

5

.....

2019



Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2017

HSL Helsingin seudun liikenne
Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki
PL 100, 00077 HSL
puhelin (09) 4766 4444
www.hsl.fi

Lisätietoja: Timo Elolähde, (09) 4766 4269
Jens West, 040 184 2633
Pekka Rätty, (09) 4766 4259
etunimi.sukunimi@hsl.fi

Copyright: Kartat, graafit, ja muut kuvat HSL
Kansikuva: HSL / Lauri Eriksson

Esipuhe

HSL:n ylläpitämän Helsingin seudun HELMET-liikenne-ennustejärjestelmän versio 1.0 otettiin käyttöön vuonna 2010. Sitä hyödynnettiin mm. Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman (HLJ 2011) laadinnassa ja sen osaselvityksissä, maankäyttö- ja verkkoselvityksissä, tie- ja joukkoliikenteen hinnoitteluselvityksissä sekä erilaisissa hanketason tarkasteluissa.

Saatujen kokemusten perusteella järjestelmää kehitettiin edelleen HLJ 2015-kierroksella. Liikennejärjestelmäkuvaukset tarkistettiin vuonna 2013. Myös lentoaseman ja satamien matkustajaliikenteen sekä tavaraliikenteen ennustemenettelyä kehitettiin.

Helsingin seudun työssäkäyntialueen sisäisen liikenteen kysyntämallit uudistettiin vuosina 2007–2008, 2012 ja 2014 tehtyjen liikennetutkimusten aineistojen pohjalta:

- Henkilöhaastattelututkimus eli Liikkumistutkimus (kenttätöitä syksyinä 2007–2008 ja 2012)
- Liityntäpysäköintitutkimus (kenttätöitä syksyinä 2008 ja 2014).
- Joukkoliikenteen määräpaikkatutkimus (syksyllä 2008)
- Ajoneuvoliikenteen määräpaikkatutkimus (syksyllä 2008).

Uusi versio 2.1 liikenne-ennustejärjestelmästä otettiin käyttöön kesällä 2014. Merkittävin käyttökohde on ollut Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma (HLJ 2015) ja sen vaikutusarviot.

Vuonna 2016 liikennejärjestelmäkuvauksia tarkennettiin ja korjattiin. Myös aluejakoa tihennettiin. Vuonna 2017 estimoitiin kysyntämallien versiot 3.0, joissa mm. pyöräily on erotettu omaksi kulkutavakseen. Malleissa selitetään em. tutkimuksissa havaittua käyttäytymistä vastuksilla, jotka on saatu sijoittelemalla vuosien 2008 ja 2012 kysyntä korjatulle vuoden 2016 verkolle. Saatuja malleja on käytetty mm. MAL 2019:n vaikutusarviotarkasteluissa.

Tämän julkaisun on HSL:ssä koonnut ja toimittanut Timo Elolähde. Julkaisussa esitellään liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit ja se koostuu kolmesta osasta. Järjestelmän osien kehittäjät ja raportin kirjoittajat ovat:

A Henkilöliikennemallit (HELMET 3.0)

Virpi Pastinen ja Annika Rantala (WSP Finland Oy)

Hannu Pesonen, Jyrki Rinta-Piirto, Paavo Moilanen ja Antti Rahiala (Strafica Oy)

Timo Elolähde, Jens West ja Pekka Rätty (HSL)

B Lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikenne (HELMET 3.0)

Jyrki Rinta-Piirto (Strafica Oy)

C Tavaraliikenteen kysyntä (HELMET 3.0)

Miikka Niinikoski (Strafica Oy)

Tarjonnasta eli liikennejärjestelmämalleista on tehty oma julkaisunsa. Siinä on osa:

D Liikennejärjestelmämallit 2017

Tiivistelmäsiivu

Julkaisija: HSL Helsingin seudun liikenne			
Toimittajat: Timo Elolähde, Pekka Rätty, Jens West		Päivämäärä 14.6.2019	
Julkaisun nimi: Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2017			
Rahoittaja / Toimeksiantaja: HSL Helsingin seudun liikenne			
Tiivistelmä:			
Tässä julkaisussa kuvataan Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämalleja, joita vuonna 2017 päivitettiin versioksi 3.0. Tarjonnasta on erillinen julkaisunsa. Helsingin seudun työssäkäyntialueella tarkoitetaan tässä laajaa 29 kunnan (2016 kuntajaolla) aluetta, johon kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi koko muu Uudenmaan maakunta ja Riihimäen seutukunta. Suurimpien liikennevirtojen kuvaamisessa on hyödynnetty neliporrasmallia. Version 2.1 tärkeimmät muutokset vuonna 2010 valmistuneeseen versioon 1.0 verrattuna olivat uudenlaiset Helsingin seudun autonomistusta kuvaavat mallit, lentoaseman ja matkustajasatamien matkustajaliikenteen huomioon otto sekä uudenlainen tapa ennustaa tavaraliikennettä. Myös tarjontamalleja päivitettiin mm. ruuhkamaksujen käsittelyn ja raskaan liikenteen sijoittelun osalta. Ennustejärjestelmän versiossa 3.0 pyöräily on erotettu omaksi kulkutavakseen. Lisäksi aluejakoa on tihennetty ja liikennejärjestelmäkuvauksia tarkennettu ja korjattu. A-osassa kuvattu henkilöliikenteen mallijärjestelmä koostuu 1) pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien (jotka yhdessä muodostavat Helsingin seudun 14 kuntaa) malleista 2) ympäryskuntien (lopun tarkastelualueesta) malleista ja 3) ulkoisen (29 kuntaan nähden) liikenteen ennustemenettelystä. Liikenne-ennustemallit perustuvat Helsingin työssäkäyntialueella tehtyihin liikennetutkimuksiin, joista keskeisinä vuosien 2007–2008 ja 2012 liikkumistutkimukset. Ulkoisen liikenteen ennustemenettely on sama kuin aiemmissa malliversioissa. Siinä hyödynnettiin mm. määräpaikkatutkimuksia ja tilastoja raideliikenteen määrästä. Liikenne-ennusteiden muita tärkeitä lähtötietoja olivat väestö- ja maankäyttötiedot sekä liikenteensijoitteluohjelmasta saatavat vastusmuuttujien (matka-aika, etäisyys, kustannus) arvot, jotka kuvaavat matkan ominaisuuksia eri kulkutapoja käyttäen. Tuotosmallit koostuvat tuotoskertoimista (matkaa/asukas/aikajakso). Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden malleissa matkat on jaettu tarkoituksen mukaan kuuteen ryhmään. Kulkutapa- ja suuntautumis-mallit ovat logittimalleja. Kulkutapavaihtoehtoja on neljä: jalankulku, pyöräily, joukkoliikenne ja henkilöauto (kuljettajana tai matkustajana). Ympäryskuntien malleissa noudatetaan samankaltaista periaatetta, mutta matkaryhmiä on vain kaksi ja kulkutapavaihtoehtoja kaksi (henkilöauto ja joukkoliikenne). Ympäryskuntien mallit ovat muuten samat kuin edellisissä versioissa, mutta aluejako on tihennetty. B-osassa kuvataan menettelyä, jolla on muodostettu lentoaseman ja matkustajasatamien matkustajaliikenteen nykytilanteen ja ennustevuosien kysyntämatriisit. Mallit ovat muuten samat kuin versiossa 2.1, mutta aluejako on tihennetty. Lisäksi lentoasemalle on määritelty oma sentroidinsa. C-osassa kerrotaan tavaraliikenteen kysynnän mallittamisesta. Perävaunullisten ja perävaunuttomien kuorma-autojen määrät ennustetaan erikseen. Järjestelmässä on varaus myös pakettiautokysynnän ennustamiseen. Nykytilanteen kysyntämatriisit muodostettiin edellisessä malliversiossa käytettyjen matriisien pohjalta. Ennustevuosien kysyntä muodostetaan nykykysynnän pohjalta käyttäen matriisien balansointia ja maankäyttöluvuista riippuvaisia tuotoskertoimia. Tieto kuorma-autoliikenteen määrästä tarvitaan liikenneverkon pohjakuormitukseksi, jotta henkilöautoliikenne saataisiin sijoiteltua oikein verkolle. Mallit ovat muuten samat kuin versiossa 2.1, mutta aluejako on tihennetty. Lisäksi matkustajasatamille on määritelty omat sentroidinsa.			
Avainsanat: liikenne-ennuste, kysyntämalli, neliporrasmalli, logittimalli, matkaryhmä, kulkutapa, hinnoittelu			
Sarjan nimi ja numero: HSL:n julkaisuja 5/2019			
ISSN 1798-6184 (pdf)		Kieli: Suomi	Sivuja: 204
ISBN 978-952-253-328-9 (pdf)			
HSL Helsingin seudun liikenne, PL 100, 00077 HSL, puhelin (09) 4766 4444			

Sammandragssida

Utgivare: HRT Helsingforsregionens trafik			
Redigerad av: Timo Elolähde, Pekka Rätty, Jens West		Datum 14.6.2019	
Publikationens titel: Efterfrågemodeller i Helsingfors pendlingsområdes trafikprognossystem 2017			
Finansiär / Uppdragsgivare: Helsingforsregionens Trafik			
Sammandrag:			
Den här publikationen beskriver efterfrågemodellerna i Helsingfors pendlingsregions trafikprognossystem, som år 2017 uppdaterades till version 3.0. En separat publikation beskriver utbudet. Med Helsingfors pendlingsregion avses här ett vidsträckt 29 kommuners (enligt 2016 års kommunindelning) område, till vilket förutom huvudstadsregionen hela övriga Nyland och Riihimäki ekonomiska region hör. Modelleringen av de stora trafikflödena sker i en s.k. fyrstegsmodell. De viktigaste förändringarna i version 2.1 jämfört med den år 2010 färdigställda version 1.0 är en ny bilinnehavsmodell, beaktande av flygfältets och färjeterminalernas persontrafik, samt en ny godstrafikmodell. Också utbudsmodellerna uppdaterades bl.a. med hantering av trängselavgifter och utläggning av tung trafik. I version 3.0 är cykeltrafiken avskild som ett eget trafikslag. Utöver detta är områdesindelningen förfinad och trafiknätets kodning förbättrad och korrigerad. Det i A-delen beskrivna modellsystemet för persontrafik består av 1) huvudstadsregionen och kranskommunerna (som tillsammans utgör Helsingforsregionens 14 kommuner), 2) de omliggande kommunerna (som utgör resten av modellområdet) samt prognosverktyget för extern trafik. De viktigaste underlagen för trafikprognosmodellerna är resvaneundersökningarna för Helsingfors pendlingsområde från åren 2007-2008 samt 2012. Prognosverktyget för extern trafik är det samma som i tidigare modellversioner. Det utnyttjar bl.a. resultat från målpunksundersökningar och tågrestestatistik. Andra viktiga ingångsdata till trafikprognoserna är befolknings- och markanvändningsdata samt resuppoeringsmatriser (restid, avstånd, kostnad) som beskriver resans egenskaper för olika färdslag från nätutläggningen. Resegenereringsmodellerna består av trafikstringstal (resor/invånare/tidsperiod). Huvudstadsregionens och kranskommunernas modeller är uppdelade enligt reseärenden i sex grupper. Färdmedels- och destinationsvalsmodellerna är logitmodeller. Färdmedlen är fyra: gång, cykel, kollektivtrafik och personbil (förare eller passagerare). De omliggande kommunernas modell följer liknande principer, men i den är antalet resegrupper endast två och färdmedelsalternativen endast personbil och kollektivtrafik. De omliggande kommunernas modeller är annars likadana som i tidigare versioner, men områdesindelningen är förfinad. B-delen beskriver metoden som genererar flygplatsens och färjeterminalernas persontrafik för nuläget och prognosåren. Modellerna är annars likadana som i version 2.1, men områdesindelningen är förfinad. Dessutom har flygplatsen fått en egen centroid. C-delen beskriver godstrafikens efterfrågemodell. Antalet lastbilar med och utan släp prognoseras skilt för sig. I systemet finns plats reserverad för prognosering av skåpbilstrafik. Nulägets efterfrågematriser sammanställdes utgående från matriserna i tidigare modellversioner. Prognosårens efterfrågan genereras utgående från nulägesefterfrågan med hjälp av matrisbalansering och trafikstringstal för olika typer av markanvändning. Prognosen för lastbilstrafik behövs för trafiknätets grundbelastning, så att personbilstrafiken utläggs korrekt på nätet. Modellerna är annars likadana som i version 2.1, men områdesindelningen är förfinad. Dessutom har färjeterminalerna fått egna centroider.			
Nyckelord: trafikprognos, efterfrågemodell, fyrstegsmodell, logitmodell, resegrupp, färdmedel, prissättning			
Publikationsseriens titel och nummer: HRT publikationer 5/2019			
ISSN 1798-6184 (pdf)	ISBN 978-952-253-328-9 (pdf)	Språk: Finska	Sidantal: 204
HRT Helsingforsregionens trafik, PB 100, 00077 HRT, tfn. (09) 4766 4444			

Abstract page

Published by: HSL Helsinki Region Transport			
Edited by: Timo Elolähde, Pekka Rätty, Jens West		Date of publication 14 June 2019	
Title of publication: Demand models for the Helsinki region commuting area traffic forecasting system 2017			
Financed by / Commissioned by: HSL Helsinki Region Transport			
Abstract: This publication describes the demand models created for the Helsinki region commuting area traffic forecasting system, updated to version 3.0 in 2017. There is a separate publication of the supply models. In this context, Helsinki region commuting area refers to a wide area consisting of 29 municipalities (using the 2016 municipal division). The area covers the Helsinki metropolitan area, the rest of the province of Uusimaa and the Riihimäki sub-region. The highest traffic flows have been modelled using a four-step model. The key changes in version 2.1 compared to version 1.0 completed in 2010 included new models to describe car ownership in the Helsinki region, consideration of passenger traffic at Helsinki Airport and passenger ports and a new way of forecasting freight traffic. The supply models were also updated in terms of processing of congestion charges and assignment of heavy-duty traffic. In version 3.0 of the forecasting system, cycling is considered a mode of transport of its own. In addition, a denser spatial division has been adopted, along with more detailed, revised descriptions of the transport system. The passenger traffic forecasting system described in Part A consists of 1) models for the metropolitan area and its neighboring municipalities (which together make up the 14 Helsinki region municipalities), 2) models for the surrounding municipalities (rest of the study area), and 3) process for forecasting external traffic (external referring to areas outside the 29 municipalities). The traffic forecast models are based on traffic surveys conducted in the Helsinki region commuting area, in particular the traffic surveys conducted in 2007-2008 and 2012. The external traffic forecasting process is the same as in the previous model versions and is based, among others, on origin-destination surveys and statistics on the volume of rail traffic. Other important initial data for traffic forecasts included population and land use data as well as impedances (travel time, distance, costs) describing the trip characteristics on different modes of transport provided by the traffic assignment software. Trip generation models consist of trip generation rates (number of trips per resident within a specific time period). In the models for residents of the metropolitan area and its neighboring municipalities, trips are divided into six groups according to the purpose of travel. Modal split and trip distribution models are logit models. There are four alternative modes of travel: walking, cycling, public transport, and car (as driver or as passenger). The models for the surrounding municipalities follow a similar principle but there are only two trip groups and only two alternative modes of travel (car and public transport). The models for the surrounding municipalities are the same as in the previous versions, but with a denser spatial division. Part B describes the procedure for developing the passenger traffic demand matrices for the airport and passenger ports in the current situation and for the forecast years. The models are the same as in version 2.1, but with a denser spatial division. In addition, a separate centroid has been defined for the airport. Part C deals with the modelling of freight traffic demand. Separate forecasts are created for the number of trucks with a trailer and trucks without a trailer. The system also has a provision for forecasting the demand for vans. The demand matrices for the current situation were developed on the basis of the matrices used in the previous model version. The demand for the forecast years is defined based on the current demand using matrix balancing and trip generation rates dependent on land use figures. Information about truck traffic volumes is needed to form the transport network base load to enable the correct assignment of car traffic on the network. The models are the same as in version 2.1, but with a denser spatial division. In addition, separate centroids have been defined for passenger ports.			
Keywords: traffic forecast, demand model, four-step model, logit model, trip group, mode of travel, pricing			
Publication series title and number: HSL publications 5/2019			
ISSN 1798-6184 (pdf)		Language: Finnish	
ISBN 978-952-253-328-9 (pdf)		Pages: 204	
HSL Helsinki Region Transport, P.O.Box 100, 00077 HSL, tel. +358 (0) 9 4766 4444			

Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2017

- A** Henkilöliikennemallit (HELMET 3.0)
- B** Lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikenne
(HELMET 3.0)
- C** Tavaraliikenteen kysyntä (HELMET 3.0)

Henkilöliikennemallit (HELMET 3.0)



Tiivistelmä

Työssä päivitettiin Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikenteen kysyntämallit (HELMET) pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien osalta. Henkilöliikenteen ennustemallijärjestelmä koostuu 1) Helsingin seudun (eli pääkaupunkiseudun ja 10 kehyskunnan) malleista 2) ympäryskuntien malleista ja 3) ulkoisen liikenteen ennustemenettelystä. Päivitystyön ulkopuolelle rajattiin kaksi viimeksi mainittua. Helsingin seudun työssäkäyntialueella tarkoitetaan tässä laajaa aluetta, johon kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi koko muu Uudenmaan maakunta (ml. entinen Itä-Uudenmaan maakunta) ja Riihimäen seutukunta.

Mallijärjestelmä on rakenteeltaan säilytetty muuten entisen kaltaisena, mutta siihen on lisätty uusi jalankulun osuutta kuvaava osio ja mallien kertoimet on päivitetty vastaamaan vuosina 2016–2017 päivitettyä nykytilanteen liikennejärjestelmäkuvausta ja vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistoa, joka sisältää tietoja noin 5000 asukkaan liikkumisesta yhden syysvuorokauden aikana.

Mallissa on suurimpien liikennevirtojen kuvaamisessa hyödynnetty neliporrasmallia. Työhön sisältyi Helsingin seudun matkatuotos-, kulkutapa- ja suuntautumismallien selittävien muuttujien muodostaminen, mallien estimointi ja suppea mallien testaaminen.

Matkatuotusmallit ja autonomistumallit perustuvat vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistoon. Kulkutapamalleissa ja suuntautumismalleissa on täydentävänä aineistona hyödynnetty myös aiempaa varsin laajaa Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimusta 2007–2008, joka sisältää tietoa noin 15 000 Helsingin seudun asukkaan liikkumisesta.

Liikenne-ennusteiden muita tärkeitä lähtötietoja ovat väestö- ja maankäyttötiedot sekä liikenteen sijoitteluohjelmasta saatavat vastusmuuttujien (matka-aika, etäisyys, kustannus) arvot, jotka kuvaavat matkan ominaisuuksia eri kulkutapoja käyttäen. Myös nämä tiedot on päivitetty uuteen malliin.

Tuotusmalleissa se, kuinka paljon matkoja tehdään, on kuvattu tuotoskertoimilla (matkaa/asukas/ aikajakso). Ne on saatu ristiintaulukoimalla tehtyjen matkojen määrät liikkumiseen vaikuttavien tekijöiden suhteen (ikä ja henkilöauton käyttömahdollisuus). Tuotoskertoimia sovelletaan asuinpaikan väestörakenteen mukaan.

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden malleissa matkat on jaettu tarkoituksen mukaan kuuteen ryhmään: 1) kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat, 2) kotiperäiset koulumatkat, 3) kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat, 4) kotiperäiset muut matkat, 5) työperäiset matkat ja 6) muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat. Kotiperäisten ostosmatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallit ovat (dummyjä lukuun ottamatta) samanlaiset kuin kotiperäisillä muilla matkoilla, mutta tuotusmallit ovat erilaiset. Kulkutapa- ja suuntautumismallit ovat logittimalleja lukuun ottamatta koulumatkoja, joiden kulkutapajakauma määritetään etäisyysjakauman avulla. Kulkutapavaihtoehtoja on neljä: jalankulku, pyöräily, joukkoliikenne ja henkilöauto (kuljettajana tai matkustajana).

Ympäryskuntien malleissa noudatetaan samankaltaista periaatetta, mutta matkaryhmiä on vain kaksi (työmatkat ja muut matkat) ja kulkutapavaihtoehtoja samoin kaksi (henkilöauto ja joukkoliikenne). Näitä malleja ei päivitetty tässä työssä, mutta ne on muutettu uuteen sijoittelualuejakoon.

Tuotos-, kulkutapa- ja suuntautumismallien lisäksi ennusteprosessi sisältää henkilöauton omistuksen ja käytön apumallit sekä huipputuntikertoimien apumallit. Myös nämä apumallit on päivitetty Helsingin seudulla.

Merkittävimpiä muutoksia aiempaan malliversioon verrattuna ovat: 1) Aluejakoja on tiennetty. 2) Kysyntäennuste lasketaan samalla aluejakoilla, jolla sijoittelutkin tehdään, joten vastusmatriiseja ei ole enää tarpeen aggregoida eikä matkamatriiseja hajottaa. 3) Tuotoksesta erotetaan logittimallilla jalankulumatkat ja jäljelle jääneisiin matkoihin sovelletaan entisen kaltaista menettelyä. 4) Kevyttä liikennettä koskevat osat on korvattu pyöräilyllä.

Muilla osin järjestelmä on samanlainen kuin versiossa 2.1. Myös ulkoisen liikenteen ennustemenettely on muutettu uuteen sijoittelualuejakoon, mutta muuten se perustuu versioon 1.0. Siinä hyödynnetään valtakunnallista määräraikkatutkimusten yhdistelmää 2001 ja tilastotietoja raideliikenteen määrästä.

Sammandrag

Sisällysluettelo

Liiteluettelo	8
Kuvaluettelo	9
Taulukkoluettelo	10
Käsitteitä	13
Lyhenteitä	33
1 Johdanto	34
1.1 Tausta, tavoite ja käytetty aineisto	34
1.2 Muutokset edellisiin versioihin verrattuna	35
1.3 Aluejaon tarkennus	38
1.4 Mallijärjestelmän yleisesittely	40
1.5 Ennustejärjestelmä	43
1.6 Testatut mallivaihtoehdot pääpiirteittäin ja perustelut valitulle järjestelmälle	43
1.6.1 Mallijärjestelmä kokonaisuutena	43
1.6.2 Helsingin seudun mallit	44
2 Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallit	46
2.1 Mallialue	46
2.2 Mallijärjestelmän yleiskuvaus	46
2.3 Tuotosmallit	47
2.3.1 Mallin kuvaus	47
2.3.2 Lähtöaineisto tuotosmalleja käytettäessä	49
2.3.3 Matkojen lähtöpaikan määrittäminen	49
2.4 Jalankulkumalli	54
2.4.1 Mallin muuttujavalinnat	54
2.4.2 Mallin estimointi ja muuttujat	56
2.5 Kulikutapamallit	59
2.5.1 Mallin muuttujat ja lähtötiedot	59
2.5.2 Estimointi	61
2.5.3 Kalibrointi	70
2.6 Suuntautumismallit	72
2.6.1 Mallin muuttujat ja lähtötiedot	72
2.6.2 Estimointi	74
2.6.3 Kalibrointi ja kehittämissuosituksat	76
3 Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit	77
3.1 Mallien päivitys	77
3.2 Mallialue	77
3.3 Mallijärjestelmän yleiskuvaus	77

3.4	Ympäryskuntien malli.....	78
3.4.1	Tuotokset	78
3.4.2	Kulikutavan valinta.....	78
3.4.3	Matkamäärät	81
3.5	Ulkoisen liikenteen malli.....	83
4	Apumallit.....	85
4.1	Autonomistuksen makromalli	85
4.2	Autonomistuksen osa-aluemalli	85
4.2.1	Mallin muuttajat ja lähtötiedot	85
4.2.2	Autoistumisaste.....	88
4.3	Henkilöauton pääasiallisen käytön malli	90
4.4	Jako henkilöauton kuljettajiin ja matkustajiin	91
4.5	Huipputuntikertoimet	92
4.6	Generaatio–attraktio-suunnattujen matriisien kääntö	93
4.7	Jakoluvut.....	94
4.8	Suuntautumiskorjaus	95
5	Ennustetestit.....	96
5.1	Testauksen tavoite ja sisältö.....	96
5.2	Kysyntämallin päivitysten testaus	97
5.2.1	Uuden ja vanhan mallin nykyennusteen 2012 vertailu HEHA 2012:n matkamääriin ja suuntautumiseen.....	97
5.2.2	Uuden mallin reagoivuus	98
6	Malliversioiden 2.5 ja 3.0 vertailu	103
6.1	Helmet-ennustemalliversioiden väliset erot	103
6.2	Työn tausta ja tavoitteet.....	105
6.3	Helmet 2.5 ja 3.0 -ennusteiden vertailu	105
6.3.1	Erot nykytilanteen ennusteissa	105
6.3.2	Erot mallin reagoinnissa liikenneverkon laajentamiseen	110
6.4	Helmet 3.0 matkustajamääräennusteet	114
6.5	Yhteenveto ja johtopäätökset	115
7	Ennusteiden laadinta.....	117
7.1	Ennusteprosessi	117
7.1.1	Periaate.....	117
7.1.2	Ennusteen iterointitarve	119
7.1.3	Helsingin seudun mallien ennusteprosessi.....	120
7.1.4	Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteprosessi	121
7.2	Eräiden lähtötietojen muodostamisesta.....	122

7.2.1 Joukkoliikennelipun tai autoilun hintamuutokset.....	122
7.2.2 Joukkoliikenteen nopeuttaminen.....	122
7.2.3 Ruuhkamaksut ja tietullit	122
7.2.4 Väestö- ja maankäyttötiedot	123
7.2.5 Autonomistumallin lähtötiedot	123
7.2.6 Matkatuotosluvut	123
7.2.7 Ennustevuosien tiedot.....	124
7.3 Vastusten muokkaus.....	124
Lähdeluettelo	125

Liiteluettelo

Liite 1. Alueiden numerointi	128
Liite 2. Joukkoliikennekustannukset	130
Liite 3. Henkilöautomatkan kustannukset.....	134
Liite 4. Yleistetty matkavastus ja ajan arvon määrittäminen	140
Liite 5. Helsingin seudun sisäisten matkojen määrän regressioanalyysi	144
Liite 6. Tuotoskertoimet	147
Liite 7. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien Helsingin seudulla.	148
Liite 8. Jalankulun osuudet erityyppisistä matkoista pääkaupunkiseudulla ja kehyskunnissa.....	149
Liite 9. Jalankulkumallin kertoimet.....	151
Liite 10. Kulikutapa- ja suuntautumismallien kertoimet	157
Liite 11. Generaatio–attraktio-suunnattujen matkojen kääntötarve eri ajankohtina Helsingin seudulla.	162
Liite 12. Estimoinneissa käytetyt väestö- ja työpaikkamäärät.	165
Liite 13. Autonomistumallin muuttajat.	166
Liite 14. Vastusten laskenta.....	168
Liite 15. Suuntautumiskorjauskertoimet.	169
Liite 16. Hankelistaukset skenaarioittain	175

Kuvaluettelo

Kuva 1. Kantakaupunki ja siihen kuuluvat sijoittelualueet.....	21
Kuva 2. Aluejaot.....	40
Kuva 3. Helsingin seudun työssäkäyntialue (kuntajako 2016).....	41
Kuva 4. Helsingin seudun sisäisen liikenteen nelivaiheinen liikenne-ennusteprosessi.....	46
Kuva 5. Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien seitsemän vuotta täyttäneiden asukkaiden matkojen koko vuorokauden tuotosluvut väestöryhmittäin Helsingin seudulla arkena.....	48
Kuva 6. Uusi mallirakenne.....	54
Kuva 7. Jalankulkumatkojen osuus keskimääräisenä arkivuorokautena pääkaupunkiseudulla ja pienten kaupunkien ja suurten kaupunkien ympäristössä sijaitsevilla kunnissa.....	55
Kuva 8. Eräiden väestöryhmien jalankulun osuus matkoista asuinkunnan tyytin ja autonomistuksen mukaan, koko vuosi keskimäärin.....	55
Kuva 9. Kulutapaestimoinnin vaiheet ja tehdyt estimoinnit kuvattuna.....	63
Kuva 10. Selitysasteet uudessa mallissa verrattuna vanhaan malliin.....	65
Kuva 11. Pääkaupunkiseudun kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	66
Kuva 12. Kehyskuntien kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	66
Kuva 13. Pääkaupunkiseudun ostos- ja muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	67
Kuva 14. Kehyskuntien ostos- ja muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	67
Kuva 15. Pääkaupunkiseudun työperäisten matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	68
Kuva 16. Kehyskuntien työperäisten matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	68
Kuva 17. Pääkaupunkiseudun muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	69
Kuva 18. Kehyskuntien muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.....	69
Kuva 19. Kotiperäisten koulumatkojen kulkutapaosuudet pituusluokittain.....	71
Kuva 20. Ajoneuvolla tehtyjen matkojen määrät eriennusteissa.....	98
Kuva 21. Helsingin seudulla tehtävien henkilöautomatkojen (ajon) määrä eri ennusteissa.....	99
Kuva 22. Helsingin seudulla tehtävien joukkoliikennematkojen (ajon) määrä eri ennusteissa.....	100
Kuva 23. Autoliikenteen kuormitusero 2016tod – 2016_075JL, aamuhuipputunti.....	101
Kuva 24. Metro- ja lähijunaliikenteen kuormitusero 2016tod – 2016_075JL, aamuhuipputunti.....	101
Kuva 25. HSL-bussiliikenteen kuormitusero 2016tod – 2016_075JL, aamuhuipputunti.....	102
Kuva 26. Alueille saapuvat henkilöauto- ja joukkoliikennematkat Helmet 2.5 ja 3.0 versioissa (vrk, 2016).....	106
Kuva 27. Alueilta lähtevät henkilöauto- ja joukkoliikennematkat Helmet 2.5 ja 3.0 versioissa (vrk, 2016).....	106
Kuva 28. Henkilöautoliikenteen nopeuksien erotus Helmet 3.0 – Helmet 2.5 (aht, 2016).....	107
Kuva 29. Henkilöautoliikenteen liikennemäärien erotus Helmet 3.0 – Helmet 2.5 (aht, 2016).....	108
Kuva 30. Vaihdon matkojen osuus kaikista alueilta lähtevistä matkoista (vrk, 2016).....	109
Kuva 31. Kahden tai useamman vaihdon matkojen osuus kaikista lähtevistä matkoista (vrk, 2016).....	109
Kuva 32. Joukkoliikennematkojen määrän muutos verkon laajentamisen seurauksena (ennustevuosi 2050).....	111

Kuva 33. Henkilöautomatkojen määrän muutos verkon laajentamisen seurauksena (ennustevuosi 2050).....	111
Kuva 34. Joukkoliikenteen matkamäärien erotus laajan ja suppean verkon välillä Helmet 3.0 -mallissa (aht, 2050).	112
Kuva 35. Joukkoliikenteen matkamäärien erotus laajan ja suppean verkon välillä Helmet 2.5 -mallissa (aht, 2050).	112
Kuva 36. Laajan ja suppean verkon välinen matkustajamäärien erotus Helmet 3.0 -mallissa (aht, 2050).....	113
Kuva 37. Laajan ja suppean verkon välinen matkustajamäärien erotus Helmet 2.5 -mallissa (aht, 2050).....	113
Kuva 38. Matkustajamäärät 2030 laajalla verkkovaihtoehdolla (Helmet 3.0).	114
Kuva 39. Matkustajamäärien erotus 2030 laajalla verkkovaihtoehdolla (ero Helmet 3.0 – Helmet 2.5).....	114
Kuva 40. Matkustajamäärät 2050 suppealla verkkovaihtoehdolla (Helmet 3.0).	115
Kuva 41. Matkustajamäärien erotus 2050 suppealla verkkovaihtoehdolla (ero Helmet 3.0 – Helmet 2.5).....	115
Kuva 42. Ennusteprosessin periaate.....	118
Kuva 43. Helsingin seudun ennusteiden laadinnan pääkohdat.	121
Kuva 44. Vuosien 2008 ja 2012 pysäköintivöhykkeet.	138
Kuva 45. Vuoden 2016 pysäköintivöhykkeet.....	139
Kuva 46. Matkatuotoksen keskiarvo eri-ikäisille henkilöille vuoden 2007 liikumistutkimusaineistossa arkivuorokautena (ma-to).	145
Kuva 47. Jalankulun osuudet havaintoaineistossa.	149
Kuva 48. Jalankulun osuudet mallilla Emmessä laskettuna.....	150

Taulukkuuettelo

Taulukko 1. Aamuhuipputunnin osuus aamuruuhkasta.	13
Taulukko 2. Iltahuipputunnin osuus iltaruuhkasta.	19
Taulukko 3. Päivätunnin osuus ruuhka-ajan ulkopuolisen 18 tunnin liikenteestä.	27
Taulukko 4. Alueiden lukumäärät eri vuosien aluejaoissa.	39
Taulukko 5. Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemallien osat.	42
Taulukko 6. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten PP-, JL- ja HA-matkojen määrät vuorokaudessa asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien.	53
Taulukko 7. Jalankulun muista kulkutavoista erottelevan mallin muuttujat.	57
Taulukko 8. Kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttujat.	64
Taulukko 9. Muiden kuin kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttujat.	64
Taulukko 10. Kalibroinnissa käytetyt kulkutapaosuudet pääkaupunkiseudun asukkaiden mallissa.	70
Taulukko 11. Kalibroinnissa käytetyt kulkutapaosuudet kehyskuntien asukkaiden mallissa.	71
Taulukko 12. Suuntautumismallin muuttujien määritelmiä.	73
Taulukko 13. Suuntautumismallin muuttujat eri matkaryhmissä.	74
Taulukko 14. Tuotosluvut (kaikki kulkutavat) ympäryskuntien asukkaiden matkoille.....	78
Taulukko 15. Ympäryskuntien kulkutapamallit.	80
Taulukko 16. Autottomien asutokuntien prosenttiosuuden P_0 osa-aluemalli.	87
Taulukko 17. Useamman auton asutokuntien prosenttiosuuden P_{2+} osa-aluemalli.	88
Taulukko 18. Kertoimet h_1 ja h_{2+} .(ikäryhmän vaikutus HAP-osuuksiin).....	91
Taulukko 19. Kertoimet a_0 , a_1 ja a_{2+} (alueiden vaikutus HAP-osuuksiin).	91

Taulukko 20. Henkilöauton keskipuorumitukset Helsingin seudulla matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (päivitetty HEHA2012-aineiston mukaisiksi HELMET 2.0 ja 2.1 -malliin).	91
Taulukko 21. Henkilöauton keskipuorumitukset ympäryskunnissa matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (HELMET 1.0 -mallin mukainen).	92
Taulukko 22. Huipputuntien ja päiväliikenteen keskitunnin osuudet ajankohdan muusta vastaavan kulkutavan liikenteestä Helsingin seudulla (Helsingin seudun asukkaat).	93
Taulukko 23. Jakolukujen laskennassa käytetyt matkatuotosluvut.	95
Taulukko 24. Asukasmäärien vertailu testiennusteissa.	96
Taulukko 25. Työpaikkamäärien vertailu testiennusteissa.	97
Taulukko 26. Malliversioiden välisiä muutoksia ja todennäköisiä vaikutuksia.	104
Taulukko 27. Kuljetapojen sijoittelutuloksia Helmet 3.0 ja 2.5 -malliversiolla (2016, aht).	109
Taulukko 28. Sijoittelu- ja ennustepankin sisältö pääpiirteittäin.	119
Taulukko 29. Alueiden numerointi kunnittain.	128
Taulukko 30. Ulkosityttöjen numerointi sekä verkon solmuavaruuden jako sentroidien osalta.	129
Taulukko 31. Tuettujen työmatkalippujen hintojen kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välillä. ..	133
Taulukko 32. Kuluttajahintaindeksi.	134
Taulukko 33. Helsinki, pysäköintihinnat vyöhykkeittäin (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto). ..	136
Taulukko 34. Helsingin kuluttajaindeksillä korjatut pysäköintihinnat vyöhykkeittäin vuoden 2012 hintatasossa.	137
Taulukko 35. Kevyen ajoneuvon matka-aikasäästöt 2010.	140
Taulukko 36. Ajan arvon määrittäminen matkaryhmittäin.	140
Taulukko 37. Matkan tarkoituksen määrittäminen lähtö- ja määräpaikan tyypin perusteella ajan arvon laskemista varten.	141
Taulukko 38. Lähtö- ja määräpaikkojen tyyppikoodit HEHA2012-aineistossa.	142
Taulukko 39. Matkaryhmien ajan arvo ja osuus suoritteesta.	142
Taulukko 40. Matkatuotokset Helsingin seudulla.	147
Taulukko 41. Pääkaupunkiseudun asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten henkilöauto-, joukkoliikenne ja polkupyörämatkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden.	148
Taulukko 42. Kehyskuntien asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten henkilöauto-, joukkoliikenne ja polkupyörämatkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden.	148
Taulukko 43. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden kotiperäisille työ- ja opiskelumatkoille.	151
Taulukko 44. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden kotiperäisille työ- ja opiskelumatkoille.	151
Taulukko 45. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden kotiperäisille koulumatkoille.	152
Taulukko 46. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden kotiperäisille koulumatkoille.	152
Taulukko 47. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille.	153
Taulukko 48. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille.	153
Taulukko 49. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden muille kotiperäisille matkoille.	154
Taulukko 50. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden muille kotiperäisille matkoille.	154
Taulukko 51. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden työperäisille matkoille.	155

Taulukko 52. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden työperäisille matkoille.	155
Taulukko 53. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden muille kuin työ- ja kotiperäisille matkoille.....	156
Taulukko 54. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden muille kuin työ- ja kotiperäisille matkoille.....	156
Taulukko 55. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit kotiperäisille työ- ja opiskelumatkoille.	157
Taulukko 56. Suuntautumismallit kotiperäisille koulumatkoille.....	158
Taulukko 57. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille. ..	158
Taulukko 58. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit kotiperäisille muille matkoille.	159
Taulukko 59. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit työperäisille matkoille.	160
Taulukko 60. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit muille kuin työ- tai kotiperäisille matkoille.	161
Taulukko 61. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla.	162
Taulukko 62. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä koulumatkoilla.	163
Taulukko 63. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla.	163
Taulukko 64. Kotoa poispäin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä muilla matkoilla.	164
Taulukko 65. Työpaikalta poispäin käännettävien matkojen osuudet työperäisillä matkoilla.	164
Taulukko 66. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla.	169
Taulukko 67. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä koulumatkoilla.	170
Taulukko 68. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla.	171
Taulukko 69. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä muilla matkoilla.....	172
Taulukko 70. Suuntautumiskorjauskertoimet työperäisillä matkoilla.	173
Taulukko 71. Suuntautumiskorjauskertoimet muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla.	174
Taulukko 72. Autoverkon hankkeet (ennustevuosi 2030).	175
Taulukko 73. Joukkoliikenneverkon hankkeet (ennustevuosi 2030).....	176
Taulukko 74. Autoverkon hankkeet (ennustevuosi 2050).	177
Taulukko 75. Joukkoliikenneverkon hankkeet (ennustevuosi 2050).....	178

Käsitteitä

Aamuhuipputunti (AHT)

Aamuhuipputunnilla tarkoitetaan yhden tunnin mittaista klo 6:00 ja 8:59 välille ajoittuvaa ajankoh-
taa, jolloin tarkasteltavan kulkutavan alkavien matkojen määrä on suurimmillaan. Aamuhuipputuntia
ei ole siis sidottu tarkkaan kellonaikaan vaan se voi vaihdella kulkutapojen välillä. Aiemmin HEL-
MET 1.0 -versiossa aamuhuipputunnilla tarkoitettiin klo 7:15–8:14 (minuutin tarkkuudella) alkavia
matkoja kulkutavasta riippumatta. HEHA2012-aineiston mukaan joukkoliikenteen aamuhuipputunti
osuu klo 7:15–8:14, mutta henkilöautolla kuljettajana tehtyjen matkojen ja kevytliikenteen huippu-
tunnit osuvat ajanjaksolle klo 7:30–8:29.

Koska aamulla ruuhkahuippu kulkee aaltona kohti Helsingin keskustaa, huipputunnin määrittely
matkan päättymisajan perusteella lähtöajan asemesta voisi johtaa parempaan tulokseen Helsingin
keskustaa ajatellen. Näin ei voida kuitenkaan tehdä, koska matkamäärät saadaan koko vuorokau-
den tuotoksista, jotka on laskettu lähtöajan mukaan. Iltaruuhkassa vastaavaa ongelmaa ei Helsin-
gin keskustan näkökulmasta ole.

