin välillä niille hakeutuvan kysynnän suhteessa. Mikäli juna- tai bussitarjontaa muutetaan, on hyvä huomioida, että näin laskettuna nopeiden mutta kalliimpien vuorojen tarjonnan lisääminen alueparin välillä kasvattaa matkan keskimääräistä hintaa ja vähentää kulkutavan houkuttelevuutta. Tarjonnan muutosten vaikutukset kustannuksiin on tästä syystä tarpeen aina arvioida erikseen ennen kulkutavan valinnan mallintamista.

Lentoyhteyksien osalta malli ottaa huomioon, liikennöikö kyseisellä yhteysvälillä useita eri lentoyhtiöitä. Kilpailu laskee lentomatkan hintaa merkittävästi, joten varsinkin juna- ja lentoliikenteen kilpailutilannetta tarkasteltaessa tulee lentoliikenteen kilpailutilanne tarkistaa. Kilpailutilanne on kuvattu lentoreiteille segmenttidataan us2 (kilpailluilla reiteillä 1 ja muilla 2).

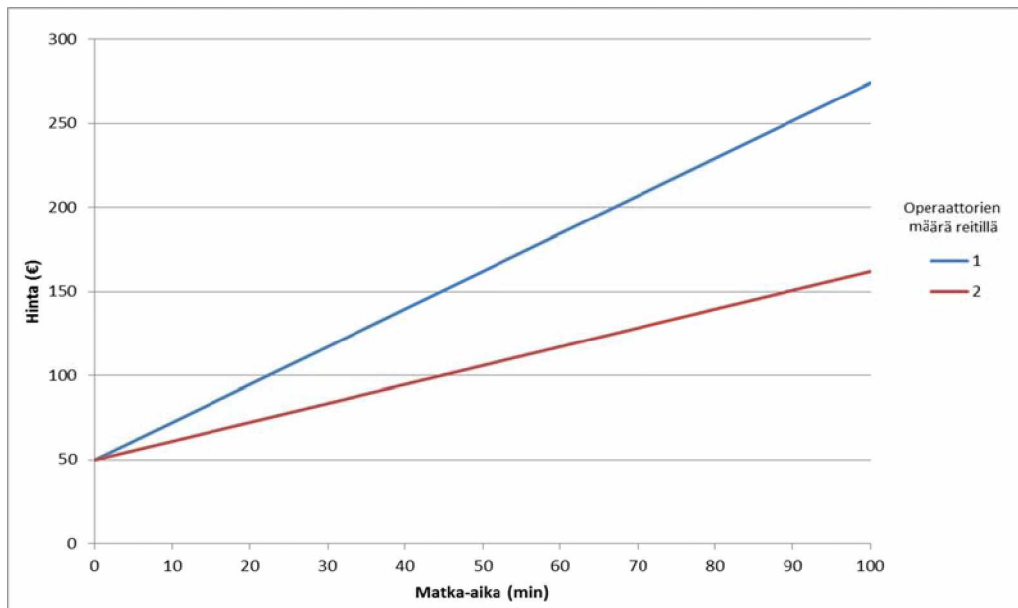
Seuraavissa kuvissa on esitetty junan, linja-auton ja lentoliikenteen matkakustannusten muodostumiskäytännöt.



Kuva 7. Linja-autotkan kustannusten muodostuminen



Kuva 8. Junamatkan kustannusten muodostuminen



Kuva 9. Lentomatkan kustannuksen muodostuminen

2.4 Kuljutavan valintamalli

Kuljutavan valintamallit perustuvat nykyisiin liikkumistottumuksiin. Nykytilanteen liikkumistietona on käytetty valtakunnalliseen henkilöliikennetutkimuksen (HLT) 2010–2011 aineistoa. Matkustajien liikkumisvalintoja koskeva tieto on yhdistetty liikennejärjestelmäkuvauksesta tuotettuihin matka-aikoihin ja kustannustietoihin, jonka jälkeen niiden suhde kuljutavan valintaan on mallinnettu tilastollisin menetelmin matemaattisiksi kaavoiksi.

Kuljutavan valintamallit on rakennettu ottamaan huomioon muutokset liikennejärjestelmien palvelutasossa, ottaen tarvittaessa myös liikkujien preferenssit huomioon. Valintamallit ovat logit-malleja.

Ennustemallit on laadittu erikseen eri matkaryhmille. Mallin käyttämät matkaryhmät ovat:

- työ+koulu-/ opiskelumatkat
- työasiamatkat
- ostos+vapaa-ajanmatkat
- matkailumatkat

Ennustemalli mallintaa kuljutavan valintaa neljän pääkuljutavan välillä. Mallinnetut kuljutavat ovat henkilöauto, juna, linja-auto ja lento. Henkilöauto on valittavissa kuljutavaksi kaikkien alueiden välillä. Muut kuljutavat ovat valittavissa vain niiden alueparien välillä, joilla ne ovat ”mielekkäitä” (esim. aluepareilla, joiden välillä joukko liikenteen pääkuljutapojen sijaan kysyntä käyttää vain liityntäkuljutapaa joukkoliikenne ei ole mahdollinen).

Kevyttä liikennettä ei ennustemallissa ole otettu huomioon, koska mallin aluejako ja liikennejärjestelmän kuvaus eivät mahdollista kevyen liikenteen käyttöön vaikuttavien tekijöiden kuvausta riittävässä tarkkuudessa. Kevyen liikenteen matkat on kuitenkin mallinnettu liikkumisvalintojen yksilömallilla, josta perustilanteiden liikennekysyntä on tuotu ennustemalliin. Näin ollen kevyen liikenteen erilaiset osuudet eri alueiden liikennetuotoksissa on otettu perusennusteissa huomioon.

Kuluttavan valintamallin hyötyfunktioissa on käytetty seuraavia muuttujia

- Matka-aika ajoneuvossa, minuuttia
- Liityntäaika muussa kuluttavassa (juna- ja lento-pääkulutavoilla)
- "Odotusaika" 16 % vuorovälistä, kuvaa palvelutasoa (joukkoliikennekulutavat)
- Ajo- tai matkalippukustannukset käyttäjälle, euroa
- Kuluttapakohtaiset vakiot
- Lennolle samat kertoimet kuin junalle, kuluttapavakio sovitettu matkamääriin.

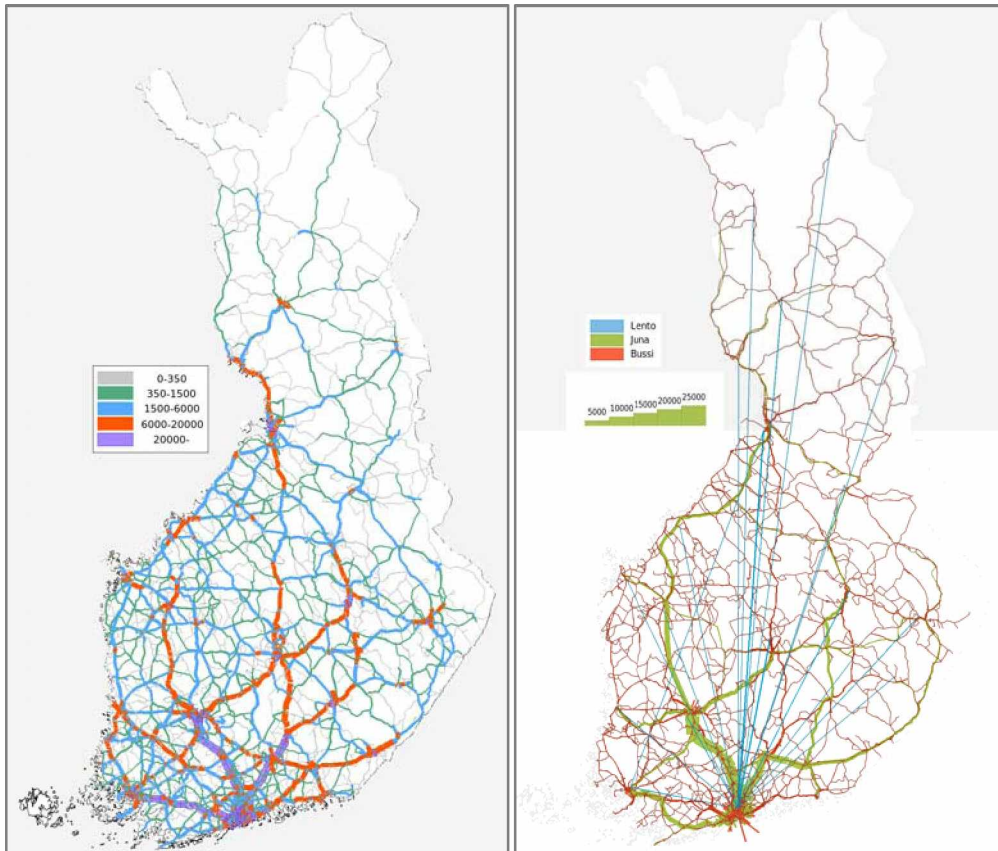
Kuluttavan valintamallin kertoimet on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Kuluttavan valintamallin kertoimet

kerroin (t-arvo)	TYO_KOULU	TYOASIA	OSTOS_VAPAA	MATKAILU	
havaintomäärä henkilöauto	94 585	32 086	691 974	80 213	
havaintomäärä juna	116 181	11 210	90 456	3 527	
havaintomäärä linja-auto	168 504	12 062	199 703	3 060	
havaintomäärä lento	102	2 202	1 039	603	
roo2C	0.103	0.254	0.095	0.075	
henkilöauto	matka-aika, minuuttia	-0.01554	-0.02254	-0.00470	-0.00855
	ajokustannukset, euroa	-0.09532	-0.06328	-0.04530	-0.08246
	ha:n kulkumuotokohtainen vakio	(-51.045)	(-39.281)	(-45.488)	(-37.802)
juna (ju)	ha:n kulkumuotokohtainen vakio	-1.75460	-0.83993	0.31958	2.90126
		(-)	(-)	(-)	(-)
	matka-aika ajoneuvossa (juna)	-0.01400	-0.01646	-0.00224	-0.00616
	matkalippukustannukset	-0.08587	-0.04620	-0.02162	-0.05940
		(-60.573)	(-34.68)	(-28.458)	(-30.321)
linja-auto (la)	liityntäaika muussa kuluttavassa	-0.01400	-0.03409	-0.01739	-0.02923
			(-21.274)	(-34.685)	(-31.213)
	"odotusaika", 16 % vrk-vuorovälistä	-0.03852	-0.05496	-0.04081	-0.00127
		(-87.015)	(-45.388)	(-103.246)	(-2.522)
lento	junan kulkumuotokohtainen vakio	0.09151	-0.17976	-0.29169	0.91296
		(-)	(-)	(-)	(-)
	matka-aika ajoneuvossa (linja-auto)	-0.01809	-0.02385	-0.00219	-0.00494
lento	matkalippukustannukset	-0.11096	-0.06695	-0.02108	-0.04763
		(-86.693)	(-56.966)	(-30.366)	(-29.218)
	"odotusaika", 16 % vrk-vuorovälistä	-0.03064	-0.03279	-0.08430	-0.01364
	(-40.113)	(-19.071)	(-151.473)	(-10.257)	
lento	lennon kulkumuotokohtainen vakio, muut kertoimet juna-kuluttavalta	2.34365	2.62125	0.96921	3.47118
		(-)	(-)	(-)	(-)
	matka-ajan arvo €/h, ennalta asetettu	9.78	21.37	6.22	6.22
	liityntäajan arvo (juna) €/h	9.78	44.27	48.27	29.53
	"odotusajan" arvo (juna) €/h	26.91	71.37	113.25	1.28
"odotusajan" arvo (linja-auto) €/h	16.57	29.38	239.94	17.18	

3 Mallin testaus

3.1 Nykytilanteen ennuste



Kuva 10. Nykytilanteen (2011) henkilöautoliikenne (ajon/vrk) ja joukkoliikenne (matkaa/vrk)

Mallin nykytilanteen liikennetuotoksia ja suoritteita on verrattu käytettävissä oleviin tilastotietoihin. Taulukossa 2 on esitetty Tilastokeskuksen liikennetilaston, HLT-aineiston, Yksilömallin ja ennustemallin mukaiset matkatuotokset. Yksilömalli toistaa lähes täysin HLT:n mukaisen matkamäärän ja Ennustemallin nykytilamatriisit vastaavat yksilömallin kysyntää. HLT:n ja Liikennetilaston välillä on kuitenkin merkittävää eroa. Lentoliikenteen osalta eroa selittää ainakin ulkomaisten matkustajien puuttuminen HLT:n luvuista. Junaliikenteessä ulkomaisen matkustajien lisäksi eroa voi selittää mm. metroliikenne.

Taulukko 2. Matkat (milj. matkaa/v)

	Liikennetilasto (2010)	HLT	Yksilömalli	Ennustemalli
Auto		3 366	3 366	3 366
Bussi	336	259	259	259
Juna	69	119	119	119
Lento	4.5	2.0	1.8	1.8
Yht		3 746	3 746	3 746

Tilastoluvuissa ei mukana metro- ja raitiovaunuliikenne (112 milj. matkaa/v)

Liikennesuoritteiden osalta tarkasteltuna yksilömalli toistaa edelleen melko tarkasti HLT-tutkimuksen mukaisen suoritteiden. Ennustemallissa autoliikenteen suoritetta syntyy enemmän, mutta muiden kulkutapojen suoritetta vähemmän kuin HLT-tutkimuksessa. Autoliikenteen HLT:n tietoa suuremman suoritteiden syynä voi olla mallin harvako aluejako ja liikenneverkon kuvaus, joiden seurauksena verkolle sijoitellun liikenteen matkat ovat pidempiä kuin todellisuudessa. Mallissa suorite jää kuitenkin pienemmäksi kuin Liikennetilaston mukainen henkilöautoliikenteen suorite.

Bussi- ja junaliikenteessä ennustemallin tuottamaa HLT:tä pienempää suoritetta selittää varsinkin kaupunkiseudulla alueiden sisäisen liikenteen huomattava osuus, joka ei näy verkolle sijoitellussa liikenteessä. Liikennetilasto poikkeaa bussi- ja junaliikenteen osalta huomattavasti HLT-tutkimuksen mukaisesta liikennesuoritteesta.

Taulukko 3. Henkilösuorite (milj. km/v)

	Tilasto (2010)	HLT	Yksilömalli	Ennustemalli	Ennustemalli vrt. HLT (%)
Auto	64 745	56 219	50 858	59 472	6 %
Bussi	7 540	4 352	4 759	3 957	-9 %
Juna	3 959	5 157	5 398	5 043	-2 %
Lento	1 078	1 103	1 064	912	-17 %
Liityntä				1 171	
Yht	77 322	66 830	62 080	70 555	6 %
Keskik.		1.42	1.39		

Tilastoluvuissa ei mukana metro- ja raitiovaunuliikenne (530 miljkm/v)

Autoliikenteen suoritteita on verrattu tarkemmin myös tierekisterin ja liikennetilaston mukaisiin liikennesuoritteisiin tieluokittain. Ennustemalli tuottaa melko tarkasti maanteiden henkilöautoliikenteen suoritetta vastaavan kokonaissuoritteiden. Ennustemallissa liikenne painottuu kuitenkin suurempiluokkaisille väylille. Tämä johtuu alemman tieverkon osittaisesta puuttumisesta mallin liikenneverkosta sekä liikenteen syöttöpisteiden sijoittumisesta suurempiluokkaisten väylien läheisyyteen.

Taulukko 4. Henkilöautoliikenteen suorite (milj. ajonkm/v)

	Tilasto (2010)	Tierekisteri	Hlt/Brutus	Yksilömalli	Ennustemallin verkko, tierek.	Ennustemalli
Valtatiet	15060	16 696			16 760	20 639
Kantatiet	3968	4 399			4 344	4 498
Seututiet	6012	6 665			6 414	5 501
Yhdystiet	5656	6 270			5 030	3 066
Maantiet yht	30 695	34 029	32 785	30 239	32 548	33 704
Kadut ja ykst.	15 550		6 806	6 351		2 793
Suorite yht	46 245		39 592	36 590		36 497

Tilaston tieluokittaiset luvut laskettu tilastoidusta suoritteesta tierekisterin tieluokittaisten kevyen ajoneuvoliikenteen suoritteiden suhteessa

Tierekisterin suorite on tierekisterin mukainen kevyiden ajoneuvojen suorite (sis pakettiautot)

Mallin verkon suorite on ennustemalliin kuvatun verkon tierekisterin mukainen suorite

3.2 Vuosien 2025 ja 2040 ennustetestit

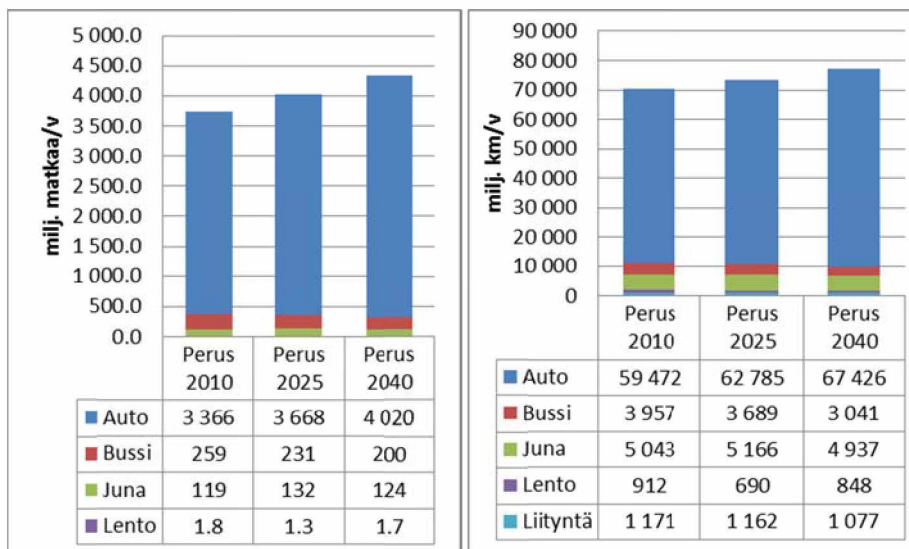
Tulevaisuuden liikenteen määrää arvioivat matkamatriisit on muodostettu erillisellä yksilömallilla nykytilanteelle (2010) sekä vuosille 2025 ja 2040. Yksilömalli tuottaa matkaryhmittäiset kulkutapakohtaiset kysyntämatriisit kullekin vuodelle. Vuosien 2025 ja 2040 verkoissa on otettu huomioon ne hankkeet, joiden toteuttamiseen on sitouduttu valtioneuvoston liikennepoliittisessa selonteossa 2012.

Hankkeista on kuvattu verkkoon ne, joilla on suora vaikutus henkilöliikenteen tarjontaan. Esimerkiksi ratahankkeita, jotka mahdollistavat nopeamman tai tiheämmän liikennöinnin, ei ole kuvattu, koska tulevasta liikennöinnistä ei ole käytettävissä tietoja. Verkkoon kuvatut hankkeet ovat:

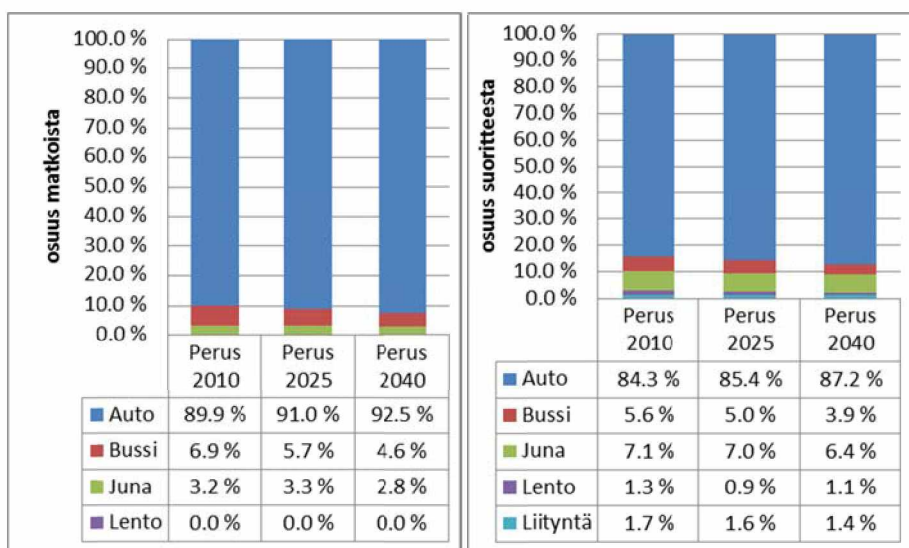
- E18 Hamina–Vaalimaa
- Vt 3 Tampere–Vaasa (Laihian kohta)
- Vt 5 Mikkelin kohta
- Vt 6 Taavetti–Lappeenranta
- Vt 8 Turku–Pori
- Mt 101 Kehä I:n parantaminen
- E18 Kehä III:n kehittäminen
- Vt 22 Oulu–Kajaani
- Vt 4 Rovaniemen kohta

Ennusteita laadittaessa ei yksilömallin lähtökohdaksi ole kuitenkaan tehty oletuksia monista muista liikenteen kokonaismäärään vaikuttavista tekijöistä. Tästä syystä ennustemallin testaamisessa käytettyjä matriiseja ei voida käyttää yleisemmin valtakunnallisina perusennusteina esim. liikennehankkeiden tarpeellisuutta tai kannattavuutta arvioitaessa. Perusennusteiden kysyntää ei tässä yhteydessä ole arvioitu, koska ennustemalli ei muuta perusennusteiden kysyntää. Perusennusteita on arvioitu tarkemmin yksilömallin raportissa.