Aamuhuipputuntikerroin ilmaisee, kuinka suuri osa aamuruuhkan liikenteestä osuu aamuhuipputun-
tiin. Alla olevassa taulukossa on vertailtu tuntiliikenteen osuuksia eri aineistoissa. Tummennetulla
on merkitty uudet (HELMET-versioissa 2.0, 2.1 ja 3.0 käytettävät) aamuhuipputuntikertoimet pro-
sentteina ilmaistuna.

Taulukko 1. Aamuhuipputunnin osuus aamuruuhkasta.

	HA kuljettaja	HA kuljettaja ja matkustaja	joukko- liikenne	pyöräily	(kevytliikenne)
matkan lähtöajankohta HELMET 2.0, 2.1 ja 3.0 (ajankohta vaihtuva)	7:30–8:29	7:30–8:29	7:15–8:14	7:30–8:29	7:30–8:29
HELMET 3.0, perustuu HEHA2012-aineistoon	47,11 %	48,31 %	47,45 %	61,30 %	
HELMET 2.0 ja 2.1, perustuu HEHA2012-aineistoon	47,11 %	48,31 %	47,45 %		54,97 %
HELMET 1.0 (klo 7.15–8.14), perustuu HEHA2007–2008- aineistoon	47,7 %	49,0 %	53,4 %		53,5 %

On todennäköistä, että jatkossakin ruuhkahuippu liikkuu ja laajenee työajan ym. joustojen ja ruuh-
kansiedon mukaan. Siten kiinteä huipputuntikerroin ei erityisen hyvin kuvaa tapahtumia. Mallitekni-
sistä syistä sijoitteluja varten huipputuntikertoimet kuitenkin tarvitaan, ja nyt siis huipputunnilla tar-
koitetaan kunkin kulkutavan omaa tunnin mittaista liikenteen huippuajankohtaa, olipa tarkka ajan-
kohta mikä hyvänsä ruuhka-aikana.

Aamuruuhka (AH)

Aamuruuhkalla tarkoitetaan tässä kolmen tunnin ajanjaksolla klo 6:00–8:59 (minuutin tarkkuudella)
alkavia matkoja.

Aggregoida

Sana aggregoida on synonyymi sanalle yhdistää. Ennustejärjestelmässä tätä tarvitaan muutettaessa tiheässä sijoittelualuejaossa olevia matriiseja karkeampaan ennustealuejakoon. Matkamäärät aggregoidaan summaamalla, vastukset laskemalla niistä painotettu keskiarvo. Tässä ennustejärjestelmässä painoina käytetään jakolukuvektoreita.

HELMET-versiossa 3.0 kysyntä lasketaan samassa tiheässä aluejaossa, jolla sijoittelutkin tehdään. Niinpä aggregointia tarvitaan enää vain yhteenvetotulosteiden teossa.

Ajankohdan liikenne

Määrätyn ajankohdan liikenteellä tarkoitetaan tänä ajankohtana alkavien matkojen määrää.

Arkivuorokausiliikenne

Helsingin seudun työssäkäyntialueen mallit on laadittu keskimääräiselle maanantain ja torstain väliselle arkivuorokausiliikenteelle. Täsmällisesti arkivuorokaudella tarkoitetaan keskimääräistä klo 04:00 – klo 03:59 välistä 24 tunnin jakson liikennettä maanantai aamuyön ja perjantai aamuyön välillä syys–marraskuussa. Kellonajat ovat matkan alkamisaikoja minuutin tarkkuudella.

Aseman vaikutusalue

Aseman vaikutusalueella tarkoitetaan tässä ennustealuetta, jolla asema sijaitsee. Tietoa käytetään kehyskunnissa HSL-alueen ulkopuolella joukkoliikennekustannusten arviointiin. Mikäli lähtö- tai määräpaikka sijaitsee samalla ennustealueella kuin juna-asema, oletetaan, että liityntämatkaan liittyviä kustannuksia ei matkan kyseiseltä osalta tule.

Asuntokunta

Liikenteen kysyntämalleissa esiintyy muuttuja autoja/asuntokunta. Asuntokunnan muodostavat kaikki samassa asuinhuoneistossa vakinaisesti asuvat henkilöt. Väestön keskusrekisterin mukaan vakinaisesti laitoksissa kirjoilla olevat, asunnottomat, ulkomailla ja tietymättömissä olevat henkilöt eivät väestölaskennassa muodosta asuntokuntia. Asuntolarakennuksiksi luokitelluissa rakennuksissa asuvat henkilöt, joiden asunto ei täytä asuinhuoneiston määritelmää, eivät muodosta asuntokuntia. Vuoden 1980 väestölaskennassa myös näistä henkilöistä muodostettiin asuntokuntia.

Asuntokuntakäsite otettiin käyttöön vuoden 1980 väestölaskennassa. Sitä aikaisemmissa laskennoissa käytettiin ruokakuntakäsitettä. Ruokakunnan katsottiin muodostuvan yhdessä asuvista perheenjäsenistä ja muista henkilöistä, joilla oli yhteinen ruokatalous. Alivuokralainen, jolla oli oma ruokatalous, muodosti oman ruokakuntansa. Vuodesta 1980 alivuokralainen kuuluu samaan asuntokuntaan muiden asunnossa asuvien kanssa.

Ennustemakroissa esiintyy käsite autoa/ruokakunta. Tällä tarkoitetaan kuitenkin samaa kuin autoa/asuntokunta.

Attraktio

Attraktiolla tarkoitetaan matkojen suuntautumismallien yhteydessä määrätyn alueen houkuttelevuutta määräpaikkana.

Autoistumisaste

Autoistumisasteella tarkoitetaan tässä autojen määrää tuhatta asukasta kohti. Käytetään myös termiä autotiheys.

Autonomistus

Autonomistuksella tarkoitetaan asutokuntien jakautumista autottomiin, yhden auton ja kahden tai useamman auton talouksiin.

Auton käyttömahdollisuus

Henkilö luetaan henkilöauton pääasiallinen käyttäjäksi (HAP), jos kotitaloudella on oma tai työsuhdeauto, henkilöllä on ajokortti, hän on täysi-ikäinen ja hän on ilmoittanut liikkumistutkimuksessa, että hänellä on henkilöauto käytössään aina tai lähes aina. Muista henkilöistä käytetään lyhennettä EHAP eli Ei-HenkilöAuton-Pääasiallinen käyttäjä. Pakettiautoja ei ole sisällytetty tähän määritelmään.

Binäärimuuttuja

Binäärimuuttujalla tarkoitetaan muuttujaa, joka voi saada arvon nolla tai yksi. Binäärimuuttujista käytetään usein muissa yhteyksissä myös nimitystä 0/1-muuttuja tai dummy-muuttuja. Sen kerrointa kutsutaan vaihtoehtokohtaiseksi vakioksi. Binäärimuuttujat ovat luonteeltaan luokittelumuuttujia, joilla halutaan testata jonkin ilmiön olemassaoloa. Binäärimuuttujaa käytetään tyypillisesti ilmaisemaan esimerkiksi, onko perheessä henkilöautoa (arvo yksi) vai ei (arvo nolla). Toinen käyttötapa on ajatella, että jonkin vaihtoehdon hyötyfunktiossa (esimerkiksi henkilöauto kulkutapana) oleva vakio on oikeastaan vakio kertaa yksi (eli on totta, että kyseessä on henkilöauto) ja muissa vaihtoehtoissa ko. binäärimuuttuja saa arvon nolla.

Ei-kotiperäinen matka

Matka, jonka kumpikaan pää ei ole oma koti. Tässä työssä on nämä matkat jaettu kahdeksi matkaryhmäksi: työperäiset matkat sekä muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

Ennustealue

Ennustealueilla tarkoitetaan maantieteellisesti rajattuja alueita, joiden välille ennustejärjestelmän aiemmissa versioissa laskettiin liikennevirrat. Versiossa 3.0 kysyntä lasketaan samalla tiheällä aluejaolla, jolla sijoittelutkin tehdään, joten ennustealueita tarvitaan enää tulosten aggregoinnissa. Lisäksi osa ympäryskuntien mallin lähtötiedoista (mm. erilaiset osuudet ja nykytilanteen kysyntä) on edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta arvot monistetaan tai hajotetaan vuoden 2016 sijoittelualueille.

Ennustealueet on numeroitu Helsingin seudun työssäkäyntialueella seuraavasti:

- 010–599: pääkaupunkiseutu
- 600–1599: kehyskunnat
- 1600–3099: ympäryskunnat.

Useimmissa tapauksissa ennustealuekoodin sataluku on sama kuin sijoittelualueen tuhatluku, esimerkiksi Helsinki on jaettu ennustealueisiin 10–160 ja Espoo alueisiin 200–293. Ennustealueet on jaettu Helsingissä edelleen sijoittelualueisiin 101–1603 ja Espoossa alueisiin 2001–2933. Jos ennustealuetta ei ole jaettu, sitä vastaavan sijoittelualueen numero on muodostettu lisäämällä nolla

ennustealueen numeron loppuun, esimerkiksi ennustealue 26 on sama kuin sijoittelualue 260. Pukkilassa koko kunta on yhtenä alueena ja sijoittelualue 25 000 on sama kuin ennustealue 2500. Joissakin tapauksissa ennustealueella on kuitenkin niin paljon¹ sijoittelualueita, että niiden aluekoodia varten on tarvittu kaksi ennustealuekoodia.

Kaikki aluenumerot eivät ole käytössä. Alkuperäisiin HELMET 1.0 -malleihin verrattuna ennustealuiden määrä koko työssäkäyntialueella kasvoi versiossa 2.0 yhdellä 267:ään (ennen 266), joista 150 pääkaupunkiseudulla. Versiossa 3.0 sekä ennuste- että sijoittelualuejakoa tihennettiin Helsingin seudulla niin, että ennustealuiden määrä kasvoi 654:än. Ympäryskunnissa numerointi muuttui mm. kuntaliitosten takia, mutta alueiden määrä ei muuttunut.

Ennustejärjestelmä

Liikenne-ennustejärjestelmään (tai lyhyemmin ennustejärjestelmään) kuuluvat mallijärjestelmän lisäksi tarvittavat lähtötiedot, joita ovat mm. liikenneverkot, joukkoliikennejärjestelmän kuvaus sekä maankäyttötiedot. Tässä ennustejärjestelmä on toteutettu Emme-liikennesuunnitteluohjelmiston (INRO 1998) koodikielellä (makroilla).

Ennustemakro

Ennustemakro on makro, jota käytetään ennusteen teossa (ks. makro).

Epälineaarinen

Epälineaarinen tarkoittaa matematiikassa systeemiä, jonka käyttäytyminen ei ole ilmaistavissa kuvailijoidensa summana.

Alla on esimerkki muuttujan x suhteen lineaarisesta mallista, jossa y on selitettävä ilmiö, x on selittävä muuttuja sekä b ja c mallin kertoimia:

$$y = bx + c.$$

Alla on esimerkki muuttujan x suhteen epälineaarisesta mallista, jossa y on selitettävä ilmiö, x on selittävä muuttuja sekä a , b ja c mallin kertoimia:

$$y = ax^2 + bx + c.$$

Esikaupunki

Aluetta, joka on liitetty Helsinkiin 1.1.1946 jälkeen, kutsutaan esikaupungiksi (vertaa kantakaupunki). Esikaupunki koostuu sijoittelualueista 244, 367–368, 1001–1520 ja 1541–1603. Kantakaupungin ja esikaupunkien välinen raja kulkee ennustealuiden 24 ja 36 poikki.

Estimoida

Estimoida on matemaattisessa mielessä synonyymi käsitteelle arvioida. Termiä kuitenkin käytetään usein merkityksessä määrittää mallikaavan parametreit.

¹ Jotta tilaa olisi mahdollisesti myöhemmin tehtäville aluejaon tihennyksille, päätettiin varata kaksi ennustealunumeroa, jos ennustealueella on vähintään kahdeksan sijoittelualuetta. Esimerkiksi Helsingin ennustealue 11 koostuu sijoittelualueista 111–118, joten aluetta 12 ei ole, vaan seuraava aluenumero on 13. Ennustealue 106 koostuu sijoittelualueista 1061–1069 ja 1071, joten ennustealuetta 107 ei ole (eikä sijoittelualuetta 1070), vaan seuraava aluenumero on 108.

Muodostetut mallit ovat tyypiltään pääosin logittimalleja. Mm. kirjassa Ben-Akiva & Lerman 1991 kuvattujen logittimallien estimoinnin lähtökohtana on niin kutsuttu suurimman uskottavuuden menetelmä² (maximum likelihood).

Generaatio-atraktio-suunnattu matka

Matka generaatioalueelta attraktioalueelle. Jos esimerkiksi asuinalue generoi keskimäärin 0,4 kotiperäistä työmatkaa yhtä työkäistä kohden vuorokaudessa ja asuinalueella on sata työkäistä asukasta, matkamatriisiin muodostuu 40 matkaa kyseiseltä asuinalueelta eri työpaikka-alueille mutta ei yhtään vastakkaiseen suuntaan, vaikka osa matkoista todellisuudessa tehdäänkin työpaikalta kohti. Vertaa lähtöpaikka-määräpaikka-suunnattu matka.

Generoida

Generoida on synonyymi sanalle tuottaa. Käsitettä käytetään usein matkatuotosten yhteydessä, kun puhutaan alueen (yleensä asuinalueen) generoimista eli tuottamista matkoista.

HEHA2007–2008

Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimus (lyhenne tulee sanasta henkilöhaastattelu), jossa selvitettiin pääkaupunkiseudulla, kehyskunnissa ja ympäryskunnissa asuvien liikkumista. Tutkimus toteutettiin syksyllä 2007 ja 2008 matkapäiväkirjakselyinä, jossa seurattiin kunkin henkilön liikkumista yhtenä arkipäivänä maanantaista torstaihin. Tutkimuksen tuloksia on julkaisussa Vihervuori ym. 2010.

HELMET 1.0 -mallit estimoitiin tämän aineiston pohjalta. Aineistoa käytettiin myös tässä julkaisussa kuvattuun mallien päivitykseen.

HEHA2012

Helsingin seudun liikkumistutkimus, jossa selvitettiin pääkaupunkiseudulla ja kehyskunnissa asuvien liikkumista. Tutkimus toteutettiin syksyllä 2012 matkapäiväkirjakselyinä, jossa seurattiin kunkin henkilön liikkumista yhtenä arkipäivänä maanantaista torstaihin. Tutkimuksen tuloksia on julkaisussa Lindeqvist ym. 2013.

HELMET-mallien päivitykset (versiot 2.0, 2.1 ja 3.0) perustuvat liikkumiskäyttäytymisen muutosten osalta juuri tähän aineistoon.

HELMET 1.0

Ensimmäinen, vuonna 2010 valmistunut versio henkilöliikenteen kysyntämallista. Lyhennettä HELMET käytetään myös koko liikenne-ennustejärjestelmän nimenä.

HELMET 2.0

Kesällä 2013 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallista. Suurimpia eroja versioon 1.0 nähden olivat Helsingin seudun henkilöliikennemallien päivittäminen HEHA2012-aineistoa käyttäen, pienet muutokset aluejaossa ja autonomistumallin muuttaminen. Mallin hintatasoa muutettiin päivityksessä niin, että hinnat ilmaistiin vuoden 2012 hintatasossa.

² Suurimman uskottavuuden menetelmästä lisätietoja saa optimointiopin teorioista.

Versio 2.0 oli eräänlainen väliversio, jota ei otettu laajempaan tuotantokäyttöön, mutta sitä varten tehdyt muutokset ovat mukana versiossa 2.1.

HELMET 2.1

Keväällä 2014 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallista. Suurimpia muutoksia versioon 2.0 nähden olivat tavaraliikenteen ennuste- ja sijoittelumenettelyjen muuttaminen, lentoasemaan ja matkustajasatamiin liittyvät korjausmenettely, viivytysfunktioiden muuttaminen sekä Helsingin seudun henkilöliikennemallien kulkutapa- ja suuntautumismallien sekä autonomistumallin uudelleenestimointi vastaamaan em. muutoksia.

HELMET 3.0

Vuoden 2018 alussa valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallista. Siinä jalankulkumatkat erotetaan tuotoksesta jo prosessin alussa ja jäljelle jääneeseen tuotokseen sovelletaan kulkutavanvalinta- ja suuntautumismalleja, joissa kevyt liikenne on korvattu pyöräilyllä. Lisäksi aluejako on huomattavasti tiheimpi kuin aiemmissa versioissa ja tihennettyä sijoittelualuejakoa käytetään myös kysyntäennusteen laskemisessa.

Helsingin seudun työssäkäyntialue

Helsingin seudun työssäkäyntialueella tarkoitetaan tässä raportissa laajaa aluetta, johon kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi koko muu Uudenmaan maakunta (ml. entinen Itä-Uudenmaan maakunta) ja Riihimäen seutukunta. Työssäkäyntialueella ei siis viitata tässä Tilastokeskuksen käyttämään työssäkäyntialueen määritelmään.

Helsingin seutu

Helsingin seudulla tarkoitetaan tässä raportissa pääkaupunkiseutua ja kehyskuntia. Helsingin seutu kattaa kaikkiaan 14 kuntaa, jotka ovat Helsinki, Vantaa, Espoo, Kauniainen, Kirkkonummi, Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Kerava, Järvenpää, Mäntsälä, Pornainen ja Sipoo.

Henkilöauton pääasiallinen käyttäjä (HAP)

Ks. auton käyttömahdollisuus

HSL-alue

Helsingin seudun liikenne –kuntayhtymän (HSL) jäsenkuntien muodostama alue, jonka sisäisessä joukkoliikenteessä käytetään HSL:n taksa- ja lippujärjestelmää. HSL aloitti toimintansa 1.1.2010, mistä alkaen jäsenkuntia ovat olleet Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Kerava ja Kirkkonummi. Jäseniksi liittyivät 1.1.2012 alkaen Sipoo sekä 1.1.2018 alkaen Tuusula ja Siuntio. HSL-alueen laajuus siis vaihtelee eri ennustevuosina, mikä on otettava huomioon joukkoliikenteen kustannusmatrizeissa.

Hyötyfunktio

Hyödyllä tarkoitetaan tässä yhteydessä kulkutavan tai matkakohteen valinnalla saavutettavaa hyötyä tai haittaa. Hyötyfunktio ilmaisee hyödyn matemaattisesti. Hyötyfunktio on yksikötön ilmaisu hyödyille. Hyötyteoriassa hyötyfunktion arvo yksi ilmaisee suurinta mahdollista saavutettavaa hyötyä ja arvo nolla huonointa mahdollista arvoa.

Logittimallien yhteydessä normeerausta ei kuitenkaan tehdä edellä kuvatulla tavalla välille 0–1, vaan hyötyfunktio voi periaatteessa saada minkä tahansa positiivisen tai negatiivisen reaaliarvon. Normeeraavana tekijänä on oletus, että vaihtoehtojen valinnan kokonaistodennäköisyys on yksi, eli jokin valinta tehdään varmasti ja että muita vaihtoehtoja tarkastelun ulkopuolella ei ole. Logittimallissa hyötyfunktio oletetaan myös lineaarisiksi kertoimien suhteen, jolloin tyypillinen hyötyfunktio näyttää seuraavalta (esimerkkinä henkilöauton hyötyfunktio):

$$U_{HA,i} = \beta_1 * \text{matka} - \text{aika} + \beta_2 * \log(\text{ajokustannus}) + \beta_3 * \text{pysäköinti kustannus} + \beta_{HA} + \varepsilon_i$$

Esimerkissä $\beta_1 \dots \beta_3$ ovat muuttujien kertoimia, jotka suhteuttavat matka-ajan ja kustannukset hyötyarvoltaan samanarvoisiksi, ja kerroin β_{HA} on vaihtoehtokohtainen vakio (joka tässä tapauksessa on myös kulkutapakohtainen vakio), joka kuvaa henkilöauton käytön mukavuutta tai epämukavuutta suhteessa muihin vaihtoehtoihin kulkutapoihin. Sitä voidaan pitää myös binäärimuuttujan kertoimena. Virhetermi ε_i kuvaa yksilöllisiä tunnistamattomia eroja kulkutavan valinnassa. Huomaa, että vaikka hyötyfunktio onkin lineaarinen kertoimien suhteen, sen muuttujat eivät välttämättä ole lineaarisia (esimerkiksi muuttuja $\ln(\text{ajokustannus})$ on epälineaarinen).

Iltahuipputunti (IHT)

Iltahuipputunnilla tarkoitetaan yhden tunnin mittaista klo 15:00 ja 17:59 välille ajoittuvaa ajankohdtaa, jolloin tarkasteltavan kulkutavan alkavien matkojen määrä on korkeimmillaan. Iltahuipputuntia ei ole siis sidottu tarkkaan kellonaikaan vaan se voi vaihdella kulkutapojen välillä. Aiemmin HELMET 1.0 -versiossa iltahuipputunnilla tarkoitettiin klo 16:00–16:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja kulkutavasta riippumatta. HEHA2012-aineiston mukaan joukkoliikenteen ja henkilöautolla kuljettajana tehtyjen matkojen iltahuipputunti osuu klo 15:30–16:29, mutta kevytliikenteen huipputunnit osuvat ajanjaksolle klo 16:15–17:14.

Iltahuipputuntikerroin ilmaisee, kuinka suuri osa iltaruuhkan liikenteestä osuu iltahuipputuntiin. Alla olevassa taulukossa on vertailtu tuntiliikenteen osuuksia eri aineistoissa. Tummennetulla on merkitty uudet (HELMET-versioissa 2.0, 2.1 ja 3.0 käytettävät) iltahuipputuntikertoimet prosentteina ilmaistuna.

Taulukko 2. Iltahuipputunnin osuus iltaruuhkasta.

	HA kuljettaja	HA kuljettaja ja matkustaja	joukko-liikenne	pyöräily	(kevytliikenne)
matkan lähtöajankohta HELMET 2.0, 2.1 ja 3.0 (ajankohta vaihtuva),	15:30–16:29	15:30–16:29	15:30–16:29	16:15–17:14	16:15–17:14
HELMET 3.0, perustuu HEHA2012 aineistoon	37,59 %	35,49 %	45,58 %	38,80 %	
HELMET 2.0 ja 2.1, perustuu HEHA2012 aineistoon	37,59 %	35,49 %	45,58 %		37,28 %
HELMET 1.0 (klo 16.00–16.59), perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	39,8 %	38,6 %	39,3 %		34,2 %

Iltaruuhka (IH)

Iltaruuhkalla tarkoitetaan tässä kolmen tunnin ajanjaksolla klo 15:00–17:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja.

Iterointi

Ks. konvergoida.

Jakoluku

Suhdeluku, jolla suuren alueen tieto (esimerkiksi asukasmäärä) voidaan jakaa sen pienemmille osa-alueille. Jakolukuja tarvitaan myös, kun kahden suuren alueen välinen matkamäärä pitää jakaa niiden osa-alueiden väliseksi matkoiksi (ns. matriisin hajotus). Jakoluvut perustuvat yleensä asukasta työpaikkamäärästä laskettuihin suhteisiin, mutta tilanteen mukaan jakoperusteina voidaan käyttää myös muita muuttujia. Tässä ennustejärjestelmässä jakolukuja käytetään myös painokertoimina aggregoitaessa vastusmatriiseja.

Jousto

Jousto³ tai elastisuus tarkoittaa taloustieteissä hieman asiaa yksinkertaistaen yhden muuttujan prosenttimuutosta toisen muuttujan prosenttimuutokseen nähden. Yleisemmin tarkasteltu jousto on hyödykkeen kysynnän hintajousto, mutta tarkasteltavana muuttujana voi olla vastaavasti myös esimerkiksi aika. Kysynnän hintajousto tarkoittaa prosentuaalista muutosta kulutuksen määrässä, kun hinta muuttuu yhden prosentin. Kulutapamalleissa kulutuksella tarkoitetaan eri kulkutapojen käytön osuutta.

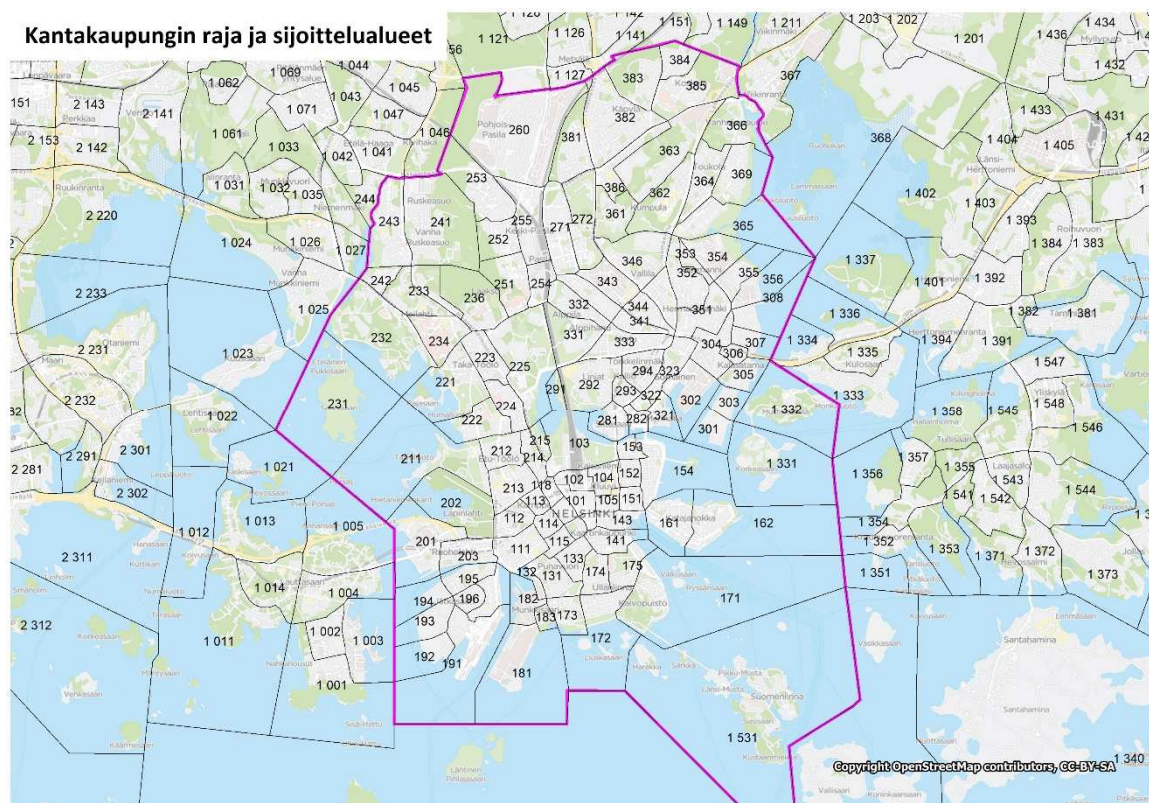
Suora hintajousto tarkoittaa prosentuaalista muutosta hyödykkeen kulutuksen määrässä, kun hyödykkeen hinta muuttuu yhden prosentin. Siten esimerkiksi joukkoliikenteen suora hintajousto tarkoittaa joukkoliikenteen kysynnän prosenttimuutosta, kun joukkoliikenteen hinta muuttuu yhden prosentin verran.

Hinnan ristijousto tarkoittaa prosentuaalista muutosta vaihtoehtoisen hyödykkeen kulutuksen määrässä, kun jonkin muun hyödykkeen hinta muuttuu yhden prosentin. Siten esimerkiksi joukkoliikenteen hinnan ristijousto henkilöautoiluun nähden tarkoittaa henkilöautoilun kysynnän prosenttimuutosta, kun joukkoliikenteen hinta muuttuu yhden prosentin verran.

Kantakaupunki

Kantakaupungilla tarkoitetaan aluetta, joka kuului Helsinkiin jo ennen 1.1.1946 tehtyä suurta alueliitosta (vertaa esikaupunki). Kantakaupunki koostuu sijoittelualueista 101–243, 251–366, 369–386 ja 1531–1532 (Kuva 1). Kantakaupungin ja esikaupunkien välinen raja kulkee ennustealueiden 24 ja 36 poikki.

³ Joustokäsitteen matemaattista taustaa on kuvattu tarkemmin differentiaalilaskentaa ja differentiaaliyhtälöitä koskevissa teorioissa.



Kuva 1. Kantakaupunki ja siihen kuuluvat sijoittelualueet.

Kehyskunnat

Kehyskuntia ovat Kirkkonummi, Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Kerava, Järvenpää, Mäntsälä, Pornainen ja Sipoo. Niistä käytetään myös nimeä Kuuma-kunnat tai Kuuma-alue. Sijoittelualueet on numeroitu kunnittain kehyskuntien alueella seuraavasti:

- 6000-alkuiset: Kirkkonummi
- 7000-alkuiset: Vihti
- 8000-alkuiset: Nurmijärvi
- 9000-alkuiset: Tuusula
- 10000-alkuiset: Kerava
- 11000-alkuiset: Järvenpää
- 12000-alkuiset: Sipoo
- 13000-alkuiset: Mäntsälä
- 14000-alkuiset: Hyvinkää
- 15000-alkuiset: Pornainen.

Kokotekijä

Kokotekijää⁴ käytetään matkojen suuntautumisen mallissa kuvaamaan alueen houkuttelevuutta. Maankäytön kokotekijä on eri maankäyttötyyppien houkuttelevuutta kuvaavien muuttujien painotettu summa. Muuttujia voivat olla esimerkiksi väestömäärä, työpaikkamäärät toimialoittain eri paikoarvoilla tai vaikkapa kaupan ja palveluiden kerrospinta-alat.

Konvergoida

Kun mallia iteroidaan eli sovelletaan peräkkäin siten, että uuden sovelluskierroksen lähtökohdaksi otetaan aina edellisen kierroksen tulos, malli suppenee eli konvergoi, jos lopputulos alkaa vakiintua kohti jotakin raja-arvoa. Muussa tapauksessa puhutaan mallin hajaantumisesta eli divergoinnista.

Kotiperäinen matka

Kotiperäisellä matkalla tarkoitetaan omasta kodista alkavaa tai sinne päättyvää matkaa.

Kulikutapa

Kulikutavalla tarkoitetaan tässä jotakin seuraavista vaihtoehtoista: Kevytliikenne (HELMET-versioissa 1.0, 2.0 ja 2.1), jalankulku (versiossa 3.0), pyöräily (versiossa 3.0), joukkoliikenne, henkilö-auto tai muu kulikutapa. Luokittelu perustuu tietoon, jonka liikkumistutkimuksen vastaajat ovat itse ilmoittaneet. Yhdellä matkalla voidaan käyttää useita kulikutapoja, joista yksi on valittu pääasialliseksi kulutavaksi.

Kevytliikenteeseen kuuluvat jalankulku (kävely, juoksu, potkukelkka, pyörätuoli, rollaattori, rullaluistimet, rullasukset ym.) ja pyöräily. Versiossa 3.0 jalankulku ja pyöräily on erotettu omiksi, erillisiksi kulutavoikseen.

Joukkoliikenteen kuljutavat ovat bussi, raitiovaunu, juna, metro ja pikaraitiotie. Myös kaukoliikenteen linja-autot ja junat on otettu mukaan, samoin koulukuljetus, palvelulinjat ja kutsubussi, esimerkiksi Sampo-kuljetus.

Henkilöautoon kuuluvat sekä kuljettajana että matkustajana tehdyt matkat henkilöautolla (mukaan lukien taksi tai invataksi).

Muu kulikutapa sisältää paketti- tai kuorma-auton kuljettajana tai matkustajana tehdyt matkat sekä lentokoneella, helikopterilla, moottoripyörällä, mopedilla, mopoputolla, moottorikelkalla, mönkijällä, traktorilla tai työkoneella sekä vesiliikenteessä⁵ tai muulla tarkemmin määrittämättömällä kuljutavalla tehdyt matkat. Tätä ryhmää ei ole tarkemmin käsitelty tässä työssä.

Kuuma-kunnat

Ks. kehyskunnat.

⁴ Matemaattista taustaa on tarkemmin kuvattu logittimalleista kertovassa kirjallisuudessa.

⁵ Suomenlinnan lautta on kuitenkin osa joukkoliikennettä.

Kysyntämallit

Mallit, joilla tuotetaan kysyntämatriisit. Niihin kuuluvat mm. matkatuotosta, suuntautumista ja kulkutavanvalintaa kuvaavat mallit. Työn tuloksena syntyneet kysyntämatriisit sijoitellaan verkolle reitinvalintamalleja käyttäen.

Liikenne-ennuste

Yleisesti ennusteella tarkoitetaan johonkin määrättyyn ajankohtaan, esimerkiksi vuoteen 2020, sijoittuvaa arviota sen hetkisistä matkamääristä. Tässä raportissa liikenne-ennusteella tarkoitetaan Helsingin seudun liikennemalleilla laadittuja ennusteita. Ennusteella viitataan keskimääräiseen maanantain ja torstain väliseen arvioon matkamääristä joko koko vuorokauden aikana tai jonakin määrättyinä vuorokaudenaikana.

Liikennevirta

Liikennevirralla tarkoitetaan tässä raportissa kahden alueen välistä matkamäärää määrättyä ajankohtana. Kyseinen virta voi käyttää eri reittejä ja kulkutapoja.

Liityntäkulkutapa

Liityntäkulkutavalla tarkoitetaan liityntämatkalla käytettyä kulkutapaa, esim. jalankulku, bussi, henkilöauto.

Liityntämatka

Jos matkan pääasiallisena kulkutapana on joukkoliikenne, liityntämatkalla tarkoitetaan sitä matkan osaa, jolla saavutaan asemalle tai pysäkille tai vastaavasti poistutaan asemalta tai pysäkiltä.

Logittimalli

Logittimallilla⁶ tarkoitetaan tässä raportissa henkilöiden tekemiä valintoja kuvaavaa matemaattista mallia. Logittimallin mukainen vaihtoehdon i valintatodennäköisyys saadaan lausekkeesta

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{j=1}^J e^{U_j}}.$$

missä U_j on vaihtoehdon j hyötyfunktio.

Kulkutavan logittimalli laskee todennäköisyyden, jolla matkustaja valitsee käytettävän kulkutavan (esimerkiksi Helsingin seudun sisäisillä matkoilla pyöräily, joukkoliikenteen tai henkilöauton) sen hetkisissä liikenneoloissa ja matkan tarkoituksesta riippuen. Kunkin vaihtoehdon valintatodennäköisyyteen vaikuttaa matkustajan kokema hyöty ja haitta. Kulkutapakohdaisia haittatekijöitä ovat esimerkiksi matkan hinta ja matkaan kuluva aika.

⁶ Logittimallin matemaattinen tausta johtaa juurensa peliteoriaan, hyötyteoriaan ja optimointioppiin. Logittimalleista enemmän kiinnostuneille suositellaan kyseisiin aihealueisiin tutustumista. Mainitut aihealueet ovat hyödyllisiä myös yhteiskuntataloudellisten laskelmien perusteiden ymmärtämisessä.

Matkojen suuntautumisen malli laskee todennäköisyyden, jolla matkustaja valitsee kunkin sijoittelualueen määräpaikakseen sen hetkisissä liikenneoloissa ja matkan tarkoituksesta riippuen. Määrätyn sijoittelualueen valintatodennäköisyyteen vaikuttaa, kuinka helppoa tai vaikeaa paikka on saavuttaa eri liikennevälineillä (ks. logsum). Lisäksi valintatodennäköisyys riippuu siitä, kuinka paljon alueella on kiinnostavia matkakohteita. Alueen matkakohteiden määrää kuvataan yleensä sen väestömäärällä, työpaikkamäärällä ja muilla maankäyttötiedoilla (ks. kokotekijä).

Logsum

Logsumilla tarkoitetaan tässä raportissa liikennejärjestelmän saavutettavuuden matemaattista ilmaisua. Matkojen suuntautumismallissa sen avulla kuvataan, miten hyvin eri määräpaikkavaihtoehdot ovat saavutettavissa eri kulkutavoilla.

Logsum on matemaattisesti ilmaistuna kulkutavan valintamallin nimittäjän luonnollinen logaritmi. Mainittu nimittäjä on puolestaan summa eksponenttifunktioista, joiden argumentteina on kunkin kulkutavan hyötyfunktio (Ben-Akiva & Lerman 1991).

Logsum lasketaan siis kaavalla $\ln \left(\sum_{j=1}^J e^{U_j} \right)$, missä U_j on vaihtoehdon j hyötyfunktio.

Lähtöpaikka–määräpaikka-suunnattu matka

Matka lähtöpaikasta määräpaikkaan. Generaatio–attraktio-suunnatut matkat käännetään tarvittaessa oikean suuntaiseksi virroiksi. Esimerkiksi jonkin asuinalueen generoimista kotiperäisistä työmatkoista osa suuntautuu asuinalueelta työpaikka-alueille ja osa vastakkaiseen suuntaan.

Läpikulkuliikenne

Koko mallialueen läpi ulkosityöstä toiseen ulkosityöttöön kulkeva liikenne.

Makro

Makrolla tarkoitetaan tässä raportissa Emme-liikennesuunnitteluohjelmiston koodikieltä, jolla voidaan laskea jokin liikenne-ennusteen laadintaan liittyvä kokonaisuus, esimerkiksi matkatuotos, tai vaikkapa tulostaa yhteenvetoja.

Makromalli

Makromalli on malli, jossa ilmiötä tarkastellaan kokonaistaloudellisten muuttujien tasolla, kuten bruttokansantuotteeseen nähden. HELMET-mallissa makromallia sovelletaan Helsingin seudun autoistumisasteen arvioinnissa.

Malli

Mallilla tarkoitetaan tässä yksittäistä matkaryhmää koskevaa matemaattista kaavaa, jolla lasketaan esimerkiksi matkatuotos, kulkutavan valintatodennäköisyys tai suuntautumistodennäköisyys. Muita malleja ovat esimerkiksi autonomistusta tai henkilöauton pääasiallisten käyttäjien osuutta kuvaavat mallit.

Mallialue

Mallialue on tässä synonyymi käsitteelle Helsingin seudun työssäkäyntialue.

Mallijärjestelmä

Mallijärjestelmällä tarkoitetaan kaikkien matemaattisten mallien (kaavat ja muuttujat) kokonaisuutta. Mallijärjestelmään eivät sisälly makrot eivätkä selittävien muuttujien arvot.

Matka

Matka on siirtymistä kävellessä tai jollakin kulkuneuvolla paikasta toiseen. Matkoja ovat siten esimerkiksi meno kotoa töihin, paluumatka töistä kotiin, kauppaan meno, paluumatka kaupasta kotiin, työpaikalta kokoukseen meno. Pienet poikkeamiset esimerkiksi kioskille eivät katkaise matkaa. Ammattimaisesti liikkuvien työssään työajalla tekemiä matkoja ei tässä lueta matkoiksi.

Matkaryhmät

Matkaryhmät erottelevat eri syystä tehdyt matkat toisistaan.

Helsingin seudun malleissa matkaryhmiä ovat:

- kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat
- kotiperäiset koulumatkat, jotka ovat 7–17-vuotiaiden tekemiä
- kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat
- kotiperäiset muut matkat
- työperäiset matkat (matkan toinen pää työpaikka, mutta toinen ei ole koti)
- muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

Tämän työn tuotos- ja suuntautumismalleissa ostos- ja asiointimatkat ovat erilliset muista kotiperäisistä matkoista, mutta kulkutapamalleissa nämä kaksi matkaryhmää on yhdistetty kulkutapakohtaisia vakioita lukuun ottamatta.

Ympäryskuntien malleissa on vain kaksi matkaryhmää:

- kotiperäiset työmatkat
- muut matkat.

Ulkoisen liikenteen malleissa matkaryhmiä ei ole, vaan kaikki matkat ovat yhdessä.

Matkatuotos

Matkatuotoksella tarkoitetaan tässä määrytyltä alueelta lähtevien matkojen määrää määrättynä ajankohtana, kuten koko vuorokautena tai aamuruuhkan aikaan. Matkatuotos on yleensä tuotosluvun (eli tuotoskertoinen matkaa/asukas) ja jonkin alueen (tässä sijoittelun alueen) väestömäärän tulo.

Matkavastus

Ks. vastus

Matriisi

Matriisit ovat ennustejärjestelmässä käytettäviä taulukkomuotoisia esityksiä ennuste- tai sijoittelualueiden välisistä vastuksista tai matkojen määristä. Neliömatriisissa vaakarivejä on yhtä monta kuin pystyrivejäkin. Matriisien erikoistapauksia ovat vektorit (yksi vaakarivi ja monta pystyriviä tai päinvastoin), joilla voidaan kuvata esimerkiksi alueiden ominaisuuksia, ja skalaarit (vain yksi luku), joita käytetään mm. mallikertoimien ja matkamatriisien nurkkasummien (matriisin kaikki matkat yhteensä) tallettamiseen.

Matriisin hajotus

Ennustejärjestelmässä tätä tarvitaan muutettaessa karkeammassa ennustealuejaossa olevia matriiseja tiheämpään sijoittelualuejakoon. Matkamatriisit hajotetaan jakoluvuilla, vastusmatriisit monistamalla ennustealuejaossa oleva arvo kaikille siihen kuuluville sijoittelualueille.

HELMET-versiossa 3.0 kysyntä lasketaan samassa tiheässä aluejaossa, jolla sijoittelutkin tehdään. Niinpä matriisien hajotusta ei enää tarvita, paitsi jos jostakin syystä halutaan tarkastella sijoittelualueitakin pienempiä alueita. Lisäksi osa ympäryskuntien mallin lähtötiedoista (mm. nykytilanteen kysyntä) on edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta arvot hajotetaan vuoden 2016 sijoittelualueille.

Muuttuja

Muuttujalla tarkoitetaan liikennemallien yhteydessä tekijää, jonka arvo muuttuu tilanteesta toiseen. Esimerkki muuttujasta on matka-aika. Liikennemallissa matka-aika muuttuu sen mukaan, minkä alueiden välillä liikutaan, mitä kulkutapaa käytetään ja minä ajankohtana liikutaan.

Neliporrasmalli

Ennustemenetelmä, jossa on neljä peräkkäistä vaihetta: matkatuotosten, matkojen suuntautumisen ja kulkutapajakauan määrittäminen sekä reitinvalinta eli liikennevirtojen sijoittelu.

Nykytilan liikenne-ennuste

Nykytilan liikenne-ennusteella tarkoitetaan tässä raportissa Helsingin seudun liikennemalleilla laadittua ennustetta, jossa mallien lähtötiedot ajoittuvat tuoreimman liikkumistutkimuksen (HEHA2012) tekoajankohtaan tai menossa olevaan vuoteen. Mallien lähtötietoja ovat muun muassa väestö- ja työpaikkamäärät sijoittelualueilla ja nykyistä liikennejärjestelmää kuvaavat matka-ajat ja matkakustannukset sijoittelualueiden välillä. Mallijärjestelmän hyvyttä voidaan mitata sillä, kuinka lähellä nykytilan ennuste on erilaisissa liikennetutkimuksissa havaittua käyttäytymistä.

Painotettu kokonaismatka-aika

Painotetulla kokonaismatka-ajalla tarkoitetaan joukkoliikenteen alueelta–alueelle-matka-aikaa, jossa matkan eri osat, liityntäkävelyt, odotusajat ja kulkuvälineessä oloajat, saavat omat painoarvonsa. Painoarvojen eroilla on pyritty kuvaamaan matkustusmukavuuden eroja joukkoliikennematkan aikana. Malleissa käytetyn painotetun kokonaismatka-ajan laskentaa kuvaa tarkemmin Liite 14.

Parametri

Parametri on mallin kaavassa oleva kerroin, eksponentti tai muu vakiona pysyvä tekijä. Esimerkiksi kaavassa $y = a + bx^c$ on yksi selittävä muuttuja (x) ja kolme parametria (a , b ja c), joilla selitetään ilmiötä y . Parametreista a ja b ovat kertoimia ja c on eksponentti.

Päivä-, ilta- ja yöaika (PA)

Päiväajalla tarkoitetaan klo 9:00–14:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja. Ilta- ja yöajalla tarkoitetaan klo 18:00–5:59 (minuutin tarkkuudella) alkavia matkoja. Termillä päivä-, ilta- ja yöaika tarkoitetaan näitä ajankohtia yhteensä.

Tässä työssä koko vuorokausi on jaettu kolmen tunnin aamuruuhkaan, kolmen tunnin iltaruuhkaan sekä muuhun 18 tunnin aikaan (päivä-, ilta- ja yö).

Päivätunnin liikenne (PT)

Päivätunnin liikenteellä tarkoitetaan keskimääräistä arkipäivän tuntiliikennettä klo 9:00–14:59 välillä eli yhtä kuudesosaa klo 9:00–14:59 (minuutin tarkkuudella) alkavista matkoista.

Päivätunnin liikenne lasketaan osuutena mallissa ennustettavasta päivä-, iltä ja yöajan liikenteestä. Osuus on laskettu jakamalla ensin HEHAN päiväajan eli klo 9:00–14:59 alkavien matkojen määrä kuudella, ja näin saatu keskimääräisen päivätunnin liikenne on edelleen jaettu päivä-, iltä- ja yöaikana yhteensä (eli 18 tunnin aikana klo 0:00–5:59, 9:00–14:59 ja 18:00–23:59) alkavien matkojen määrällä. Päivätuntiliikenteen osuudet päivitetystä mallissa (HELMET 2.0, 2.1 ja 3.0) ja vanhassa mallissa (HELMET 1.0) näkyvät seuraavasta taulukosta.

Taulukko 3. Päivätunnin osuus ruuhka-ajan ulkopuolisen 18 tunnin liikenteestä.

	HA kuljettaja	HA kuljettaja ja matkustaja	joukkoliikenne	pyöräily	(kevytliikenne)
HELMET 3.0	8,85 %	8,31 %	10,66 %	10,30 %	
HELMET 2.0 ja 2.1	8,85 %	8,31 %	10,66 %		9,62 %
HELMET 1.0	8,5 %	8,0 %	10,5 %		10,1 %

Pääkaupunkiseutu

Pääkaupunkiseudulla tarkoitetaan Helsingin, Vantaan, Espoon ja Kauniaisten muodostamaa aluekokonaisuutta. Lounais-Sipoon liitosalueet kuuluvat vuoden 2009 alusta Helsinkiin ja siten pääkaupunkiseutuun. Sijoittelualueet on numeroitu kunnittain pääkaupunkiseudulla seuraavasti:

- 100–1999: Helsinki
- 2000–3499: Espoo
- 3500–3999: Kauniainen
- 4000–5999: Vantaa.

Regressioanalyysi

Regressioanalyysi on tilastotieteen menetelmä, jonka avulla tarkastellaan vastemuuttujan eli selitettävän muuttujan riippuvuutta valituista selittävästä muuttujista.

Ruokakunta

Ks. asuntokunta

Selitysaste⁷

Mallin selityskykyä kuvaa selitysaste, joka kertoo, kuinka suuren osan ilmiön kokonaisvaihtelusta malli selittää. Selitysaste esitetään usein prosentteina: $100 \cdot \text{selitysaste}$. Selitysaste on sata prosenttia, jos malli kuvaa tarkasteltavaa ilmiötä täydellisesti.

Tavallisissa regressiomalleissa selitysasteessa voidaan hyvinkin päästä 90–100 prosenttiin tarkasteltavasta ilmiöstä riippuen. Logitti-tyyppisillä kulkutapamalleilla selitysaste (suhteessa vakioihin) on

⁷ Selitysasteen matemaattisesta taustasta kiinnostuneille suositellaan regressioanalyysiin tutustumista. Logittimallien selitysasteen ymmärtämisessä auttaa perehtyminen regressioanalyysin lisäksi peliteoriaan, hyötyteoriaan ja optimointioppiin.

kuitenkin ollut aiemmissa nyt laadittuja malleja vastaavissa tilanteissa parhaimmillaan tyypillisesti 40 prosenttia, suuntautumismalleilla 20 prosenttia. Erot johtuvat selitettävien ilmiöiden erilaisuudesta. On luonnollista, että yksittäisten ihmisten liikkumistottumukset poikkeavat toisistaan.

Logittimallien yhteydessä esiintyy yleensä kaksi selitystasoa: logittimallin selitystaso $\rho^2(0)$ ja logittimallin selitystaso vakiomalliin nähden $\rho^2(c)$. Taulukoissa näistä on käytetty merkintöjä $\rho^{02}(0)$ ja $\rho^{02}(c)$.

Matemaattiset määritelmät ovat seuraavat:

$$\rho^2(0) = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(0)}, \quad \rho^2(c) = 1 - \frac{L(\hat{\beta})}{L(c)}$$

missä

$L(\hat{\beta})$ = Uskottavuusfunktion arvo estimoiduilla muuttujilla

$L(0)$ = Uskottavuusfunktion lähtöarvo ilman mitään muuttujia. Kaikki vaihtoehdot ovat yhtä todennäköisiä. $\rho^2(0)$ kuvaa selitystason paranemista, kun selittäjiksi lisätään valintaa kuvaavia muuttujia (esimerkiksi matka-aika, kustannus) ja mahdolliset vaihtoehtokohtaiset vakiot.

$L(c)$ = Uskottavuusfunktion arvo, kun hyötyfunktioissa ovat mukana vain vaihtoehtokohtaiset vakiot. $\rho^2(c)$ kuvaa selitystason paranemista, joka saavutetaan lisäämällä malliin vaihtoehtokohtaisten vakioden lisäksi muita valintaa selittäviä muuttujia.

Sijoittelu

Liikennejärjestelmän kuvauksen (tie- ja katuverkko, joukkoliikennelinjasto) kuormittamista kysyntä-matriisilla (matkamäärät alueilta toisille) kutsutaan sijoitteluksi. Tässä ennustejärjestelmässä se tehdään Emme-liikennesuunnitteluohjelmistolla. Tuloksena saadaan väylien liikennemäärät, joukkoliikennelinjojen matkustajamäärät ja alueiden väliset vastukset (mm. matka-ajat).

Sijoittelualue

Sijoittelualueilla tarkoitetaan alueita, joiden välille lasketaan vastuksia (matka-aikoja, etäisyyksiä ja kustannuksia). Yleensä sijoittelualueita on useita yhden ennustealueen sisällä. Poikkeuksena tästä ovat mm. ennustealueet 26 ja 222 sekä Pukkilan kunta, joissa ennuste- ja sijoittelualueet ovat samat.

Sijoittelualuejakoa käytetään, jotta sijoittelutulos liikenneverkolla olisi riittävän tarkka. Ennustejärjestelmä aiemmissa versioissa matkamatriisi hajotettiin ennen sijoittelua eli ennustealueiden välisen liikenne jaettiin jakoluvuilla sijoittelualueiden välille. Näin muodostuva sijoittelualuejaon matriisi voitiin edelleen sijoitella liikenneverkolle. Ennustejakojen varten tuloksena saadut vastukset yhdistettiin eli aggregoitiin ennustealueiden välisiksi vastuksiksi, joita voitiin käyttää mallien muuttujina. Versiossa 3.0 kysyntä lasketaan samalla tiheällä aluejaolla, jolla sijoittelutkin tehdään, joten hajoituksia ei tarvita ja aggregointia vain yhteenvetojen teossa.

Sijoittelualueen tuhatluku on sama kuin ennustealuekoodin sataluku, esimerkiksi Helsinki on jaettu sijoittelualueisiin 101–1603 ja Espoo alueisiin 2001–2933. Sijoittelualueet summautuvat ennustealueiksi, joiden numerot ovat Helsingissä 10–160 ja Espoossa 200–293. Jos ennustealuetta ei ole

jaettu, sitä vastaavan sijoittelun numero on muodostettu lisäämällä nolla ennusteen alueen numeron loppuun, esimerkiksi ennusteen alue 26 on sama kuin sijoittelun alue 260.

Kaikki aluenumerot eivät ole käytössä. HELMET 2.0 ja 2.1 -malleissa tehtiin HELMET 1.0 -malleihin verrattuna Sipoossa, Vantaalla ja Vihdissä sijoittelun alueiden rajojen tarkistuksia ja neljän alueen numero muuttui. Sijoittelun alueiden kokonaismäärä pysyi siinä vaiheessa kuitenkin vielä ennallaan 1056:ssa, joista 611 pääkaupunkiseudulla. HELMET 3.0:ssa sekä ennusteen että sijoittelun aluejakoa tihennettiin niin, että sijoittelun alueiden määrä koko työssäkäyntialueella kasvoi 1918:aan. Ympäryskunnissa numerointi muuttui mm. kuntaliitosten takia, mutta alueiden määrä ei muuttunut.

Sijoittelufunktio

Liikenteen, tavallisesti autoliikenteen, sijoittelussa käytettävä nopeus–liikennemäärä-funktio, joka määrittelee linkin ajonopeuden (tai Emmessä oikeastaan matka-ajan) eri liikennemäärillä.

Joukkoliikenteen sijoittelussa käytetään funktioita, joissa joukkoliikennevälineen matka-aikaa kullakin linkillä voidaan kuvata esimerkiksi vakiolla (tyypillisesti juna ja metro) tai riippuvaisuudella autoliikenteen matka-ajoista samalla linkillä (bussit kaduilla, joilla ei ole bussikaistaa).

Tässä ennustejärjestelmässä käytetyistä funktioista kerrotaan tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019) ja funktiovertailuraportissa (Räikkönen ym. 2016). HELMET 1.0:aan verrattuna autoliikenteen sijoittelussa otetaan nyt huomioon pohjakäytönä myös raskas liikenne (kuorma-autot ja lisäksi bussit, jos kadulla ei ole bussikaistaa) ja linkin pituus vaikuttaa matka-aikoihin myös ylikäytön tilanteessa.

T-arvo ja t-testi⁸

Tilastollisilla testeillä testataan mallin kertoimille asetettuja oletuksia. T-testi on eräs tilastollinen testi. T-testillä arvioidaan, onko mallin muuttuja oleellinen tekijä kuvaamaan tarkasteltavaa ilmiötä. Mallin muuttuja voi olla esimerkiksi matka-aika. Ilmiö taas voi esimerkiksi olla todennäköisyys valita määrätty kulkutapa. Mitä suurempi itseisarvoltaan t-testin antama t-arvo on, sitä todennäköisemmin muuttuja on oleellinen tekijä kuvaamaan tarkasteltavaa ilmiötä. Käytännön sääntö on, että t-arvon tulee mielellään olla itseisarvoltaan vähintään kaksi, ja mitä suurempi se on, sen parempi. T-arvon täsmällinen vaatimustaso riippuu siitä, kuinka suurella todennäköisyydellä kertoimen vaaditaan olevan merkityksellinen eli nolasta poikkeava.

Tarjontamallit

Mallit, jotka kuvaavat mm. liikenneverkkoa, joukkoliikennelinjastoja ja niiden toimintaa. Käytetään myös nimeä liikennejärjestelmämallit. Kun verkkoa kuormitetaan kysyntämatriisilla, tuloksena saadaan mm. vastusmatriiseja eli matka-aikoja, kustannuksia tai etäisyyksiä alueelta alueelle.

Tuotosluku

Tuotosluvulla eli tuotuskertoimella tarkoitetaan lukua, joka kertoo, kuinka monta matkaa määrättyyn väestöryhmään kuuluva henkilö tekee keskimäärin määrättyä ajankohtana. Tässä ajankohta voi olla 1) aamuruuhka, 2) iltaruuhka tai 3) päivä-, iltaja yöaika.

⁸ T-testin matemaattisesta taustasta laajemmin kiinnostuneille suositellaan tilastotieteen perusteisiin ja tilastolliseen testaukseen perehtymistä.

Työperäinen matka

Työperäisellä matkalla tarkoitetaan työ- tai opiskelupaikalta alkavaa tai sinne päättyvää matkaa, jonka toinen pää ei kuitenkaan ole koti.

Ulkoinen liikenne

Ulkoinen liikenne on koko mallinnetun alueen rajan ylittävä liikenne ja läpikulkuliikenne.

Ulkosyöttö

Ulkosyöttö on mallialueen ulkorajalla oleva ulkoisen liikenteen syöttöpiste. Tässä työssä mallialueen ulkopuolisille sijoittelualueille on käytetty numeroita 31001–31036 (autoliikenne) ja 31300–31302 (kaukojunaliikenne). Lisäksi lentoasemalle ja matkustajasatamille on määritelty omat alue-numeronsa.

Vaihtoehtokohtainen vakio

Logittimallin hyötyfunktiossa olevan binäärimuuttujan kerroin, jota usein käytetään kulkutapamalleissa (kulkutapakohtainen vakio), mutta harvemmin suuntautumismalleissa. Vaihtoehtokohtainen vakio kuvaa hyötyä, jota muuttajat eivät selitä. Periaatteessa vakiota ei tarvittaisi lainkaan, jos kaikki valintaan vaikuttavat muuttujat tunnettaisiin ja ne selittäisivät ko. vaihtoehdon hyvyyden täydellisesti. Luonteeltaan vaihtoehtokohtainen vakio vastaa binäärimuuttujaa. Vaihtoehtokohtainen vakio on kulkutapamallissa aina yhdelle kulkutavoista nolla ja muiden kulkutapojen vaihtoehtokohtaiset vakiot suhteutetaan estimoinneissa ja mallin kalibroinnissa tähän nolla-arvoon.

Vastemuuttuja

Vastemuuttujalla tarkoitetaan tutkittavaa ilmiötä kuvaavaa muuttujaa. Toinen nimitys vastemuuttujalle on selitettävä muuttuja. Liikennemalleissa tyypillisiä vastemuuttujia ovat

- matkojen lukumäärä henkilöä kohti
- henkilöautojen määrä asutokuntaa kohti
- todennäköisyys valita määrätty kulkutapa
- todennäköisyys valita määrätty alue matkan määräpaikaksi.

Vastus, matkavastus

Vastus on yleisnimitys matkustamisesta koituville haitoille matkustajan näkökulmasta. Liikennemalleissa yleisimpiä vastuksia ovat matka-ajat ja etäisyydet eri kulkutavoilla sekä vaihdot joukkoliikenteessä ja matkan hinta.

Viivytysfunktio

Ks. sijoittelufunktio

Vuorokausiliikenne

Vuorokausiliikenteellä tarkoitetaan maanantain ja torstain välistä keskimääräistä vuorokauden liikennemäärää, ellei erikseen muuta mainita.

Väestöryhmä

Alueiden väestö jaetaan väestöryhmiin ikäryhmän ja autonkäyttömahdollisuuden (HAP/EHAP) mukaan.

YKR

YKR on yhdyskuntarakenteen seurannan tietojärjestelmä, johon on koottu tilastoruuduittain aikasarjatie-toa maankäytön kehittämisestä. Tilastoruudut ovat kooltaan 250x250 metriä.

YKR sisältää tilastoruuduittain koko maasta seuraavat muuttujat vuodesta 1980 lähtien:

- väestö sukupuolittain ja ikäryhmittäin
- työvoima toimialoittain
- työpaikat toimialoittain
- rakennusten kerrosala ja lukumäärä käyttötarkoitukseluokittain
- asuinhuoneistoala ja lukumäärä
- toimitilojen ala ja lukumäärä käyttötarkoitukseluokittain
- työmatkan pituus asuinpaikan ja työpaikan mukaan toimialoittain
- asuinhuoneistoväestö, asuntokunnan koko ja autonomistus
- lomarakennukset valmistumisajankohdan mukaan.

Yleistetty matkavastus

Yleistetyllä matkavastuksella tarkoitetaan yhdistelmämuuttujaa, jossa matka-aika ja kustannus on yhdistetty yhdeksi muuttujaksi. Yhdistäminen tehdään siten, että kokonaismatka-aikaa kerrotaan kertoimella, jolla minuutit ja eurot tulevat yhteismitallisiksi. Muunnoskertoimena käytetään ajan arvoa, joka riippuu matkan tarkoituksesta.

*Yleistetty matkavastus = kerroin (ajan arvo) * kokonaismatka-aika + kustannukset (euroina)*

*Yleistetty joukkoliikenteen matkavastus = kerroin * painotettu kokonaismatka-aika⁹ + kustannukset (euroina)*

Tässä matka-aikaa kerrotaan yhteiskuntataloudellisissa kannattavuuslaskelmissa määritellyllä ajan arvolla. Käytetyt matka-ajan kertoimet riippuvat matkaryhmästä. Yleistettyä matkavastusta on käytetty vain silloin, kun muuttujia ei ole muuten saatu malliin estimoinneissa. Syynä estimointivaikeuksiin on yleensä muuttujien vahva keskinäinen korrelaatio.

Ympäryskunnat

Ympäryskuntia ovat vuoden 2013 alun kunta-aluejaossa Hanko, Raasepori, Inkoo, Lohja, Siuntio, Karkkila, Loppi, Riihimäki, Hausjärvi, Pukkila, Askola, Porvoo, Myrskylä, Lapinjärvi ja Loviisa.

Ympäryskuntien alueella sijoittelualueet on numeroitu seuraavasti:

- 16000-alkuiset: Hanko
- 17000-alkuiset: Raasepori (entinen Tammisaari, Pohja ja Karjaa)
- 18000-alkuiset: Inkoo
- 19000-alkuiset: Lohja (ml. entiset Karjalohja, Nummi-Pusula ja Sammatti)
- 20000-alkuiset: Siuntio

⁹ Ajan arvo ei ole täsmällisesti yhteiskuntataloudellisen laskelman ohjearvon mukainen, sillä käytetty matka-aika on painotettu kokonaismatka-aika. Yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytetään ainakin periaatte-
tasolla todellista matka-aikaa.

- 21000-alkuiset: Karkkila
- 22000-alkuiset: Loppi
- 23000-alkuiset: Riihimäki
- 24000-alkuiset: Hausjärvi
- 25000-alkuiset: Pukkila
- 26000-alkuiset: Askola
- 27000-alkuiset: Porvoo
- 28000-alkuiset: Myrskylä
- 29000-alkuiset: Lapinjärvi
- 30000-alkuiset: Loviisa (ml. entiset Liljendal, Pernaja ja Ruotsinpyhtää).

Ennustejärjestelmän seuraavaa versiota alettiin valmistella keväällä 2019, missä yhteydessä tarkasteltavaa aluetta on laajennettu 10 uudella ympäryskunnalla, mm. Salo, Hämeenlinna ja Lahti. Samalla ympäryskuntien numerointia on jouduttu osittain muuttamaan.

14 kuntaa

14 kunnalla tarkoitetaan kehyskuntia ja pääkaupunkiseutua yhdessä. Se on synonyymi käsitteelle Helsingin seutu.

Lyhenteitä

Lyhenne	Merkitys
PKS	pääkaupunkiseutu (neljä kuntaa)
KEHYS	kehyskunnat (10 kuntaa)
HEHA 2007–2008	Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimus (lyhenne tulee sanasta henkilöhaastattelu), joka toteutettiin vuosien 2007–2008 syksyinä arkipäivisin maanantain ja torstain välillä.
HEHA2012	Helsingin seudun liikkumistutkimus, joka toteutettiin syksyn 2012 arkipäivinä maanantain ja torstain välillä.
YKR	Yhdyskuntarakenteen seurannan tietojärjestelmä (YKR)
HELMET	Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikenteen kysyntämallit
HELMET 1.0	Vuonna 2010 valmistunut, ensimmäinen HELMET-mallijärjestelmä.
HELMET 2.0	Kesällä 2013 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallijärjestelmästä (ei otettu tuotantokäyttöön).
HELMET 2.1	Keväällä 2014 valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallijärjestelmästä.
HELMET 3.0	Vuoden 2018 alussa valmistunut, päivitetty versio HELMET-mallijärjestelmästä.
HSL	Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, jonka jäsenkuntia ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Kerava ja Kirkkonummi, 1.1.2012 alkaen myös Sipoo sekä 1.1.2018 alkaen myös Tuusula ja Siuntio. HSL aloitti toimintansa 1.1.2010.
YTV	Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta oli vuosina 1970–2009 toiminut lakisääteinen yhteistyöelin, jonka jäsenkuntia olivat Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen.
HAP	henkilöauton pääasiallinen käyttäjä (ks. auton käyttömahdollisuus)
EHAP	muut kuin henkilöauton pääasialliset käyttäjät
JK	jalankulku
PP	pyöräily
KL	kevytliikenne (jalankulku tai pyöräily)
JL	joukkoliikenne
HA	henkilöautoliikenne (kuljettajana, matkustajana tai taksimatkustajana)
AHT	aamuhuipputunti
IHT	iltahuipputunti
PT	päivätunti
AH	aamuruuhka (3 h)
IH	iltaruuhka (3 h)
PA	päivä-, ilta- ja yöaika (18 h)
VRK	koko vuorokausi (24 h)

1 Johdanto

1.1 Tausta, tavoite ja käytetty aineisto

Vuosien 2007–2008 laajaan liikennetutkimukseen perustuneet mallit olivat ensimmäiset koko Helsingin seudun työssäkäyntialueen kattavat henkilöliikenteen mallit. Mallialueen laajentamisen taustalla oli tarve tutkia ja ennustaa koko työssäkäyntialueen liikennekäyttäytymistä.

Liikennemallien laadinnan perinne ulottuu 2000-lukua pidemmälle. Pääkaupunkiseudun neljän kunnan alueella on tehty suuret liikennetutkimukset vuosina 1966, 1976, 1988 ja 2000. Kaikkiin näihin tutkimuksiin on kuulunut liikkumistottumuksia koskeva haastattelu- tai kyselytutkimus, jonka perusteella on laadittu kulloinkin tarvittut liikenteen kysyntämallit.

Mallien perusteella on voitu arvioida ennustevuoden liikennekäyttäytymistä, kun mallille on annettu syöttötietoina alueiden asukas- ja työpaikkamääriä, liikkumisen matka-aikoja ja kustannuksia sekä muita ennustetilannetta kuvaavia tietoja. Muodostettuja YTV:n liikennemalleja käytettiin mm. 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa neljässä pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (PLJ) ja HELMET-mallien ensimmäistä versiota Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (josta käytetään lyhennettä HLJ 2011).

Tässä julkaisussa ensimmäisistä Helsingin seudun työssäkäyntialueen malleista (HSL 2011) käytetään lyhennettä HELMET 1.0. Vuonna 2013 mallit päivitettiin vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistolla. Näistä malleista käytetään tässä raportissa lyhennettä HELMET 2.0. Keväällä 2014 mallien tavaraliikenteen ja matkustajaterminaalien käsittelyä sekä autoliikenteen sijoittelua tarkennettiin. Samalla mallit estimoitiin vielä uudelleen sekä tehtiin muitakin muutoksia, joilla saatiin versio 2.1 (HSL 2016a ja HSL 2016b).

Kesällä ja syksyllä 2017 Helsingin seudun malleja kehitettiin edelleen mm. erottamalla pyöräily omaksi kulkutavakseen, tihentämällä aluejakoja ja siirtymällä käyttämään tihennettyä sijoittelu-aluejakoa myös kysyntäennusteen laskemisessa. Tämä raportti käsittelee näin syntyneitä malleja, joista käytetään lyhennettä HELMET 3.0. Paikoitellen viitataan kuitenkin aiempiin versioihin, koska osa ennustejärjestelmästä perustuu edelleen niihin. Mm. ympäryskuntien mallit on estimoitu jo versiossa 1.0 vuosien 2007–2008 liikkumistutkimusaineistosta. Sen jälkeen niissä on muutettu vain aluejakoja.

Vanhojen malliversioiden 1.0 kuvaus löytyy raportista Pastinen ym. 2011a. Version 2.0 kuvaus löytyy erillisestä, julkaisemattomasta raporttiluonnoksesta Pastinen ym. 2013. Versiosta 2.1 tehtiin julkaisu Pastinen ym. 2016. Jotta lukijan ei tarvitsisi lukea useita raportteja rinnakkain, tähän julkaisuun on sisällytetty tarpeellisin osin samaa aineistoa, joka löytyy myös edellisistä malliraporteista. Tämä raportti pohjautuu edellä mainittuun version 2.1 raporttiin, jota on täydennetty ja korjattu versiota 3.0 koskevilla osilla (Pastinen ym. 2017). Osassa tekstiä viitataan selvyyden myös edellisiin versioihin 1.0, 2.0 ja 2.1.

Tässä raportissa kuvatun työn tarkoituksena ei ole ollut laatia varsinaisia liikenne-ennusteita, vaan päivittää ennusteiden laadinnassa tarvittavia malleja ja niiden käyttöä tukevia apuvälineitä.

Uuden aineiston saamiseksi malliversion 2.0 estimointia varten tehtiin syksyllä 2012 Helsingin seudun kattava liikkumistutkimus (Lindeqvist ym. 2013). Tavoitteena oli selvittää riittävällä laajuudella

seudun asukkaiden liikkumistottumuksia ja hankkia tietoa ajoneuvoliikenteen, joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen suunnittelun tarpeisiin. Vuosien 2007–2008 liikkumistutkimusaineistoa (Viher-vuori ym. 2010) ei kuitenkaan ole hylätty. Poikkeuksellisen laajana, koko työssäkäyntialueen kattava aineistona siitä on ollut hyötyä erityisesti matkojen suuntautumisen ja kulkutavan valinnan mallintamisessa sekä mallien testauksessa¹⁰. Samoja aineistoja käytettiin myös versioiden 2.1 ja 3.0 estimoinnissa.

Myös henkilöliikennemalleissa käytettyjä Emme-liikennejärjestelmäkuvauksia on moneen otteen tarkistettu ja päivitetty. Ennustejärjestelmän versiota 2.0 varten liikennejärjestelmäkuvausta kehitettiin erityisesti raitiovaunuliikenteen osalta ja korjattiin muutenkin mallien käytön yhteydessä havaittuja puutteita. Tätä liikennejärjestelmäkuvausten päivitystä on kuvattu tarkemmin version 2.1 liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2016).

Liikenneverkkokuvauksia tarkennettiin ja korjattiin perusteellisemmin vuosina 2016–2017 (Rantala ym. 2017), jotta verkot muun muassa palvelisivat paremmin eri tarkkuustasojen tarpeita, verkon tarkkuuden ja aluejakojen välillä olisi parempi vastaavuus, ja eri vuosien verkot vastaisivat paremmin toisiaan tarkkuustason ja solmunumeroinnin osalta. Verkkokuvausten päivittämisen jälkeen vuonna 2017 tarkasteltiin vielä ajoneuvo- ja joukkoliikenteen sijoittelumenettelyjä tavoitteena tuottaa verkolta aiempaa parempia sijoittelutuloksia ja vastuksia mallintamiseen. Tässä yhteydessä ajoneuvoliikenteen linkkityyppejä päivitettiin, jotta nopeudet verkolla saatiin paremmin vastaamaan todellisuutta. Ajoneuvoliikenteen viivytysfunktioiden kaavoja ei muutettu versioon 2.1 verrattuna, vaan uudet linkkityypit käyttivät samoja funktiota eri parametreilla. Joukkoliikenteen osalta päivitettiin eri joukkoliikennevälineiden nousuvastukset, koska osalle välineistä niitä ei ollut aiemmin ollut erikseen määriteltä, ja osa oli epäloogisia. Päivitysten tavoitteena oli osaltaan parantaa HELMET-mallijärjestelmän toimintaa. Tehtyjä töitä on kuvattu tarkemmin version 3.0 liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019).

1.2 Muutokset edellisiin versioihin verrattuna

HELMET-versiossa 2.0 Helsingin seudun mallien rakenne ja muuttujat säilytettiin pääsääntöisesti entisinä, mutta mallien kertoimet päivitettiin. Rakennetta ja muuttujia oli testattu huolellisesti jo HELMET 1.0 -mallien laadinnan yhteydessä, joten päivitystyö oli aiempaa mallityötä suoraviivaisempaa ja avoimia kysymyksiä oli vähemmän. Päivitettyjen mallien taustalla oleva tutkimusaineisto oli entistäkin laajempi ja tästä näkökulmasta mallit ovat myös entistä luotettavammats.

Versiota 3.0 (Pastinen ym. 2017) varten päivitettiin syksyn 2017 aikana Helsingin seudun työssäkäyntialueen kysyntämallit siten, että ne olivat käytettävissä vuoden 2018 alussa MAL-prosessin (HSL 2019a) vaikutusarvioinneissa (HSL 2019b). Päivitykseen sisältyi mallin aluejaon tihentäminen sekä edellä mainittu, vuosina 2016–2017 tehdyn liikenneverkkojen ja sijoitteluiden päivityksen huomioiminen kysyntämalleissa. Lisäksi työssä eroteltiin jalankulku ja pyöräily omiksi kulkutavoikseen, kun aiemmin jalankulkua ja pyöräilyä on käsitelty yhtenä kulkutapana.

¹⁰ HEHA2007–2008 aineisto sisälsi tietoa noin 20 000:n Helsingin seudun työssäkäyntialueella asuvan liikkumisesta. Heistä noin 15 000 asui Helsingin seudulla. Mallien päivityksessä käytetty aineisto, HEHA2012, taas sisälsi tietoa noin 5 000 Helsingin seudulla asuvan liikkumisesta. Uudemmassa tutkimuksessa ei kerätty tietoja ympärysuntien asukkaiden liikkumisesta.

Aluejaon tihentämiseen päädyttiin, jotta Helsingin seudun työssäkäyntialueen malleilla voitaisiin jatkossa kuvata aiempaa paremmin mm. saavutettavuutta seudun eri osissa.

Jalankulku ja pyöräily eroteltiin omiksi kulkutavoikseen, koska tämän arvioitiin parantavan kysyntäennusteiden laatua. Erottelu tukee sekä jalankulun että pyöräilyn kysyntäennusteita, mutta samalla myös pyöräilyn, joukkoliikenteen ja henkilöauton kulkutavanvalinnan ja suuntautumisen arviointia. Koska päivitys oli saatava valmiiksi heti vuoden 2018 alussa, päädyttiin jalankulun erottelevassa mallissa sellaisiin muuttujaratkaisuihin, jotka säilyttäisivät mallirakenteen pitkälti samankaltaisena kuin aiemminkin. Jalankulun käsittelytavan muutoksen vuoksi myös kulkutapamallit päivitettiin, koska jalankulkua ei enää esiinny mallin sillä tasolla. Muuten kulkutapamallien muuttujat pyrittiin pitämään tässä päivityksessä mahdollisimman pitkälle samoina kuin aiemmin.

Suuntautumismallissa myymäläkerrosalan tilalle vaihdettiin vähittäiskaupan työpaikat. Tämän arvioidaan mahdollisesti parantavan suuntautumisen ennustettavuutta. Lisäksi palvelun työpaikoissa testattiin kahta eri rajaustapaa.

Autonomistusmalli päivitettiin vastaamaan sijoittelualuejakoa estimoimalla mallit uudelleen.

Tärkeimmät muutokset HELMET 3.0 –mallissa (Pastinen ym. 2017) verrattuna aiempiin versioihin ovat (suluissa on kerrottu, missä versiossa muutos on tullut mukaan malliin – kaikki luetellut muutokset ovat kuitenkin mukana versiossa 3.0):

- Työ- ja opiskelumatkojen suuntautumiseen vaikuttavat myös opiskelupaikkojen määrä ja sijainti, kun aiemmin suuntautumista selittävänä muuttujana oli vain työpaikkamäärä (2.0)
- Mallien estimointiprosessia on tarkennettu. Kun aiemmin kulkutapa- ja suuntautumismallit estimointiin vain kertaalleen, versioissa 2.0 ja 2.1 suuntautumismallit estimointiin jokaisen kulkutapamallin kalibrointikierron jälkeen. Kalibrointikierroksia oli kymmenen. Tällä menettelyllä haluttiin varmistaa, että matkojen suuntautuminen ei vinoutuisi ainakaan kulkutapamallin kalibroinnin vuoksi. (2.0) Tiukan aikataulun vuoksi versiossa 3.0 suuntautumismallien kalibrointia ei kuitenkaan ehditty tehdä. (3.0)
- HELMET 1.0 -mallien käytön yhteydessä havaittiin, että vaikka estimointitesteissä¹¹ matkojen pituusjakaumat olivat tavoitellut, nykytilanteessa kuntien välisessä ennusteessa suuntautuminen ei kuitenkaan vastannut havaittua. Sama havainto tehtiin myös mallien päivityksen yhteydessä. Tämän vuoksi malleihin lisättiin suuntautumiskorjaus, joka korjaa mallilla ennustetun nykytilanteen suuntautumisen vastaamaan havaittua alueryhmittäin. Alueryhmät ovat 1) Helsingin kantakaupunki 2) muu Helsinki 3) Espoo ja Kauniainen 4) Vantaa 5) kehyskunnat. Suuntautumiskorjaus on merkittävä. Liite 15 sisältää taulukot käytetyistä korjauskertoimista. (2.0)
- Autonomistusmalliin lisättiin muuttuja, jonka avulla voidaan tarkastella autoilun ja joukkoliikenteellä matkustamisen hinnan ja matka-ajan vaikutuksia autonomistukseen. Aiemmin mallilla voitiin tarkastella vain mainittujen kulkutapojen matka-aikasuhteen vaikutusta autonomistukseen. Käyttötesteissä matka-aikasuhte osoittautui kuitenkin pelkän hinnan merkitystä suuremmaksi. Autonomistusmallin estimointitapa muutettiin samalla vaiheittaisesta

¹¹ Estimointiohjelmiston sovelia-ajoissa pituusjakaumat vastasivat havaintoaineistoa. Sovella-ajo laskee kullakin HEHA-aineistossa esiintyvälle havainnolle mallin antaman ennusteen kulkutavan käytölle ja vertaa tulosta havaittuun.

yksivaiheiseksi. Näin voitiin varmistaa, että malliin jääneet muuttujat ovat myös yhdessä tilastollisesti merkittäviä. Myös muuttujavalinnat ovat yksityiskohdiltaan aiemmista poikkeavia. Autonomistumallia käytetään muutosmallina vanhoille asukkaille ja suorana mallina uusille asukkaille. Asiaa on selostettu tarkemmin autonomistumallin kuvauksen yhteydessä luvussa 4. (2.0)

- Autonomistumallissa muuttuja alueen asuntokuntien keskimääräiset tulot korvattiin vastaavilla mediaanituloilla. (2.0)
- Autonomistumalliin lisättiin muuttujaksi pysäköintikustannukset muilla kuin työmatkoilla. Samalla mediaanitulojen laskentatapaa muutettiin. (2.1)
- Henkilöauton pääasiallisen käytön malleja on tarkennettu. Aiemmin henkilön todennäköisyyteen olla henkilöauton pääasiallinen käyttäjä vaikuttivat ikä ja asutokunnan autonomistus. Nyt lisäksi on otettu huomioon, että autottomien, yhden auton ja useamman auton asutokuntien koot ovat erilaiset, mikä myös vaikuttaa tilanteeseen. (2.0)
- Henkilöauton kokonaismatka-aika on puhtaasti matka-aikaa, mutta sijoittelussa otetaan huomioon myös matkan etäisyys painolla 0,2.¹² (2.0 ja 2.1)
- Kulikutapamallin muuttujissa on muutoksia, joiden avulla malleista saatiin tilastollisissa testeissä aikaisempaa luotettavimmat. Muutokset koskevat lähinnä siirtymistä joissakin kulkutapamalleissa erillisistä matka-ajan ja kustannusten muuttujista yleistettyyn matkavastukseen¹². (2.0 ja 2.1)
- Yleistetyn matkavastuksen kertoimet vaihtelevat matkaryhmästä riippuen. Menettelyllä on pyritty yhdenmukaistamaan malleissa ja yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytetty ajan arvo. Yleistettyä matkavastusta on käytetty kuitenkin vain silloin, kun matka-aikaa ja kustannusta ei muuten ole saatu erillisinä muuttujina mukaan malliin. (2.0)
- Joukkoliikennematkojen kustannuksia kehyskuntien työmatkoilla on tarkennettu ottamalla huomioon kuntien tukemat työmatkaliput. Tätä kuvaa tarkemmin Liite 2 (2.1)
- Ruuhkamaksujen käsittely on lisätty osaksi ennustejärjestelmää. Liikenneverkon linkeille kuvataan ruuhkamaksu euroa/km, ja tämä ruuhkamaksu huomioidaan sekä sijoittelun reitinvalinnassa että kulkutavanvalintamallissa. Ruuhkamaksujen käsittelyä on kuvattu tarkemmin luvussa 7.2.3, liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019) ja teknisessä raportissa (Rantala & Elolähde 2018). (2.1)
- Malliin on lisätty matkustajaterminaalien (lentoasema ja satamat) henkilöliikenteen korjausmenettely, jota on kuvattu tarkemmin osassa B. (2.1)
- Tavaraliikenteen ennustemenettelyä on tarkennettu osassa C kuvatulla tavalla. Ennustejon alussa ennen henkilöliikennematkojen iterointia lasketaan tavaraliikenteen ennuste ja sijoitellaan se pohjakysynnäksi verkolle. Sijoittelutapaa on kuvattu tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019). (2.1)

¹² Versiossa 1.0 sijoittelualgoritmin tuloksena kokonaismatka-ajassa oli myös pieni osuus matkan pituutta. Tämä on henkilöautoilun reitinvalinnan kannalta toki järkevää, mutta mallin tulokinnan ja käytön kannalta on luontevampaa, että ajan muuttuja on puhtaasti matka-aikaa. Versiossa 2.0 myös henkilöauton reitinvalintaan vaikutti pelkästään matka-aika. Estimoinneissa havaittiin, että valittu sijoittelutapa johti matka-ajan ja matkakustannusten (jotka henkilöautolla riippuvat suoraan matkan pituudesta) keskinäiseen korrelaatioon siinä määrin, että erillisistä muuttujista oli luovuttava ja siirryttävä yleistettyyn matkavastukseen. Mallityölle varatussa aikataulussa vaihtoehtoista muuttujien muodostamista ei kuitenkaan ehditty testaamaan. Versiossa 2.1 käytettiin monimutkaisempaa ratkaisua: reitinvalinnassa on mukana sekä matka-aikaa että matkan pituutta (painolla 0,2), mutta sijoittelujen tuloksesta poimitaan erikseen puhdas matka-aika ja matkan pituus. Myös versiossa 3.0 on sama menettely.