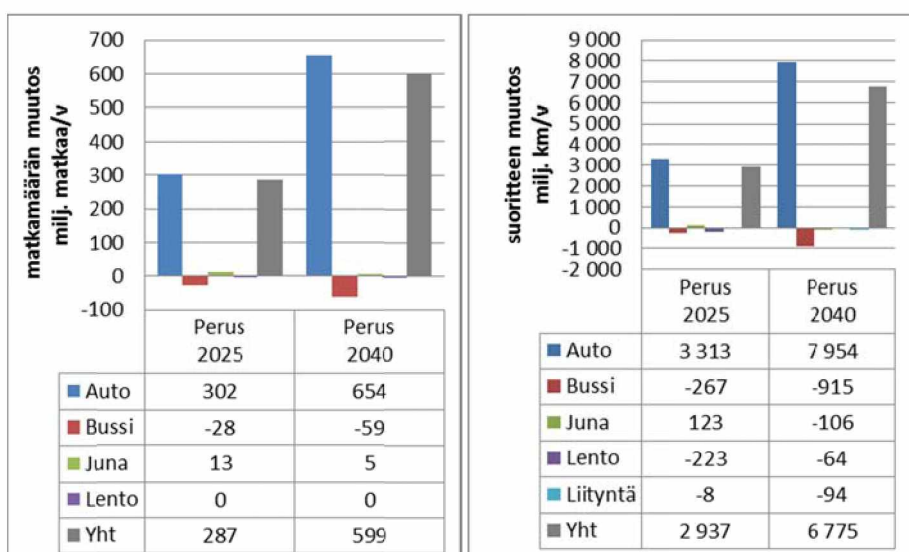
Ennustetesteissä tulevaisuuden auto- ja joukkoliikenteen kysynät on sijoitettu ennustemallin verkkokuvauksille. Ennustemallilla arvioidaan liikennejärjestelmään tehtävien muutosten vaikutuksia kulkutapa- ja valintoihin suhteessa tähän kysynnän perustason. Testin matkamäärät, suoritteet ja niiden muutokset sekä kulkutapaosuudet on esitetty kuvissa 11–14 ja liikennemäärät ja niiden muutokset verkolla verrattuna nykytilanteeseen kuvissa 15–18.



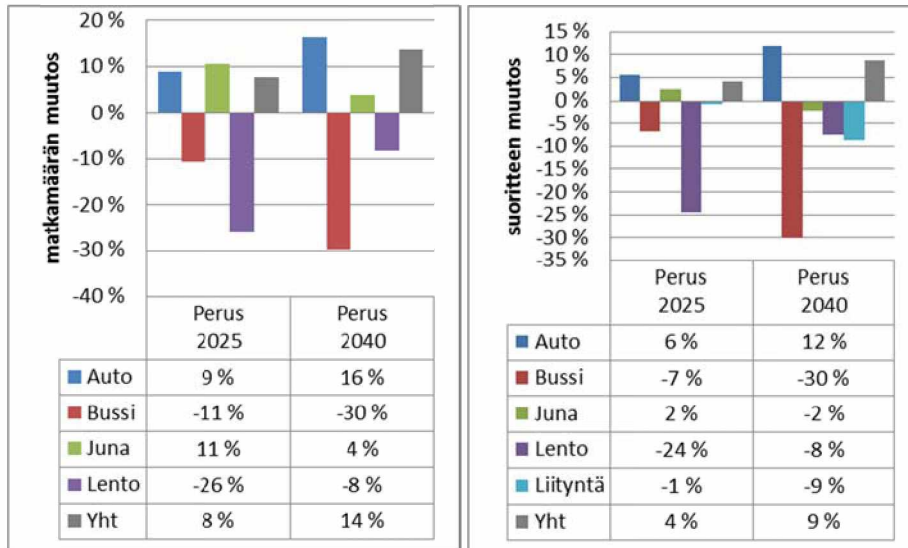
Kuva 11. Ennustetestin matkamäärät ja suoritteet



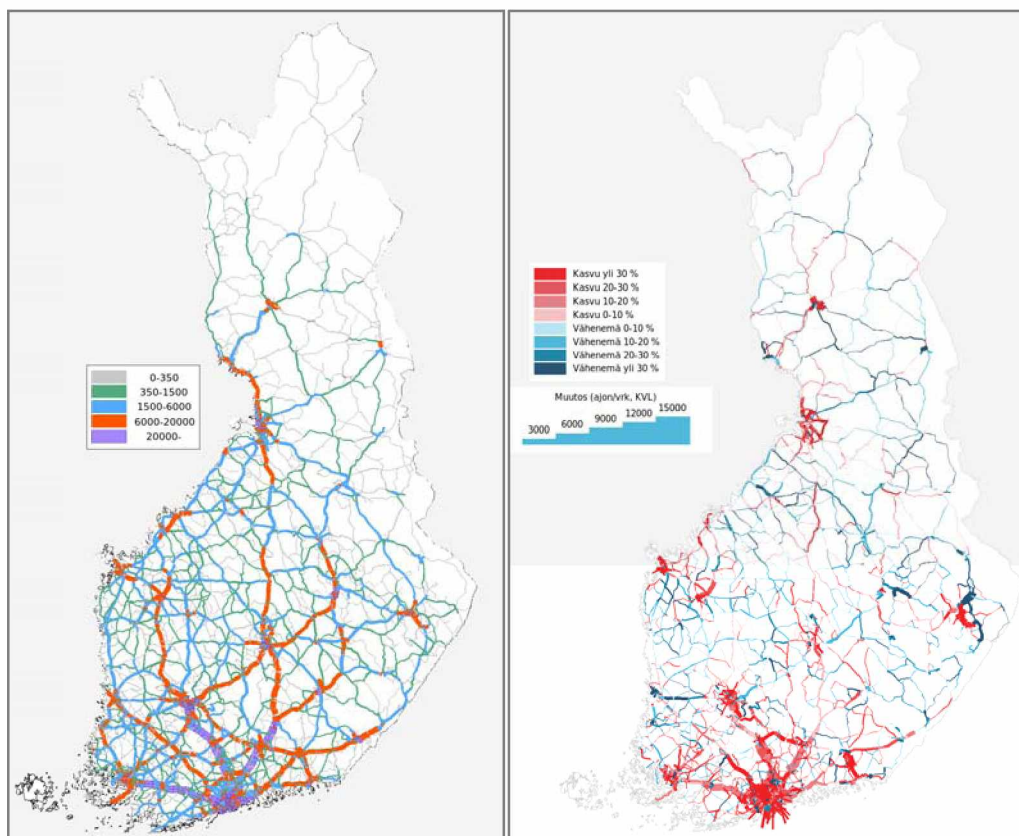
Kuva 12. Ennustetestin kulkutapaosuudet matkoista ja suoritteesta



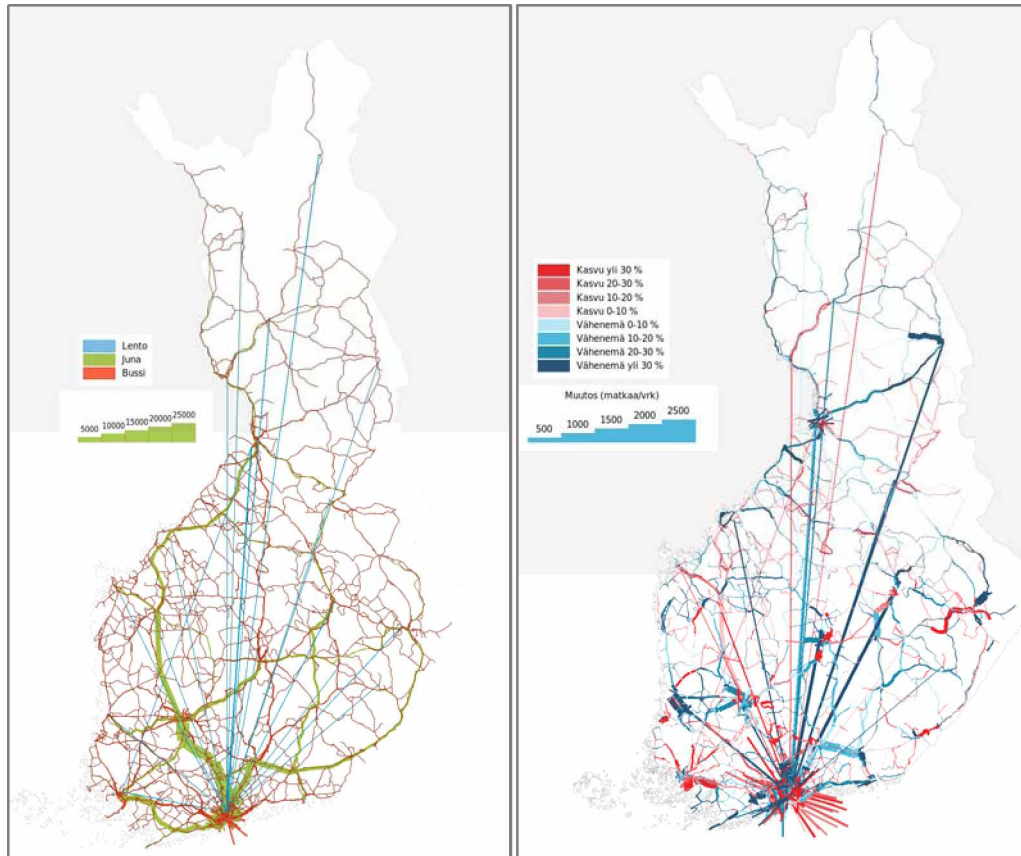
Kuva 13. Ennustetestin matkamäärien ja suoritteiden muutokset verrattuna vuoden 2010 tilanteeseen



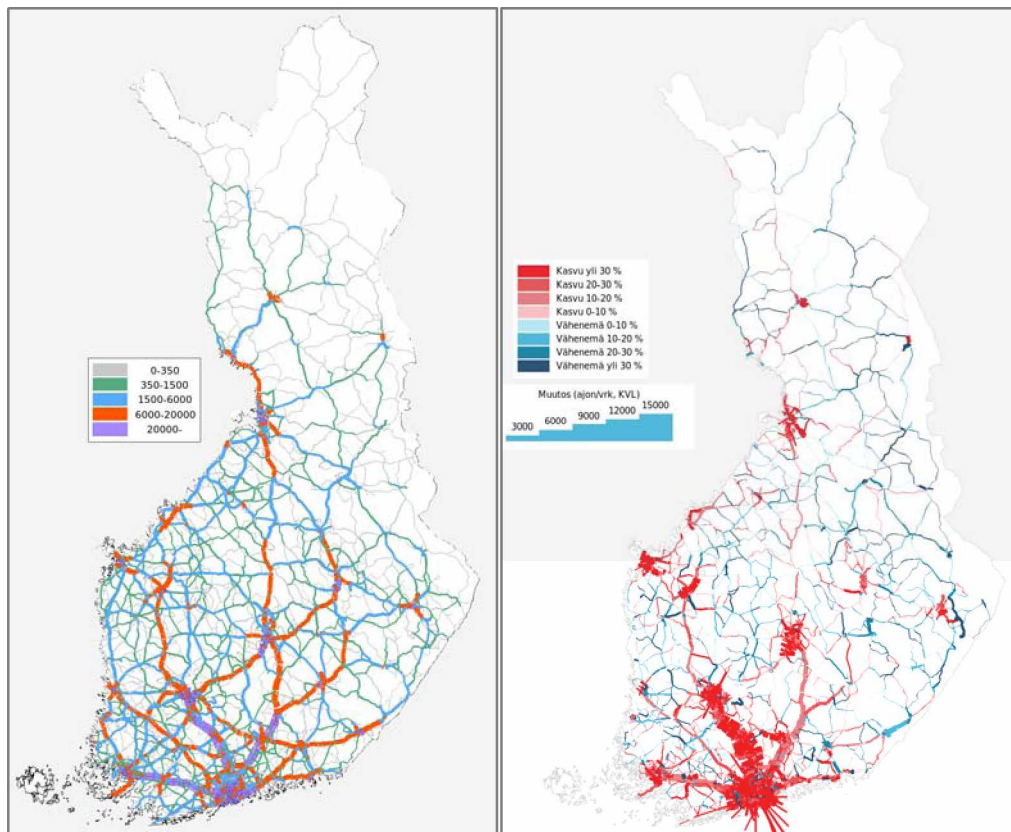
Kuva 14. Ennustetuin matkamäärien ja suoritteiden suhteelliset muutokset verrattuna vuoden 2010 tilanteeseen



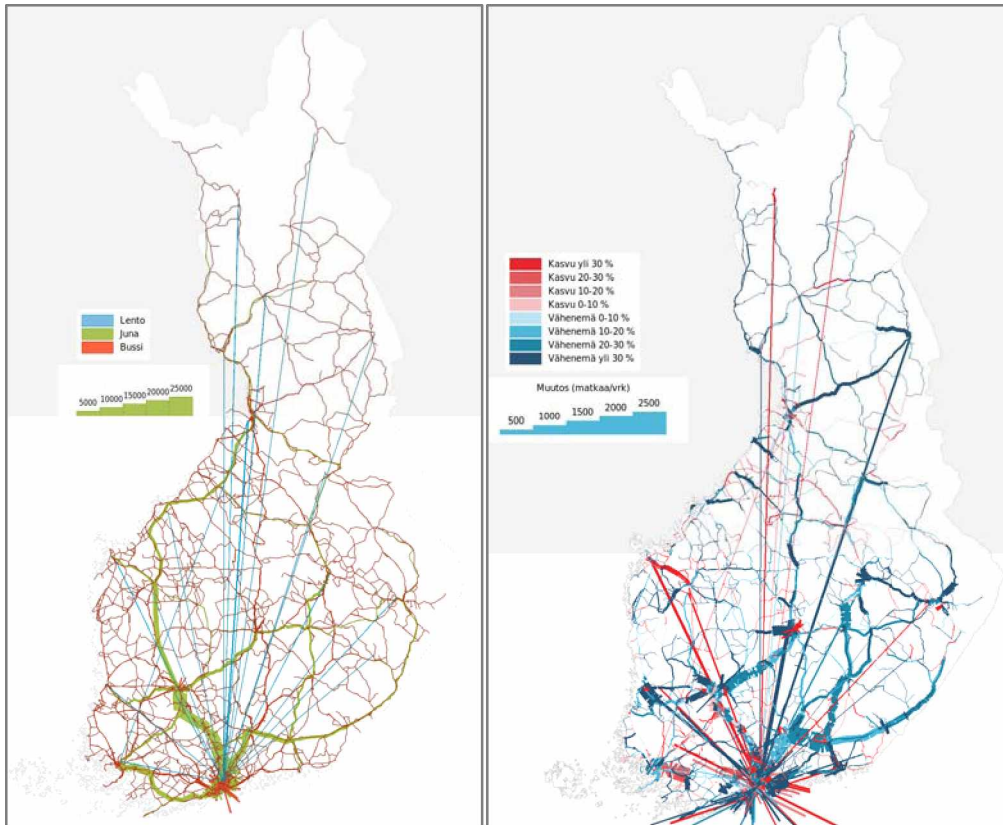
Kuva 15. Autoliikenteen kuormitus 2025 ja muutos vuoden 2010 tilanteeseen



Kuva 16. Joukkoliikenteen kuormitus 2025 ja muutos vuoden 2010 tilanteeseen



Kuva 17. Autoliikenteen kuormitus 2040 ja muutos vuoden 2010 tilanteeseen



Kuva 18. Joukkoliikenteen kuormitus 2040 ja muutos vuoden 2010 tilanteeseen

3.3 Liikennejärjestelmätestit

Mallin toimivuutta on testattu vuoden 2025 ennustetilanteessa. Testiskenaarioissa kuvatut toimenpiteet on kuvitteellisia, eivätkä perustu olemassa oleviin suunnitelmiin tai linjauksiin. Liikennejärjestelmän muutokset on kuvattu liioitellun suuriksi, jotta niillä voidaan arvioida mallin toimivuutta koko Suomen liikenteen mittakaavassa. Kussakin testiskenaariossa on muutettu vain yhden kulkutavan tarjontaa tai hintaa, jotta vaikutusten suuntien loogisuutta on helpompi arvioida.

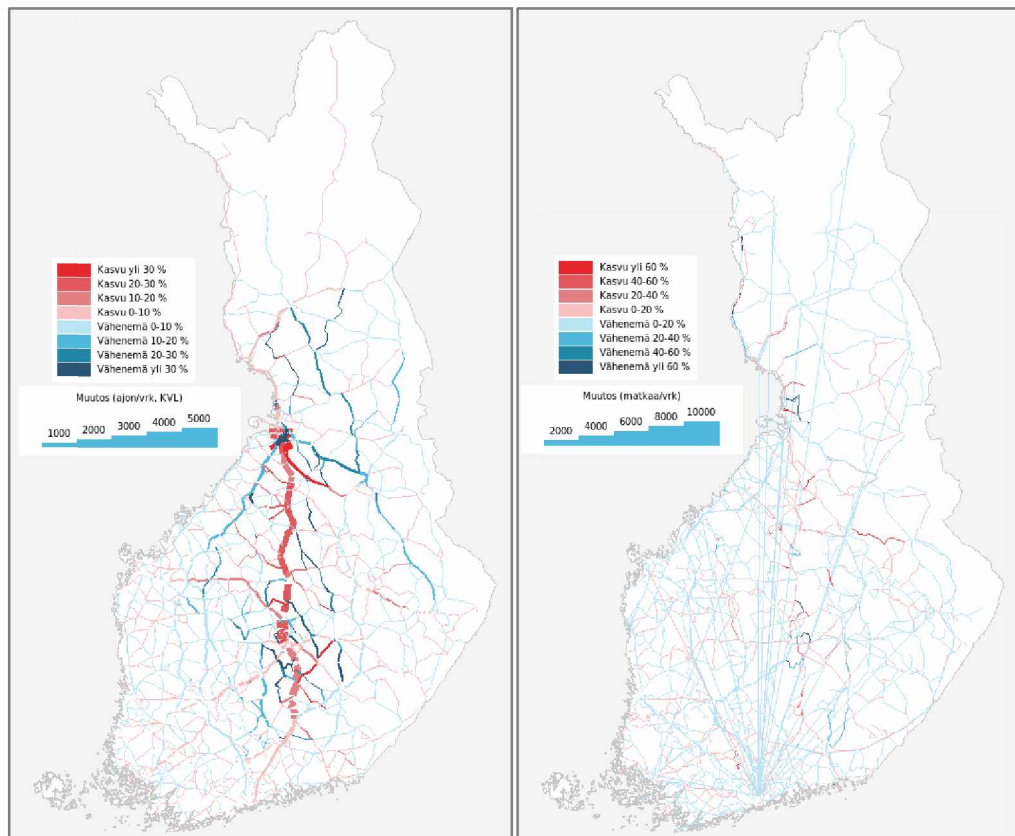
Tarkastellut testiskenaariot ovat:

- Vt4 parantaminen moottoritieksi Helsinki-Tornio (nopeusrajoitus 120 km/h)
- Bussiliikenteen hinnan alennus yli 50 km matkoilla (hinta laskee tasaisesti 50 %:iin nykytilanteesta matkan kasvaessa 500 km:iin)
- Poikittaisen junaliikenteen ja Savonradan junatarjonnan poisto
- Kotimaan lentoliikenteen tarjonnan poisto Oulun eteläpuoleisilta kentiltä
- Henkilöautoliikenteen hinnoittelu (liikenteen hinnoittelua selvittävän työryhmän työn tueksi tehtyjä alustavia tarkasteluja)
 - +1,3 snt/km
 - +4,0 snt/km

Seuraavassa on kuvattu lyhyesti toimenpide, sen suurimmat vaikutukset ja näytetty kartoilla toimenpiteen vaikutukset liikenneverkkojen kuormitukseen. Kaikkia vaikutuksia on vertailtu kuvissa 25-28.

Vt4 parantaminen moottoritieksi

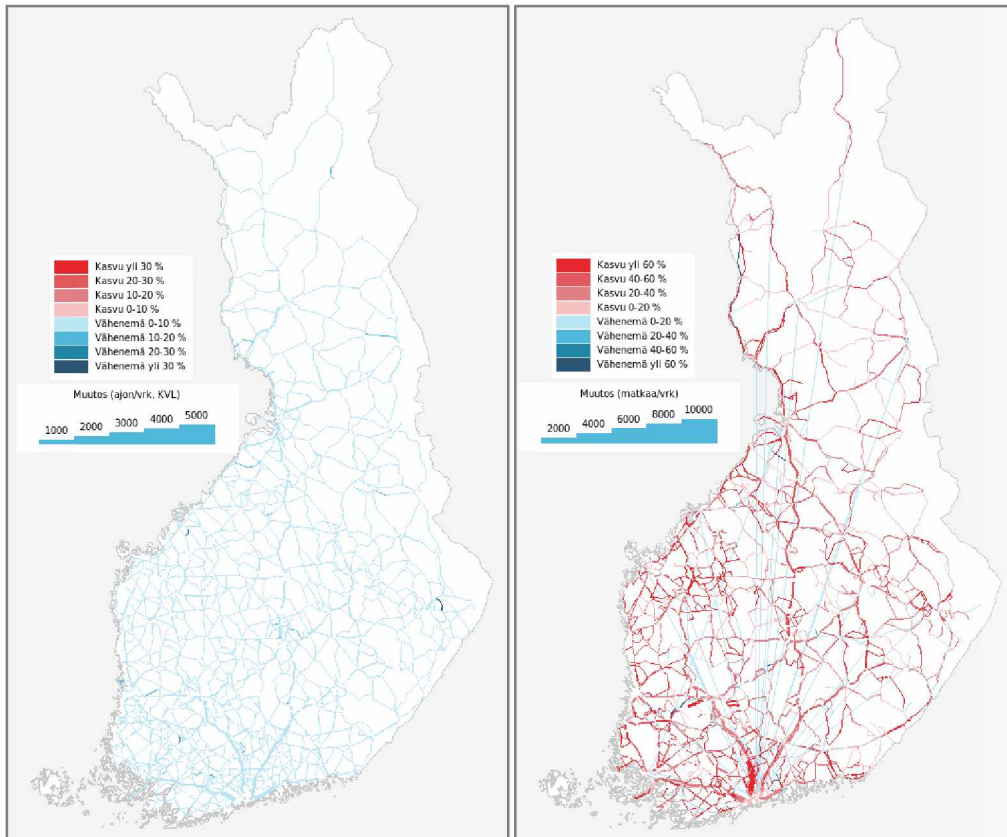
Testissä oletetaan, että Vt4 on moottoritie välillä Helsinki-Tornio, jolloin tien nopeusrajoitus muuttuu nykyisestä 120 kilometriin tunnissa, mikä on mallinnettu liikenneverkkokuvaukseen. Suurimmat muutokset tapahtuvat henkilö-autoliikenteen reitinvalinnoissa. Henkilöautoliikenne keskittyy vaihtoehtoisilta reiteiltä nopeutuvalla Vt4:lle, minkä seurauksena henkilöautoliikenteen aikasuorite pienenee, mutta kilometrisuorite kasvaa. Pieni määrä matkoja ja suoritetta siirtyy lentokoneesta ja junasta henkilöautoon. Bussiliikenne nopeutuu henkilöautoliikenteen nopeutuessa, minkä seurauksena bussiliikenteen käyttö kasvaa hieman.