- Malleissa käytetään uusia, pituusriippuvaisia viivytysfunktioita. Funktiotyyppien vertailua ja tehtyä valintaa on kuvattu tarkemmin funktiovertailuraportissa (Räikkönen ym. 2016). (2.1)
- Jalankulkumatkat erotetaan kokonaistuotoksesta erillisellä mallilla ja jäljelle jääneeseen tuotokseen sovelletaan kulkutavanvalintamallia, jossa aiempien versioiden kevyt liikenne vaihtoehtona on korvattu pyöräilyllä. (3.0)
- Helsingin seudun kuntien aluejakoja on tihennetty. Sekä ennuste- että sijoittelualueiden määrä on kaksinkertaistunut. (3.0)
- Liikennejärjestelmäkuvaukset on tarkistettu. Kaksiajorataisten katujen koodaustapaa on muutettu siten, että vastakkaissuuntaisia ajoratoja kuvaavissa linkeissä on samat solmuparit. Lisäksi on määritetty uusia kulkutapoja sekä uudet solmu- ja linkkityyppikoodit. Näin bussipysäkkien ja linkkiattribuuttien koodausta on voitu automatisoida (Elolähde ym. 2019). (3.0)
- Kysyntä lasketaan samalla vuonna 2016 tihennetyllä sijoittelualuejaolla, jolla sijoittelutkin tehdään. Laskettavien alueiden määrä on kasvanut 267:stä 1918:an eli noin 7-kertaiseksi, mikä tarkoittaa myös, että matkamatriisien koko on kasvanut noin 50-kertaiseksi ja vastusmatriisienkin kolminkertaisiksi. (3.0)

1.3 Aluejaon tarkennus

Tämä luku perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017.

HELMET 3.0 -mallissa otettiin käyttöön Helsingin seudun liikenteen Emme-verkon tarkennus- ja korjaustyössä vuonna 2016–2017 tehty tihennetty aluejako. Tarkennustyössä tehtiin sekä ennustealuejako¹³ että sijoittelualuejako¹⁴. HELMET-mallin päivitystyön määrittelyn yhteydessä HSL:ssä tultiin siihen tulokseen, että jatkossa HELMET-mallissa käytetään tiheämpää aluejakoa, eli niin kutsuttua sijoittelualuejakoa, sekä kysyntäennusteiden tekemiseen että sijoitteluihin. Aiemmin kysyntäennusteet on tehty käyttäen ennustealuejakoa, joka on ollut karkeampi kuin sijoittelualuejako. Tiheämmän aluejaon käyttö johtuu muun muassa tarpeesta tehdä saavutettavuusanalyyskejä aiempaa tarkemmalla aluejaolla. Ennustealuejakoa voidaan pääosin pitää jäänteinä aiemmista kysyntä-malleista. Enää sitä ei käytetä kysyntäennusteiden laadinnassa, mutta käyttöä voi edelleen olla mm. tuloksia esittäessä. Tosin osa ympäryskuntien mallien lähtötiedoista (mm. erilaiset osuudet) on edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta arvot monistetaan tiheämpään vuoden 2016 sijoittelualuejakoon. HELMET 3.0 -mallissa käytetään siis vain yhtä aluejakoa, niin kutsuttua sijoittelualuejakoa 2016, vaikka edelleen on käytössä kaksi erillistä Emme-pankkia ja niitä vastaavat Emme-projektit.

Alueiden rajoissa ja numeroinnissa otettiin huomioon Helsingin seudun kuntien toiveet mahdollisimman pitkälle. Helsingin osalta tuloksena oli, että kantakaupungin raja kulkee ennustealueiden 24 ja 36 poikki. Niinpä ennustealueita ja sijoittelualueita summaamalla päädytään hiukan erilaisiin tuloksiin.

¹³ Ennustealuejaosta käytetään teknisessä dokumentaatiossa lyhennettä enn, jolloin esimerkiksi enn2016 tai enn16 viittaa vuonna 2016 laadittuun ennustealuejakoon, ja vastaavasti enn2013 tai enn13 viittaa vuonna 2013 laadittuun ennustealuejakoon.

¹⁴ Sijoittelualuejaosta käytetään teknisessä dokumentaatiossa lyhennettä sij, jolloin esimerkiksi sij2016 tai sij16 viittaa vuonna 2016 laadittuun sijoittelualuejakoon.

Tarkemmin sanottuna

- kantakaupunkiin kuuluvat sijoittelualueet 101–999 (lukuun ottamatta alueita 244, 367 ja 368) sekä alueet 1531 (Suomenlinna) ja 1532 (Helsingin eteläpuoliset merialueet)
- esikaupunkiin kuuluvat sijoittelualueet 1000–1999 (lukuun ottamatta alueita 1531 ja 1532) sekä alueet 244 (Pikku-Huopalahden länsiosa), 367 (Viikinranta), 368 (Vanhankaupunginlahti) ja 1570 (Vartiosaari).

Mallin tuloksia on mahdollista aggregoida myös karkeampiin aluejakoihin, esimerkiksi vuonna 2016 tehtyyn ennustealuejakoon. Vuoden 2016 sijoittelualueet summautuvat vuoden 2016 ennustealueiksi, mutta eivät esimerkiksi aiemmin käytössä olleiksi vuoden 2013 ennustealueiksi, joita käytettiin muun muassa HELMET 2.1 -mallissa.

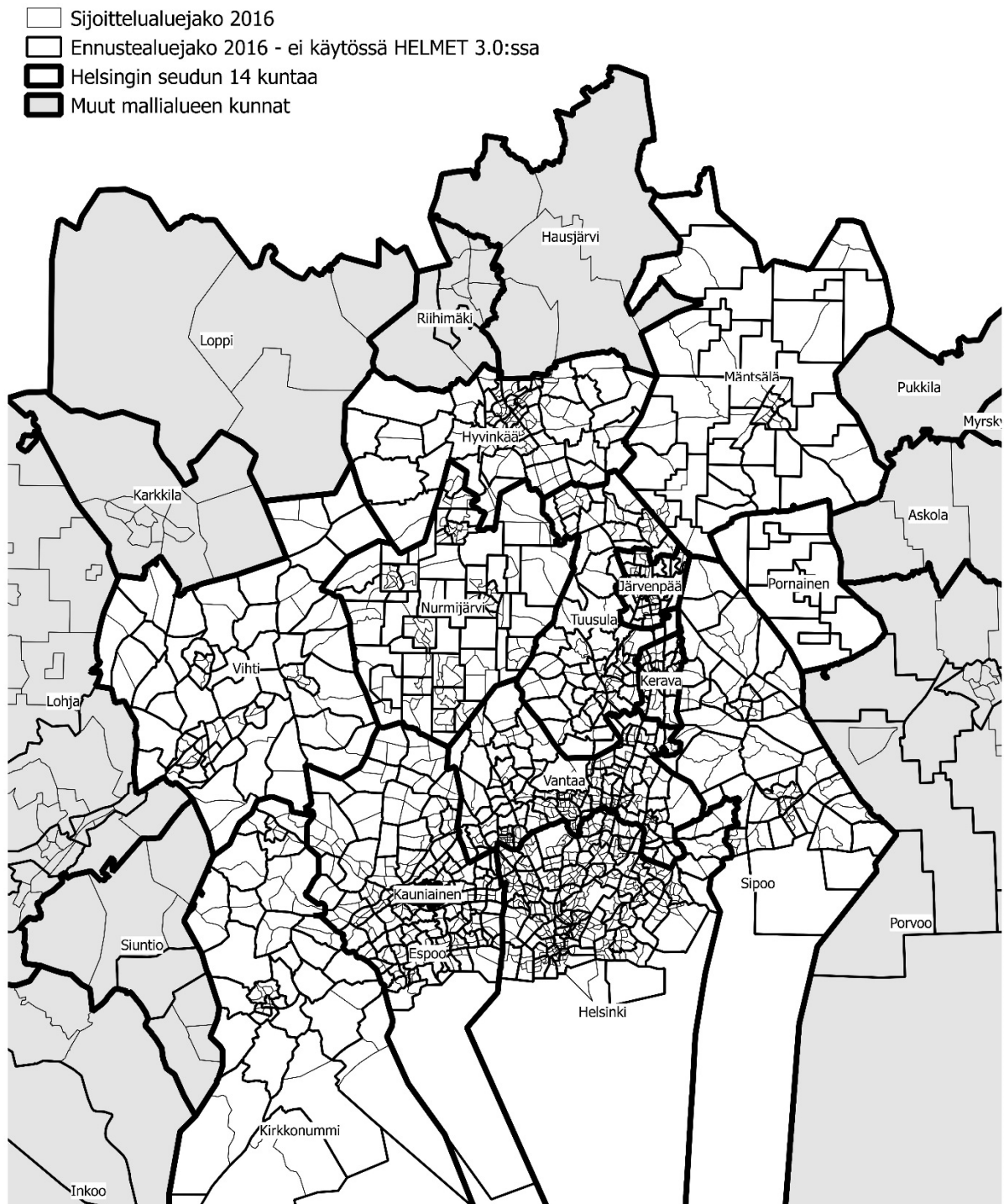
Kuva 2 esittää aluejaot Helsingin seudun 14 kunnan osalta. Liite 1 antaa tarkempia tietoja mallissa käytettävästä alueiden numerointilogiikasta.

Aluejakotihennyksestä seuranneesta alueiden määrän muutoksesta saa käsityksen seuraavasta taulukosta, jossa on esitetty sijoittelualueiden, ennustealueiden ja kuntien lukumäärät eri vuosien aluejaoissa.

Taulukko 4. Alueiden lukumäärät eri vuosien aluejaoissa¹⁵.

kuntaryhmä	sijoittelualueet			ennustealueet			kunnat		
	M2008	M2013	M2016	M2008	M2013	M2016	M2008	M2013	M2016
pk-seudun kunnat yhteensä	611	611	901	150	150	257	4	4	4
muu Helsingin seutu yhteensä	280	280	852	74	75	355	10	10	10
muut kunnat yhteensä	165	165	165	42	42	42	23	17	15
kaikki yhteensä	1056	1056	1918	266	267	654	37	31	29

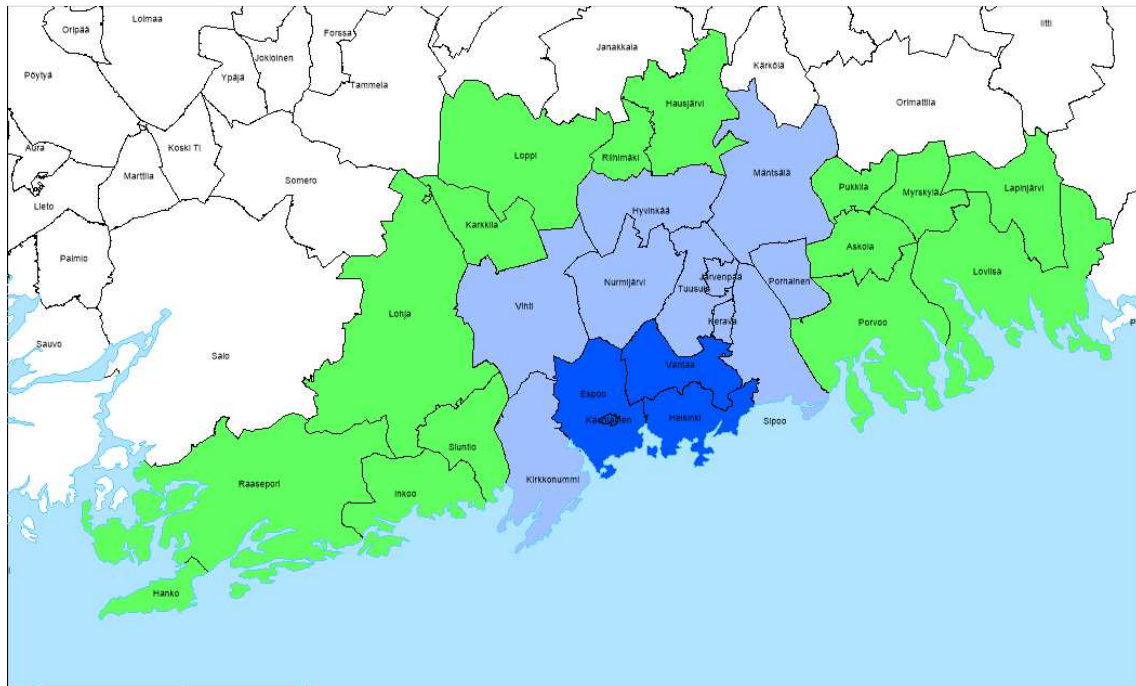
¹⁵ M2008 viittaa vuoden 2008 aluejakoihin (käytössä HELMET 1.0:ssa), M2013 vuoden 2013 aluejakoihin (käytössä HELMET 2.0:ssa ja 2.1:ssä) ja M2016 nyt käyttöön otettuihin vuoden 2016 aluejakoihin. M2013-aluejaossa tehtiin kuitenkin vain pieniä raja- ja numerointitarkistuksia Helsingin seudun sisällä. Ympäryskunnissa alueita ja niiden numerointia ei muutettu, vaikka vuosien 2009–2013 alussa olikin tehty kuntaliitoksia. M2016-aluejaossa muutettiin ympäryskunnissa vain alueiden numerointi, mutta alueiden määrä ja rajat säilyivät ennallaan.



Kuva 2. Aluejaot.

1.4 Mallijärjestelmän yleisesittely

Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemallit kattavat alueellisesti Uudenmaan (ml. entisen Itä-Uudenmaan) maakunnan ja Riihimäen seutukunnan liikenteen. Tätä aluetta kutsutaan tässä raportissa lyhyesti Helsingin seudun työssäkäyntialueeksi.



Kuva 3. Helsingin seudun työssäkäyntialue (kuntajako 2016).

Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemalleihin sisältyvät seuraavat kokonaisuudet:

- Helsingin seudun mallit
- ympäryskuntien mallit
- ulkoisen liikenteen mallit.

Tällä kokonaisuudella katetaan kaikki merkittävä henkilöliikenne Helsingin seudun työssäkäyntialueella. Seuraavassa taulukossa on kuvattu yleispiirteisesti mallien sisältö ja päivitystilanne:

Taulukko 5. Helsingin seudun työssäkäyntialueen henkilöliikennemallien osat.

malli	päivitystilanne	kulkutavat	matkaryhmät
Helsingin seudun asukkaiden matkat seudun sisällä	Matkatuotokset päivitetty HEHA2012 aineistoa vastaavaksi	☒ jalankulku ¹⁷ ☒ pyöräily ☒ bussi ja raide ☒ henkilöauto	• kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat • kotiperäiset koulumatkat • kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat • kotiperäiset muut matkat • työperäiset matkat • muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat
	Kulikutapamalleissa ja suuntautumismalleissa on hyödynnetty sekä HEHA2012 että HEHA2007–2008 aineistoja ¹⁶		
Ympäryskuntien asukkaiden matkat Helsingin seudulla	Perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	☐ kevyt liikenne ☒ bussi ja raide ☒ henkilöauto	• muut kuin työmatkat
Helsingin seudun ja ympäryskuntien väliset matkat	Perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	☐ kevyt liikenne ☒ bussi ja raide ☒ henkilöauto	• kotiperäiset työmatkat • muut matkat
Ympäryskuntien alueen sisäinen liikenne	Perustuu HEHA2007–2008 aineistoon	☐ kevyt liikenne ☐ bussi ja raide ☒ henkilöauto	• kotiperäiset työmatkat • muut matkat
Ulkoinen liikenne (Helsingin seudun työssäkäyntialueen ja muun Suomen väliset matkat)	Perustuu Liikenneviraston tilastoihin	☐ kevyt liikenne ☒ raideliikenne ☐ bussiliikenne ¹⁸ ☒ henkilöauto	• kaikki yhteensä

Lisäksi mallijärjestelmään sisältyy apumalleja, joilla ennustetaan henkilöauton omistuksen ja henkilöauton pääasiallisten käyttäjien määrän kehitystä. Apumalleilla jaetaan myös aamuruuhkan liikenne aamuhuipputunnin liikenteeksi, iltaruuhkan liikenne iltahuipputunnin liikenteeksi sekä päivä-, ilta- ja yöajan liikenne päivätunnin liikenteeksi. Kaikki apumallit on päivitetty ja ne perustuvat HEHA2012-aineistoon. Edellä mainittujen apumallien lisäksi on otettu käyttöön myös suuntautumiskorjaus, joka korjaa malleilla ennustetun suuntautumisen vastaamaan liikkumistutkimusaineistoja. Suuntautumiskorjaus perustuu sekä HEHA2012- että HEHA2007–2008-aineistoihin. Kaikki apumallit on päivitetty vain Helsingin seudun sisäisten matkojen osalta ja autonomistumallien päivitysaineisto perustuu Helsingin seudun kattavaan aineistoon. Apumalleista kerrotaan tarkemmin luvussa 4.

¹⁶ Kulikutapamallin kertoimien estimoinnissa HEHA2012:n painoarvo on puolet, suuntautumismallissa taas HEHA2012-aineistoa on estimoinneissa painotettu havaintomäärien suhteessa. Kulikutapaosuudet on lisäksi kalibroitu vastaamaan täysin HEHA2012 aineistoa. Matkojen suuntautuminen on sen verran moniulotteinen, että HEHA2007–2008 aineiston suuri havaintomäärä oli estimoinneissa välttämätön.

¹⁷ Erotetaan kokonaistuotoksesta, mutta ei muuten käsitellä versiossa 3.0.

¹⁸ Ei ole sisällytetty malliin käytettävissä olevan laskentatiedon puuttumisen vuoksi

1.5 Ennustejärjestelmä

Ennusteiden laatimiseksi on laadittu liikenne-ennustejärjestelmä, joka toimii Emme-liikennesuunnitteluhjelmistossa (INRO 1998). Ennustejärjestelmää (mm. makroja ja tarvittavia lähtötietoja) on kuvattu yksityiskohtaisemmin erillisessä teknisessä raportissa (Rantala & Elolähte 2018), joka on julkaisematon, mutta saatavissa HSL:stä.

Helsinki-Vantaan lentoaseman ja satamien matkustajaliikennettä ennustetaan yksinkertaisella menettelyllä, jota kuvataan tämän julkaisun osassa B.

Henkilöliikenteen ajoneuvojen (henkilöautot ja bussit) lisäksi teillä ja kaduilla kulkee myös paketti- ja kuorma-autoja. Tavaraliikenteen kysynnän mallittamista kuvataan tämän julkaisun osassa C.

Tarjontamalleja eli teiden ja katujen ominaisuuksia, joukkoliikennelinjastoja ja sijoittelujen tekoa kuvataan liikennejärjestelmäraportissa (Elolähte ym. 2019). Tarjontamallit ja funktiovertailuraportissa (Räikkönen ym. 2016) kuvatut viivytysfunktiot tuottavat mm. matka-aikoja kysyntämallien lähtötiedoiksi.

Tarvittaessa voidaan julkaisussa Rahiala ym. 2017 kuvatuilla liityntäpysäköintimalleilla (versio 2.1) tutkia, kuinka suuri osa ennustetuista henkilöauto- ja joukkoliikennematkoista korvautuisi liityntäpysäköintimatkoilla ja mille alueelle auto pysäköitäisiin. Pyöräliityntää ei käsitellä. Liityntäpysäköintimalleja ei ole (ainakaan vielä) päivitetty version 3.0 mukaisiksi.

1.6 Testatut mallivaihtoehdot pääpiirteittäin ja perustelut valitulle järjestelmälle

1.6.1 Mallijärjestelmä kokonaisuutena

HELMET 1.0 -mallijärjestelmä (kuvattu malliraportissa Pastinen ym. 2011a) muotoutui kaksivuotisen hankkeen aikana vähitellen lukuisien testien ja käytännön lähtökohtien asettamien rajoitteiden kautta. Versioiden 2.0 ja 2.1 laadinnassa ei mallijärjestelmää kokonaisuutena muutettu, vaan ainoastaan sen osia päivitettiin. Versioon 3.0 lisättiin jalankulun erottelevat mallit uudeksi osaksi ja kevyttä liikennettä koskevat osat korvattiin pyöräilyllä. Myös aluejakoa tihennettiin. Muilta osin rakenne säilyi ennallaan.

HELMET 1.0 -mallijärjestelmän prosessissa tehtyihin valintoihin vaikuttaneita tekijöitä on kerrattu alla:

- Yhdellä kertaa ei haluttu toteuttaa liian monia muutoksia mallijärjestelmään, sillä jokainen muutos on myös riskitekijä mallin toimivuuden ja vertailtavuuden kannalta. Uusi mallijärjestelmä on aiempaan verrattuna huomattavan laaja. YTV:n mallijärjestelmä (YTV 2003) kattoi vain pääkaupunkiseudun mallit. Aiemmin oli laadittu myös erilliset kehyskuntien mallit, mutta näitä ei ollut koskaan otettu käyttöön. Siten mallijärjestelmän laajentaminen koko Uudenmaan, Itä-Uudenmaan ja Riihimäen seudulle oli huomattava lisähaaste. Tämän vuoksi mallijärjestelmässä haluttiinkin hyödyntää mahdollisimman pitkälle jo hyväksi koettuja, aiemmin testattuja ratkaisuja eikä järjestelmää lähdetty suoraan kehittämään esim. sellaisen mallien suuntaan, joissa käytetään enemmän yksilöön liittyviä muuttujia. Yksilömallien (HESY) käyttöä koskeva kehitysprojekti kuitenkin käynnistettiin varsinaisen mallityön valmistuttua (Pastinen ym. 2011b). Vuonna 2015 valmistui myös HESY-yksilömalleista uudempi versio 2.1 (Pastinen & Rantala 2016).

- Pääkaupunkiseudun mallijärjestelmä oli ollut pitkään käytössä ja laajalti testattu. Siten seudun ydinalueella tarkoituksenmukaisinta oli pitäytyä samankaltaisessa järjestelmässä.
- Kehyskunnille ja ympäryskunnille laadittiin omat erilliset mallinsa. Tärkein käytännön peruste tälle oli pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien erilaiset kulkutapaosuudet. Käytännössä mallit toimivat yhtenä kokonaisuutena ja mallirakenne on molemmissa malleissa sama, mutta erilaiset kertoimet mahdollistavat yhtenäistä mallia paremmin erilaisten kulkutapaosuuksien huomioon ottamisen. Toinen peruste erillisten kertoimien määrittämiselle oli se, että kehyskuntien aluejako oli harvempi kuin pääkaupunkiseudulla ja ympäryskuntien alueella edelleen kertaluokkaa harvempi. HELMET 1.0:n aluejako perustui Uudenmaan tiepiirin teettämään aluejakoselvitykseen ja se oli lähes sama vielä versiossa 2.1. Alueiden koko on oleellinen tekijä, sillä alueiden koon vaihtelu aiheuttaa vaihtelua myös mallinnettavaan ilmiöön. Tutkimuksen alkuvaiheessa harkittiin tasakokoista aluejakoa, mutta se päätettiin jättää myöhemmän ajan kehitystyöksi. Liikenteellisestä näkökulmasta pääkaupunkiseutu, kehyskunnat ja ympäryskunnat ovat nähtävissä myös suhteellisen erillisinä kokonaisuuksina. Näille alueille erillisistä mallijärjestelmistä on mahdollisimman vähän haittaa ennustamisen näkökulmasta. Tällä tarkoitetaan, että kun liikennevirrat kokonaisuuksien välillä ovat pienet, ei juurikaan haittaa, vaikka matkaluku asukasta kohti mallialueen sisällä on kiinnitetty mallialueen sisäisiin ominaisuuksiin.

HELMET-versiossa 2.1 haluttiin tarkentaa tavaraliikennemalleja ja sijoittelujen tekotapaa.

Versiossa 3.0 päädyttiin aluejaon tihentämiseen, jotta Helsingin seudun työssäkäyntialueen malleilla voitaisiin jatkossa kuvata aiempaa paremmin mm. saavutettavuutta seudun eri osissa.

1.6.2 Helsingin seudun mallit

HELMET 1.0 -mallityön yhteydessä testattiin erilaisia mallirakenteita ja muuttujia varsin perusteellisesti. Siten hyväksi havaittuja ratkaisuja ei mallien päivityksen yhteydessä lähdetty enää muuttamaan. Perustelut valinnoille on esitetty raportissa Pastinen ym. 2011a. Seuraavassa on kuitenkin kerrattu aiemmin tehdyt valinnat:

- Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden mallit kannattaa pitää kertoimiltaan erilaisina, jotta mallit vastaavat alueiden asukkaiden valintoja.
- Joukkoliikenne kannattaa käsitellä malleissa yhtenä kulkutapana, sillä eri joukkoliikennemuodot usein täydentävät toisiaan ovelta-ovelle matkaketuissa. Lisäksi Helsingin seudulla vaihtoehtoisia joukkoliikennevaihtoehtoja ei usein ole, vaan joukkoliikenne toimii liityntä- ja runkokuljetusten järjestelmänä, jossa päällekkäisyyksiä pyritään välttämään.
- Matkaryhmiä on kuusi 1) kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat 2) kotiperäiset koulumatkat 3) kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat 4) kotiperäiset muut matkat 5) työperäiset matkat 6) muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat. Näistä kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat ja kotiperäiset muut matkat on estimoitu yhdessä, mutta kalibrointi on tehty erikseen.
- Malleissa ei ole alueen palvelutasoa kuvaavia luokittelumuuttujia, sillä aiemmissa testauksissa menettely ei Helsingin seudun malleissa tuottanut järkevää (oikeanmerkkistä tai tarvoiltaan merkitsevää) estimointitulosta. Suuntautumista selittävät työpaikkojen määrät tai kerrosalat toimialoittain, väestömäärät ja liikennejärjestelmä. Menettelystä on se etu, että maankäytön kehittyessä ei ennusteita laadittaessa ole tarvetta subjektiivisille arvioille siitä, mihin alueluokkaan kukin alue kuuluu, vaan kaikki malleissa esiintyvät muuttujat ovat läskennallisia.

- Suuntautumismallit päädyttiin laatimaan yksitasoisina, sillä aiemmissa testeissä suuntautumismallien laatu ei parantunut hierarkiatasoja lisäämällä.
- Kulikutapamalleissa ei perustelluista syistä päädytty mm. epälineaarisiin matkakustannusmuuttujiin, matkakustannus/tulot -muuttujaan eikä erillisiin joukkoliikenteen matka-ajan komponentteihin (kuten vaihdot, kulkuvälineessä vietetty aika ja liityntämatkan pituus).
- Yleistetyllä matkavastuksella tarkoitetaan yhdistelmämuuttujaa, jossa osatekijöinä ovat matkakustannus ja matka-aika. Näiden keskinäinen suhde on ennalta määrätty ja vastaa pääpiirteittäin yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytettyä suhdetta matkaryhmittäin (ks. Liite 4). Yleistettyä matkavastusta päädyttiin käyttämään silloin, kun joko matka-aikaa tai matkakustannusta ei saatu muuten malliin mukaan.
- Pääsääntöisesti matka-ajan tai kustannuksen kertoimet ovat kulkutavasta riippuvaisia. Yleinen matkakustannuksen kerroin tarkoittaisi taas, että matkustajat arvostaisivat joukkoliikenteen matkalippuun käytetyn summan samanarvoiseksi kuin henkilöautomatkan hinnan.

Versiossa 3.0 tehtyjä valintoja:

- Jalankulku ja pyöräily eroteltiin omiksi kulkutavoikseen, koska tämän arvioitiin parantavan kysyntäennusteiden laatua. Erottelu tukee sekä jalankulun että pyöräilyn kysyntäennusteita, mutta samalla myös pyöräilyn, joukkoliikenteen ja henkilöauton kulkutavanvalinnan ja suuntautumisen arviointia.
- Vaikutusten arviointia varten tarvittiin tuloksia aiempaa tiheämmällä aluejaolla, joten sekä ennuste- että sijoittelualuejakoa tihennettiin niin, että ne noudattavat entistä paremmin kuntien omia aluejakoja. Tihennetty sijoittelualuejako otettiin käyttöön myös kysyntäennusteen laskemisessa.
- Liikenneverkkokuvauksia päivitettiin vuosina 2016–2017, jotta verkot muun muassa palvelisivat paremmin eri tarkkuustasojen tarpeita, verkon tarkkuus ja aluejaot vastaisivat toisiaan paremmin, ja eri vuosien verkot vastaisivat paremmin toisiaan tarkkuustason ja solmunumeroinnin osalta.
- Suuntautumismallissa myymäläkerrosalan tilalle vaihdettiin vähittäiskaupan työpaikat. Tämän arvioidaan mahdollisesti parantavan suuntautumisen ennustettavuutta. Lisäksi palvelun työpaikoissa testattiin kahta eri rajaustapaa (ks.2.6.2).

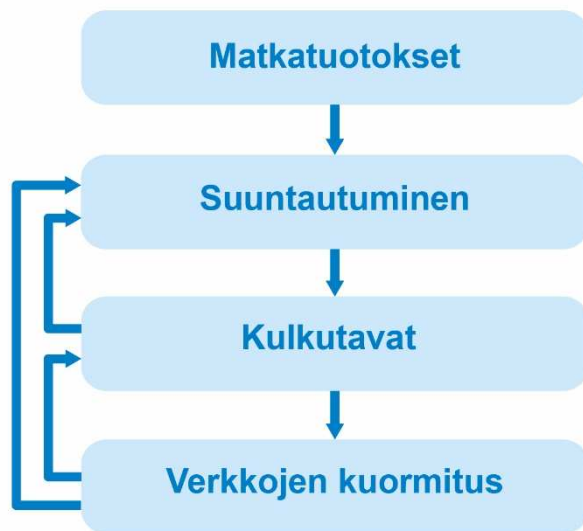
2 Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallit

2.1 Mallialue

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallit eli Helsingin seudun mallit käsittävät pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden matkat Helsingin seudun 14 kunnan alueella arkena. Mallit laadittiin erikseen pääkaupunkiseudun asukkaille ja kehyskuntien asukkaille lukuun ottamatta tuotoslukuja, joiden oletettiin riippuvan pikemminkin henkilön iästä ja henkilöauton käyttömahdollisuudesta kuin alueellisista tekijöistä.

2.2 Mallijärjestelmän yleiskuvaus

Helsingin seudun 14 kunnan sisäisen liikenteen mallijärjestelmä on perinteisen neliporrasmallin sovellus. Prosessissa on takaisinkytkentä liikenteen sijoittelusta matkojen suuntautumiseen ja kulkutapajakaumaan.



Kuva 4. Helsingin seudun sisäisen liikenteen nelivaiheinen liikenne-ennusteprosessi.

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien malleissa on kuusi matkaryhmää. Matkaryhmät ovat

- kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat
- kotiperäiset koulumatkat, jotka ovat 7–17-vuotiaiden tekemiä
- kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat
- kotiperäiset muut matkat
- työperäiset matkat
- muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

Tuntemattomiin matkaryhmiin (vastaaja ei ole kertonut matkan tarkoitusta) liittyvät matkat on kuitenkin otettu huomioon matkatuotoksissa skaalaamalla puuttuvia tietoja sisältävien matkojen kokonaismäärä muihin matkaryhmiin.

Kulikutapavaihtoehtoja pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien malleissa ovat:

- jalankulku (vain tuotos)
- pyöräily
- joukkoliikenne (lähibussi, lähijuna, metro, raitiovaunu, koulukuljetus, kaukobussi, tilausbussi, kaukojuna)
- henkilöautoliikenne (henkilöauton kuljettaja, matkustaja ja taksi).

Tarkastelujen ulkopuolelle jäävät kuorma-auto (henkilöliikennematkoilla), lentokone, moottoripyörä, mopedi, pakettiauton kuljettaja, pakettiauton matkustaja ja vesiliikenne¹⁹. Nämä ja tuntemattomiin kulkutapoihin (vastaaja ei ole kertonut kulkutapaa) liittyvät matkat on kuitenkin otettu huomioon matkatuotoksissa tasokorjauksena.

Suuntautumismalleissa matkojen määränpäävaihtoehtoja ovat sijoittelualueet. Helsingin seudulla sijoittelualueita on kaikkiaan 1753, joista 901 on pääkaupunkiseudulla ja 852 kehyskunnissa. Aluemäärä on kasvanut merkittävästi aiempiin HELMET-versioihin verrattuna, joissa suuntautumis-osuudet laskettiin 225 ennustealueelle. Tarkemmin aluemuutoksia on kuvattu teknisessä raportissa (Rantala & Elolähde 2018), katso myös Liite 1.

Sekä kulkutapa- että suuntautumismallit ovat rakenteeltaan pääsääntöisesti logittimalleja, samoin mallit, joilla jalankulkumatkat erotetaan kokonaistuotoksista.

Aiemmissa HELMET-mallin versioissa on tehty ns. pienten poikkeamien yhdistely, jossa pienet poikkeamat kodin ja työpaikan välisillä matkoilla yhdistettiin päämatkaan. Kaksi matkaa yhdistettiin tuotoksien laskennan tasolla yhdeksi kotiperäiseksi työmatkaksi, jos kyse oli lyhyestä työmatkalla poikkeamisesta, peräkkäisten matkojen toinen pää oli koti ja toinen työpaikka. Matkojen yhteisen paikan piti olla joko kodin tai työpaikan ennustealueella, eikä esimerkiksi matkan varrella (jolloin kyse olisi vaikkapa matkojen ketjuttamisesta). Lisäksi vaadittiin, että pysähdys kestää enintään puoli tuntia. Jos matkalla on pieni poikkeama sekä lähtö- että määräpäässä, yhdistelyä ei enää tehty. Pienten poikkeamien yhdistely pienentää matkamääriä noin prosentilla verrattuna tilanteeseen, että nämä olisivat erikseen. Versiossa 3.0 pienten poikkeamien yhdistelyä ei enää tehty, mikä siis kasvattaa matkamääriä noin prosentilla aiempiin malliversioihin verrattuna.

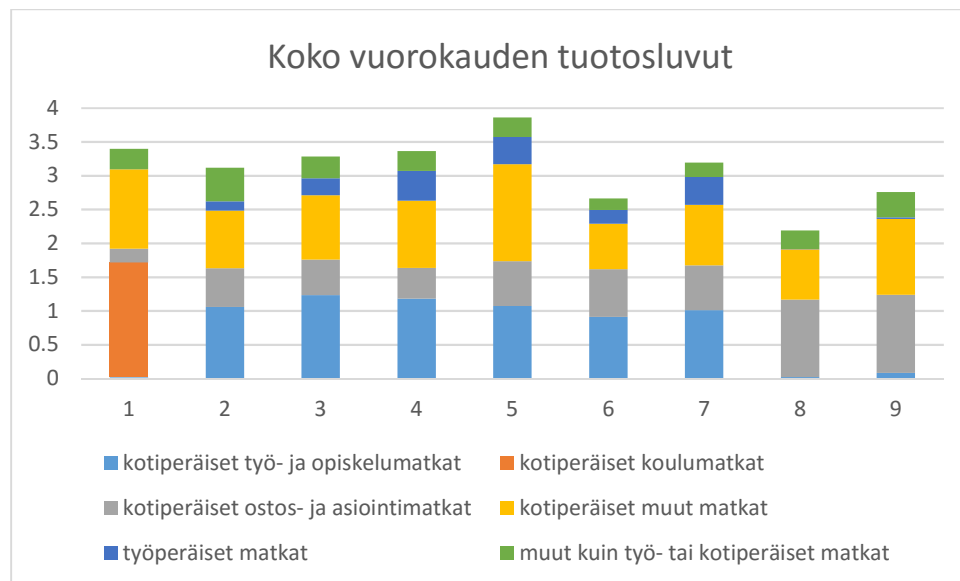
2.3 Tuotosmallit

2.3.1 Mallin kuvaus

Helsingin seudun tuotosmallit ovat tuotoslukuja. Tuotosluku kertoo, kuinka monta matkaa keskimäärin määrättyyn väestöryhmään kuuluva henkilö tekee arkivuorokaudessa tai sen osassa. Tuotosluvut on esitetty seuraavassa kuvassa. Kokonaisuudessaan matkojen määrä henkeä kohti vuorokaudessa on kasvanut 3,1 matkasta 3,2 matkaan HEHA2007–2008 ja HEHA2012 aineistoja verrattaessa. Alaikäisten ja 18–29-vuotiaiden matkatuotokset ovat hieman pudonneet, samoin 65 vuotta täyttäneiden henkilöauton pääasiallisen käyttäjien. 50–64-vuotiaiden matkatuotosluvut ovat

¹⁹ Suomenlinnan lautta on kuitenkin joukkoliikennettä.

kasvaneet, samoin 30–49-vuotiaiden henkilöauton pääasiallisten käyttäjien. Matkat painottuvat en-
tistä enemmän päiväliikenteeseen. Kokonaisuudessaan muutokset ovat melko vähäisiä ja osa
saattaa jäädä tilastollisten virhemarginaalien sisään.



	7-17v	18-29v		30-49v		50-64v		65- v	
		EHAP	HAP	EHAP	HAP	EHAP	HAP	EHAP	HAP
väestöryhmä	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	0.017	1.060	1.233	1.179	1.072	0.910	1.010	0.019	0.082
kotiperäiset koulumatkat	1.701	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	0.202	0.572	0.528	0.458	0.661	0.706	0.664	1.146	1.158
kotiperäiset muut matkat	1.172	0.851	0.952	0.994	1.436	0.673	0.893	0.747	1.118
työperäiset matkat	0.000	0.140	0.251	0.441	0.403	0.203	0.412	0.002	0.026
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	0.307	0.496	0.318	0.291	0.289	0.172	0.215	0.275	0.373
yhteensä	3.399	3.119	3.282	3.363	3.861	2.664	3.194	2.189	2.757

Kuva 5. Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien seitsemän vuotta täyttäneiden asukkaiden matkojen koko vuorokauden tuotosluvut väestöryhmittäin Helsingin seudulla arkena²⁰.

Vaikka kulkutapamalli on binäärimuuttujien kertoimia eli vaihtoehtokohtaisia vakioita lukuun otta-
matta sama kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille ja kotiperäisille muille matkoille, on matka-
tuotokset kuitenkin laskettu erikseen näille matkaryhmille. Näin siksi, että erilaisia tulevaisuuden
skenaarioita pohdittaessa voidaan ennusteissa vaikuttaa myös arvioihin tulevaisuuden matka-
tuotoksista (vertaa Liite 5).

²⁰ Laskettu Helsingin seudun liikkumistutkimuksen HEHA2012 aineistosta. Tutkimuksen tuloksia on julkai-
sussa Lindeqvist ym. 2013.

Koska ennusteet laaditaan erikseen aamuruuhkalle, iltaruuhkalle sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteelle, on tuotosluvut jaettu vielä ajankohdan mukaan. Liite 6 sisältää eri ajankohtien tuotoskertoimet. Aikajaksokohtaiset tuotoskertoimet on summattu koko vuorokauden tasolle ja esitetty edellä olevassa kuvassa.