Kuva 19. Vt4 parantaminen moottoritieksi Helsinki-Tornio, henkilöauto- ja joukkoliikenteen kuormituksen muutokset

Bussiliikenteen hinnan alennus yli 50 km matkoilla

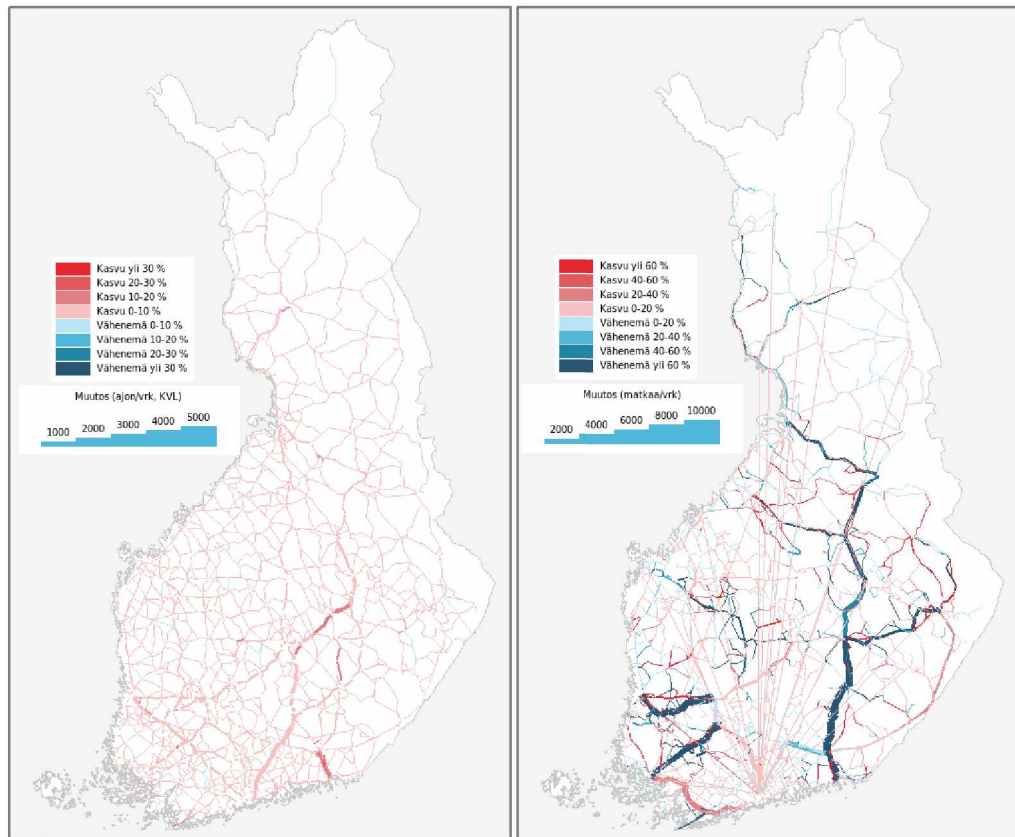
Testissä oletetaan, että bussiliikenteen hinta laskee tasaisesti 50 %:iin nykytilanteesta matkan kasvaessa 500 km:iin. Tällöin bussiliikenteen kilpailukyky pitkillä matkoilla paranee, mikä siirtää matkoja muista kulkutavoista busseihin. Bussin kulkutapaosuus suoritteesta kasvaa lähes 2 %-yksikköä 5,4 %:sta. Vaikutus kohdistuu tasaisesti henkilöautoliikenteeseen. Varsinkin junaliikenteen osalta muutos riippuu vahvasti nykyisestä kilpailutilanteesta ja kysynnän määrästä. Bussiliikenteen suhteellinen muutos korostuu, koska vertailutilanteessa bussimatkoja on verkolla tilastoitua suoritetta vähemmän (syynä sisäisten matkojen ja seudullisen bussitarjonnan puuttuminen). Muutosten seurauksena aikasuorite kasvaa.



Kuva 20. Bussiliikenteen hinnan alennus yli 50 km matkoilla, henkilöauto- ja joukkoliikenteen kuormituksen muutokset

Poikittaisen junaliikenteen ja Savonradan junatarjonnan poisto

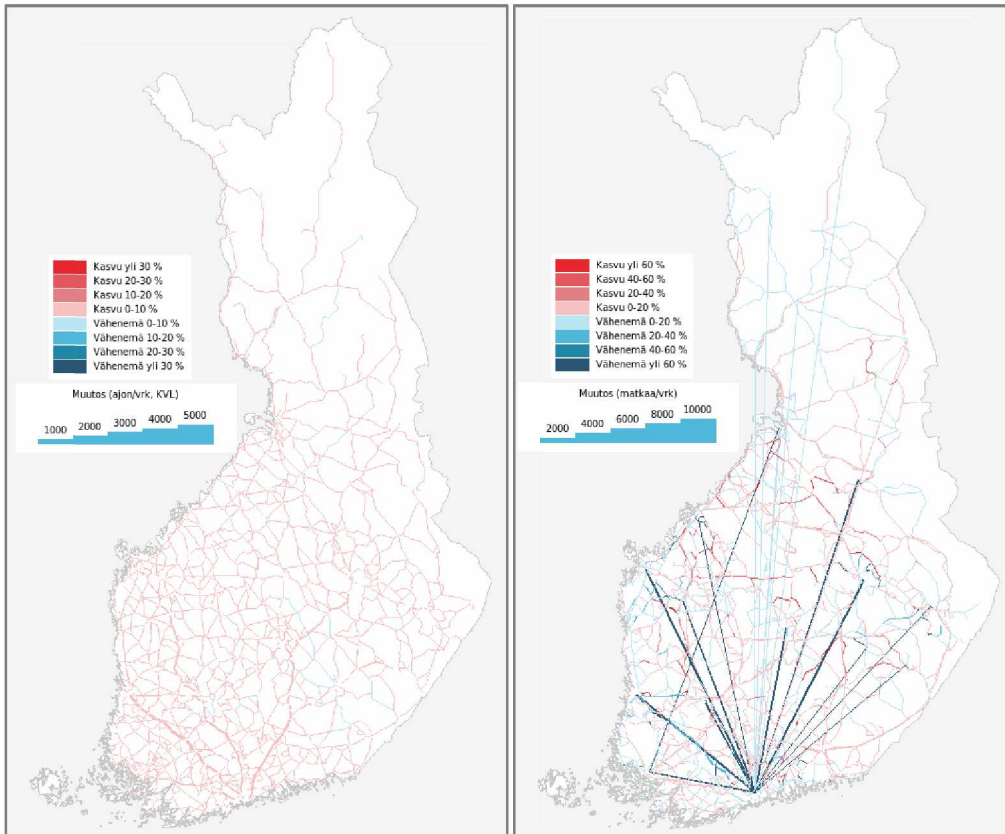
Testissä poistetaan mallin junaliikenteen tarjontaa lähinnä siten, että raideverkon yhdistävyys malliteknisesti pääosin säilyy, mikä johtaa mallikuvauksessa lähinnä poikittaisen junaliikenteen karsintaan Savonradan lisäksi. Tämä johtaa luonnollisesti mallissa junaliikenteen siirtymiseen muihin kulkutapoihin. Junaliikenteestä siirtyvistä matkoista n. 2/3 siirtyy autoliikenteeseen ja 1/3 bussiliikenteeseen. Lentoliikenne ei ole mallissa kilpailukykyinen vaihtoehto poistettujen junayhteyksien korvaajana.



Kuva 21. Poikittaisen junaliikenteen ja Savonradan junatarjonnan poisto, henkilöauto- ja joukkoliikenteen kuormituksen muutokset

Kotimaan lentoliikenteen tarjonnan poisto Oulun eteläpuoleisilta kentiltä

Testissä poistetaan kategorisesti kaikki lentoliikenne Oulun eteläpuoleisilta kentiltä, jotta nähdään minne matkat siirtyvät. Kotimaan lentomatkat vähenevät n. 60 % ja suorite n. 40 %. Siirtyvistä matkoista n. 75 % siirtyy autoliikenteeseen ja 20 % juna-
liikenteeseen, joiden matkustajamäärät kasvavat marginaalisesti. Lentoliikenne vähenee myös Oulun pohjoispuolisilla kentillä vaihdollisten kotimaanlentojen vähentyessä.



Kuva 22. Kotimaan lentoliikenteen tarjonnan poisto Oulun eteläpuoleisilta kentiltä, henkilöauto- ja joukkoliikenteen kuormituksen muutokset

Henkilöautoliikenteen hinnoittelutestit

Henkilöautoliikenteen kustannusjoustoja tarkasteltiin LVM:n tiemaksutyöryhmän vaikutusarviointia varten tehtyjen testien avulla. Kun ajokustannusta nostetaan 1,3 snt/km, mallissa

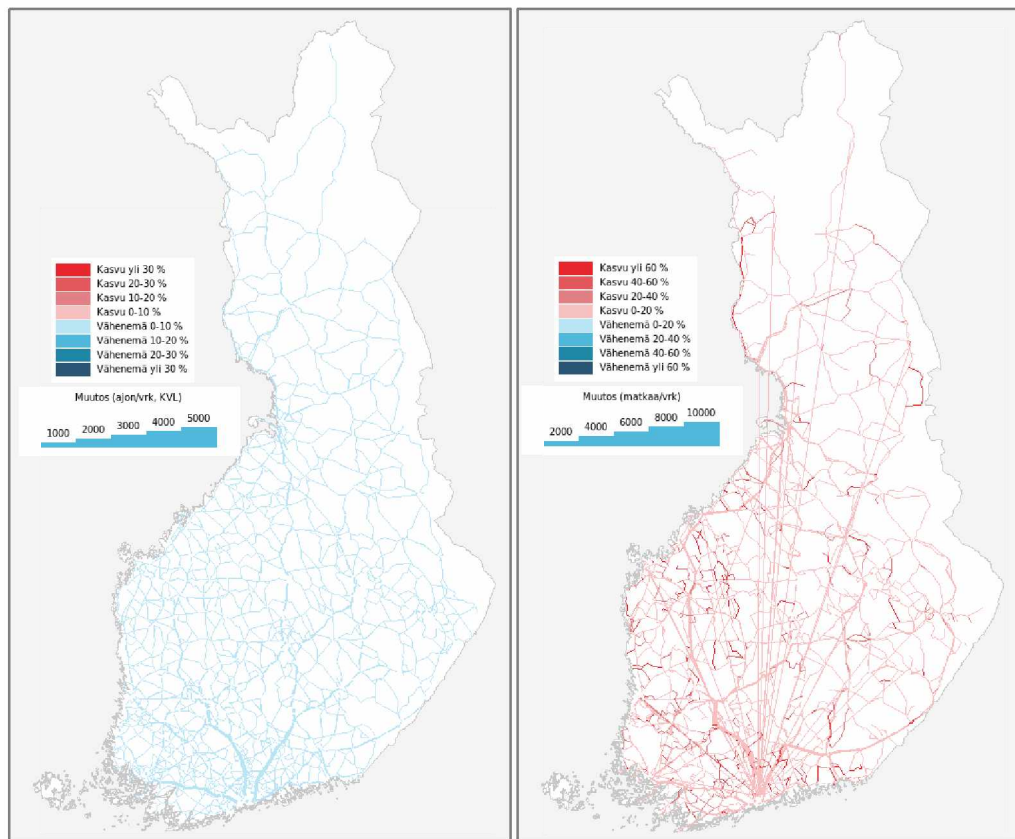
- henkilöautoliikenteen suorite vähenee n. 1,3 %
- bussi-, juna- ja lentoliikenteen suoritteet kasvavat n. 8–9 %
- Autoliikenteen kulkutapaosuus liikennesuoritteesta pienenee n 1 %-yksikköä ja matkamäärästä n. 0,2 %-yksikköä

Määrällisesti eniten matkoja siirtyy bussiliikenteeseen (n. 2/3 siirtyvistä matkoista) ja junaliikenteeseen (n. 1/3 siirtyvistä matkoista).