Tuotoslukujen laskennassa on otettu huomioon liikkumistutkimusaineistossa esiintyvät puutteelliset tiedot. Tämä tarkoittaa, että vaikka laskennan pohjana olevissa havainnoissa matkan kulkutapa, ajankohta, lähtö- tai määräpaikan alue voi puuttua yksittäisten havaintojen kohdalla tai matkaryhmää ei ole pystytty päättämään, kokonaistuotos kuitenkin sisältää myös nämä matkat.

2.3.2 Lähtöaineisto tuotosmalleja käytettäessä

Laadittaessa ennusteet matkojen määrille sijoittelualueittain tarvitaan lähtötietoina:

- edellisessä luvussa mainitut tuotosluvut kaikille kotiperäisille matkoille
- arviot väestömääristä ikäryhmittäin sijoittelualueilla (ikäryhmät ovat 7–17-vuotiaat, 18–29-vuotiaat, 30–49-vuotiaat, 50–64-vuotiaat ja 65 vuotta täyttäneet)
 - o mallin versiosta HELMET 2.1 alkaen annetaan kokonaisväestömäärä sekä kunkin ikäryhmän osuus kokonaisväestömäärästä sijoittelualueittain²¹
- autonomistumallilla ja auton käyttömahdollisuuden mallilla lasketut ikäryhmittäiset väestöosuudet henkilöauton pääasiallisista käyttäjistä. Autonomistumallin käyttö edellyttää lisäksi seuraavien lähtötietomuuttujien ennustamista sijoittelualuejaossa
 - o mediaanitulo (versiossa 1.0 keskitulo)
 - o asuinkerrostalojen osuus sijoittelualueen asuinrakennusten kerrosalasta
 - o erillispientalojen osuus sijoittelualueen asuinrakennusten kerrosalasta
 - o joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistetyn matkavastuksen matkamäärillä painotettu suhde (nollalla jaon välttämiseksi muodossa $y/suh+1 \cdot E-09$, ks. Liite 4).
 - o asukastiheys asutuista ruuduista
 - o asuntokuntien keskikoko sijoittelualueella
 - o sijoittelualueen pysäköintikustannukset muilla kuin työmatkoilla²²
- väestön ja työpaikkojen kokonaismäärät sijoittelualueilla työperäisten matkojen ja muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen lähtöpaikkojen päättämiseksi.

2.3.3 Matkojen lähtöpaikan määrittäminen

Kuvan 5 mukaiset tuotosluvut kertovat, kuinka monta erityyppistä matkaa eri väestöryhmiin kuuluvat henkilöt keskimäärin tekevät kunakin arkipäivänä, mutta ne eivät vielä kerro, mistä eri matkat alkavat. Sitä varten tuotoslukuja on tarkennettava matkojen alkupään määrittävillä malleilla. Määrittäminen etenee vaiheittain siten, että ensin määritetään kullakin sijoittelualueella asuvien henkilöiden tekemien matkojen kokonaismäärä, minkä jälkeen näiden matkojen lähtöpaikat jaetaan eri sijoittelualueille matkaryhmittäin.

²¹ Mallin versioissa HELMET 1.0 ja 2.0 tarvittiin kokonaisväestömäärä sekä ikäryhmittäiset väestöarviot absoluuttisina määrinä. Kokonaisväestömäärissä ovat mukana myös 0–6-vuotiaat, vaikka heitä ei ennustejärjestelmässä muuten otetakaan huomioon.

²² Lisätty versioon 2.1, ei mukana versiossa 2.0. Pysäköintikustannukset kuitenkin tarvitaan myös kulkutapamalliin, joten sikäli kyseessä ei ole uusi muuttuja koko mallijärjestelmän kannalta.

Matkojen määrä

Edellä mainitut lähtötiedot koskevat siis Helsingin seutua. Kertomalla kunkin ajankohdan tuotosluku sijoittelualueen väestöryhmäkohtaisella asukasmäärällä saadaan sijoittelualueen yksittäiseen väestöryhmään kuuluvien asukkaiden tuottamat matkat eri ajankohtina. Laskemalla yhteen eri väestöryhmien tuotokset saadaan koko sijoittelualueen väestön tuottamat matkat matkaryhmittäin eri ajankohtina. Asia voidaan matemaattisena kaavana ilmaista seuraavasti:

$$T_{am}(e) = \sum_v t_{amv} \times V_v(e)$$

missä

$T_{am}(e)$ = ajankohtaa a , matkaryhmää m ja sijoittelualuetta e koskeva matkojen kokonaistuotos

t_{amv} = ajankohtaa a , matkaryhmää m ja väestöryhmää v koskeva tuotosluku

$V_v(e)$ = väestöryhmän v koko sijoittelualueella e .

Muuttujien indeksit ovat:

a = tarkasteluajankohta: aamuruuhka, iltaruuhka tai päivä-, ilta- ja yöliikenne

m = tarkasteltava matkaryhmä

v = tarkasteltava väestöryhmä (ikäluokka ja autonkäyttömahdollisuus)

e = tarkasteltava sijoittelualue.

Tuotokset kertovat vain matkojen kokonaismäärän. Kun tuotokset ovat selvillä, on vielä arvioitava, mistä matkat eri ajankohtina alkavat.

Matkojen lähtöpaikan määrittäminen kotiperäisillä matkoilla

Kotiperäisillä matkoilla matkojen alkuperän määrittäminen on kuitenkin helppoa. Matkojen oletetaan generoituvan kunkin henkilön asuinalueelta ja päättyvän johonkin suuntautumismallilla laskettuun kohteeseen. Kuitenkin vain osa asuinalueen generoimista matkoista myös lähtee sieltä. Aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteen kotiperäisten matkojen jakaminen meno- ja paluumatkoihin on esitetty kohdassa 4.6, katso myös Liite 11.

Matkojen lähtöpaikan määrittäminen työperäisillä matkoilla

Työperäisten matkojen todellista generointipaikkaa ei tiedetä etukäteen, joten asia on ratkaistava keinoitekoisesti. Sitä varten oletetaan aluksi, että lähtökohtaisesti myös työperäiset matkat generoituvat niillä sijoittelualueilla, missä työntekijät asuvat, mutta sitten varsinaisten lähtöpaikkojen määrittämiseksi työperäisten matkojen lähtöpaikat projisoidaan eri sijoittelualueille kullekin sijoittelualueelle suuntautuvien kotiperäisten työmatkojen lukumäärien suhteessa. Käytännössä tämä tarkoittaa yksinkertaista periaatetta, että työperäiset matkat lähtevät sieltä, missä ihmiset käyvät työssä. 14 kunnan alueen määrätyn ajankohdan kokonaistuotos lasketaan teknisesti summaamalla ensin kaikkien sijoittelualueiden työperäisten matkojen tuotokset yhteen ja jakamalla siten saatu työperäisten matkojen kokonaistuotos eri sijoittelualueille kullekin alueelle suuntautuvien kotiperäisten työmatkojen suhteessa.

Koko tarkastelualueelta syntyvien työperäisten matkojen kokonaistuotos on siis

$$T_{am} = \sum_e T_{am}(e),$$

missä

T_{am} = ajankohtaa a koskeva työperäisten matkojen (missä m on matkaryhmä 5 eli työperäiset matkat) kokonaistuotos Helsingin seudulla yhteensä.

$T_{am}(e)$ = ajankohtaa a ja sijoittelualuetta e koskeva työperäisten matkojen kokonaistuotos

Määrätyltä alueelta syntyvien työperäisten matkojen kokonaismäärä taas saadaan suhteuttamalla sijoittelualan työmatkat koko seudun työmatkoihin:

$$M_{am}(e) = \frac{tp(e)}{\sum_k tp(k)} T_{am}$$

missä

$M_{am}(e)$ = ajankohtaa a koskeva työperäisten matkojen (m=5) generointi alueelta e.

$tp(e)$ = sijoittelualueelle e suuntautuvat koko vuorokauden kotiperäiset työmatkat kaikilla kulkutavoilla yhteensä

T_{am} = ajankohtaa a koskeva työperäisten matkojen kokonaistuotos.

Tarkastelu tehdään erikseen pääkaupunkiseudun asukkaille ja kehyskuntien asukkaille. Aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, iltä- ja yöliikenteen työperäisten matkojen jakautuminen meno- ja paluumatkoihin on esitetty kohdassa 4.6, katso myös Liite 11. Tätä muunnosta ei tehdä jalankulku-matkoille, joten osa niistä saatetaan todellisuudessa tehdä muualla kuin generointialueella eli asuinalueella.

Matkojen lähtöpaikan määrittäminen muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla

Muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla (matkaryhmä 6) matkojen lähtöpaikka määritellään periaatteiltaan samalla tavalla kuin aiemmissa pääkaupunkiseudun malleissa ei-kotiperäiset matkat.²³ Asuinalueet generoivat matkoja kuten muissakin matkaryhmissä, mutta asuinalue ei välttämättä ole matkan kumpanakaan päänä. Koska näiden matkojen todellisia lähtöpaikkoja ei vielä tiedetä, asia joudutaan hoitamaan keinotekoisesti. Kriteerinä käytetään kunkin alueen asukkaiden ja työpaikkojen tuottamien matkojen kokonaismääriin perustuvia tunnuslukuja, jotka tuotetaan kullekin aikajak-solle erikseen henkilöauton pääasiallisille käyttäjille (HAP) ja henkilöauton ei-pääasiallisille käyttä-jille (EHAP). Lisäksi pääkaupunkiseudun asukkaille ja kehyskuntien asukkaille käytetään eri kertoi-mia. Koko tarkastelualueen asemesta asiaa tarkastellaan suuralueittain, jolloin saadaan hiukan tar-kempia tuloksia. Laskenta etenee seuraavasti:

- 1) Lasketaan kullekin pääkaupunkiseudun sijoittelualueelle eri väestöryhmien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen tuotokset tarkasteltavana aikajaksona (aamuruuhka, iltaruuhka sekä päivä, iltä ja yö yhteensä) ja yhdistetään väestöryhmittäiset tiedot koko pääkaupunkiseudulle yhteensä pitämällä kuitenkin HAP-henkilöt ja EHAP-henkilöt erillään. Näin saadaan koko pääkaupunkiseudulle kuusi muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen

²³ Karasmaa ym. 2003, sivut 19–20.

($m=6$) kokonaismäärää kuvaavaa lukua: siis kunkin kolmen aikajakson HAP- ja EHAP-henkilöille $T_{am} = \sum_e T_{am}(e)$, missä $T_{am}(e) = \sum_v t_{amv} \times V_v(e)$.

- 2) Jaetaan Helsingin seudun sijoittelualueet viiteen suuralueeseen (Helsingin kantakaupunki, muu Helsinki, Espoo ja Kauniainen, Vantaa sekä kehyskunnat) ja kerrotaan kunkin sijoittelualueen kokonaisasukasmäärä aikajakso- ja suuraluekohtaisella asukaskertoimilla ja kokonaistyöpaikkamäärä vastaavasti työpaikkakertoimilla siten, että HAP-henkilöille ja EHAP-henkilöille lasketaan aikajaksoittain omat luvut (katso Liite 7 ja sen Taulukko 41). Sen jälkeen nämä kaksi tuloa lasketaan vielä HAP-henkilöittäin ja EHAP-henkilöittäin yhteen, jolloin jokaiselle sijoittelualueelle saadaan kaksi aikajaksokohtaista tunnuslukua *asukasmäärä*(matkaa/asukas) + työpaikkamäärä*(matkaa/työpaikka)*, joista toinen HAP- ja toinen EHAP-henkilöille.
- 3) Lasketaan näin muodostetut sijoittelualueiden tunnusluvut yhteen siten, että HAP- ja EHAP-henkilöille saadaan omat aikajaksokohtaiset summat koko Helsingin seudulle, siis yhteensä kuusi lukua.
- 4) Jaetaan kunkin sijoittelualueen HAP- ja EHAP-henkilöiden tunnusluku vastaavalla summaston tunnusluvulla, jolloin tuloksena saadaan kullekin sijoittelualueelle ja aikajaksolle omat kertoimet, jotka kuvaavat ko. sijoittelualueen todennäköisyyttä toimia koko Helsingin seudulla HAP- tai EHAP-henkilön muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen lähtöpaikkana.
- 5) Kerrotaan kohdassa 1 muodostettujen pääkaupunkiseudun asukkaiden muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen kokonaismäärät edellä saaduilla sijoittelualuekohtaisilla kertoimilla, jolloin saadaan kultakin sijoittelualueelta lähtevien muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät tarkasteluajankohtana erikseen HAP-henkilöille ja EHAP-henkilöille.
- 6) Tehdään vastaava laskelma kehyskuntien asukkaille (katso Liite 7 ja sen Taulukko 42).

Seuraavassa taulukossa on em. taulukoiden yhteenveto eli aikajaksokohtaisten kertoimien summat vuorokausitasolle. Muunnosta ei tehdä jalankulkumatkoille, joten osa niistä saatetaan todellisuudessa tehdä muualla kuin generointialueella eli asuinalueella. Tässä matkaryhmässä generaatio-atraktio-matriiseja ei käännetä lähtö-määräpaikkamatriiseiksi.

Taulukko 6. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten PP-, JL- ja HA-matkojen määrät vuorokaudessa asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien²⁴.

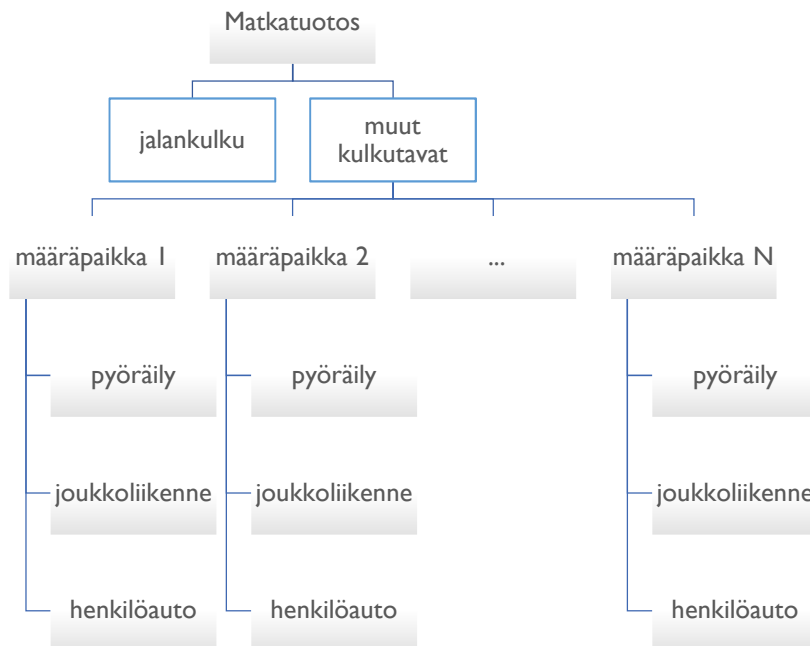
			matkaa/ asukas	matkaa/ työpaikka
pääkaupunkiseudun asukkaat	HAP	kantakaupunki	0,1444	0,1114
		muu Helsinki	0,0760	0,2304
		Espoo ja Kauniainen	0,0978	0,2210
		Vantaa	0,0802	0,1563
		kehyskunnat	0,0245	0,0819
	EHAP	kantakaupunki	0,3745	0,2892
		muu Helsinki	0,0883	0,2677
		Espoo ja Kauniainen	0,0891	0,2011
		Vantaa	0,0848	0,1651
		kehyskunnat	0,0056	0,0186
kehyskuntien asukkaat	HAP	kantakaupunki	0,0110	0,0085
		muu Helsinki	0,0061	0,0184
		Espoo ja Kauniainen	0,0068	0,0155
		Vantaa	0,0106	0,0206
		kehyskunnat	0,0867	0,2901
	EHAP	kantakaupunki	0,0055	0,0043
		muu Helsinki	0,0003	0,0008
		Espoo ja Kauniainen	0,0023	0,0051
		Vantaa	0,0008	0,0016
		kehyskunnat	0,0426	0,1426

²⁴ Lähteet: Helsingin seudun liikkumistutkimus 2012, Pääkaupunkiseudun väestömäärän lähteenä SeutuCD: Rakennustasoinen väestö 8/2012, muualla seutua RHR 8/2012. Työpaikkamäärien lähteenä pääkaupunki-seudulla SeutuCD: YrTP ja JulkTP 2010 ja muualla seudulla YKR 12/2010. Kummatkin työpaikkamäärien aineistot on korjattu työssäkäyntitilaston (Tilastokeskus 31.12.2010) kohdistumattomilla (tuntemattomat jaettu alueille tunnettujen suhteessa).

2.4 Jalankulkumalli

Tämä luku perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017.

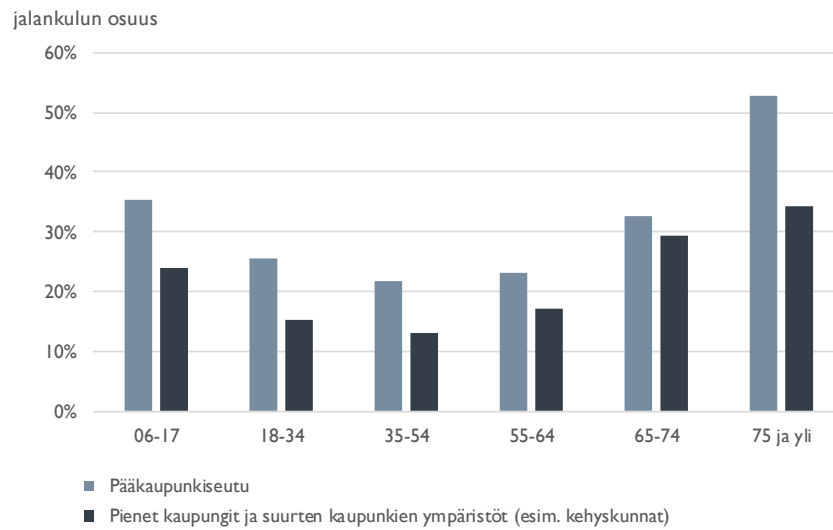
Jalankulun matkatuotos erotellaan muista kulkutavoista logittimallilla. Muille kulkutavoille lasketaan tuttuun tapaan matkojen suuntautuminen. Tämän jälkeen kulkutavat jaetaan pyöräilyyn, joukkoliikenteeseen ja henkilöautoon.



Kuva 6. Uusi mallirakenne.

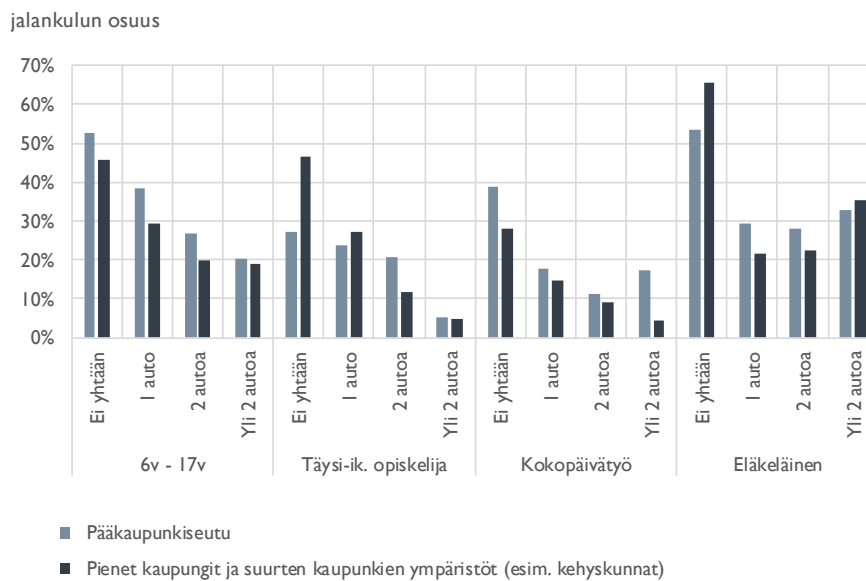
2.4.1 Mallin muuttujavalinnat

Ennen estimointien aloittamista työssä arvioitiin, mitkä muuttujat selittäisivät hyvin jalankulkuosuutta, siten että muuttujat olisi rajatussa aikataulussa mahdollista saada mukaan malliin. Alustavat suunnitelmat tehtiin vuosien 2010–2011 valtakunnallisen henkilöliikennetutkimusaineiston (HLT) avulla. Kuvissa 7 ja 8 on esitelty tarkastelujen tulos. Analyysien pohjalta jalankulkua selittäviksi yksilömuuttujiksi valittiin ikäryhmä ja henkilöauton käyttömahdollisuus. Koska pääkaupunkiseudun jalankulkuosuus vaikutti poikkeavan pienten kaupunkiseutujen ja suurten kaupunkiseutujen kehysalueiden jalankulkuosuudesta, päätettiin mallit estimoida erikseen pääkaupunkiseudulla ja kehyskunnille. Auton käyttömahdollisuuden lisäksi alustavat tarkastelut viittasivat siihen, että autoa/asuntokunta voisi aluekeskiarvomuuttujana selittää jalankulkuosuutta. Myös tätä muuttujaa päätettiin testata malleissa.



Lähde: Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2010-2011 / Pastinen V. 7.8.2017

Kuva 7. Jalankulumatkojen osuus keskimääräisenä arkivuorokautena pääkaupunkiseudulla ja pienten kaupunkien ja suurten kaupunkien ympäristössä sijaitsevilla kunnissa.



Lähde: Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2010-2011 / Pastinen V. 7.8.2017

Kuva 8. Eräiden väestöryhmien jalankulun osuus matkoista asuinkunnan tyypin ja autonomistuksen mukaan, koko vuosi keskimäärin.

2.4.2 Mallin estimointi ja muuttajat

Jalankulkumallit estimointiin matkaryhmittäin logittimallina. Vaihtoehtoina mallissa olivat jalankulku ja muut kulkutavat.

Kotiperäisillä matkoilla yksilömuuttujina olivat pääsääntöisesti ikäryhmä ja henkilöauton käyttömahdollisuus. Asuinalueeseen liittyvistä aluekeskiarvomuuttujista jalankulun kysyntää ennustivat hyvin autoa/asuntokunta-muuttuja sekä maankäyttötiedoista asukastiheys ja erillispientalojen osuus asuinalueella. Viimeksi mainittuja muuttujia ei ollut tunnistettu alustavissa tarkasteluissa, mutta estimoinnit osoittivat näiden olevan hyviä jalankulkuosuutta selittäviä tekijöitä.

Lisäksi malleissa on mukana jalankulun osuuden vuorokausivaihtelun huomioiva muuttuja. Vuorokauden ajankohdista toisistaan on eroteltu aamun ja illan ruuhka-ajat sekä muut ajankohdat. Viimeksi mainittu sisältää sekä päivä- että yöajan. Mallit on estimoitu erikseen pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaille.

Edellä mainittuihin kotiperäisiin matkoihin kuuluvat

- kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat
- kotiperäiset koulumatkat
- kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat
- kotiperäiset muut matkat.²⁵

Kotiperäisillä koulumatkoilla tarkoitetaan alle 18-vuotiaiden matkoja, joten tässä mallissa ikäryhmä ja henkilöauton käyttömahdollisuus olivat tarpeettomia muuttujia.

Työperäisillä sekä muilla kuin työ- ja kotiperäisillä matkoilla²⁶ lähtö- ja määräalueeseen liittyvistä muuttujista luovuttiin, sillä ratkaisu olisi muuttanut mallirakennetta niin merkittävästi, ettei muutoksen toteutus olisi ollut aikataulullisesti mahdollinen tässä vaiheessa. Malleissa on kuitenkin mukana tärkeimmät eli henkilöauton käyttömahdollisuutta ja matkan ajankohtaa kuvaavat muuttujat. Työperäisillä matkoilla mukana ei ole ikäryhmää, sillä työikäisten välille ei syntynyt mallissa merkittävää eroa. Sen sijaan muilla kuin koti- ja työperäisillä matkoilla ikäryhmä on selittävänä muuttujana mallissa.

Estimointien yhteydessä saatiin viitteitä siitä, että jalankulun erottelumalliin voi olla perusteltua liittää myöhemmin mallirakennetta muuttavia elementtejä mm. lisäämällä pysäköintikustannus ja logsum mallin alemmalta tasolta. Työperäisiä matkoja oli 7–17-vuotiailla vain marginaalisesti²⁷, joten

²⁵ Tähän matkaryhmään kuuluvat lähinnä vierailuihin, liikuntaan ja muuhun vapaa-ajan toimintaan liittyvät matkat.

²⁶ Työperäisillä matkoilla tarkoitetaan matkoja, jotka alkavat tai päättyvät työpaikalle ja matkan toinen pää on jossain muualla kuin kotona. Esimerkiksi työasiamatka, lounasmatka ja kaupoissa kiertelyn ensimmäinen matka työpäivän jälkeen ovat tyypillisiä työperäisiä matkoja.

Muilla kuin työ- ja kotiperäisillä matkoilla tarkoitetaan matkoja, joiden kumpikaan pää ei ole koti eikä työpaikka. Näitä matkoja ovat esimerkiksi kaupasta tai asiointipaikasta toiseen kiertely.

Kehyskuntien asukkaiden työperäiset matkat ja muut kuin työ- ja kotiperäiset matkat ovat jokseenkin pitkiä verrattuna pääkaupunkiseudun asukkaiden työperäisiin matkoihin. Kyse on usein matkoista, jotka liittyvät ostoksilla ja asioilla käyntiin tai esimerkiksi lapsen hakuun päivähoitopaikasta, ja matkakohde sijaitsee usein lähellä kotia, kun taas henkilön työpaikka voi olla pääkaupunkiseudulla. Siksi näillä matkoilla harvoin kävellään.

²⁷ Esimerkiksi kehyskunnissa vain 3 matkaa aineistossa, jossa kaikkiaan matkoja on yli 60 000.

tämä ikäryhmä jätettiin pois kyseistä matkaryhmää estimoitaessa. Nyt estimoiduissa malleissa muuttujina ovat ikäryhmä ja henkilöauton käyttömahdollisuus sekä matkan ajankohta.

Jalankulun muista kulkutavoista erottelevan mallin muuttujat matkaryhmittäin on koottu seuraavaan taulukkoon. Merkintöjen selitys on: X = muuttuja esiintyy sekä pääkaupunkiseudun että kehyskuntien asukkaiden mallissa, pk-seutu = vain pääkaupunkiseudun asukkaiden mallissa, kehys = vain kehyskuntien mallissa.

Taulukko 7. Jalankulun muista kulkutavoista erottelevan mallin muuttujat.

matkaryhmä	henkilöauton käyttömahdoll.	ikäryhmä	ajan-kohta	autoa/asunto-kunta	asukastiheys	erillispientalojen osuus	pysäköintikustannus
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	X	X	X	X	kehys		pk-seutu
kotiperäiset koulumatkat			X	kehys		X	pk-seutu
kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	X	X	X	X	pk-seutu	pk-seutu	pk-seutu
kotiperäiset muut matkat	X	X	X	X	pk-seutu		
työperäiset matkat	X		X				
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	X	X	X				

Jalankulkumalli kuvaa jalankulun valinnan todennäköisyyttä. Matemaattisesti malli ilmaistaan kaavalla

$$P(\text{jalankulku}) = \frac{1}{1 + e^{U(\text{muu kulkutapa})}}$$

U (muu kulkutapa) on muiden kulkutapojen valinnan hyötyfunktio, jossa esiintyvät edellisessä taulukossa kuvatut muuttujat. Näiden vaikutus jalankulun valintaan on pääpiirteittäin seuraava:

- henkilöauton käyttömahdollisuus vähentää jalankulun todennäköisyyttä
- iän vaikutus jalankulun todennäköisyyteen vaihtelee matkaryhmittäin, mutta kokonaisuus muistuttaa sivulla 55 olevan kuvan 7 mukaista tilannetta
- aamu- ja iltaruuhkassa jalankulun valinta on epätodennäköisempää kuin muina aikoina
- asuinalueen autonomistus vähentää jalankulun todennäköisyyttä kotiperäisillä matkoilla
- asukastiheyden kasvaessa jalankulun todennäköisyys kasvaa kotiperäisillä matkoilla
- erillispientalojen osuuden kasvaessa jalankulun todennäköisyys pienenee kotiperäisillä matkoilla
- asuinalueen pysäköintikustannus lisää jalankulun valinnan todennäköisyyttä kotiperäisillä matkoilla.

Mallin kertoimien arvot pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaiden malleille, ks. Liite 9. Henkilöauton käyttömahdollisuus, ikäryhmä ja matkan ajankohta ovat luokittelumuuttujia ja loput jatkuvia muuttujia. Pysäköintikustannus on mukana pääkaupunkiseudun asukkaiden mallissa. Koska pysäköintikustannukset ovat korkeimmat kantakaupungissa, tällä muuttujalla pystytään hyvin kuvaamaan tavanomaista korkeampaa jalankulkuosuutta kantakaupungin asukkaiden kotiperäisillä matkoilla. Pysäköintikustannus näyttää lisäävän jalankulun osuutta. Vastaavasti pyöräilyn, joukkoliikenteen ja henkilöauton erottelevassa kulkutapamallissa on tärkeää huolehtia siitä, että malleissa pysäköintikustannus esiintyy henkilöauton hyötyfunktiossa, jotta myös kulkutapaosuudet saadaan kauttaaltaan kohdalleen. Vaikka kysyntämallin matkatuotokset ovat kiinteitä, tarjoaa jalankulkumalli

tässä muodossa mahdollisuuden arvioida liikenteen hinnoittelun vaikutuksia pyöräilyn, joukkoliikenteen ja henkilöautoilun tuotoksiin.

Eräät matkaryhmät ovat varsin harvinaisia tietyille ikäryhmille. Esimerkiksi eläkeikäiset eivät juuri tee työmatkoja. Tämän vuoksi kaikkien ikäryhmien vaihtoehtokohtaiset vakiot eivät aina tulleet mallissa merkitseviksi muuttujiksi. Muuttujat on kuitenkin jätetty malliin, jos ikäryhmäluokittelu ylipäänsä on muuttujana merkitsevä, jotta malli voidaan tarvittaessa kalibroida ikäryhmittäin. Vastavasti ajankohtamuuttujat eivät aina olleet merkitseviä. Tuotosmallissa tuotoskertoimet esitetään kuitenkin ajankohdittain ja on tärkeää, että muiden kulkutapojen tuotos saadaan kohdalleen, koska tuotostaso vaikuttaa matkamääriin kokonaisuutena.

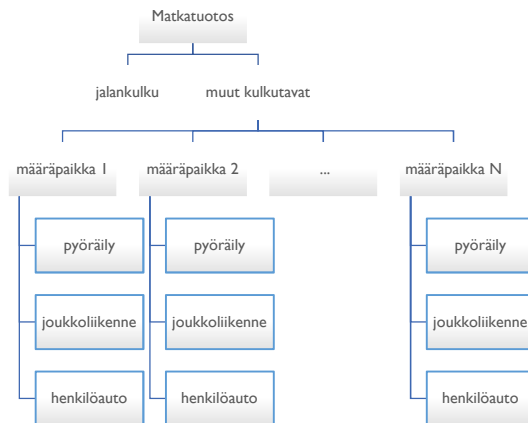
Kehyskuntien asukkaiden mallissa oli välttämätöntä lisätä malliin vaihtoehtokohtainen vakio, joka asettaa jalankulkuosuuden perustason kohdalleen. Tämä perustaso tarkoittaa tilannetta, jossa tarkastellaan 65 vuotta täyttäneiden henkilöauton pääasiallisten käyttäjien matkoja päivääkaan. Tässä tilanteessa kaikkien vaihtoehtokohtaisten binäärimuuttujien arvo on nolla. Ostos- ja asiointimatkoja lukuun ottamatta mainitun väestöryhmän todennäköisyys liikkua jalan oli muita pienempi ja mallit vaativat kehyskunnissa tasokorjausta. Vakion lisääminen pienensi oleellisesti Cox & Snell'n selityssastetta, mutta koska mallit oli estimoitu myös ilman vakiota ja osoittautuneet selityssasteiltaan pääsääntöisesti kohtuullisiksi ja koska EHAP-muuttujan merkki kääntyi ennakko-oletuksia vastavaksi, jätettiin vaihtoehtokohtainen vakio malliin.

Kotiperäisten koulu-, ostos- ja asiointi- sekä muiden matkojen selityssasteet jäivät pääkaupunkiseudulla melko vaatimattomiksi, vaikka malleissa ei ollutkaan vaihtoehtokohtaista vakiota. Havaintoaineistoa oli kuitenkin riittävästi. Joissakin tilanteissa harkittiin, selittäisikö pelkkä prosenttiosuusmalli kävelyosuutta riittävän hyvin. Mallien muuttujat olivat kuitenkin merkitsevä, joten tästä vaihtoehdosta luovuttiin kaikissa tilanteissa. Liite 8 esittää kuitenkin visuaalisesti jalankulun kulkutapaosuudet painotetussa aineistossa matkaryhmittäin pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaille.

Aineistoa tarkemmin analysoitaessa havaittiin, että vaikka selittävät muuttujat antoivat hyvän suunnan jalankulun kulkutapaosuuden arvioinnille, mitkään tekijät eivät yksiselitteisesti erotelleet näillä matkoilla jalankulun valintaa muista kulkutavoista. Jalankulkuun voi siis liittyä piirteitä, jotka eivät joko selity käytettävissä olevilla olosuhde- ja demograafisilla muuttujilla, tai malliin olisi saatava mukaan uusia lähiympäristöä kuvaavia tekijöitä. Kotiperäisillä muilla matkoilla lienee myös tarpeen erotella jatkossa liikuntaan ja ulkoiluun liittyvät matkat muista vapaa-ajan matkoista.

2.5 Kulikutapamallit

Tämän luvun kohta 2.5.1 perustuu pitkälti raporttiin Pastinen ym. 2016 ja muut kohdat muistioon Pastinen ym. 2017.



2.5.1 Mallin muuttujat ja lähtötiedot

Kulikutapa- ja suuntautumismallit on laadittu erikseen pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaille ja kaikille matkaryhmille. Sekä kulikutapa- että suuntautumismallit ovat rakenteeltaan pääsääntöisesti logittimalleja. Logittimalleja on ehkä kaikkein havainnollisimmin esitelty kirjassa Ben-Akiva & Lerman 1991.

Kehyskuntien kulikutapa- ja suuntautumismalleissa estimointiaineistona olivat Helsingin seudun liikumistutkimus 2012 ja vastaava aiempi aineisto vuosilta 2007–2008. Vuodelta 2008 peräisin olevaa joukkoliikenteen valintaperusteista otosta ei enää tarvinnut käyttää, vaan estimoinnit onnistuivat nyt hyvin, kun aiemman aineiston tukena oli myös Helsingin seudun liikumistutkimus 2012.

Vuosien 2007–2008 matkapäiväkirja-aineistoon yhdistettiin estimointeja varten matka-aikatiedot ja vuoden 2008 hintatasosta vuoden 2012 hintatasoon korjatut matka- ja ajokustannukset. Näin meneteltiin, jotta uusia malleja voidaan jatkossa käyttää vuoden 2012 hintatasossa ja jotta aineistot voitiin yhdistää yhdeksi estimointiaineistoksi. Myös vuoden 2012 matkapäiväkirja-aineistoon täydennettiin vastukset. Matka-ajat ja etäisyydet laskettiin sijoittelemalla vuosien 2008 ja 2012 kysyntämatriisit vuoden 2016 verkolle, jossa on Kehärata, mutta ei Länsimetroa. Näin tehtiin, koska liikennejärjestelmäkuvausten tekotapaa oli muutettu (Elo lähde ym. 2019) ja niiden taannutus vuodesta 2016 vuosiin 2008 ja 2012 olisi ollut liian työlästä ja aikaa vievää. Aiemmassa malliversiossa käytetyt joukkoliikenteen kustannukset monistettiin uuteen, entistä tiheämpään aluejakoon.

Estimointiaineistoihin lisättiin myös vuosien 2008 ja 2012 maankäyttötiedot, jotka oli ruutuaineistoista summattu uuteen sijoittelualuejakoon.

Estimoinnissa ei ole käytetty haastatteluista saatuja tietoja matka-ajoista ja etäisyyksistä, vaan niihin liittyvät vastukset on saatu sijoitteluista. Mallien kertoimet voidaan näin sovittaa liikennejärjestelmäkuvausta vastaaviksi, ja käytettävissä on myös muiden kuin valitun kulkutavan vastukset. Tämä on eduksi, kun mallia käytetään ennusteiden laadinnassa. Ennustetilanteessa vastukset voi-

vat muuttua nykytilanteesta ja nämä muuttuneet tiedot saadaan kätevimmin uutta liikennejärjestelmäkuvausta vastaavista sijoitteluista. Liite 2 ja Liite 3 antavat tarkempia tietoja malleissa esiintyvien kustannusmuuttujien laskennasta.

Helsingin seudun 14 kunnan alueella kuntajako ei ole muuttunut vuoden 2008 jälkeen, joten koulumatkoilla käytettävän oma kunta -muuttujan arvoa ei ole tarvinnut muuttaa.

Yleistetyn matkavastuksen laskemisesta matkaryhmittäin kertoo tarkemmin Liite 4. Käytännössä hyötyfunktioissa yleistetty matkavastus on tietylle kulkutavalle muotoa

$$\text{yleistetty_vastus} = \alpha(\text{matka-aika}) + \text{kustannus},$$

missä α on kyseisen matkaryhmän yleistetyn matkavastuksen kerroin (€/min), joka on johdettu ajan arvosta. Tälle yhdistelmämuuttujalle estimoidaan yksi mallikerroin. Yhtenäisyyden vuoksi taulukoissa 55–60 (ks. Liite 10) esitetään kerroin jokaiselle muuttujalle erikseen. Kustannuksen kerroin on tällöin estimoinnista saatu yleisen vastuksen kerroin, ja matka-ajan kerroin taas muotoa $\alpha[\text{yleisen vastuksen kerroin}]$. Kunkin matkaryhmän kohdalla on mainittu, miten taulukoissa näkyvät kertoimet on laskettu, jos on käytetty yleistettyä matkavastusta.

Kehyskunnissa koti- ja työperäisten matkojen malleissa (koulumatkoja lukuun ottamatta) on käytetty henkilöautomatkoille ja joukkoliikennematkoille yleistettyä matkavastusta, jossa matka-ajan ja matkakustannusten suhde on kiinnitetty matkaryhmän mukaan vaihtelevalla ajan arvolla. Ajan arvo on johdettu yhteiskuntataloudellisten laskelmien ajanarvon laskennan käytännöistä, ks. käsitteistä yleistetty matkavastus ja Liite 4. Yhteenvedo eri matkaryhmille käytetyistä ajan arvoista on saman liitteen taulukossa 36.

Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen malleissa kaikille aikajaksoille (siis myös päiväliikenteelle) on käytetty samoja vastusarvoja (matka-aika, kustannus, etäisyys), jotka on laskettu keskiarvona aamuruuhkan vastuksesta generaatioalueelta attraktioalueelle (eli käytännössä kotoa työpaikalle) ja iltaruuhkan vastuksesta vastakkaiseen suuntaan.²⁸

Kotiperäisten koulumatkojen kulkutapamalli on pituusjakaumapohjainen, ts. kulkutavan valinta riippuu matkan pituudesta. Kuva 19 sivulla 71 havainnollistaa kulkutapaosuuksia eripituisilla matkoilla

Kulkutavanvalintamalli on yhteinen kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille sekä kotiperäisille muille matkoille lukuun ottamatta vaihtoehtokohtaisia vakioita (eli kulkutapakohtaisten binäärimuuttujien kertoimia). Vakiot on korjattu kohdassa 2.5.3 kuvatulla tavalla. Kullekin aikajaksoille on käytetty vastusarvoja, jotka on laskettu keskiarvona kyseisen aikajakson vastuksista generaatioalueelta attraktioalueelle (eli käytännössä kotoa määräpaikkaan) ja takaisin.

²⁸ Menettely on matkaryhmäkohtainen. Malleissa on ajateltu, että matkapääöstä tehtäessä otetaan koko meno-paluumatkan ominaisuudet huomioon mahdollisimman lähelle juuri sitä ajankohtaa, jolloin matkat todellisuudessa tehdään. Eri matkaryhmien matkat ajoittuvat tyypillisesti eri ajankohtiin. Valittaessa kuitenkin matkaryhmälle käytettävää vastusparia on otettu huomioon matkojen tyypillinen ajoittuminen.