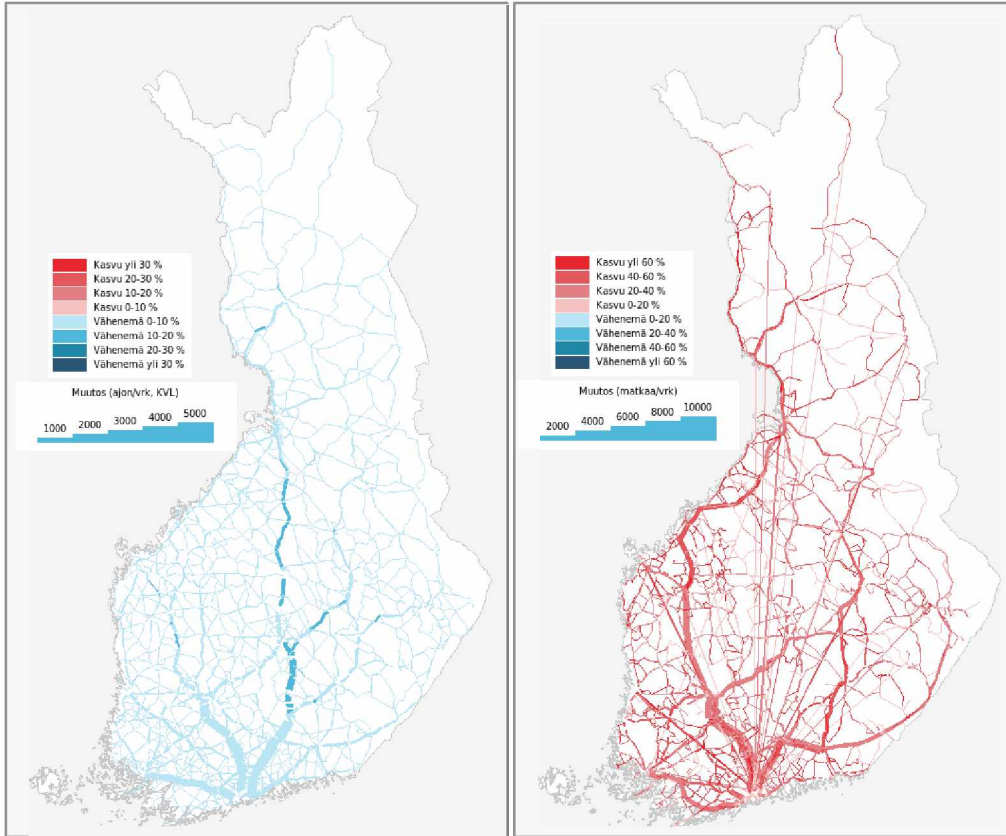
Kun ajokustannusta nostetaan 4,0 snt/km, mallissa

- henkilöautoliikenteen suorite vähenee n. 4 %
- bussi-, juna- ja lentoliikenteen suoritteet kasvavat n. 27–30 %
- autoliikenteen kulkutapaosuus liikennesuoritteesta pienenee n 4 %-yksikköä ja matkamäärästä n. 0,6 %-yksikköä.

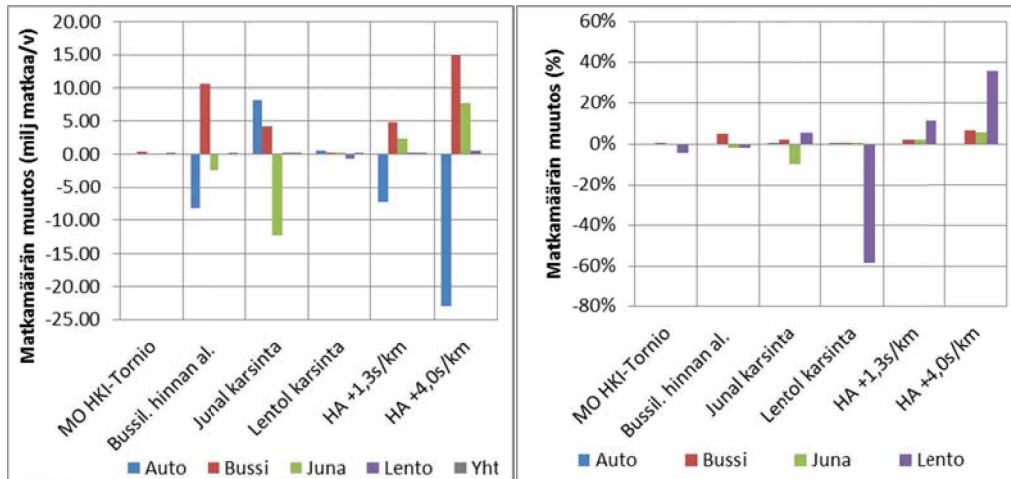
Määrällisesti eniten matkoja siirtyy bussiliikenteeseen (n. 2/3 siirtyvistä matkoista) ja junaliikenteeseen (n. 1/3 siirtyvistä matkoista)



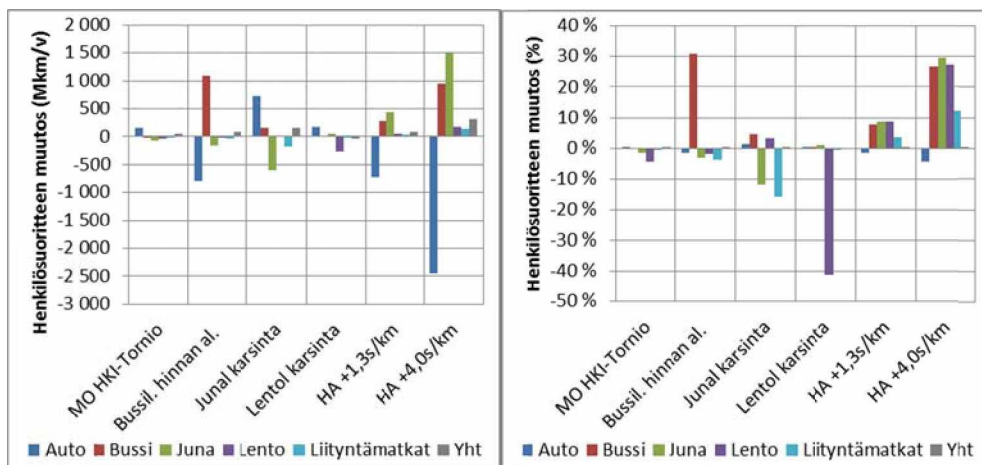
Kuva 23. Henkilöautoliikenteen hinnoittelu +1,3 snt/km, henkilöauto- ja joukkoliikenteen kuormituksen muutokset



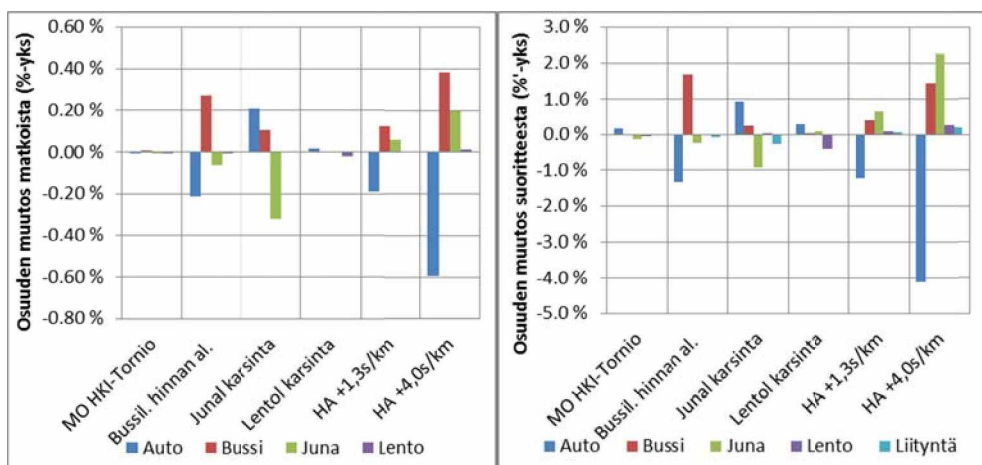
Kuva 24. Henkilöautoliikenteen hinnoittelu +4,0 snt/km, henkilöauto- ja joukkoliikenteen kuormituksen muutokset



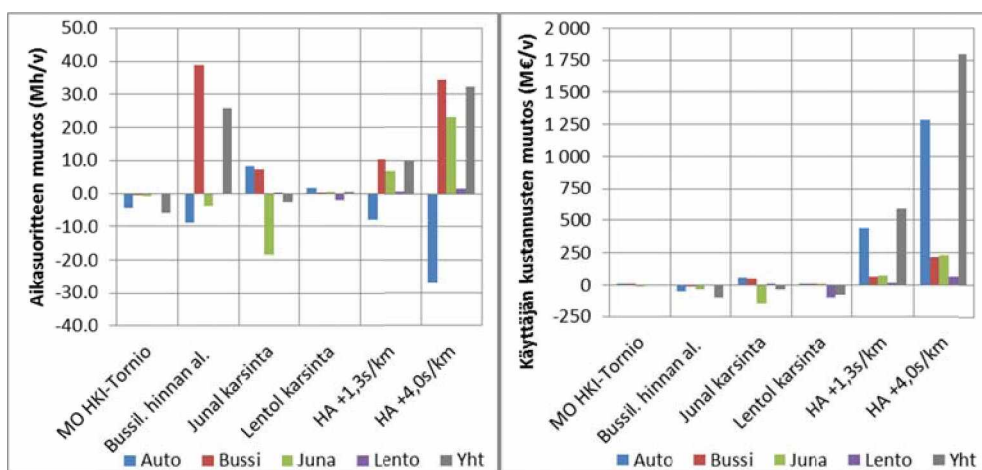
Kuva 25. Matkamäärän muutokset (milj.matkaa/v ja %)



Kuva 26. Henkilöliikennesuoritteiden muutokset kulkutavoittain (milj.km/v ja %)



Kuva 27. Kulutapaosuuden muutokset matkoista ja suoritteesta (%-yks)



Kuva 28. Aikasuoritteiden muutos ja käyttäjälle aiheutuvien kustannusten muutos (M€/v)

3.4 Mallin toimivuuden arviointia

Ylläkuvattujen karkeiden testien vaikutusten suunta mm. suorite- ja kulkumuoto-
muutosten osalta näyttää loogiselta. Muutosten suunta liikennevirroissa näyttää
myös loogiselta. Hyvää vertailukohtaa vaikutusten suuruudesta ei kuitenkaan ole,
koska valtakunnallisia liikennemalleja ja niiden tuloksia erityyppisissä toimeksi-
annoissa ei ole ollut käytössä yli viiteentoista vuoteen. Tilanne on huomattavasti
hankalampi kuin kaupunkiseutujen mallien kehittämisessä, joiden prosesseissa on
usein ehtinyt käytännön arvioinneissa kertyä paljon ”tuntumaa” vanhempien suku-
polvien mallien toimivuudesta.