Aamu- ja iltaruuhkan työperäisten matkojen ennusteissa on koko Helsingin seudulla käytetty vastusarvoja, jotka on laskettu keskiarvona aamuruuhkan vastuksesta lähtöpaikasta määräpaikkaan (tai oikeammin generointialueelta attrahointialueelle) ja iltaruuhkan vastuksesta vastakkaiseen suuntaan. Ruuhkan ulkopuolisen ajan (päivä-, ilta ja yö) ennusteissa taas on käytetty vastusarvoja, jotka on laskettu keskiarvona päiväliikenteen vastuksista lähtöpaikasta määräpaikkaan ja takaisin.

Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen mallissa kullekin aikajaksolle on käytetty ko. aikajakson vastuksia sellaisenaan ilman symmetrintia eli keskiarvojen laskemista.

Helsingin seudun kulkutapa- ja suuntautumismallit tarvitsevat liikennejärjestelmää kuvaaviksi lähtötiedoksi henkilöautoliikenteen matka-ajat, matkan pituudet ja joukkoliikenteen painotetut matka-ajat aikaryhmittäin (sijoittelusta) sekä joukkoliikennekustannukset (Liite 2), ajokustannusten yksikköhinnan ja pysäköintikustannukset (Liite 3). Perushintataso kannattaa säilyttää vuoden 2012 mukaisena. Käytännössä siis tulevien vuosien hinnat muutetaan indeksillä vuoden 2012 hintatasoon. Mikäli hintoihin halutaan tehdä muuten muutoksia esimerkiksi tienkäyttömaksuja tai hinnoittelutestejä varten, tehdään nämä aina suhteessa vuoden 2012 hintatasoon. Lisäksi maankäyttötiedoista tarvitaan kultakin sijoittelualueelta väestön kokonaismäärä, työpaikat yhteensä, palvelun työpaikat, myymälöiden kerrosala ja autojen määrä asutokuntaa kohden (Liite 12). Väestöryhmäkohtaisia asukasmääriä tarvitaan vain tuotoksia laskettaessa.

2.5.2 Estimointi

Kulkutapamallien estimoinnissa testattiin yhteensä kolmea erilaista vaihtoehtoa:

- Kulkutapamallien matka-ajat, matkan pituudet ja kustannukset saatiin HSL:ltä ja niitä käytettiin estimoinneissa sellaisenaan.
- Tämän lisäksi työssä testattiin vaihtoehtoa, jossa henkilöautomatkan pituudelle asetettiin 2 kilometrin ja 5 minuutin ala-alarajat.
- Kolmannessa vaihtoehdossa vain henkilöauton sisäiset vastukset ja matkapituudet asetettiin mainittujen alarajojen suuruiseksi.

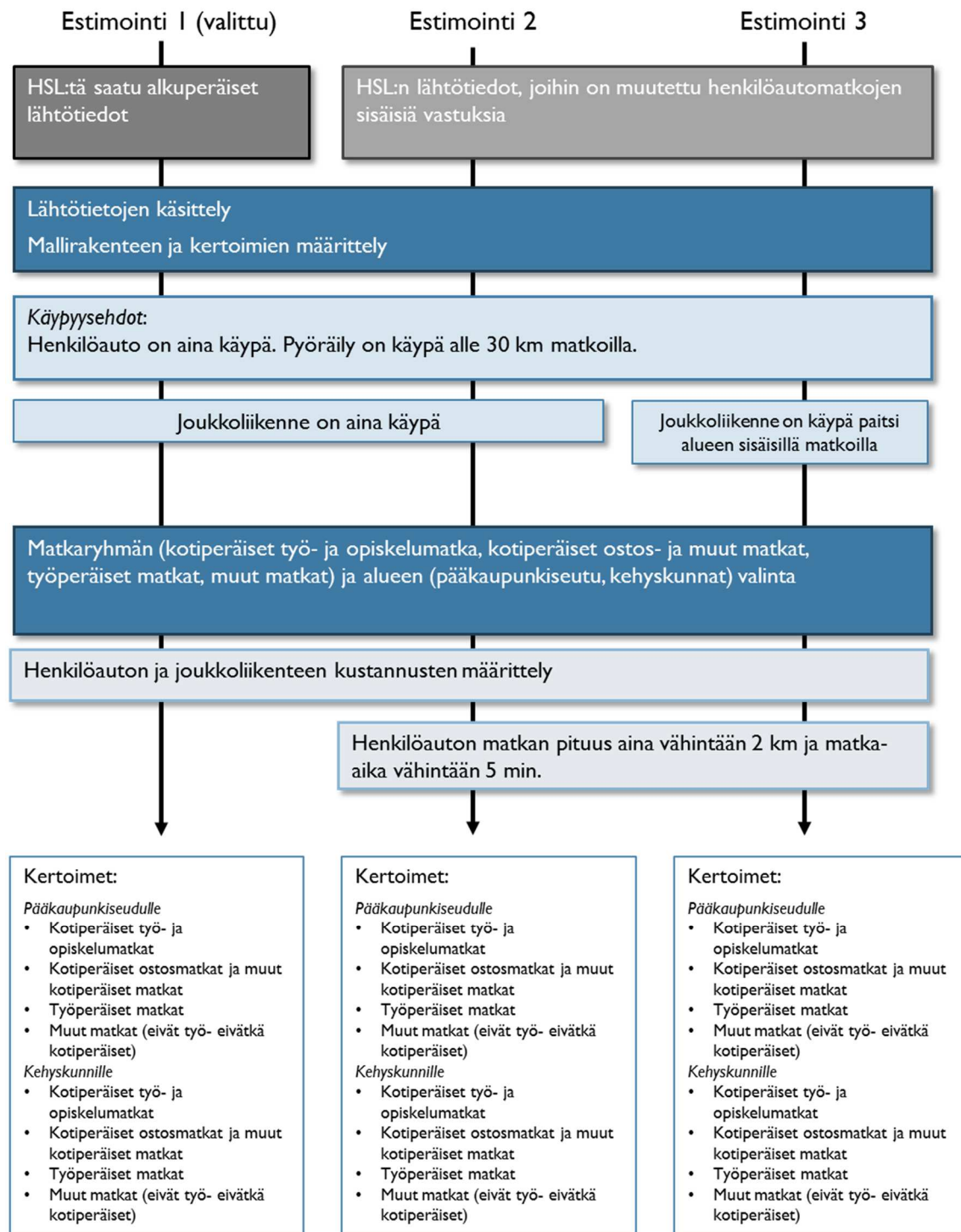
Testit tehtiin, koska aiemmin malleissa oli ollut vaikeuksia saada alueiden sisälle riittävästi matkoja ja koska lyhyitä matkoja oli tullut liikaa. Nyt kun jalankulku oli erotettu pyöräilystä, ongelmaa ei ollut kuitenkaan havaittavissa samassa mittakaavassa. Testit eivät osoittaneet, että kulkutapamallit tai suuntautumismallit olisivat henkilöauton vastuksien minimirajan asettamisella merkittävästi parantuneet, joten malleissa päätettiin käyttää sellaisenaan HSL:n laatimia lähtötietoja. Kuva 9 havainnollistaa testikokonaisuutta. Työssä testattiin kaikki polut ja lopulliseksi valittiin polku "Estimointi I".

Kotiperäisillä matkoilla ja muilla kuin kotiperäisillä matkoilla kulkutapa- ja suuntautumismalleissa käytetyt muuttujat näkyvät taulukoissa 8 ja 9. Muuttujat on ensisijaisesti pyritty säilyttämään samoina kuin jo aiemmin HELMET 1.0 -mallissa, ja muuttuja vaihdettiin vain, jos mallin kerroin tuli väärän merkkiseksi tai korreloi liian vahvasti jonkin toisen muuttujan kanssa.

Merkittävin muutos HELMET 2.0:ssa oli kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen suuntautumismalliin lisätty muuttuja opiskelupaikkojen määrää. HELMET 2.1:ssä muuttujiin ei ole tehty merkittäviä muutoksia²⁹. Muuttujat ovat samat myös HELMET 3.0:ssa, mutta kevyttä liikennettä selittävillä muuttujilla kuvataan nyt pyöräilyn osuutta.

Taulukoissa 55–60 (ks. Liite 10) esitetään sekä pääkaupunkiseudun että kehyskuntien asukkaiden suuntautumis- ja kulkutapamallit. Taulukoissa on esitetty mallien selityssasteet, kertoimien arvot ja kertoimien t-arvot kullekin matkaryhmälle erikseen. Kulkutavanvalintamallille on käytetty selityssastetta $p^2(c)$, koska vaihtoehtokohtaiset vakiot ovat käytössä. Suuntautumismallille taas käytetään selityssastetta $p^2(0)$, koska niissä ei ole vaihtoehtokohtaisia vakioita.

²⁹ HELMET 2.1:ssä on HELMET 2.0:aan verrattuna vain pieniä muutoksia: 1) Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kehyskuntien mallissa on siirrytty yleistettyyn matkavastukseen joukkoliikenteessä. 2) Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen kehyskuntien mallissa on voitu luopua yleistetystä matkavastuksesta joukkoliikenteessä.



Kuva 9. Kulikutapaestimoinnin vaiheet ja tehdyt estimoinnit kuvattuna.

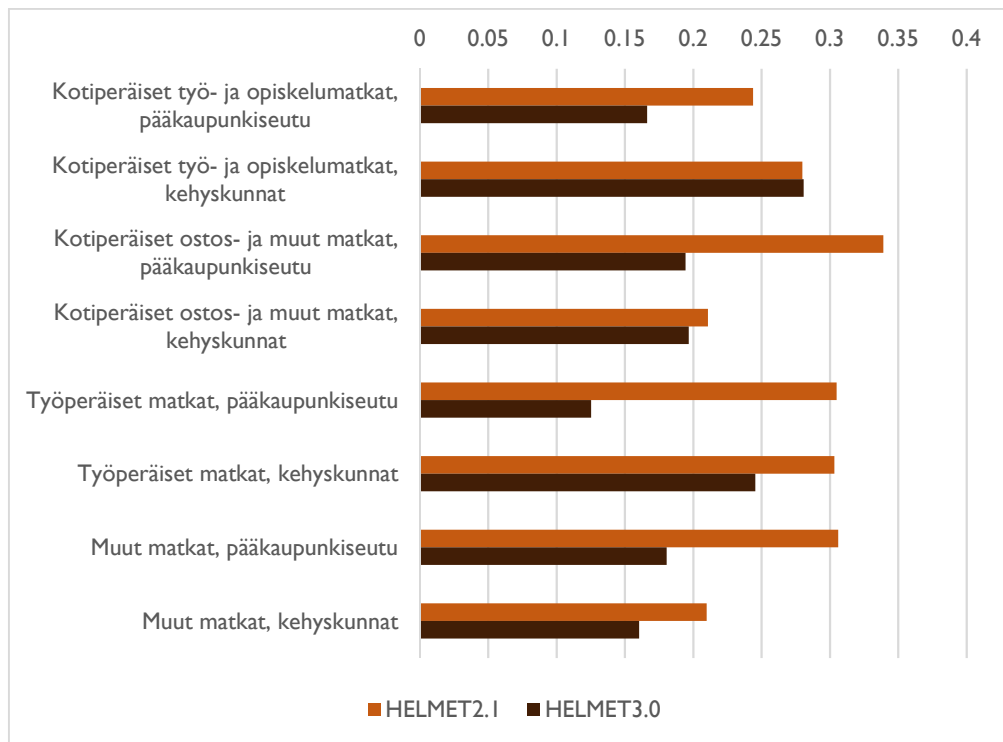
Taulukko 8. Kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttujat.

Muuttujat eri matkaryhmien malleissa, kotiperäiset matkat		Kotiperäiset työ- ja opiskelu- matkat		Kotiperäiset muut matkat + ostos- ja asiointimatkat	
		PKS	KEHYS	PKS	KEHYS
Kuluttajanvalintamalli	Ln(etäisyys+1), km (PP)	x	x	x	x
	Matka-aika, min (HA)	x		x	
	Painotettu kokonaismatka-aika, "min" (JL)	x		x	
	Ajokustannukset, euroa (HA)	x		x	
	Kustannukset, euroa (JL)	x		x	
	Pysäköintikustannukset, euroa (HA)	x	x	x	x
	Ajokustannukset + pysäköintikustannukset, e (HA)				
	Yleistetty matkavastus, "euroa" (HA)		x		x
	Yleistetty matkavastus, "euroa" (JL)		x		x
	Vaihtojen määrä, kpl (JL)				
	Autoa / asutokunta alueella keskimäärin (HA)	x	x	x	x
	Vaihtoehtokohdainen vakio (binäärimuuttuja) (PP)	x	x	x	x
	Vaihtoehtokohdainen vakio (binäärimuuttuja) (HA)	x	x	x	x

Taulukko 9. Muiden kuin kotiperäisten matkojen malleissa käytetyt muuttujat.

Muuttujat muiden kuin kotiperäisten matkojen mallissa		Työperäiset matkat		Muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	
		PKS	KEHYS	PKS	KEHYS
Kuluttajanvalintamalli	Ln(etäisyys+1), km (PP)	x	x	x	x
	Matka-aika, min (HA)	x		x	
	Painotettu kokonaismatka-aika, "min" (JL)	x		x	x
	Ajokustannukset, euroa (HA)	x		x	
	Kustannukset, euroa (JL)	x		x	x
	Pysäköintikustannukset, euroa (HA)	x	x	x	x
	Ajokustannukset + pysäköintikustannukset, e (HA)				
	Yleistetty matkavastus (HA)		x		x
	Yleistetty matkavastus, "euroa" (JL)		x		
	Vaihtojen määrä, kpl (JL)				
	Autoa / asutokunta alueella keskimäärin (HA)				
	Vaihtoehtokohdainen vakio (binäärimuuttuja) (PP)	x	x	x	x
	Vaihtoehtokohdainen vakio (binäärimuuttuja) (HA)	x	x	x	x

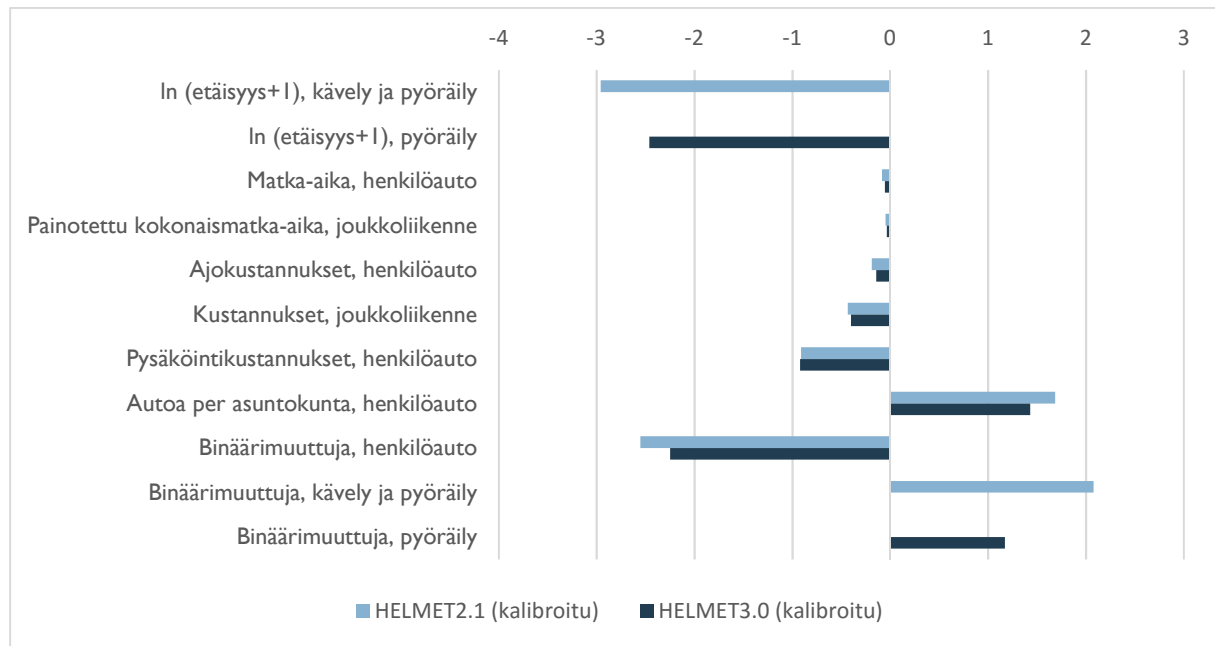
Seuraavassa kuvassa on esitetty mallin selitysasteet verrattuna edelliseen malliversioon, HELMET 2.1 -malliin. Selitysasteet ovat kehyskuntien työ- ja opiskelumatkoja lukuun ottamatta alentuneet kauttaaltaan. Tähän vaikuttaa havaintoaineiston samanaikainen pieneneminen, kun jalankulku on poistettu matkahavainnoista. Tuloksista ei voi siis yksiselitteisesti päätellä mallien ennustekyvyn heikkenemistä. Koska selitysasteet eivät kuitenkaan ole parantuneet, kannattaa malleja testata entistäkin monipuolisemmin mallin kehittämisen yhteydessä, jolloin saadaan samalla ideoita mallirakenteesta ja muuttujavalinnoista.



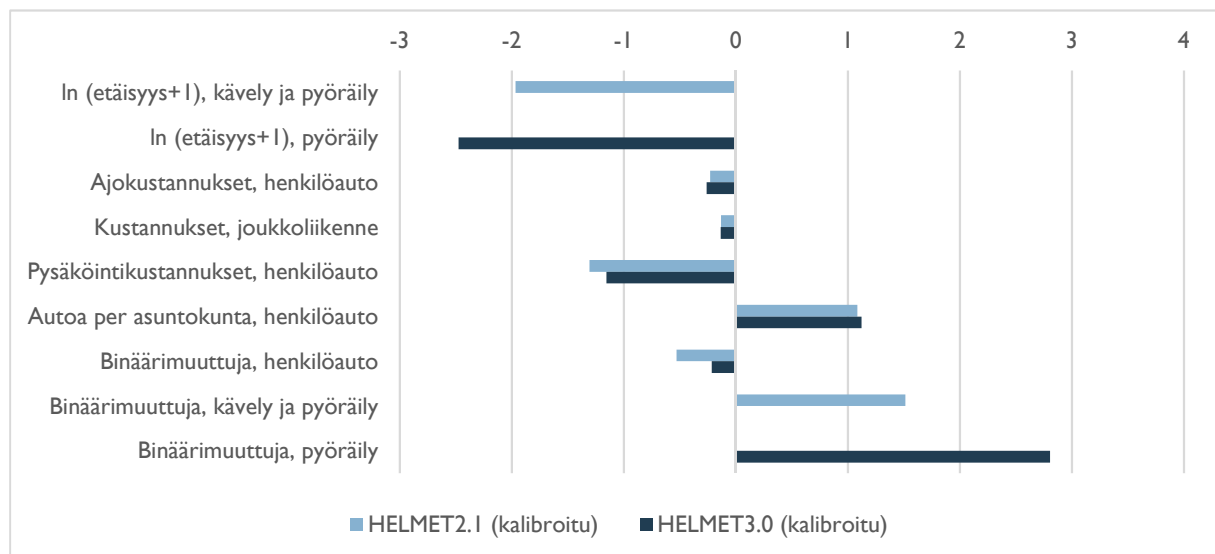
Kuva 10. Selitysasteet uudessa mallissa verrattuna vanhaan malliin.

Kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat

Sekä pääkaupunkiseudulla että kehyskunnissa kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kertoimet ovat saman merkkisiä ja samaa suuruusluokkaa. Suurimmat muutokset ovat kevyen liikenteen vaihtoehtokohtaisessa vakiossa, mikä on luonnollista, sillä vanhassa mallissa muuttujassa ovat olleet mukana myös jalankulkumatkat. Uudessa mallissa kevyen liikenteen sijaan mallissa tarkastellaan ainoastaan pyöräilyä. Vastaavasti aiemmin kevyen liikenteen pituutta kuvaava muuttuja tarkoittaa nyt pyöräilyetäisyyttä, joten tämänkin muuttujan kerroin poikkeaa selvästi aiemmasta. Muuttuja esiintyy mallissa muodossa $\ln(etäisyys+1)$.



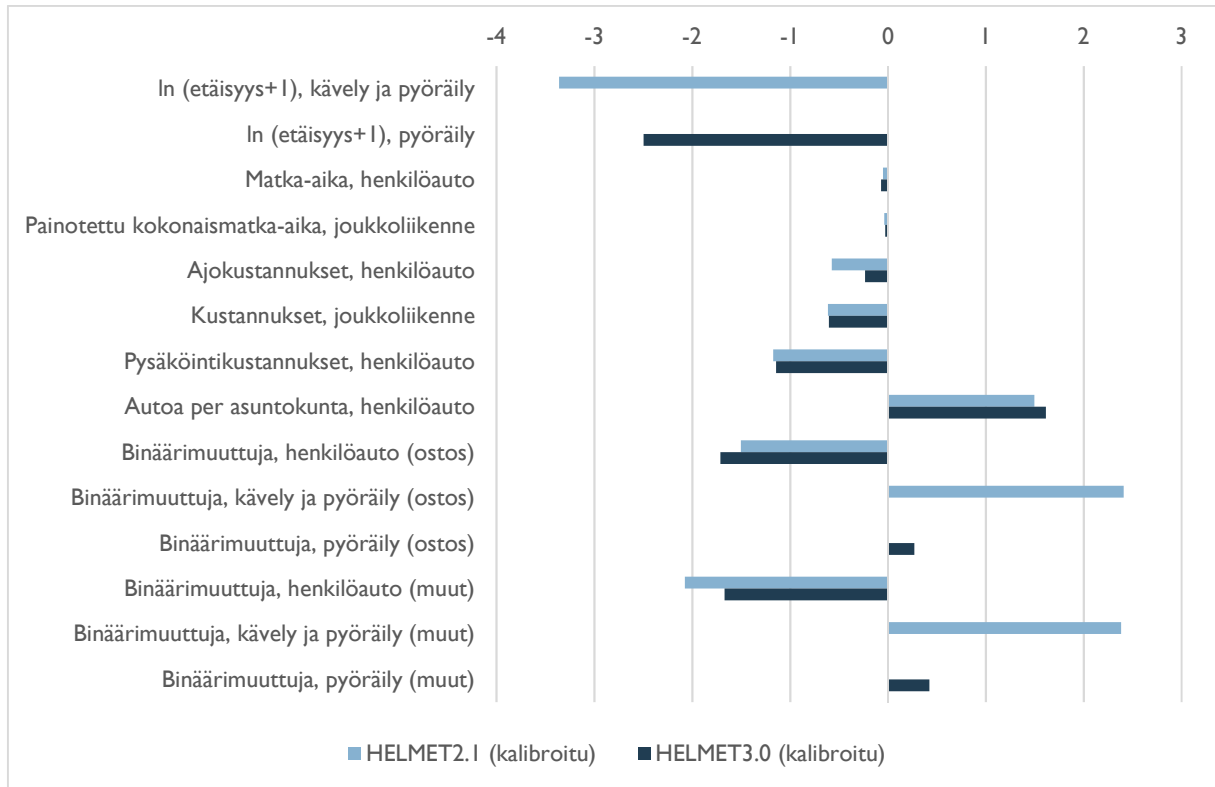
Kuva 11. Pääkaupunkiseudun kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.



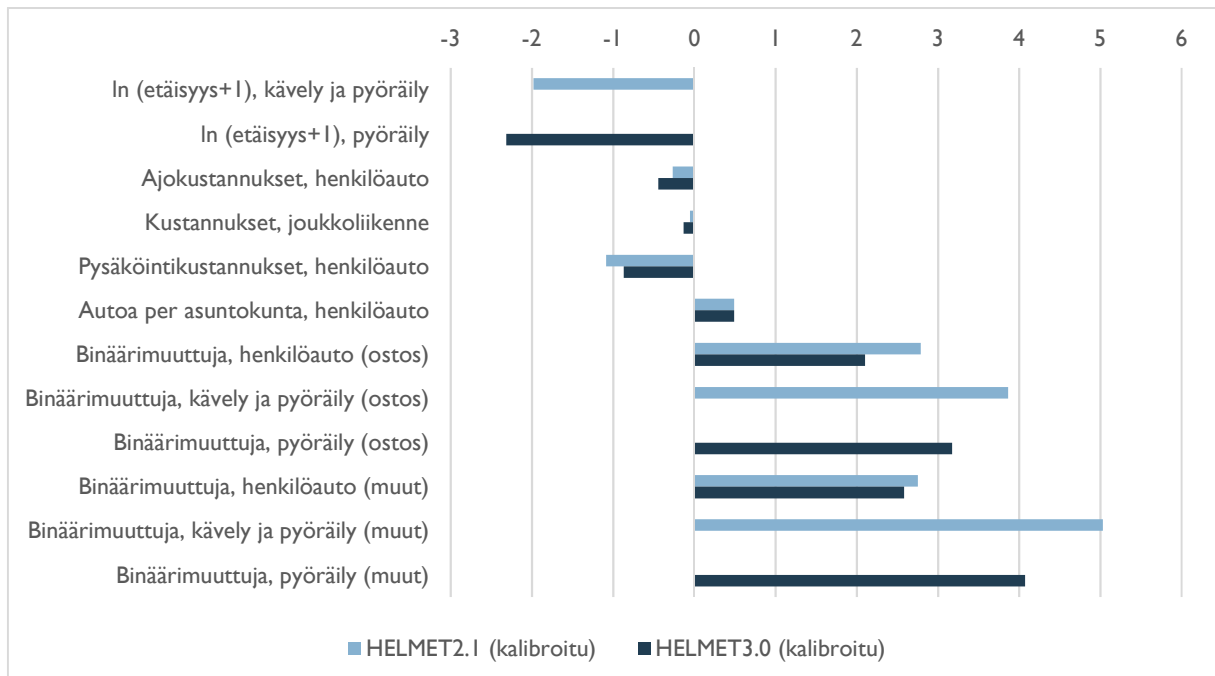
Kuva 12. Kehyskuntien kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.

Kotiperäiset ostos- ja muut matkat

Sekä pääkaupunkiseudulla että kehyskunnissa kotiperäiset työ- ja opiskelumatkojen kertoimet ovat saman merkkisiä ja samaa suuruusluokkaa. Kuten kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla, myös kotiperäisillä ostos- ja muilla matkoilla – johtuen kulkutapamallin uudesta rajauksesta – suurimmat muutokset ovat kevyen liikenteen vaihtoehtokohtaisessa vakiossa ja etäisyysmuuttujassa. Pääkaupunkiseudulla myös henkilöautojen ajokustannusten kerroin on muuttunut. Muilta osin muutokset ovat pienehköjä.



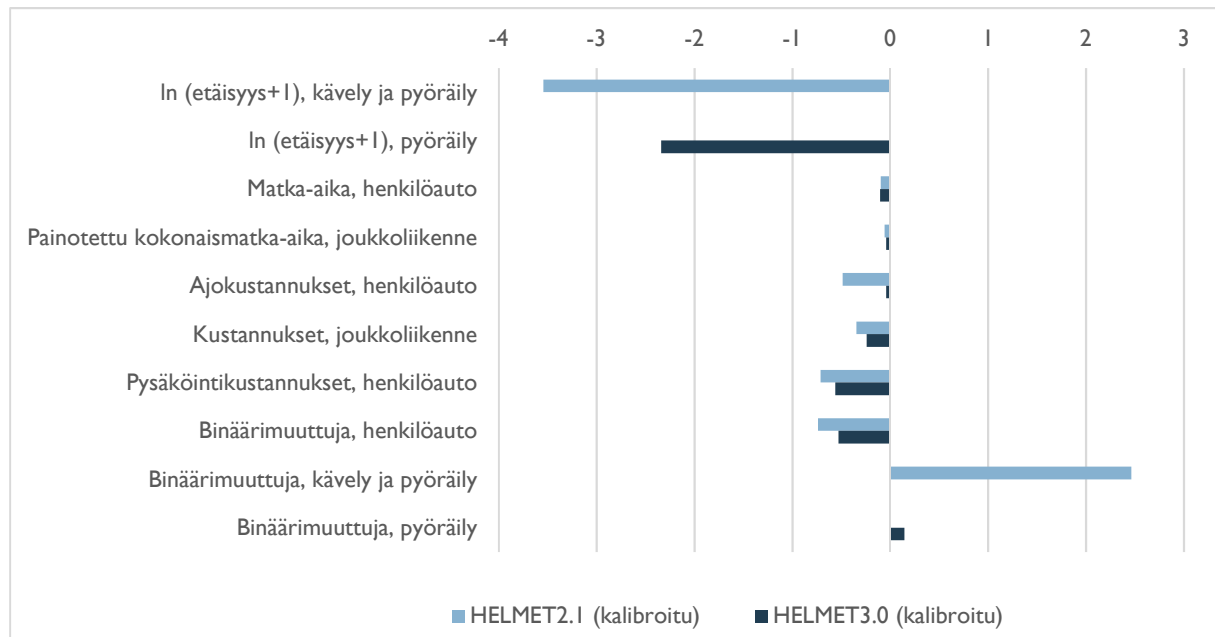
Kuva 13. Pääkaupunkiseudun ostos- ja muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.



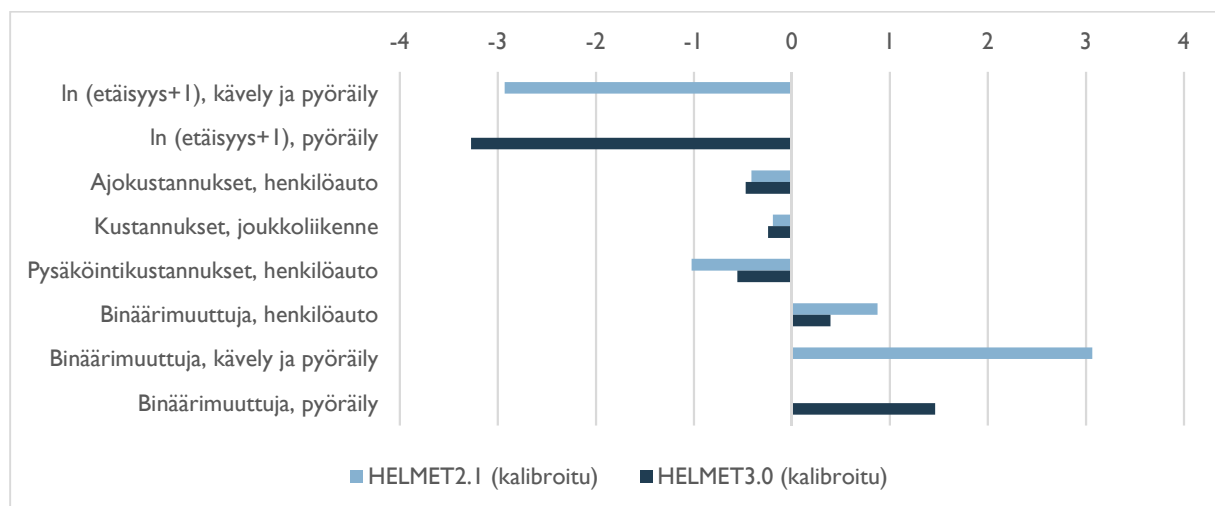
Kuva 14. Kehyskuntien ostos- ja muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.

Työperäiset matkat

Pääkaupunkiseudulla työperäisten matkojen hyötyfunktioista poistettiin pyöräilyn vaihtoehtokohtainen muuttuja sen huonojen T-arvojen takia. Kehyskuntien mallissa se on mukana. Pääkaupunkiseudulla suurimmat muutokset ovat tapahtuneet kevyen liikenteen etäisyysmuuttujassa ja kehyskunnissa vaihtoehtokohtaisessa muuttujassa. Molemmat johtuvat jalankulun erottelusta ja siitä, että uudessa mallissa on mukana vain pyöräily. Pääkaupunkiseudulla on lisäksi selvää muutosta henkilöauton ajokustannusten kertoimessa ja kehyskunnissa pysäköintikustannusten kertoimessa.



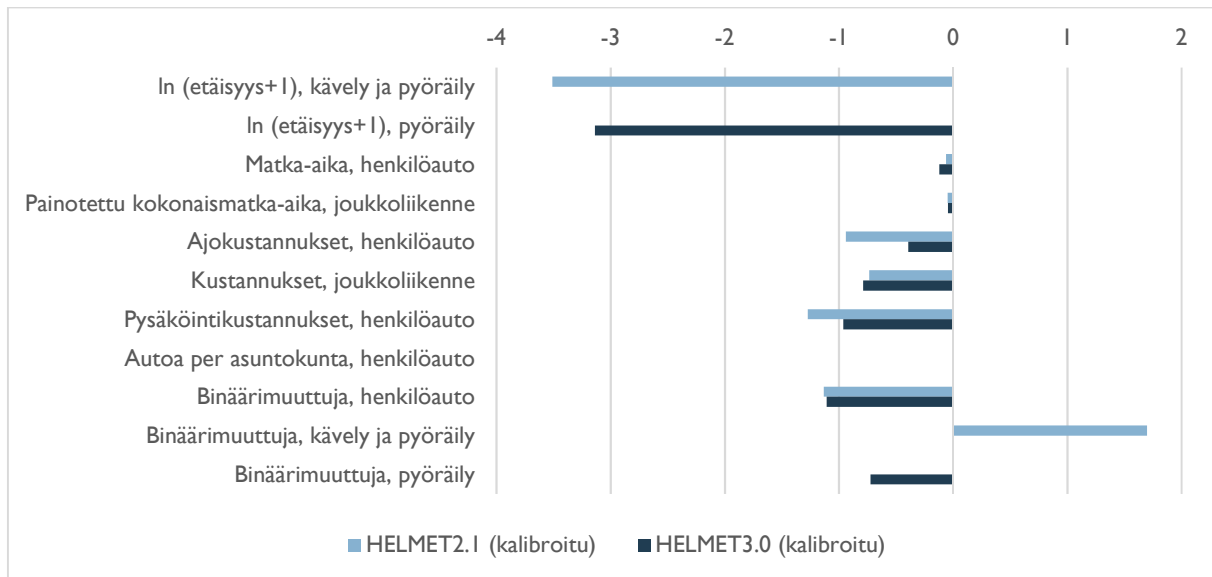
Kuva 15. Pääkaupunkiseudun työperäisten matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.



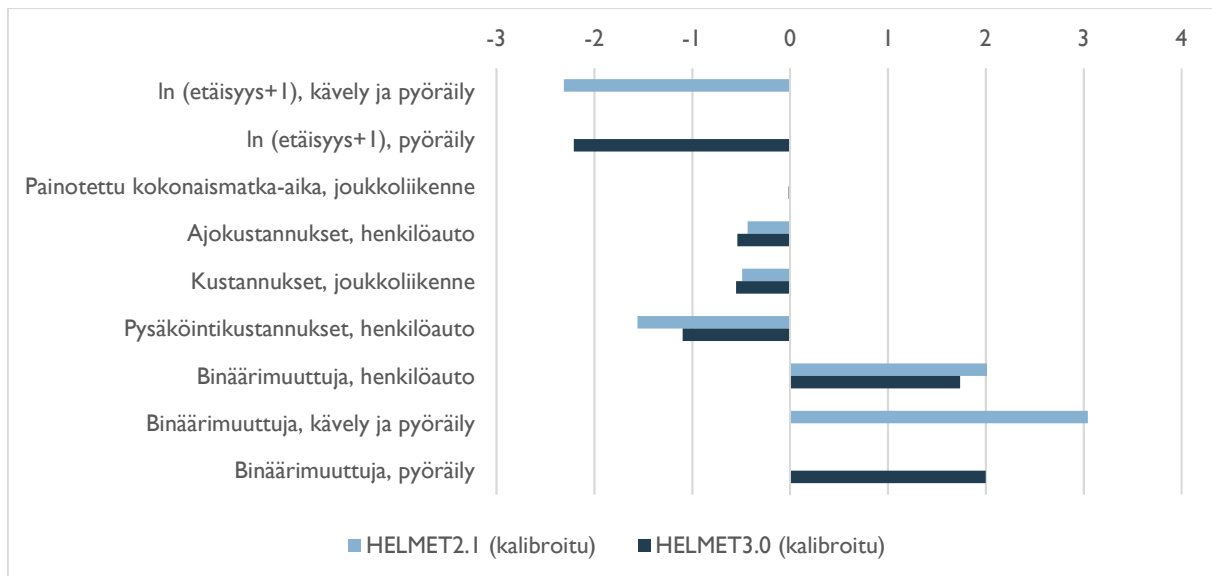
Kuva 16. Kehyskuntien työperäisten matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.

Muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat

Muiden matkojen kertoimien osalta pääkaupunkiseudulla kevyen liikenteen vaihtoehtokohtainen muuttuja on vaihtanut merkkiä. Tämä ei kuitenkaan haittaa, sillä vanhassa mallissa sekä jalankulku että pyöräily ovat osa mallia, uudessa vain pyöräily. Pääkaupunkiseudulla myös henkilöauton ajokustannusten kerroin on muuttunut.



Kuva 17. Pääkaupunkiseudun muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.



Kuva 18. Kehyskuntien muiden matkojen kertoimien vertailu uudessa ja vanhassa mallissa.

2.5.3 Kalibrointi

Kulikutapamallit kalibroitiin niin, että kulkutapaosuudet vastaavat HEHA2012-aineistoa. Kalibrointi tehtiin matkaryhmittäin ja pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaat erikseen, eli samoin kuin mallit oli estimoitukin. Kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat sekä kotiperäiset muut matkat kalibroitiin erikseen, eli niiden lopulliset vaihtoehtokohtaiset vakiot eroavat toisistaan, vaikka mallit ovat muuten samanlaiset.

Käytännössä kulkutapakohtaiset binäärimuuttujat korjattiin kaavalla (Ben-Akiva & Lerman 1991):

$$c(l) = c(0) - \ln \left[\frac{p(\text{malli})}{p(\text{HEHA})} \right]$$

missä

- $c(1)$ = uusi kulkutapakohtainen vakio
- $c(0)$ = estimoinnin tuottama kulkutapakohtainen vakio
- $p(\text{malli})$ = estimoidulla mallilla laskettu kulkutavan valintatodennäköisyys
- $p(\text{HEHA})$ = Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimuksesta 2012 laskettu kulkutapaosuus (laajennettu aineisto).

Kalibrointimenettely oli iteratiivinen, eli malli ajettiin aina uudelleen käyttäen uusia, kaavalla saatuja kulkutapakohtaisia vakioita. Näin saatuja kulkutapaosuuksia verrattiin havaittuihin, ja korjattiin taas vakioita, kunnes päästiin riittävän lähelle HEHA2012:n kulkutapaosuuksia. Samaa kaavaa on käytetty kulkutapaosuuksien kalibrointiin myös aiemmissa HELMET-mallin versioissa.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty kulkutapaosuudet, joihin kysyntämallit on kalibroitu.

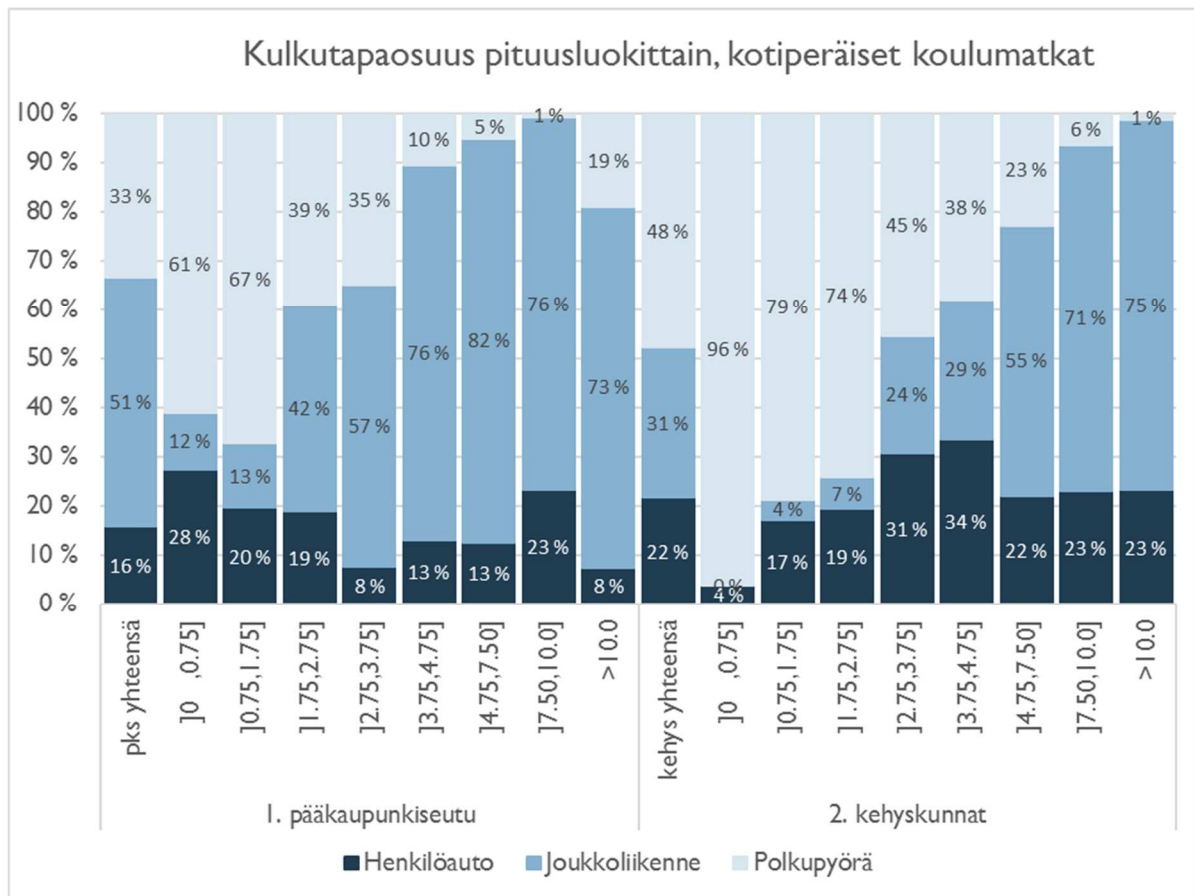
Taulukko 10. Kalibroinnissa käytetyt kulkutapaosuudet pääkaupunkiseudun asukkaiden mallissa.

matkaryhmä	kulkutapaosuudet		
	pyöräily	joukkoliikenne	henkilöauto
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	12 %	48 %	41 %
kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	7 %	30 %	63 %
kotiperäiset muut matkat	8 %	30 %	62 %
työperäiset matkat	8 %	35 %	57 %
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	5 %	41 %	54 %

Taulukko 11. Kalibroinnissa käytetyt kulkutapaosuudet kehyskuntien asukkaiden mallissa.

matkaryhmä	kulkutapaosuudet		
	pyöräily	joukkoliikenne	henkilöauto
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	6 %	24 %	70 %
kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	9 %	6 %	86 %
kotiperäiset muut matkat	13 %	4 %	83 %
työperäiset matkat	5 %	17 %	79 %
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	10 %	9 %	81 %

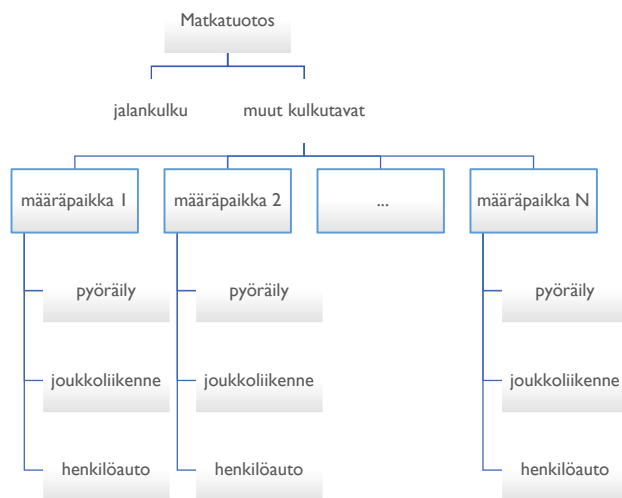
Kotiperäisiä koulumatkoja ei ole kalibroitu, vaan niiden kulkutapaosuudet on määritetty HEHA2007–2008 ja HEHA2012-aineistoista pituusjakauman perusteella (Kuva 19). Näitä pituusluokittaisia kulkutapaosuuksia mallilla sovellettaessa lopputulos ei kokonaisuutena osu täysin yksiin HEHAn kanssa, mutta menettely ja lopputulos ovat kutakuinkin samanlaiset kuin aiemminkin.



Kuva 19. Kotiperäisten koulumatkojen kulkutapaosuudet pituusluokittain.

2.6 Suuntautumismallit

Tämä luku perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017.



2.6.1 Mallin muuttujat ja lähtötiedot

Suuntautumismallien rakenne pidettiin päivityksessä lähtökohtaisesti samana kuin aiemmin. Joissakin maankäyttömuuttujissa oli kuitenkin ilmennyt tarpeita määritelmien muuttamiseen. Myymäläkerrosalan tilalle vaihdettiin vähittäiskaupan työpaikat. Palvelutyöpaikkojen osalta haluttiin kokeilla kahta vaihtoehtoista määritelmää: joko suppeampi, pelkät "varsinaiset palvelutyöpaikat", tai laajempi määritelmä, jossa olivat mukana edellisten lisäksi myös "muut palvelutyöpaikat". Laajempi määritelmä on sama kuin HELMET 2.1:ssä käytetty palvelutyöpaikkojen määritelmä. Seuraavassa taulukossa on esitetty muuttujiin kuuluvat TOL-luokat.

Suuntautumismallien estimointiaineistoihin lisättiin myös vuosien 2008 ja 2012 maankäyttötiedot, jotka oli ruutuaineistoista summattu uuteen sijoittelualuejakoon.

Taulukko 12. Suuntautumismallin muuttujien määritelmiä.

TOL VÄHITTÄISKAUPAN TYÖPAIKAT

45	Moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien tukku- ja vähittäiskauppa sekä korjaus
47	Vähittäiskauppa (pl. moottoriajoneuvojen ja moottoripyörien kauppa)

TOL VARSINAISET PALVELUTYÖPAIKAT

I	Majoitus- ja ravitsemistoiminta
P	Koulutus
Q	Terveys- ja sosiaalipalvelut
R	Taiteet, viihde ja virkistys
95	Tietokoneiden, henkilökohtaisten ja kotitaloustavaroiden korjaus
96	Muut henkilökohtaiset palvelut

TOL MUUT PALVELUTYÖPAIKAT

J	Informaatio ja viestintä
K	Rahoitus- ja vakuutustoiminta
L	Kiinteistöalan toiminta
M	Ammatillinen, tieteellinen ja tekninen toiminta
N	Hallinto- ja tukipalvelutoiminta
O	Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus
94	Järjestöjen toiminta

Muuttujamuutokset eivät käytännössä koskeneet kotiperäisiä työ-, opiskelu- ja koulumatkoja, koska niissä ei käytetä em. myymälätyöpaikka- ja palvelutyöpaikkamuuttujia. Näissä matkaryhmissä näkyvät kertoimissa siis lähinnä aluejaon muutos, jalankulkumatkojen poisto suuntautumismalleista sekä suuntautumismallien kalibroimattomuuden mahdollisesti aiheuttama muutos HELMET 2.1 -malleihin verrattuna.

Lopuissa matkaryhmissä (kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat, kotiperäiset muut matkat, työperäiset matkat sekä muut kuin koti- ja työperäiset matkat) esiintyvät molemmat uudelleenmääritellyt muuttujat. Siten niiden kertoimia ei oikeastaan kannata verrata aiempiin malleihin. Kussakin matkaryhmässä käytetyt muuttujat on lueteltu seuraavassa taulukossa.

Taulukko 13. Suuntautumismallin muuttujat eri matkaryhmissä.

matkaryhmä	Suoraan hyötyfunktiossa olevat muuttujat					Kokotekijässä olevat muuttujat				
	Logsum kulkutavan- valinta- mallista	Oma kunta –vakio (binääri- muuttuja)	Etäisyys, jos omassa kun- nassa	Etäi- syys, jos eri kun- nassa	ln (asu- kasluku)	Työpai- kat yh- teensä	Oppilas- paikat 2.-3. aste	Asu- kas- määrä	Palvelun työpaikat	Myymlätyö- paikat
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	X					X	X			
kotiperäiset koulumatkat		X	X	X	X					
kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	X							X	X	X
kotiperäiset muut matkat	X							X	X	X
työperäiset matkat	X							X	X	X
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	X							X	X	X

2.6.2 Estimointi

Estimointiaineisto muodostettiin muuttuneen aluejaon mukaisesti. Aineistona käytettiin laajennettuja vuosien 2007, 2008 ja 2012 liikkumistutkimusaineistoja. Estimoinnissa aineistosta jätettiin huomioimatta jalankulkumatkat, koska jalankululle tehtiin nyt erillinen malli. Siten suuntautumismalleissa olivat mukana polkupyörällä, joukkoliikenteellä ja henkilöautolla tehdyt matkat.

Jalankulkumatkoille ei lasketa suuntautumista lainkaan, vaan ne jäävät generointialueen (ts. asuinpaikan) sisäisiksi matkoiksi. Lisäksi työperäisillä sekä muilla kuin työ- ja kotiperäisillä matkoilla osa jalankulkumatkoista tehdään todellisuudessa muualla kuin generointialueella. Tämän huomioon ottamiseen ei aikataulusyistä ollut mahdollisuutta.

Suuntautumismallit estimoitiin logittimalleina matkaryhmittäin, paitsi että kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat sekä kotiperäiset muut matkat estimoitiin yhdessä (ja niillä on siten samat kertoimet), koska aiemmin matkaryhmien estimointi erikseen ei ole onnistunut. Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaille estimoitiin omat mallinsa. Vaihtoehtoina estimoinnissa olivat valittu määräalue sekä 24 satunnaisesti valittua aluetta Helsingin seudulta. Malli on muotoa

$$U = \beta_1 \logsum + \dots + \ln(\text{työpaikat} + \beta_2 * \text{oppilaspaikat} + \dots) + \varepsilon.$$

Suuntautumismallien estimoinnissa kokeiltiin kahta erilaista palvelutyöpaikkojen määritelmää ja kahta erilaista vastusten määritelmää. Palvelutyöpaikkojen osalta kokeiltiin vaihtoehtoina seuraavia³⁰:

³⁰ Katso tarkat määritelmät Taulukko 12.

- Suppeampi määritelmä: "varsinaiset palvelutyöpaikat" (majoitus- ja ravitsemistoiminta, koulutus, terveys- ja sosiaalipalvelut, taiteet, viihde ja virkistys, tietokoneiden, henkilökohtaisten ja kotitaloustavaroiden korjaus, muut henkilökohtaiset palvelut).
- Laajempi määritelmä: "varsinaiset palvelutyöpaikat" + "muut palvelutyöpaikat. Tämä on sama kuin aiemmin HELMET 2.1 -malleissa käytetty palvelutyöpaikkojen määritelmä.

Kertoimien t-arvojen perusteella valittiin käytettäväksi suppeampi määritelmä eli pelkät "varsinaiset palvelutyöpaikat". Tällä määritelmällä palvelutyöpaikkojen ja myymälätyöpaikkojen kertoimien t-arvot olivat suurempia. Logsumien kertoimien t-arvot jäivät suppeamman määritelmän malleissa useimmiten hieman pienemmiksi kuin laajemman määritelmän malleissa, mutta ero oli hyvin pieni.

Vastukset vaikuttavat logsumiin, joka on yksi suuntautumismallin muuttujista. Kokeiltuja vastuksia on kuvattu kulkutapamallien yhteydessä. Erilaisilla vastusmäärittelyillä testattiin suuntautumismallin tuottamia pituusjakauksia. Pituusjakauksissa ei kuitenkaan ollut suurta eroa, joten päätettiin käyttää alkuperäisen määritelmän mukaisia vastuksia.

Kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen suuntautumismallissa ei edellä mainittuja palvelutyöpaikkamääriä käytetä, vaan kokotekijässä on työpaikkojen määrän lisäksi opiskelupaikkojen määrä (2. ja 3. asteen oppilaspaikat), jota ei ollut mukana HELMET 1.0 -mallissa. Myös kotiperäisten koulumatkojen suuntautuminen lasketaan logittimallilla, mutta siinä käytetään eri muuttujia kuin muissa matkaryhmissä.

Valittujen suuntautumismallien kertoimet, t-arvot ja selitysasteet on esitetty taulukoissa 55–60. (ks. Liite 10) Suuntautumismallille käytetään selitystasetta $p^2(0)$, koska niissä ei ole vaihtoehtokohtaisia vakioita.

Suuntautumismallien selitystasheet pääosin huononivat HELMET 2.1 -malleihin verrattuna. Kehyskuntien malleissa selitystasheet pienenevät noin 20 prosenttia ja pääkaupunkiseudun malleissa noin 5–15 prosenttia. Poikkeuksena sääntöön kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla selitystase pysyi lähes samana pääkaupunkiseudulla ja parani kehyskunnissa.

Muuttujamuutosten ja jalankulkumatkojen poiston takia suuntautumismallien kertoimia ei ole kovin mielekästä verrata HELMET 2.1 -mallien kertoimiin. Useimmat kertoimet ovat muuttuneet huomattavasti. Työ-, opiskelu- ja koulumatkoilla, joihin muuttujamuutokset eivät vaikuta, suurin muutos oli oppilaspaikkojen kertoimessa pääkaupunkiseudun mallissa. Palvelutyöpaikkojen kerrointen muutoksista suuri osa johtuu määritelmän muutoksesta, koska aiempaa vastaavalla määritelmällä tehdyssä kokeilussa kerrointen muutos ei ollut läheskään yhtä suuri. Myös logsumin kerroin on muuttunut, koska jalankulku ei enää sisälly tähän.

2.6.3 Kalibrointi ja kehittämissuosituks

Suuntautumismalleja ei kalibroitu tämän päivityksen yhteydessä³¹. Mallijärjestelmässä oleva suuntautumiskorjaus (ks. kohta 4.8) korjaa nykytilannetta vastaamaan paremmin havaintoja. Jatkossa mallin kehittämisen yhteydessä esimerkiksi pituusjakaumien kalibrointi on suositeltavaa.

Jatkossa, kun mallin kehittämiseen on enemmän aikaa, on suositeltavaa tutkia suuntautumisen mallintamista tarkemmin ja kenties suunnitella suuntautumismalli eri tavoin kuin nyt. Tällöin voidaan paremmin paneutua myös niihin vaikutuksiin, jotka eivät näy t-arvoja vertaamalla, vaan vaativat ennustetun suuntautumisen tarkempaa tutkimista. Esimerkiksi palvelutyöpaikkojen määritelmän vaikutuksia kantakaupunkiin suuntautuviin matkoihin ja muutoinkin voisi tutkia tarkemmin. Myös kotiperäisten ostos- ja asiointimatkojen sekä kotiperäisten muiden matkojen estimointia erikseen kannattaa jatkossa taas kokeilla, etenkin silloin, kun käyttöön saadaan uutta aineistoa.

Voidaan myös pohtia, onko tarpeen ennustaa alueiden välisiä jalankulkuvirtoja tai kokonaan muualla kuin generointialueella tehtäviä jalankulkumatkoja.

³¹ Aiemmin (HELMET 2.1 -malleissa) suuntautumismalleja on kalibroitu yhdessä kulkutapamallien kanssa niin, että suuntautumismalleja estimointiin iteroiden uudelleen, kun kulkutapakohdaiset vakiot muuttuivat kulkutapaosuusiksi kalibroitaessa. Nyt siihen ei aikataulusyistä ollut mahdollisuutta.

3 Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit

3.1 Mallien päivitys

Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit on estimoitu jo HELMET-versiossa 1.0 vuosien 2007–2008 liikkumistutkimusaineistosta eikä niitä päivitetty pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien mallien aiempien päivityskierrosten yhteydessä. Mallijärjestelmän osat vaikuttavat kuitenkin hieman toisiinsa, joten myös ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit jouduttiin ottamaan päivitystyössä huomioon.

Versiota 3.0 varten ympäryskuntien mallin lähtöaineistot konvertoitiin ennustejärjestelmän käyttämään entistä tiheämpään aluejakoon. Rekistereistä haettiin maankäyttötiedot uudella sijoittelualuejaolla, mutta muut lähtötiedot (mm. erilaiset osuudet ja nykytilanteen kysyntä) ovat edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta ne monistetaan tai hajotetaan vuoden 2016 sijoittelualuejakoon. Samalla makroihin tehtiin tarvittavat muutokset.

Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien matkojen suuntautumista käytetään ympäryskuntien mallien lähtötietona. Näytti siltä, että ympäryskuntien malli ei toimi kunnolla HELMET 2.0:n ja 2.1:n yhteydessä, jos käytetään lähtötietona HELMET 1.0:n mukaista suuntautumista, joten tämä lähtötieto laskettiin uudelleen HELMET 2.0 -mallilla ja vielä uudelleen HELMET 2.1:llä. Syynä on mm. suuntautumiskorjauksen käyttöönotto. Päivitettyä tietoa käytetään ympäryskuntien mallissa myös HELMET 3.0 -mallin yhteydessä.

Käytännössä HELMET 2.1 -mallijärjestelmässä ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen mallit ovat siis sisällöltään samat kuin HELMET 1.0:ssa, mutta jotkin mallijärjestelmän yksityiskohdat ovat muuttuneet. Yllä kuvatun lähtötietotiedostojen päivityksen lisäksi mallijärjestelmään kuuluvien makrojen ja lähtötietotiedostojen nimiä on muutettu vastaavasti kuin 14 kunnan mallin makrojen ja lähtötietojen nimiä päivitysten yhteydessä. Muutoksia on kuvattu tarkemmin liikenne-ennustejärjestelmän teknisessä raportissa (Rantala & Elolähde 2018).

3.2 Mallialue

Helsingin seudun työssäkäyntialueen kuntia, jotka eivät kuulu Helsingin seudun 14 kunnan joukkoon, kutsutaan tässä työssä ympäryskunniksi. Ympäryskuntia ovat siis nykyiset Raasepori (vuosien 2007–2008 liikkumistutkimuksen tekoaikaan vielä Karjaa, Pohja ja Tammisaari), Hanko, Inkoo, Karkkila, Lohja (mukaan lukien entiset Karjalohja, Nummi-Pusula ja Sammatti), Siuntio, Hausjärvi, Loppi, Riihimäki, Askola, Lapinjärvi, Loviisa, Myrskylä, Porvoo ja Pukkila. Liikkumistutkimuksen tekoaikaan 2007–2008 itsenäisiä kuntia olivat näiden lisäksi vielä Liljendal, Pernaja ja Ruotsinpyhtää.

3.3 Mallijärjestelmän yleiskuvaus

Ympäryskuntien malli käsittelee ympäryskunnissa asuvien ajoneuvoilla tapahtuvaa henkilöliikennettä koko työssäkäyntialueella. Lisäksi siinä otetaan huomioon Helsingin seudulla asuvien matkat ympäryskuntiin ja takaisin sekä ympäryskuntien sisällä. Ympäryskuntien mallit laskevat siis ennusteen ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisille matkoille, ympäryskuntien sisäisille matkoille sekä ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudulla tekemille matkoille.

Ympäryskuntien malleissa matkaryhmiä ovat kotiperäiset työmatkat ja muut matkat. Ennusteet lasketaan henkilöautolle ja joukkoliikenteelle. Mallit toimivat muutosmallina, jolloin lähtökohtana on mahdollisimman hyvä nykytilanteen kysyntämatriisi. Mallijärjestelmä on neliporrasajattelun mukainen, mutta suuntautumismallissa ei ole takaisinkytkentää.

Ulkoisen liikenteen mallit laskevat koko mallinnetun alueen eli Helsingin seudun työssäkäyntialueen rajan ylittävät henkilöliikennematkat. Matkan tekijän asuinpaikalla ei ole merkitystä. Mallit perustuvat nykytilanteen kysyntään ja kasvukertoihin. Matkaryhmiä ei ole, vaan kaikkia henkilömatkoja käsitellään yhdessä. Kulutapoja ovat henkilöauto ja kaukojuna. Kaukoliikenteen linja-autoja ei siis käsitellä, koska niistä ei ollut käytettävissä laskentatietoa.

3.4 Ympäryskuntien malli

3.4.1 Tuotokset

Ympäryskuntien tuotosmalli laskee ympäryskuntien sijoittelualueiden matkatuotosten muutokset niiden väestömuutosten perusteella. Kullakin alueella tuotosmuutos lasketaan erikseen kotiperäisille työmatkoille ja muille matkoille. Lisäksi se lasketaan erikseen koko vuorokaudelle sekä aamu- ja iltahuipputunneille. Laskennassa tarkastellaan vain henkilöauto- ja joukkoliikennematkoja.

Taulukko 14. Tuotosluvut (kaikki kulkutavat) ympäryskuntien asukkaiden matkoille.

matkaryhmä	aamu- ruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö
kotiperäiset työmatkat	0,2826	0,2294	0,2096
muut matkat	0,2701	0,5875	1,3102

Kunkin sijoittelualueen asukkaiden tekemät jalankulku- ja polkupyörämatkat rajataan tarkasteluista pois käyttäen karkeita kertoimia, jotka kuvaavat kevyen liikenteen suhteellista osuutta erityyppisillä alueilla. Hangon, Lohjan, Loviisan, Porvoon ja Riihimäen keskustojen alueilla asuvien kevyen liikenteen osuudeksi on määritetty 39,3 % ja muilla sijoittelualueilla 27,0 %.

Lähtöaineistokseen malli tarvitsee tiedot nyky- ja ennustetilanteiden asukasmääristä sijoittelualueittain. Näiden erotukseen sovelletaan tarkasteltavan matkaryhmän aikajaksokohtaisia tuotoskertoimia sekä tarkasteltavan ajanjakson osuuserrointa (eli huipputunnin osuus kolmen tunnin ruuhkaajasta). Nykytilannetta vastaavia kertoimia käytetään siis sellaisinaan myös ennustetilanteessa.

3.4.2 Kulkutavan valinta

Kulkutavan valintamalli laskee joukkoliikenteen osuuden ympäryskuntien ja Helsingin seudun sijoittelualueiden välisillä matkoilla, joista kevyen liikenteen matkat on jätetty kokonaan huomiotta. Tuotosmallin tapaan myös tämä malli käsittelee erikseen kotiperäisiä työmatkoja ja muita matkoja, mutta tarkasteltavat aikajaksot poikkeavat tuotosmallista siten, että koko vuorokauden asemesta joukkoliikenneosuudet lasketaan päivätunneille sekä aamu- ja iltahuipputunnin asemesta aamu- ja iltaruuhkan kolmen tunnin jaksoille.

Malli on tyypiltään logittimalli. Se on rakenteeltaan ja muuttujiltaan pitkälti samanlainen kuin kehyskuntien vastaava malli.

Kotiperäisten työmatkojen mallissa henkilöauton ajokustannukset on laskettu matkan pituuden ja keskimääräisen kilometrikustannuksen perusteella (ks. Liite 3), minkä jälkeen ajokustannuksille ja pysäköintikustannuksille on käytetty yhteistä kerrointa (ks. Taulukko 15, violetti pohja).

Muiden kuin kotiperäisten työmatkojen mallissa joukkoliikenteelle on käytetty yleistettyä matkavastusta, jossa matkakustannusten (eli joukkoliikennelipun hinnan) ja sijoittelusta saatavan painotetun matka-ajan suhde on kiinnitetty ajan arvolla siten, että kertoimien suhde on 0,1203 (ks. Taulukko 15, vihreällä sävytetyt osat). Suhde on määritetty yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa käytetyn ajan arvon perusteella ja kuvaa matka-aikaminuutin hintaa euroissa.

Joukkoliikenteen kulkutapaosuuksien laskemisen lisäksi mallia voidaan käyttää joukkoliikenteen kulkutapaosuuksien muutoksen laskemiseen. Tällöin joukkoliikenteen kulkutapaosuudet lasketaan samalla mallilla sekä nykytilanteelle että ennustetilanteelle, jolloin kulkutapaosuuden muutos saadaan laskettua saatujen kulkutapaosuuksien erotuksesta ja ilmaista prosenttiyksiköinä.

Lähtöaineistokseen malli tarvitsee tiedot sijoittelualueiden välisten henkilöautomatkojen matka-ajoista, etäisyyksistä ja pysäköintikustannuksista sekä vastaavasti joukkoliikennematkojen kustannuksista ja painotetuista matka-ajoista. Lisäksi tarvitaan tiedot asuntokuntien keskimääräisestä autonomistuksesta sijoittelualueittain. Autonomistusta lukuun ottamatta tiedot tarvitaan erikseen kulta-kin tarkasteltavalta aikajaksolta ja kustannustiedot vielä erikseen kotiperäisiltä työmatkoilta ja muilta matkoilta. Mikäli mallia halutaan soveltaa erikseen nykytilanteeseen ja ennustetilanteeseen, tiedot tarvitaan myös kummastakin ajankohdasta.

Taulukon alaosan joustot kuvaavat, kuinka monta prosenttia ko. kulkutavan matkamäärät muuttuvat vastuksen prosenttiyksikön muutosta kohden. Kulkutapaosuuksien muutokset on ilmoitettu suoraan prosenttiyksiköinä, kun vastus muuttuu 10 %.

Taulukko 15. Ympäryskuntien kulkutapamallit.

Ympäryskunnat			
kerroin (t-arvo)		kotip. työ	muut
	havaintomäärä joukkoliikenne	7 809	7 917
	havaintomäärä henkilöauto	38 449	38 313
Kulutavanvalintamalli	roo2c	0,173	0,112
	Matka-aika (HA)	-0,05830 (-31.542)	-0,02133 (-8.262)
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,01172 (-38.433)	-0,0112328 yl. vastus*
	Ajokustannukset (HA)	-0,12922 (-9.628)	-0,25349 (-13.703)
	Kustannukset (JL)	-0,18597 (-13.055)	-0,093373 (-45.234)
	Pysäköintikustannukset (HA)	-0,12922 (-9.628)	-0,47806 (-15.702)
	Autoa per asuntokunta (HA)	0,53524 (6.397)	- -
	HA binäärimuuttuja (HA)	1,84395 (-)	1,69829 (-)
Suuntautuminen liikkumistutkimuksessa havaittujen ja Helsingin seudulle ennustettujen matriisien pohjalta			
	ajan arvo (HA) €/h	27,07	5,05
	painotetun "ajan" arvo (JL) €/h	3,78	7,22
Joustot	Hintajousto (HA) (hakust 110%)	-0,14	-0,29
	Hintajousto (JL) (jlkust 90%)	-0,98	-0,67
	Aikajousto (HA) (ha-aika 110%)	-0,50	-0,18
	Aikajousto (JL) (jlvastus 90%)	-1,42	-1,47
	Autoistumisjousto (HA) (aprkl 110%)	0,08	-
Kulutapa- osuuden muutos %-yksikköä	Ktapamuutos HA (hakust 110%)	-1,18	-2,44
	Ktapamuutos JL (jlkust 90%)	1,66	1,14
	Ktapamuutos HA (ha-aika 110%)	-4,13	-1,48
	Ktapamuutos JL (jlvastus 90%)	2,40	2,51
	Ktapamuutos HA (aprkl 110%)	0,63	-
*) Yleistetty matkavastus: Painotetun kokonaismatka-ajan (JL) kerroin on laskettu seuraavasti: $-0,0112328 = (-0,093373) \cdot 7,22/60$			

3.4.3 Matkamäärät

Ympäryskuntien asukkaiden matkat Helsingin seudulle suunnataan ennustetilanteessa Helsingin seudun asukkaiden seudun sisäisten matkojen ennustetun suuntautumisen mukaisesti. Sen sijaan ympäryskuntien alueen sisäisillä matkoilla ei suuntautumista muuteta nykytilanteesta.

Lähtökohtana on liikkumistutkimuksessa 2007–2008 havaittu ympäryskuntien asukkaiden kokonaismatkamäärä vuorokausitasolla, joka on niputettu kunta- ja suuralueisiin ja jaettu takaisin ennustealueisiin jakoluvuilla. Tämä tasoittaa havaintoja myös naapurialueille ja vähentää siten nolla-alkioiden määrää. Vuorokausitason matriisista on osuuskertoimilla otettu eri aikajaksojen ja kulkutapojen osuudet. HELMET 3.0:ssa ennustealuejaon osuudet monistetaan ja matkat jaetaan jakoluvuilla edelleen sijoittelualueille.

Ennusteissa ympäryskuntien sisäisten matkojen osalta matkamäärät muuttuvat väestökehityksen mukaan, mutta kulkutapa- ja suuntautumisosuudet eivät ympäryskuntien sisällä muutu nykyisestä.

Kaikki liikkumistutkimuksen (henkilöhaastattelu, lyhennettynä HEHA) aineistosta muodostetut lähtö-määräpaikkamatriisit on niputettu ja hajotettu samalla menettelyllä, joka vähentää nolla-alkioiden määrää. Matriisit on niputettu aluejaon kautta, joka on pääkaupunkiseudulla 9-aluejako (HE-HAn muuttujat *lp9a* ja *mp9a*), jossa

- 1 = Helsinki kantakaupunki
- 2 = Lauttasaari
- 3 = läntinen esikaupunki
- 4 = pohjoinen+koillinen esikaupunki
- 5 = itäinen+kaakkoinen esikaupunki
- 6 = eteläinen Espoo
- 7 = pohjoinen Espoo
- 8 = läntinen Vantaa
- 9 = itäinen Vantaa

ja pääkaupunkiseudun ulkopuolisilla alueilla kuntajako.

Matkamatriisien niputuksessa ja jakamisessa ei ole käytetty leikkureita. Sitä vastoin ympäryskuntien mallissa, jossa vuorokausitason matriisista otetaan osuuskertoimilla eri aikajaksojen ja kulkutapojen osuudet, osuuskertoimien arvoissa on käytetty tiettyjä oletus-, minimi- ja maksimiarvoja, jotka näkyvät osuusmatriisien otsikoissa. Oletusosuuksia joudutaan käyttämään niiden alueparien välillä, joissa havaintojen määrä on hyvin pieni tai nolla niputuksesta ja jakamisesta huolimatta.

Ennen suuntautumisen tarkistamista liikkumistutkimuksessa havaittua ja edellä kuvatulla tavalla korjattua kaikkien matkojen joukkoliikenneosuuksien matriisia tarkasteltavalla ajanjaksolla korjataan lisäämällä siihen ensin kotiperäisillä työmatkoilla tapahtuva joukkoliikenneosuuden muutos ja sen jälkeen muilla matkoilla tapahtuva joukkoliikenneosuuden muutos. Vastaavalla tavalla laskeaan myös muutos pelkkien kotiperäisten työmatkojen joukkoliikenneosuudessa. Kaikissa tapauksissa muutokseksi asetetaan ennustetilanteessa ja nykytilanteessa kulkutapamallilla laskettujen joukkoliikenneosuuksien erotus prosenttiyksiköinä. Ympäryskuntien alueen sisäisten matkojen kulkutapaosuuksia ei muuteta eli ne säilyvät samoina kuin liikkumistutkimuksessa.

Seuraavaksi kullekin tarkasteltavalle määränpääalueelle lasketaan uudeksi reunajakaumaksi Helsingin seudun sisäisten matkojen uuteen suuntautumiseen pohjautuva liikennetuotoksen kasvu,

jolla korjataan ympäryskunnista samoille sijoittelualueille suuntautuvan nykyliikenteen tuotokset vastaamaan tätä sisäisen liikenteen uutta jakaumaa mutta pitämällä kuitenkin seudun ulkopuolisen liikenteen kokonaismäärä ennallaan. Kun tämä on tehty, ympäryskuntien ja Helsingin seudun osaluoparien väliset nykyiset liikennemäärät balansoidaan sijoittelualueittain eli sovitetaan vastaamaan tätä uutta reunajakaumaa soveltaen samaa jakaumaa sekä alueilta lähtevälle että niille saapuvälle liikenteelle. Sovitus eli tasapainotus tehdään Emme-liikennesuunnitteluohjelmiston balansointialgoritmillä, jota kuvataan tarkemmin Emme-manuaalin (INRO 1998) luvussa 4.3.

Kun uudelleen suunnattu kaikkien matkojen matriisi on saatu muodostettua, lasketaan siitä nykyisten matkaosuuksien perusteella kutakin tarkasteltavaa ajanjaksoa (eli koko vuorokautta sekä aamu- ja iltahuipputuntia) ja kutakin tarkasteltavaa matkaryhmää (eli kotiperäisiä työmatkoja ja muita matkoja) vastaavat matriisit ja niiden pohjalta vastaavat uudet nykytuotosvektorit summattuna joko lähtöpaikan tai määräpaikan suhteen. Ennustetilanteen matriisit puolestaan saadaan lisäämällä em. vektoreihin tuotosmallista saadut vastaavat tuotosmuutokset (matkoina) ja soveltamalla näin saatuja muutuskertoimia muodostettuihin nykytilanteen matriiseihin.

Kaava on siis:

$$\text{ennuste_matriisi} = \text{korjattu_nykymatriisi} * (\text{tuotosmuutosvektorit} + \text{korjattu_nykyvektori}) / \text{korjattu_nykyvektori}.$$

Kulikutapakohtaiset ennustematriisit tuotetaan aikajaksokohtaisista ennustematriiseista kertomalle ne kulkutavanvalintamallista saaduilla uusilla joukkoliikenneosuuksilla. Laskelmassa muut kuin joukkoliikennematkat tulkitaan henkilöauton kuljettajana tai matkustajana tehdyiksi matkoiksi, joista kuljettajamatkat eli henkilöautojen ajoneuvovirrat saadaan jakamalla kuljettajana tai matkustajana tehtyjen matkojen määrä henkilöauton keskiuormituksella, joka vaihtelee tarkasteltavan ajanjakson ja matkaryhmän mukaan. Koko vuorokauden asemesta tarkastellaan keskimääräisen päivätunnin matkoja, jotka saadaan vuorokauden kaikista matkoista jakamalla koko vuorokauden matkamäärä 20:llä ja symmetroimalla matriisi meno- ja paluusuuntien keskiarvoiksi. Aluksi laskelmassa tarkastellaan erikseen kotiperäisiä työmatkoja, minkä jälkeen muut matkat saadaan vähentämällä kotiperäiset työmatkat kaikista matkoista.

Kun ympäryskuntien ja Helsingin seudun väliset matkat ennustetilanteessa on käsitelty, niihin lisätään vielä ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudun sisällä tekemät matkat. Niiden lähtökohdaksi asetetaan liikennetutkimuksessa havaitut ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudulla yhteensä tekemät työperäiset ja muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat. Niiden määrään tehdään tasokorjaus, joka perustuu Helsingin seudun sisäisten työperäisten ja muiden kuin työ- ja kotiperäisten matkojen kokonaistuotoksen muutokseen ennustetilanteen ja nykytilanteen välillä, kun kasvukertomiksi asetetaan koko vuorokauden kaikkien matkojen ennustetuotoksen ja nykytuotoksen suhde. Siinä ennustetuotos puolestaan saadaan nykytilanteen tuotoksesta lisäämällä siihen ensin kotiperäisten työmatkojen tuotosmuutos ja sen jälkeen vielä muiden matkojen tuotosmuutos, nämä kaikki koko vuorokaudelta yhteensä.

Saadut tasokorjatut ympäryskuntien asukkaiden Helsingin seudun sisällä tekemien matkojen kokonaismäärät jaetaan seudun sisäisille aluepareille Helsingin seudulla asuvien tekemien työperäisten ja muiden kuin työ- ja kotiperäisten matkojen määrän suhteessa. Saadut matkamatriisit lisätään ympäryskuntien ja Helsingin seudun väliin vastaavan aikajakson ja kulkutavan matkamatriiseihin.

Lähtöaineistoikseen malli tarvitsee

- ympäryskuntien nykyisen kysynnän vuorokausitasolla (joukkoliikenne ja henkilöautoliikenne yhteensä)
- aamu- ja iltahuipputuntien osuudet erikseen vuorokauden kaikista matkoista ja vuorokauden kotiperäisistä työmatkoista
- liikennetutkimuksessa havaitut joukkoliikenneosuudet vuorokauden, aamuhuipputunnin ja iltahuipputunnin kaikista matkoista ja erikseen kaikista kotiperäisistä työmatkoista sekä vastaavat nykytilanteen ja ennustetilanteen tulokset kulkutapamallilla laskettuina siten, että koko vuorokauden asemesta tarkastellaan keskimääräistä päivätuntia
- tuotomallilla lasketut henkilöauto- ja joukkoliikennematkojen tuotosmuutokset (matkoina) vuorokausi-, aamuhuippu- ja iltahuipputasolla, erikseen kotiperäisiltä työmatkoilta ja muilta matkoilta
- henkilöautojen keskiuormitukset vuorokausi-, aamuhuippu- ja iltahuipputasolla, erikseen kotiperäisillä työmatkoilla ja muilla matkoilla
- Helsingin seudun malleilla lasketut nykytilan kokonaistuotokset sijoittelualueittain
- Helsingin seudun malleilla lasketut työperäisten matkojen ja muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät Helsingin seudun sisäisillä joukkoliikennematkoilla ja henkilöauton kuljettajana tehdyillä matkoilla
- liikennetutkimuksessa havaitut ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisten joukkoliikennematkojen ja henkilöauton kuljettajana tehtyjen matkojen määrät aamuhuippu- ja iltahuipputuntina sekä keskimääräisenä päivätuntina.

Ympäryskuntien tuotos-, kulkutapa- ja suuntautumismalli tuottavat yhdessä lopputuloksena ennusteet matkamääristä aikajaksoittain (aamuhuipputunti, iltahuipputunti ja päiväliikenteen tunti) ja kulkutavoittain (henkilöauto, joukkoliikenne). Tulokseen on kuitenkin vielä lisättävä koko tarkastelualueen eli työssäkäyntialueen rajan ylittävä ulkoinen liikenne, joka tuotetaan omalla mallillaan.

3.5 Ulkoisen liikenteen malli

Ulkoisen liikenteen osalta malli ei käsittele erikseen tuotoksia, vaan nykytilanteen liikennevirrat muunnetaan ennustetilanteen virroiksi ulkosityöttöihin liitettyjen kasvukertoimien avulla. Malli tarkastelee erikseen kaukojunaliikennettä ja henkilöautoliikenteen ajoneuvovirtoja eli käytännössä henkilöauton kuljettajana tehtyjä matkoja. Mitään erillisiä matkaryhmiä ei tarkastella, vaan tarkasteltavana ovat näiden liikennemuotojen ulkoisen liikenteen kokonaismäärät eri ajanjaksoina eli koko vuorokautena sekä aamu- ja iltahuipputunteina ja myös päivätuntina.

Lähtötiedoksi malli tarvitsee tiedot ulkosityöttöjen ja *ennustealueiden* välisistä kaukojunaliikenteen ja henkilöautoliikenteen matkamääristä nykytilassa eri ajanjaksoina sekä ulkosityöttöihin vastaavat liikenteen kasvukertoimet. Matkamäärät hajotetaan jakoluvuilla ja kasvukertoimet monistetaan sijoittelualueille. HELMET-versiota 1.0 tehtäessä tiedot nykyisistä matkamääristä saatiin Liikennevirastosta rautatieliikenteen tilastosta ja tieliikenteen määräpaikkatutkimusten yhdistelmästä, jonka tuorein käytettävissä ollut versio oli vuodelta 2001 ja josta oli saatavilla Emme-kuvaus. Liikenteen kasvukertoimet puolestaan saadaan rautatieliikenteen pitkän tähtäimen suunnitelmasta ja maantieliikenteen maakunnittaisista ja tieluokittaisista kasvuennusteista. Käytettävissä ei ollut vastaavia tilastoja kaukoliikenteen linja-autoista.

Jotta maantieliikenteen jokaiseen ulkoiseen virtaan saadaan kohdistettua asianmukainen kasvu, määräpaikkatutkimusten yhdistelmän matriisi sijoitellaan ns. kehähaastattelumenettelyllä ensin koko maan maantieverkolle, jolloin saadaan selville, minkä ulkosityön kautta mikin virta syöttyy liikennemallin alueelle ja mihin se mallialueen sisällä suuntautuu. Liikenteen määrä ulkosityöissä sovitetaan vastaamaan laskentatietoja. Kun jokainen ulkosityttö samaistetaan sitä vastaavaan maakuntaan ja tieluokkaan, voidaan jokaista sen kautta kulkevaa virtaa korjata vastaavan kasvukertoimen verran.

Kaukojunaliikenteen osalta on lähtökohdaksi otettu kaukojunaliikenteen matkustajavirrat vuonna 2008 - karttaesitys Rautatietilastosta, josta nähdään Hämeenlinnan suunnan, Lahden suunnan ja Salon suunnan kaukojunaliikenteen matkustajamäärät mallialueen ulkorajalla. Nämä on jaettu mallialueen sisälle mallialueen joukkoliikennematkojen määrien suhteessa.