Muutosten tason arviointi on tästä syystä melko vaikeaa muuten kuin esimerkiksi ver-
tailemalla testien joustoja kirjallisuuteen. Joustolla tarkoitetaan yksinkertaisimmil-
laan mallin ennustaman vaikutuksen prosentuaalisen muutoksen suhdetta sen ai-
heuttaman mallin parametrin prosentuaalisen muutokseen. Esimerkiksi jos ajamisen
hintaa nousee 10 prosenttia ja malli ennustaa suoritteiden yhden prosentin laskun,
jousto on -0,1.

Seuraavassa on verrattu testien joustoarvioita kattavaan joustoja käsittelevään kan-
sainväliseen kirjallisuuskatsaukseen (Litman 2012). Kirjallisuuteen vertaamisen eräs
ongelma liittyy usein jo puuttuvaan tietoon siitä, mistä prosentuaalinen muutos on
laskettu, esimerkiksi onko autoliikenteen hinnat verollisia vai eivät. Eri maiden tulo-
ja kustannustasot luonnollisesti vaihtelevat myös kokonaisuutena, eivätkä kaupunki-
liikenteen ja pitkämatkaisen liikenteen joustot ole kirjallisuuden mukaan samoja.
Joustot muuttuvat kun tarkastelujakson pituus muuttuu, sillä matkustajilla on tällöin
useampia mahdollisuuksia reagoida muutokseen. Siksi joustojen vertailu voidaan
tehdä vain karkealla tasolla.

Moottoritietestissä automatkojen keskimääräinen kesto lyheni 0,6 %. Henkilösuorite
kasvoi puolestaan 0,3 %. Suoritteen matka-ajan joustoksi saatiin näin ollen -0,46.
Kirjallisuudessa lyhyen aikavälin suoritejoustot vaihtelevat tyypillisesti -0,3 ja -0,7
välillä ja pitkän aikavälin -0,7 ja -1 välillä. Ennustemalli on luonteeltaan lyhyen aika-
välin malli, koska se muuttaa vain kulkumuodon ja reitin valintaa.

Bussin hinnan alennustestissä kilometrikohtainen hinta laskee 24 % ja matkustaja-
määrä nousee noin 5 %. Jousto on -0,2. Kirjallisuudessa matkustajamäärän lyhyen
aikavälin joustot vaihtelevat -0,2 ja -0,6 välillä. Joukkoliikenteen joustoihin vaikutta-
vat useat tekijät, mm. matkan ajankohta. Nousevien hintojen joustot ovat korkeampia
kuin laskevien. USA:ssa on mitattu korkeampia joustoja kuin Britanniassa.

Junaliikenteen ja lentoliikenteen palveluiden karsinta on erityisen hankala vertailtava,
koska toimenpiteet ovat erittäin karkeita. Kirjallisuudessa on myös vähän viitteitä
palvelutason ja kapasiteetin joustoista. Palveluiden lisäämisen joustojen viitataan
olevan 0,6 ja 1,0 välillä. Uuden bussilinjan todetaan houkuttelevan 0,8 – 1,2 matkusta-
jaa per linjakilometri. Junaliikenteen matkustajamääräjousto kalustokilometrien muu-
toksen suhteen oli ennustemallin testissä 0,43 ja henkilösuoritejousto 0,51. Lento-
liikenteen vastaavat joustoluvut ovat 1,19 ja 0,84.

Ajokustannusten muutoksen joustoksi osoittautui tieliikenteen hinnoittelutesteissä
hieman yli -0,1. Kirjallisuudessa autoliikenteen lyhyen aikavälin hinnan suoritejoustot
vaihtelevat tyypillisesti -0,02 ja -0,25 välillä.

Hintajoustoa voidaan verrata kirjallisuuden lisäksi yksilömalliin, joka avulla voidaan myös arvioida esimerkiksi ajokustannusten vaikutusta suoritteisiin. Yksilömallin ajokustannuksen suoritejoustot olivat 0,5 - 0,6 luokkaa riippuen muutoksen suuruudesta. Yksilömalli on luonteeltaan enemmän pitkän aikavälin ennustemalli, koska sen osamallien sovituksen yhteydessä on otettu huomioon pidemmällä aikavälillä tapahtuvia kysyntämekanismia, esimerkiksi tulotasojen vaikutukset matkojen määriin, suuntautumiseen ja autonomistukseen. Malli huomioi myös kaupunkiliikennettä paremmin, jossa joustot ovat suurempia. Kirjallisuudessa pitkän aikavälin joustojen viitataa olevan 2-3 kertaa lyhyitä joustoja suurempia, luokkaa 0,2 - 0,7.

Mallien voi tehtyjen testien pohjalta todeta reagoivan kirjallisuuden perusteella kohtuullisen normaalisti erilaisten tekijöiden muutoksiin.

4 Mallin käyttö

4.1 Yleistä

Ennustemalli on tehty käytettäväksi Emme -ohjelmalla. Verkkokuvauksen laajuus edellyttää Emmen kokoluokan 6 lisenssiä. Ennustemalli on toteutettu Emmen makrokielellä. Malli on laadittu Emmen versiolla 3.4. Ajomakrot voidaan suorittaa myös muilla versioilla edellyttäen, että tietokanta on käännetty käytettävän version ymmärtämään muotoon.

Malli on pitkälle automatisoitu sovellus, josta on karsittu (liikkumisvalintojen yksilömallia hyödyntäen) matkatuotosten ja suuntautumisen mallintamiseen liittyvät ominaisuudet. Mallin yksinkertaistaminen rajoittaa kuitenkin mallin soveltuvuutta erilaisiin käyttökohteisiin. Ennustemallilla voidaan arvioida vain liikennejärjestelmän muutosten vaikutuksia kulkutapajakaumaan. Tarkasteltavat muutokset voivat liittyä esimerkiksi

- tie- tai joukkoliikenteen infrastruktuuriin
- joukkoliikenteen palveluihin
- liikenteen kustannuksiin

Mallin tuloksena voidaan esittää liikenteen kysynnässä tapahtuvat kulkutapaosuuksien muutokset matkaryhmittäin ja tarvittaessa osa-alueittain. Tämän lisäksi voidaan laskea liikenneverkolta vaikutuksia esim.

- verkon kuormittuminen ja suoritteet
- päästöt
- onnettomuudet
- liikennejärjestelmän kustannukset

Vaikutusten laskentaa varten ei ole tehty valmiita laskentamenetelmiä. Laskennassa voidaan hyödyntää esim. IVAR- ohjelmaan malleja.

4.2 Perustilanteiden kysyntämatriisit

Valtakunnallisella liikkumisvalintojen yksilömallilla on tehty mallijärjestelmän testaamiseksi liikenteen määrän ja sen suuntautumisen arviot (perustilanteiden matriisit) vuosille 2025 ja 2040. Arviot perustuvat Tilastokeskuksen väestöennusteisiin ja oletettuun BKT:n kasvuun yhdellä prosentilla vuodessa. Malli yksinkertaisesti ”toistaa” asukkaiden liikkumistarpeita kuvaavan henkilöliikennetutkimuksen 2010–2011 (HLT) tiedot koko ennustetun väestön ikä- ja aluerakenteella. Perustilanteiden matriisien tuottamisessa ei ole otettu kantaa moniin liikenteen määrään ja kulkutapavalintoihin vaikuttaviin taustatekijöihin. Perustilanteiden matriiseissa on huomattava seuraavia lähtöoletusten yksinkertaistuksista johtuvia ominaisuuksia

- Eri liikennemuotojen palvelutasot ja reaaliset hintatasot pysyvät ennallaan, mutta tulotasojen kasvu vaikuttaa autonomistukseen ja kulkumuodon valintaan, mikä vähentää joukkoliikenteen, erityisesti bussin käyttöä.

- Eri-ikäisten asukkaiden liikkumiskäyttäytymisen on oletettu tulevaisuudessa vastaavan HLT-tutkimusta. Ikärakenteen muuttuessa nykyisin vähemmän liikkuvien ikäryhmien osuus kasvaa Tilastokeskuksen ennusteen mukaisesti huomattavasti, minkä seurauksena liikenteen kasvu hidastuu merkittävästi.

Laadittuja vuosien 2025 ja 2040 perustilanteiden matriiseja ei voida lähtöoletusten yksinkertaistuksista johtuen käyttää valtakunnallisina perusennusteina. Perusmatriisit eivät myöskään sisällä raskasta liikennettä tai kansainvälistä liikennettä, joiden kehityksellä on merkitystä liikenneverkon kuormitukselle. Perusennusteiden laatiminen edellyttäisi laajemmin erilaisten skenaarioiden tutkimista ja päätöksiä oletetusta kehityksestä. Käytännön tarkasteluissa voi olla tarve arvioida vaikutuksia erikseen päätetyllä kasvulla, johon perustilanteen matriisit voidaan kasvattaa.

4.3 Mallin rajoitteita ja ominaisuuksia

Mallia käytettäessä on hyvä ottaa huomioon seuraavia mallin tarkkuustasoon ja toimintaan liittyviä seikkoja.

- Valtakunnan ennustemallin tarkkuus ei riitä hankkeiden paikallisten vaikutusten tarkasteluun. Ennustemallin tiedot soveltuvat kuitenkin hyvin paikallisten ennusteiden pitkämatkaisen liikenteen kysynnän kuvaamiseen. Hyödynnettäessä mallia yksityiskohtaisempien tarkastelujen lähtökohtana, on tarpeen jotta tapauksessa tarkistaa alueiden (sentroidien) kytkennät verkkoon tarkasteltavalla alueella.
- Mallilla ei voida tässä vaiheessa tarkastella vaikutuksia autoliikenteen ruuhkautumiseen. Mahdollinen verkon ruuhkautuminen jätettiin mallissa huomioimatta, koska ruuhkautuvien kaupunkiseutujen verkon kuvaus ei tässä tarkkuustasossa mahdollista ruuhkautumisen todenmukaista mallintamista. Autoliikenteen kapasiteetin lisäykseen tähtäävien hankkeiden vaikutusten arvioinnissa on tästä syystä tarpeen käyttää tarkempia verkollisia arviointimenetelmiä.
- Eri liikennemuotojen kustannustasojen muutos voidaan ottaa huomioon kulkutapamallia ajettaessa (mallin kutsussa). Muutos kuvaa eri kulkumuotojen kustannusten keskinäistä muutosta suhteessa perustilanteeseen. Vuosille 2025 ja 2040 tuotetuissa perustilanteen kysyntämatriiseissa on otettu huomioon tulotason muutos, joka vaikuttaa kulkutapavalintoihin (kts. Perustilanteiden kysyntämatriisit)
- Autoliikenteen kustannukset on mallissa kuvattu linkkimuuttujana, jonka avulla voidaan autoliikenteelle kuvata erilaisia hintoja eri alueille tai kuvata tullimaksuja tietyille linkeille. Kustannuksia muutettaessa on huomattava, että malli käyttää kullekin linkille laskettuja euromääräisiä (€/linkki) kustannuksia (ei kilometrikustannuksia).

- Bussi- ja junaliikenteen osalta on erityyppisten bussien ja junien hintoja painotettu kunkin alueparin välillä niille hakeutuvan kysynnän suhteessa. Mikäli juna- tai bussitarjontaa muutetaan, on hyvä huomioida, että näin laskettuna nopeiden mutta kalliimpien vuorojen tarjonnan lisääminen alueparin välillä kasvattaa matkan keskimääräistä hintaa ja vähentää kulkutavan houkuttelevuutta. Tarjonnan muutosten vaikutukset kustannuksiin on tästä syystä tarpeen aina arvioida erikseen ennen kulkutavanvalinnan mallintamista.
- Tarkasteltaessa joukkoliikenteen hintatason muutosta esim. tietyn alueparin välillä tai tietyllä alueella, on muutokset kuvattava erikseen tarkasteltavan skenaarion vastusten laskennan jälkeen kustannusmatriiseihin, ennen kulkutapamallin ajamista.

4.4 Makrojen suorittaminen

1. Perustilanteen mallintaminen

Perustilanteen mallintaminen on suositeltavaa tehdä aina erilaisia liikennejärjestelmäskenaarioita tarkasteltaessa, jotta voidaan varmistaa, että skenaarioiden kulkutapamuutokset lasketaan suhteessa oikean ennustevuoden perustilanteeseen. Perustilanteen mallintaminen tapahtuu seuraavasti.

- tuodaan halutun vuoden perustilanteen matriisit pankkiin suorittamalla makro `perusmatriisit.mac`
 - makron kutsussa annetaan perusennusteen sisältävän tekstitiedoston nimi. Valmiit perusennusteet ovat tiedostoissa
 - `perusennuste_2010.txt`
 - `perusennuste_2025.txt`
 - `perusennuste_2040.txt`
 - makro vie perustilanteen kysyntämatriisit matriisipaikkoihin `mf201-mf216` ja yhdistelee niistä kulkutapa- ja matkaryhmäkohtaiset kokonaiskysynnot (`mf217-mf219`) sekä laskee matriisien reuna- ja nurkkasumat
- lasketaan perustilanteen vastusmatriisit suorittamalla makro `vastukset.mac` kyseistä perustilannetta vastaavassa liikenneverkkoskenaariossa.
 - Aineisto sisältää valmiit perustilanteen skenaariot
 - skenario 1: Perustilanne 2010
 - skenario2: Perustilanne 2025
 - skenario3: Perustilanne 2040
 - perustilanteen liikenneverkkokuvausta ei muuteta, koska tällöin myös perusennusteen kysyntä tulisi tuottaa uudelleen liikkumisvalintojen yksilömallilla
 - makro laskee kulkutavan valintamallin käyttämät matka-ajat ja kustannukset perustilanteen mallintamiseksi
- lasketaan perustilanteen mallinnetut kulkutapaosuudet suorittamalla makro `kulkutapamalli_perus.mac`
 - makro mallintaa perustilanteen kulkutapaosuudet valinnat ja laskee perustilanteen mallinnetut kulkutapa- ja matkaryhmäkohtaiset kysyntämatriisit
 - makro sijoittelee automaattisesti perustilanteen kysynnän

2. Liikennejärjestelmäskenaarion mallintaminen

Perustilanteen mallintamisen jälkeen siirrytään tarkasteltavaan skenaarioon, johon on kuvattu tarkasteltavat liikennejärjestelmän muutokset

- lasketaan tarkasteltavan liikennejärjestelmäskenaarion vastukset suorittamalla makro `vastukset.mac`
 - makro laskee kulutavan valintamallin käyttämät matka-ajat ja kustannukset skenaarion mallintamiseksi
 - tarvittaessa voidaan makron suorittamisen jälkeen tehdä muutoksia vastusmatriiseihin esim. tietyn joukkoliikennekulutavan kustannusmatriisiin tietyllä yhteysvälillä haluttaessa tarkastella vastusten laskentaan kuvatuista kustannusfunktioista poikkeavia hintoja. muutokset tehdään matriiseihin:
 - mf171: autoliikenteen hinta
 - mf173: bussimatkan hinta
 - mf176: junamatkan + liityntämatkan hinta
 - mf180: lennon + liityntämatkan hinta
- lasketaan liikennejärjestelmäskenaarion mallinnetut kulutapaosuudet suorittamalla makro `kulutupamalli_scen.mac`
 - kulutapakohtaiset kustannustason muutokset suhteessa perustilanteen tasoon (perustilanteen taso = nykytilanteen taso tai tilanne jossa kaikkien kulutapojen kustannustaso on noussut samassa suhteessa) annetaan makron kutsussa peräkkäin seuraavassa järjestyksessä
 1. autoliikenteen (kt1) kustannustason muutos
 2. bussiliikenteen (kt2) kustannustason muutos
 3. junaliikenteen (kt3) kustannustason muutos
 4. lentoliikenteen (kt4) kustannustason muutos
 - makro mallintaa kulutapavalinnat ja laskee ennustetilanteen mallinnetut kulutapa- ja matkaryhmäkohtaiset kysyntämatriisit sekä tuottaa sijoittelua varten yhteen lasketut kulutapakohtaiset matriisit, ajoneuvomatriisin ja keskikuormitusmatriisin
 - mallinnuksen tuloksena tuotettavat kysyntämatriisit ovat matriisipaikoissa mf301-mf329

3. Liikenteen sijoittelu

- liikenne sijoitellaan suorittamalla makro `sijoittelu.mac` tarkasteltavassa liikenneverkkoskenaariossa
 - makron kutsussa annetaan sijoiteltavat matriisit seuraavassa järjestyksessä (sulussa kulutapamallin tuottamat sijoittelumatriisit)
 1. autoliikenteen kysyntä (mf321)
 2. autoliikenteen keskikuormitus (mf347)
 3. bussiliikenteen kysyntä (mf322)
 4. junaliikenteen kysyntä (mf323)
 5. lentoliikenteen kysyntä (mf324)
 - makro hidastaa junaliikenteen ja lentoliikenteen sijoitteluja varten liityntäkulutapojen nopeudet ja palauttaa ne lopuksi lähtöarvojen mukaisiksi

- makro tuottaa ennusteliikennemäärät verkon ekstra-attribuutteihin
 - henkilöautoliikenne (ajoneuvoina): @ha
 - bussiliikenne ja bussin liityntä: @bussi
 - junaliikenne ja junan liityntä: @juna
 - lentoliikenne ja lentoliikenteen liityntä: @lento
 - joukkoliikenne yhteensä: @jlyht

4. Esimerkki makrojen suorittamisesta

Makrojen suorittaminen voidaan tehdä erillisellä ajomakrolla. Alla olevassa esimerkissä oleva ajomakro mallintaa ensin vuoden 2010 perustilanteen skenaariossa 1 ja tämän jälkeen skenaariossa 10 tilanteen, jossa autoliikenteen hintaa on nostettu nykytilanteessa 20 % joukkoliikenteen hintoihin verrattuna.

```
s=1
~<perusmatriisit.mac perusennuste_2010.txt
~<vastukset.mac
~<kulikutapamalli_perus.mac
s=10
~<vastukset.mac
~<kulikutapamalli_scen.mac 1.2 1 1 1
~<sijoittelu.mac mf321 mf347 mf322 mf323 mf324
```

5 Mallin jatkokehittäminen

Malli toimii testien valossa odotetulla tavalla. Ennustemallia voidaan jatkossa hyödyntää valtakunnan tasolla kulkumuotovalintoihin vaikuttavien liikennejärjestelmän muutosten arviointiin. Tässä vaiheessa mallia tulisi kuitenkin käyttää vain vuoden 2010 perusennusteeseen pohjautuviin tarkasteluihin.

Vuosille 2025 ja 2040 laaditut perusennusteet evät sellaisenaan sovellu vielä liikennejärjestelmä- tai hanketason tarkastelujen lähtökohdaksi. Jatkossa tulisi määritellä yksilömallilla laadittavien perusennusteiden lähtöoletukset ja arvioida ennusteita tarkemmin. Sekä yksilö- että ennustemallilla tulee olemaan merkittävä rooli Liikenneviraston strategian laatimisen ja arvioinnin tukemisessa numeraalisten analyysien tuottajana. Siksi mallien käytön varmistamiseksi olisi joko ohjelmoitava erillisiä skenario-, ennuste ja vaikutus selvityksiä tai luotava jatkuva toimintatapa, jolla mallit pysyvät toimintakuntoisina.

Mallia laadittaessa todettiin, että HLT-tutkimuksen havaintomäärät lento- ja junaliikenteen matkoista jäävät pieniksi. Mallin parantamiseksi tulisi nykytilanteen kysyntätietoa täydentää näiden kulkutapojen osalta.

Jotta mallia voidaan käyttää hanketarkasteluiden tekemiseen, tulisi siihen lisätä mallin nyt sisältämän nykytilanteen henkilöliikenteen kysynnän lisäksi kansainvälinen henkilöliikenne. Autoliikenteen hankkeiden tarkasteluun ja mahdollisien alueellisesti tarkennettavien mallien lähtökohdaksi tulisi mallin kuvata henkilöliikenteen lisäksi tieliikenteen tavaraliikenne.

Mallin liikennetarjonnan kuvaus on tuotettu yhdistelemällä liikenneviraston eri rekistereiden tietoja ja täydentämällä niitä suurimpien kaupunkiseutujen tärkeimmillä katu yhteyksillä. Eri rekistereiden yhdistelyn ja yksinkertaistuksen tuloksena tuotettua verkkokuvausta ei ole kaikilta osin kyetty tarkistamaan. Etenkin alempiluokkaisten teiden verkossa ja sen kytkennöissä päätieverkkoon sekä eri kulkumuotojen välisten verkkojen kytkennöissä voi olla virheitä ja puutteita. Jatkossa Liikennevirasto tuottaa INSPIRE-tietomallin mukaisen liikenneverkkojen kuvauksen, joka sisältää kaikkien kulkumuotojen verkot ja niiden väliset kytkennät. Ennustemallin liikennetarjonnan kuvaus on suositeltavaa päivittää jatkossa tämän verkkokuvauksen pohjalta.

Mallin verkkokuvausten päivittämisen jälkeen voidaan mallissa ottaa tarvittaessa huomioon tieverkon ruuhkautuminen. Ruuhkautumisen merkitys valtakunnan tasolla tehtäviin tarkasteluihin on pieni. Tavoitteena on kuitenkin, että mallia voitaisiin hyödyntää myös lähtökohtana tarkempien liikennehankkeiden arvioinnissa. Tämä voi edellyttää myös ruuhkautumisen vaikutusten huomioon ottamista.

Ennustemalli on tehty Emme -ohjelman versioon 3.4. Jatkossa malli on tarpeen siirtää uudempiin ohjelmistoversioihin. Jatkossa ajomakrot voidaan tehdä Emme versio 4:n python-kielellä. Python tarjoaa ennustemallin laatimisessa käytettyä Emmen omaa makrokieltä selkeämmät työkalut ajoympäristön rakentamiseen. Lisäksi ajomakrojen yhteyteen voidaan tällöin automatisoida raportointia (esim. kartta- ja kaaviokuvien tuottaminen).