Ulkoisen liikenteen kasvukertoimet on määritelty ulkosityttökohtaisesti. Henkilöautoliikenteen osalta on käytetty Tiehallinnon vuonna 2007 julkaisemia valta-, kanta- ja seututeiden kasvukertoimia mallinnetun alueen naapurimaakunnissa. Kaukojunaliikenteen osalta on käytetty RHK:n PTS-suunnitelman rataosakohtaisia kasvukertoimia. Kyseisillä henkilöauto- ja kaukojunaliikenteen kasvukertoimilla on nostettu kunkin ulkosityön tuotosta.

Määräpaikkatutkimuksen tietojen jyvittämisessä sijoittelualueille on käytetty jakolukuja, jotka perustuvat mallinnettuihin liikennetuotoksiin.

4 Apumallit

4.1 Autonomistuksen makromalli

Autonomistuksella tarkoitetaan tässä asuntokuntien jakautumista autottomiin, yhden auton ja useamman auton talouksiin. Autoistumisasteella eli autotiheydellä tarkoitetaan autojen määrää tuhatta asukasta kohti.

Malli jakautuu niin sanottuun makromalliin ja osa-aluemalliin. Makromallissa tulotasojen ja autonomistuksen kasvu talouden kehittymisen myötä kuvataan yleisenä ilmiönä, joka muuttaa autonomistustasoa bruttokansantulon kehittymisen myötä. Bruttokansantuloa (BKTL) laskettaessa otetaan bruttokansantuotteen (BKT) lisäksi huomioon ulkomailta saadut ja sinne maksetut ensitulo. Bruttokansantulo kehittyy noin 11 % nopeammin kuin bruttokansantuote. Koska asuntokuntien keskitulojen muutos seuraa lineaarisesti BKT:n kasvua, voidaan BKT:n ja BKTL:n (ja sen myötä autoistumisasteen) kehittymistä mallintaa melko hyvin asuntokuntien tulotason muutoksilla. Mikäli mediaanitulojen ei oleteta muuttuvan samassa suhteessa keskitulojen kanssa, on makromallin käyttäjän laadittava yhteys mediaanitulojen ja keskitulojen välille. Makromallia ei ole muutettu HELMET 1.0:sta. Makromallia sovellettaessa kannattaa ottaa huomioon sen merkitys yleisenä autokannan kehitystä kuvaavana taustaolettamana. Autokannan kehityksen trendiennusteet ovat eri vuosikymmeninä heilahdelleen merkittävästikin ja yhteys tulevaan kansantuloon ei ole yksiselittein, vaikkei kiistanalainenkaan. Mallin soveltamisessa kannattaakin tässä kohtaa käyttää erityistä harkintaa.

4.2 Autonomistuksen osa-aluemalli

4.2.1 Mallin muuttujat ja lähtötiedot

Tämä kohta perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017.

Osa-aluemalli ennustaa autottomien ja vähintään kahden auton asuntokuntien määrän alueella. Yhden auton asuntokuntien osuus johdetaan edellä mainituista. Osa-aluemalli on estimoitu käyttäen vuoden 2012 liikkumistutkimusaineistoa ja tätä ajankohtaa vastaavia osa-alue tietoja. Myös mallin käyttötapaa on muutettu HELMET 1.0:sta. Kuten versiossa 2.1, mallia käytetään muutosmallina sille väestönosalle, joka jo nykytilanteessa asuu osa-alueella, ja suorana mallina uusille asukkailla.

Versiosta 2.0 alkaen osa-aluemallit on estimoitu yksitasoisesti yhdistäen osa-alueen tulotason ja muiden osa-alue muuttujien vaikutukset yhteen malliin. Versioon 1.0 verrattuna mallin muuttujista poistettiin keskitulo ja lisättiin mediaanitulo, joka estimoinneissa osoittautui paremmin ilmiötä selittäväksi.

Autonomistusmallin lähtötietoina on käytetty mediaanitulon lisäksi asuinkerrostalojen ja erillistalojen osuutta kokonaisasuinkerrosalasta, joukkoliikenteen ja henkilöauton yleistettyjen matkavastusten suhdetta, asukastiheyttä, asuntokunnan keskikokoa sekä muiden kuin työmatkojen pysäköintikustannuksia.

Joukkoliikenteen ja henkilöauton matka-aikasuhteen sijasta mallin muuttujaksi otettiin versiossa 2.1 joukkoliikenteen ja henkilöauton yleistettyjen matkavastusten suhde. Näin malli ottaa myös autoilun ja joukkoliikenteen hintamuutosten vaikutukset henkilöauton omistukseen ainakin periaatetasolla. Estimoitaessa testattiin myös hinta- ja aikasuhteita toisistaan erillisinä muuttujina, mutta korrelaatiot osoittautuivat liian suuriksi ja kertoimista tuli näin intuitiivisesti väärän merkkisiä. Suhteen laskemisesta on tarkempia tietoja liitteessä 4.

Asukastiheys lasketaan versiossa 3.0 asuttujen ruutujen maapinta-alasta, kun se aiemmin laskettiin asuttujen ruutujen koko pinta-alasta. Lisäksi malliteknisesti tähän liittyen sellainen muutos, että lähtötietona ei anneta suoraan asukastiheyttä, vaan asukastiheys lasketaan alueen asukasmäärän ja asuttujen ruutujen maapinta-alan suhteena. Teknisesti siis asukastiheyden tilalle tulee lähtötiedoksi asuttujen ruutujen maapinta-ala. Tämä helpottaa mallin käyttöä, koska asukasmäärä annetaan jo valmiiksi mallin lähtötietona. Asuttujen ruutujen maapinta-ala alueittain voidaan muuttaa erilaisissa tulevaisuusskenaarioissa, mutta jos tätä ei tehdä, on virhe pienempi kuin jos asukastiheys jätetään päivittämättä (kuten aiemmin on voinut tehdä), koska asukasmäärä päivittyy joka tapauksessa.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tarkemmin autonomistumallia. Kaavoissa alaindeksit 0,1 ja 2+ tarkoittavat seuraavaa:

- 0 autoton asutokunta
- 1 yhden auton asutokunta
- 2+ vähintään kahden auton asutokunta.

Kuten aiemminkin, mallissa epävarmaksi muuttujaksi osoittautui asukastiheyden muuttuja. Muuttuja päätettiin jättää kuitenkin malliin, vaikka se ei olekaan aivan 95 % varmuudella nollasta poikkeava. Tämä siksi, että muuttujan kokonaan poisjättäminen heikensi oleellisesti selitysasetta. Kokonaisuudessaan muuttuja on mukana epälineaarisesti ja juuri tämä muoto näytti antavan parhaan tuloksen testatusta vaihtoehdoista. Muiden muuttujien kohdalla vastaavaa epävarmuutta ei ollut.

Työssä testattiin myös vaihtoehtoa, jossa pääkaupunkiseudulle ja kehyskunnille estimoitiin omat autonomistumallit. Kummastakin mallista putosi variaation vähäisyyden vuoksi pois joukko muuttujia, joten lopulliseksi malliksi valittiin koko seudulle yhteinen autonomistumalli.

Taulukko 16. Autottomien asuntokuntien prosenttiosuuden P_0 osa-aluemalli.

$P_0 = a_1 * \ln(\text{medtulo} + 1) + a_2 * \text{askertos} + \frac{a_3}{\text{ylsuh}^2} + a_4 * \text{astih}^{a_5} + a_6 * \text{akkoko} + a_7 * \text{pyskus} + a_8$ SELITYSASTE 91,0 %					
Muuttujat	Parametri		Keski- virhe	95 % luottamusväli	
				alaraja	yläraja
$\ln(\text{medtulo} + 1)$ luonnollinen logaritmi sijoittelualueella asuvien mediaanituloista lisätynä yhdellä eurolla. Lisäyksen syy on tekninen: jos alueella ei ole yhtään asukasta, logaritmi nolasta aiheuttaa virhetilanteen.	a_1	-11,134	1,120	-13,331	-8,937
askertos asuinkerrostalojen asuinkerrosalan suhde koko asuinkerrosalaan sijoittelualueella	a_2	0,238	0,011	0,217	0,259
ylsuh Joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistettyjen matkavastusten suhde painotettuna henkilöauton ja joukkoliikenteen aamuhuipputunnin matkustajamäärillä. ³² Jotta ei jaettaisi nolalla, muuttujaa käytetään muodossa $\text{ylsuh} + 1\text{E-}09$	a_3	58,957	6,885	45,451	72,463
astih ennusteluinen keskimääräinen asukastiheys neliökilometriä kohti asutuissa YKR-ruuduista lasketun maapinta-alan mukaan	a_4	0,445	0,391	-0,323	1,212
edelliseen muuttujaan liittyvä eksponentti	a_5	0,351	0,087	0,182	0,521
akkoko asuntokunnan keskikoko sijoittelualueella	a_6	-5,638	0,558	-6,733	-4,542
pyskus muiden kuin työmatkojen pysäköintikustannus sijoittelualueella	a_7	2,435	0,488	1,479	3,392
vakio, joka skaalaa autottomien asuntokuntien prosenttiosuuden oikealle tasolle suhteessa muihin muuttujiin (ilmaistu prosentteina)	a_8	112,230	9,442	93,710	130,751

Teoriassa malli voi antaa sekä yli sadan olevia prosenttilukuja että negatiivisia lukuja, joten sitä käytetään muodossa

$$P_0^* = \min\{\max(P_0, 0\%), 100\%\}.$$

³² Katso Liite 4.

Taulukko 17. Useamman auton asuntokuntien prosenttiosuuden P_{2+} osa-aluemalli.

$P_{2+} = b_1 * erpienos + b_2 * \ln(ylsuh) + b_3 * \ln(astih + 1) + b_4 * akkoko + b_5$ SELITYSASTE 87,0 %					
Muuttujat	Parametri		Keski- virhe	95 % luottamusväli	
				alaraja	yläraja
<i>erpienos</i> erillispientalojen asuinkerrosalan suhde koko asuinkerrosalaan sijoittelualueella	b_1	0,289	0,011	0,267	,311
<i>ylsuh</i> Joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistettyjen matkavastusten suhde painotettuna henkilöauton ja joukkoliikenteen aamuhuipputunnin matkustajamäärillä ³³ . Jotta ei jaettaisi nolalla, muuttujaa käytetään muodossa $ylsuh+1E-09$	b_2	9,132	1,642	5,910	12,353
<i>astih</i> sijoittelualueen keskimääräinen asukastiheys neliökilometriä kohti asutuissa YKR-ruuduista lasketun maapinta-alan mukaan ³⁴	b_3	-3,344	0,278	-3,889	-2,798
<i>akkoko</i> asuntokunnan keskikoko sijoittelualueella	b_4	,00206	0,000	0,001	0,003
vakio, joka skaalaa autottomien asuntokuntien prosenttiosuuden oikealle tasolle suhteessa muihin muuttujiin (ilmaistu prosentteina)	b_5	26,683	3,408	19,998	33,368

Teoriassa tämäkin malli voi antaa sekä yli sadan olevia prosenttilukuja että negatiivisia lukuja, joten sitä käytetään muodossa

$$P_{2+}^* = \min\{\max(P_{2+}, 0\%), 100\% \}.$$

Teoriassa voi myös olla, että summa $P_0 + P_{2+} > 100\%$, joten yhden auton talouksien määrä lasketaan kaavalla:

$$P_1^* = \min\{\max(100\% - P_0^* - P_{2+}^*, 0\%), 100\% \}$$

4.2.2 Autoistumisaste

Autoistumisasteella eli henkilöautotiheydellä tarkoitetaan autojen määrää tuhatta asukasta kohti. Autonomistusosuuksista alueen autoistumisasteeseen päästään seuraavalla kaavalla:

$$\text{autoistumisaste} = 1000 * (0 * ak_määrä_0 + 1 * ak_määrä_1 + 2,334074 * ak_määrä_{2+}) / (ak_määrä_yht * ak_koko)$$

³³ Katso Liite 4.

³⁴ Asukastiheyteen lisätään yksi, koska logaritmi nolasta aiheuttaisi virhetilanteen.

missä

$ak_määrä_x$	autonomistusluokan x asutokuntien määrä alueella
$ak_määrä_yht$	asutokuntien kokonaismäärä alueella
ak_koko	asutokuntien keskikoko.

Liikkumistutkimuksen mukaan niissä asutokunnissa, joissa on vähintään kaksi autoa, on keskimäärin 2,334074 autoa. Koska $ak_määrä_x = osuus_x * ak_määrä_yht$, kaava supistuu muotoon:

$$autoistumisaste = \frac{1000}{ak_koko} * \left[\frac{P_1^*}{100\%} + 2,334074 * \frac{P_{2+}^*}{100\%} \right]$$

Kulikutapamalleissa tästä muuttujasta esiintyy muunnos autoa/asutokunta, joka siis saadaan kaavasta:

$$f = \text{autoa/asutokunta} = \text{autoa} * ak_koko / \text{asukasmäärä} = ak_koko * autoistumisaste / 1000$$

eli

$$f = \frac{\text{autoa}}{\text{asutokunta}} = \frac{P_1^*}{100\%} + 2,334074 * \frac{P_{2+}^*}{100\%}$$

Autoa/asutokunta -mallia f sovelletaan muutosmallina nykyisille asukkaille ja suorana mallina uusille asukkaille. Muutosmalli³⁵ määritellään seuraavasti:

$$f_m = y - \Delta f = y - f_e + f_n$$

missä

f_m	= muutosmallin tulos (autoa/asutokunta) nykyisille asukkaille
f_n	= mallilla ennustettu autoa/asutokunta nykytilanteessa
y	= havaittu autoa/asutokunta nykytilanteessa
f_e	= mallilla ennustettu autoa/asutokunta ennustetilanteessa.

Uusille asukkaille sovelletaan suoraan mallin antamaa tulosta f_e . Arvot f_e ja f_n saadaan soveltamalla yllä olevaa kaavaa.

Olettaen, että nykyisten ja uusien asukkaiden asutokuntien keskikoot ovat yhtä suuria sijoittelualaueella³⁶, saadaan lopulliseksi arvoksi muuttujalle autoa/asutokunta arvo:

$$f^* = \frac{v_n}{v_e} * [y - f_n] + f_e, \text{ jos } v_e > 0$$

$$f^* = y, \text{ jos } v_e = 0 \text{ eli alue tyhjenee asukkaista (valittu lähinnä nollalla jaon välttämiseksi)}$$

missä

³⁵ Muutosmalli olisi myös voitu määritellä suhteellisen muutoksen avulla $f_m = \frac{y}{f_n} * f_e$. Nyt malli on kuitenkin sovitettu erotusmuutokselle, joten tässä määritellyn muutosmallin käyttö edellyttäisi mallin uudelleenkalibrointia.

³⁶ Asia ei välttämättä pidä paikkaansa, mutta näin tarvittavien lähtötietojen määrä on vähäisempi. Jos mallien käyttäjä haluaa tätä oletusta muuttaa, on se täysin mahdollista. Lähtötietoina tarvitaan kuitenkin asutokuntien koot nykyisille ja uusille asukkaille. Myös ennustemakroja on muutettava tilannetta vastaavaksi.

- f^* = lopullinen tulos autoa/asuntokunta
 v_n = väestö nykytilanteessa
 v_e = väestö ennustetilanteessa.

Mikäli ennustetilanteessa jollakin alueella on vähemmän asukkaita kuin nykytilanteessa, sovelletaan tässäkin tilanteessa yllä olevaa kaavaa. Kaavan tulos f^* on siis sama kuin kulkutapamallin muuttujissa esiintyvä autoa /asuntokunta sijoittelualueella. Arvo f^* sijoitetaan siis kulkutapamallien lähtötiedoksi.

4.3 Henkilöauton pääasiallisen käytön malli

Henkilö luetaan henkilöauton pääasialliseksi käyttäjäksi (HAP), jos kotitaloudella on oma tai työsuhdeauto, henkilöllä on ajokortti ja henkilö on liikkumistutkimuksessa ilmoittanut, että hänellä on henkilöauto käytössään aina tai lähes aina.

HAP-määritelmä on siis seuraava:

1. taloudessa on oltava oma tai työsuhdeauto
2. henkilöllä on ajokortti
3. auto on käytössä aina tai melkein aina
4. ikä > 17 vuotta.

EHAP-ryhmällä tarkoitetaan muita kuin HAP-ryhmään kuuluvia.

Tuotosmalleissa lasketaan HAP-henkilöiden määrät kertomalla asukasmäärät HAP-osuuksilla. HAP-osuuksien laskentaa on tarkennettu HELMET 1.0 -versiosta ottamalla huomioon, että autottomat, yhden auton ja kahden auton asuntokunnat ovat erikokoisia. Lisäksi entiseen tapaan on otettu huomioon eri ikäryhmien erilaiset HAP-osuudet. HAP-osuudet (luvut välillä 0-1) lasketaan ikäryhmittäin ja sijoittelualueittain nyt kaavalla:

$$HAP\text{-osuus} = \frac{P_1^* \cdot h_1 + P_{2+}^* \cdot h_{2+}}{P_0^* \cdot a_0 + P_1^* \cdot a_1 + P_{2+}^* \cdot a_{2+}}$$

missä

- P_0^*, P_1^*, P_{2+}^* ovat autonomistumallilla lasketut autottomien, yhden auton ja useamman auton asuntokuntien osuudet sijoittelualueilla.
 $h_1, h_{2+}, a_0, a_1, a_{2+}$ ovat kertoimia, joilla otetaan huomioon ikäryhmittäiset erot HAP-osuuksissa ja erikokoisten asuntokuntien kokoerojen (0, 1, 2+ auton talouksissa) vaikutus siirtäessä asuntokuntatiedoista yksilötietoihin (eli HAP-henkilöihin). Kertoimet on laskettu HEHA2012-aineistoon perustuen.

Alaindeksit 0,1,2+:

- 0 tarkoittaa autottomia asuntokuntia
 1 tarkoittaa yhden auton asuntokuntia
 2+ tarkoittaa vähintään kahden auton asuntokuntia.

Taulukko 18. Kertoimet h_1 ja h_{2+} (ikäryhmän vaikutus HAP-osuuksiin).

Alue		Ikäryhmä				
		7–17	18–29	30–49	50–64	yli 65
Kantakaupunki	h_1	0	1,2559	1,3566	1,4884	1,2770
Muu Helsinki	h_1	0	1,2994	1,4106	1,3401	1,4804
Koko Helsinki	h_{2+}	0	1,4353	2,0972	2,1297	2,1630
Espoo, Kauniainen	h_1	0	1,1437	1,4342	1,4899	1,4950
	h_{2+}	0	1,5130	2,1629	2,0811	2,1629
Vantaa	h_1	0	1,0802	1,3877	1,3356	1,4933
	h_{2+}	0	1,6107	2,1458	2,1070	1,9194
kehyskunnat	h_1	0	1,1741	1,4081	1,3983	1,3422
	h_{2+}	0	1,8069	2,1717	2,1136	2,0326

Taulukko 19. Kertoimet a_0 , a_1 ja a_{2+} (alueiden vaikutus HAP-osuuksiin).

Alue	Kertoimet		
	a_0	a_1	a_{2+}
Kantakaupunki	1,2341	1,6754	2,2639
Muu Helsinki	1,2535	1,7542	2,2639
Espoo, Kauniainen	1,1827	1,7551	2,1629
Vantaa	1,2059	1,7469	2,2027
kehyskunnat	1,1093	1,6519	2,1933

4.4 Jako henkilöauton kuljettajiin ja matkustajiin

Helsingin seudun mallien kulkutapavaihtoehtoja ovat pyöräily, joukkoliikenne ja henkilöautoliikenne. Henkilöautoiluun sisältyvät sekä henkilöauton kuljettajana että matkustajana tehdyt matkat. Ajoneuvoliikenteen sijoitteluja varten henkilöautolla tehdyt henkilömatkat jaetaan seuraavien taulukoiden mukaisilla keskipöörmituksilla, jolloin saadaan henkilöauton kuljettajina tehdyt matkat ajoneuvoina.

Koska koulumatkoja tekevät vain alle 18-vuotiaat, kaikki henkilöautolla tehdyt kotiperäiset koulumatkat ovat matkustajamatkoja. Koululaista kuljettavien matkat ovat muissa matkaryhmissä.

Taulukko 20. Henkilöauton keskipöörmitukset Helsingin seudulla matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (päivitetty HEHA2012-aineiston mukaisiksi HELMET 2.0 ja 2.1 -malliin).

matkaryhmä	aamuruuhka	iltaruuhka	päivä, ilta ja yö
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	1,086	1,044	1,128
kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat	1,131	1,195	1,225
kotiperäiset muut matkat	1,192	1,701	1,482
työperäiset matkat	1,026	1,109	1,074
muut kuin työ- ja kotiperäiset matkat	1,070	1,406	1,313

Taulukko 21. Henkilöauton keskikuormitukset ympäryskunnissa matkaryhmittäin ja eri ajankohtina (HELMET 1.0 -mallin mukainen).

matkaryhmä	aamuruuhka	iltaruuhka	koko vuorokausi
kotiperäiset työmatkat	1,081	1,120	1,086
muut matkat	1,200	1,232	1,247

4.5 Huipputuntikertoimet

Huipputuntikertoimien avulla aamuruuhkan ja iltaruuhkan liikenne muutetaan huipputunnin liikennemääriksi. HELMET 1.0:ssa huipputuntikertoimet perustuvat HEHA 2007–2008-aineistoon, uudemmissa versioissa HEHA2012-aineistoon. Päiväliikenteen kertoimella taas määritellään keskimääräinen päivätunnin liikennemäärän osuus päivä-, ilta- ja yöliikenteestä. Kertoimet kuvaavat huipputunteina ja päivätuntina alkavien matkojen osuutta koko ajankohdan liikenteestä.

Taulukko 22. Huipputuntien ja päiväliikenteen keskitunnin osuudet ajankohdan muusta vastaavan kulkutavan liikenteestä Helsingin seudulla (Helsingin seudun asukkaat)³⁷.

		Helsingin seutu					ympärys-
		HA kuljettaja	HA kuljettaja & matkustaja*	joukko-liikenne	pyöräily	(kevyt-liikenne)	kunnat
aamuhuipputunti	matkan lähtö-aika, HELMET 2.0, 2.1 ja 3.0	7:30–8:29	7:30–8:29	7:15–8:14	7:30–8:29	7:30–8:29	(ei päivitetty)
	HELMET 3.0	47,11 %	48,31 %	47,45 %	61,30 %		
	HELMET 2.0 ja 2.1	47,11 %	48,31 %	47,45 %		54,97 %	
	HELMET 1.0 (7.15–8.14)	47,7 %	49,0 %	53,4 %		53,5 %	47,7 %
iltahuipputunti	matkan lähtö-aika, HELMET 3.0	15:30–16:29	15:30–16:29	15:30–16:29	15:30–16:29	16:15–17:14	(ei päivitetty)
	HELMET 3.0	37,59 %	35,49 %	45,58 %	38,80 %		
	HELMET 2.0 ja 2.1	37,59 %	35,49 %	45,58 %		37,28 %	
	HELMET 1.0 (16.00–16.59)	39,8 %	38,6 %	39,3 %		34,2 %	39,8 %
päivätunti	HELMET 3.0	8,85 %	8,31 %	10,66 %	10,30 %		
	HELMET 2.0 ja 2.1	8,85 %	8,31 %	10,66 %		9,62 %	----
	HELMET 1.0	8,5 %	8,0 %	10,5 %		10,1 %	----
*) HELMET 1.0:n osalta oli aiemmin raportoitu henkilöauton matkustajan luvut, kun taas nyt on raportoitu henkilöauton matkustajan ja kuljettajan (eli kaikkien henkilöautomatkojen yhteensä) luvut. Siksi HELMET 1.0 -luvut eivät tässä ole samat kuin version 1.0 raportissa.							

4.6 Generaatio–attraktio-suunnattujen matriisien kääntö

Tuotosmallit kertovat, kuinka paljon asukkaat tuottavat eli generoivat matkoja. Työ-, ostos-, virkistys- ym. paikat taas houkuttelevat eli attrahoivat matkoja. Riippumatta matkan kohteesta matka luokitellaan mallissa kotiperäiseksi, työperäiseksi tai muuksi matkaksi sen mukaan, missä matka alun perin generoituu. Sen mukaan esimerkiksi henkilön päivittäinen matka kotoa työpaikalle sekä paluumatka työpaikalta kotiin ovat molemmat kotiperäisiä matkoja, sillä niiden generointipaikkana on koti, ja hänen matkansa työpaikalta työasointipaikkaan ja työasointipaikalta takaisin työpaikalle taas ovat molemmat työperäisiä matkoja, koska niiden generointipaikkana on työ. Muista kuin työ- tai kotiperäisistä matkoista puhutaan silloin, kun kumpikaan matkan päätepisteistä ei ole henkilön koti eikä työpaikka.

³⁷ Ajankohta tarkoittaa tässä aamuruuhkaa (3 tunnin jakso), iltaruuhkaa (3 tunnin jakso) tai päivää, iltaa ja yötä (18 tunnin jakso). Esimerkiksi aamuhuipputunnin kerroin 47,11 % tarkoittaa, että aamuhuipputunnin liikennemäärä on 47,11 % koko aamuruuhkan 3 tunnin liikenteestä. Katso tarkemmin käsitteet.

Kun kiinnostuksen kohteena ovat koti- ja työperäiset matkat riippumatta siitä, kumpi matkan päätepisteistä on kotiperäisillä matkoilla koti tai vastaavasti työperäisillä matkoilla työpaikka, puhutaan generaatio–attraktio-suunnatuista matkoista. Mikäli asiaa halutaan tarkentaa siten, että myös matkan todellinen suunta otetaan huomioon, generaatio–attraktio-suunnatut matkat täytyy jakaa mallissa lähtöpaikka–määräpaikka-suunnatuiksi matkoiksi. Tämä tapahtuu siten, että jokainen kotiperäisten ja työperäisten matkojen matriisi jaetaan kahdeksi erilliseksi matriisiksi suuntakorjauskertoimien avulla, jotka ilmaisevat, kuinka suuri osa erityyppisistä generaatio–attraktio-suunnatuista matkoista todellisuudessa lähtee vuorokauden eri ajankohtina matkan attraktiopäästä. Kertoimet perustuvat Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikkumistutkimukseen 2007–2008 ja ne on taulukoitu matkaryhmittäin, ks. Liite 11³⁸.

4.7 Jakoluvut

Jakolukuja tarvitaan, kun ennustealuejaossa olevia matkamatriiseja hajotetaan eli muutetaan sijoittelualuejakoon. Niitä käytetään myös, kun sijoittelusta saatavia vastuksia aggregoidaan ennustealuejakoon.

HELMET 1.0 -mallien estimointivaiheessa vastusten laskennassa käytettiin kiinteitä, nykyisiin asukas- ja työpaikkamääriin perustuvia jakolukuja ($asukkaat + 2 \cdot työpaikat$), jotka olivat samat vuorokaudenajasta riippumatta.

HELMET 1.0 -mallijärjestelmän käyttöönottovaiheessa päädyttiin laatimaan jakoluvut, jotka ottavat paremmin huomioon erityyppisten alueiden liikennetuotokset eri vuorokaudenaikoina. Jakoluvut tehtiin erikseen henkilöautomatkoille, joukkoliikennematkoille ja kevytliikennematkoille hyödyntäen ruutuaineistoihin perustuvia liikkumisen tunnuslukumalleja (RUUTI-mallit)³⁹.

Jakolukujen laskennassa käytettävät matkatuotosluvut tuotettiin julkaisun Kalenoja ym. 2008 sivujen 28 ja 37–38 tietojen perusteella. Käytetyt matkatuotosluvut ovat seuraavassa taulukossa.

³⁸ Kertoimet perustuvat edelleen HEHA2007–2008-aineistoon, koska HEHA2012-aineistossa ei ollut riittävästi havaintoja kertoimien laskemiseen. Laskentaperustetta on hieman tarkennettu HELMET 1.0 -malliin verrattuna, joten jotkut kertoimet saattavat hieman poiketa HELMET 1.0 -mallin kertoimista, jos niitä tarkastellaan useamman desimaalin tarkkuudella.

³⁹ Ruuti-malleja on kuvattu tarkemmin julkaisussa Pesonen ym. 2010.

Taulukko 23. Jakolukujen laskennassa käytetyt matkatuotosluvut.

matkaa/asukas		matkaa/työpaikka	
VRK (läht.+saap.)	2,28	VRK (läht.+saap.)	2,20
AHT lähtevät	0,335	AHT lähtevät	0,022
AHT saapuvat	0,023	AHT saapuvat	0,570
IHT lähtevät	0,112	IHT lähtevät	0,513
IHT saapuvat	0,306	IHT saapuvat	0,029
PT lähtevät	0,057	PT lähtevät	0,055
PT saapuvat	0,057	PT saapuvat	0,055

Em. tuotokset jaettiin henkilöautomatkoihin ja joukkoliikennematkoihin RUUTI-mallien avulla. Näin laskettiin jakolukuvektorit aikaryhmittäin sekä lähteville että päätyville matkoille.

HELMET 2.0 ja 2.1 -malleja estimoitaessa näin hienojakoiseen menettelyyn ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta, joten lähtö- ja määräpaikkapään jakoluvut laskettiin yksinkertaisemmin alueiden asukas- ja työpaikkamääristä käyttäen edellä olevan taulukon painokertoimia. Liikennejärjestelmällä ei siis ollut enää vaikutusta jakolukuihin. Samaa laskentaperiaatetta käytetään tarvittaessa myös HELMET-versiossa 3.0.

Nyt kysyntä lasketaan samassa tiheässä aluejaossa, jolla sijoittelutkin tehdään. Niinpä matriisien hajotusta ei juurikaan enää tarvita. Kuitenkin osa ympäryskuntien mallin lähtötiedoista (mm. nykytilanteen kysyntä) on edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta arvot hajotetaan vuoden 2012 jakoluvuilla vuoden 2016 sijoittelualueille. Aggregointia tarvitaan enää vain yhteenvetotulosteiden teossa.

4.8 Suuntautumiskorjaus

Viimeisellä ennusteajokierroksella Helsingin seudun mallien tuottamat henkilöauton, joukkoliikenteen ja polkupyörän matkamatriisit kerrotaan suuntautumiskorjauskertoimilla, jotta suuntautuminen saataisiin paremmin vastaamaan havaittua käyttäytymistä. Suuntautumiskorjauskertoimet on laskettu alueryhmittäin. Alueryhmät ovat Helsingin kantakaupunki, Helsingin esikaupungit, Espoo+Kauniainen, Vantaa ja kehyskunnat. Suuntautumiskorjaus perustuu sekä HEHA2012- että HEHA2007–2008-aineistoihin. Liite 15 sisältää suuntautumiskorjauskertoimet (Pastinen ym. 2017).

5 Ennustetestit

5.1 Testauksen tavoite ja sisältö

Ennustetestien tavoitteena on ollut saada käytännön tietoa mallijärjestelmän reagoinnista erilaisissa tilanteissa ja muutoksissa. Tavoitteena on ollut myös osoittaa uudella mallijärjestelmällä tuotettujen tulosten eroavaisuudet suhteessa pääasiassa edeltävään mallijärjestelmäversioon. Ennustetestien perusteella varmistetaan myös, että mallien ajamiseen liittyvät proseduurit toimivat oikein ja vakaasti.

Liikennejärjestelmäkuvausten tarkistustyön yhteydessä tehtiin kuvaus syksyn 2016 tilanteesta. Siitä laskettuja vastuksia käytettiin ennustejärjestelmän version 3.0 kysyntämallien estimoinnissa selittämään myös vuosien 2008 ja 2012 liikkumistutkimuksissa havaittua käyttäytymistä. Koska käytettävät liikennejärjestelmäkuvaukset on tehty osittain erilaisilla periaatteilla kuin aiemmissa versioissa (mm. aluejako on muuttunut), olisi vuoden 2012 kuvausten muuttaminen samoilla periaatteilla tehdyksi ollut liian työlästä. Niinpä ei ollut mahdollisuutta tehdä kahdella ennustejärjestelmän versiolla ennustejakoja, joissa olisi käytetty samoja lähtötietoja. Pienellä vertailulla yritettiin kuitenkin saada kuvaa uuden version toimivuudesta ja mahdollisista eroista edelliseen versioon.

Mallijärjestelmällä tehtiin seuraavia testejä:

- nykytilanteen 2012 ennuste versiolla 2.1 (vuoden 2012 maankäyttö ja syksyn 2012 liikennejärjestelmä), kuvissa ja taulukoissa tunnus 2012_HM21
- nykytilanteen 2012 ennuste versiolla 3.0 (vuoden 2012 maankäyttö muutettuna uuteen aluejakoon ja syksyn 2016 liikennejärjestelmä ilman Länsimetroa), tunnus 2012_verk2016
- nykytilanteen 2016 ennuste versiolla 3.0 (vuoden 2016 maankäyttö ja syksyn 2016 liikennejärjestelmä ilman Länsimetroa), tunnus 2016tod
- kuten edellinen, mutta joukkoliikenteen hintaa on alennettu 25 % Espoosta ja Vantaalta Helsinkiin sekä päivästoin, tunnus 2016_075JL
- MAL2019-vaihtoehto v0 vuodelle 2030 versiolla 3.0, tunnus 2030_v0.

Seuraavissa taulukoissa on yhteenvetoja käytetyistä asukas- ja työpaikkamääristä. Tehtäessä vuoden 2012 ennustetta ennustejärjestelmän versiolla 2.1 uusimmat työpaikkatiedot olivat vuodelta 2010. Ajettaessa vuoden 2012 ennustetta versiolla 3.0 käytettävissä olivat jo vuoden 2012 lopun työpaikkamäärät. Kummassakin tapauksessa käytettiin vuoden 2012 asukasmääriä, mutta aluejakomuuunnoksen takia summassa on pyöristyksistä johtuvia eroja. Vuoden 2016 ennusteissa käytettiin vuoden 2016 asukas- ja vuoden 2014 työpaikkamääriä.

Taulukko 24. Asukasmäärien vertailu testiennusteissa.

	2012_HM21	2012_verk2016	2016tod	2016_075JL	2030_v0
Hki kk	180294	180272	196766	196766	234156
Hki esik	399232	399222	418459	418459	481550
Esp+K	257502	257502	279004	279004	340307
Vantaa	200056	200097	214135	214135	256282
kehys	302670	304845	313548	313548	372949
YHTEENSÄ	1339754	1341938	1421912	1421912	1685244

Taulukko 25. Työpaikkamäärien vertailu testiennusteissa.

	2012_HM21	2012_verk2016	2016tod	2016_075JL	2030_v0
Hki kk	241584.8	235779	232573	232573	281167
Hki esik	140040.2	131499	125984	125984	159595
Esp+K	120810	114042	110378	110378	148823
Vantaa	103955	102708	100905	100905	136212
kehys	98625	91141	91185	91185	113856
YHTEENSÄ	705015	675169	661025	661025	839653

5.2 Kysyntämallin päivitysten testaus

Testauksessa on käytetty vuoden 2018 alussa valmistunutta versiota HELMET 3.0 -mallijärjestelmästä. Testituloksia on verrattu ensisijaisesti mallijärjestelmän edelliseen versioon, HELMET 2.1:en. Lisäksi paikoin viitataan erikseen HELMET-mallijärjestelmän versioon 1.0.

Vertailut edeltävään malliversioon on tehty vuoden 2012 tilanteesta siten, että liikennejärjestelmäkuvaukset ovat vuosilta 2012 (malliversio 2.1) tai 2016 (versio 3.0). Myös työpaikkamäärät ovat tarkentuneet, mutta asukasmäärät sekä muut liikkumiseen vaikuttavat lähtötiedot ovat samat. Vastaa-vasti vuoden 2016 ennusteissa ainoat erot ovat joukkoliikenteen kustannuksissa eli niissä on samat maankäyttötiedot ja liikennejärjestelmäkuvaukset.

5.2.1 Uuden ja vanhan mallin nykyennusteen 2012 vertailu HEHA 2012:n matkamääriin ja suuntautumiseen

Testauksessa on tarkasteltu henkilöautomatkoja ja joukkoliikennematkoja sekä näiden yhteissummaa (lähes) samoilla vuoden 2012 lähtötiedoilla. Vertailu on tehty vuoden 2012 HEHA-matriisiin nelialuejaossa (1. Helsingin kantakaupunki, 2. muu Helsinki, 3. Espoo ja Kauniainen, 4. Vantaa, 5. kehyskunnat eli muut Helsingin seudun kymmenen kuntaa). Vertailut on tehty vuorokausiliikenteen osalta. Keskeisimmät havainnot ovat seuraavat:

Joukkoliikenne- ja henkilöautomatkat yhteen laskien suuntautuminen vastaa vuorokausitasolla HEHA-aineistoa suunnilleen yhtä hyvin (tai huonosti) kuin edellinen malliversio 2.1. Joukkoliikennematkojen kokonaismäärä ennustetaan noin 2 % liian pieneksi, mutta henkilöautomatkojen osalta ero on alle yhden prosentin. Helsingin kantakaupungista lähtevien ja sinne saapuvien henkilöautomatkojen määrä ennustetaan 23–44 % liian suureksi, mutta muilla alueilla ero on alle 10 %, pienimmillään vain hiukan yli yhden prosentin. Joukkoliikennematkoista parhaiten onnistutaan ennustamaan Helsingin esikaupungeista ja kehyskunnista lähtevät sekä niihin saapuvat matkat, mutta muissa virroissa erot ovat kymmeniä prosentteja.

Uudella malliversiolla erot ovat hiukan suurempia kuin edellisellä versiolla, mutta on otettava huomioon, että liikennejärjestelmäkuvaukset ovat eri vuosilta ja tehty hiukan erilaisilla periaatteilla.

5.2.2 Uuden mallin reagoivuus

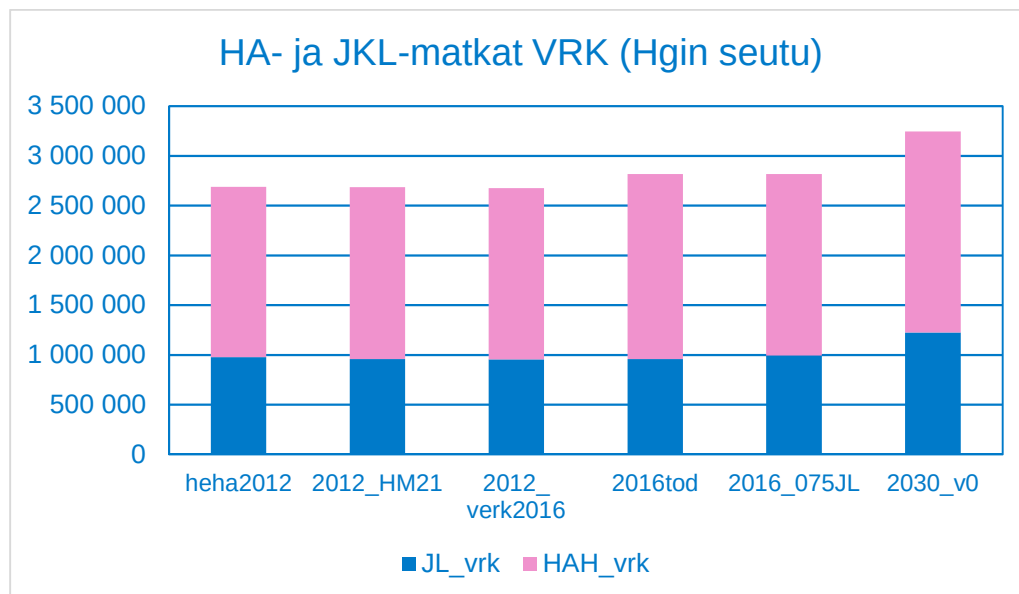
Uuden mallin reagoivuutta erilaisiin muutoksiin vertailtiin seuraavien esimerkkien osalta:

1. Joukkoliikenteen hinnan alentaminen 25 % Espoosta ja Vantaalta Helsinkiin ja päinvastoin. Tässä skenaariossa saatiin testattua hintamuutosten vaikutuksia mm. suuntutumiseen ja kulkutapoihin.
2. Vuoden 2018 alussa laadittu versio MAL2019-vaihtoehdosta v0 vuodelle 2030. Skenaariorissa Helsingin seudun asukasmäärä on noin 18,5 % ja työpaikkamäärä 27 % suurempi kuin vuonna 2016.

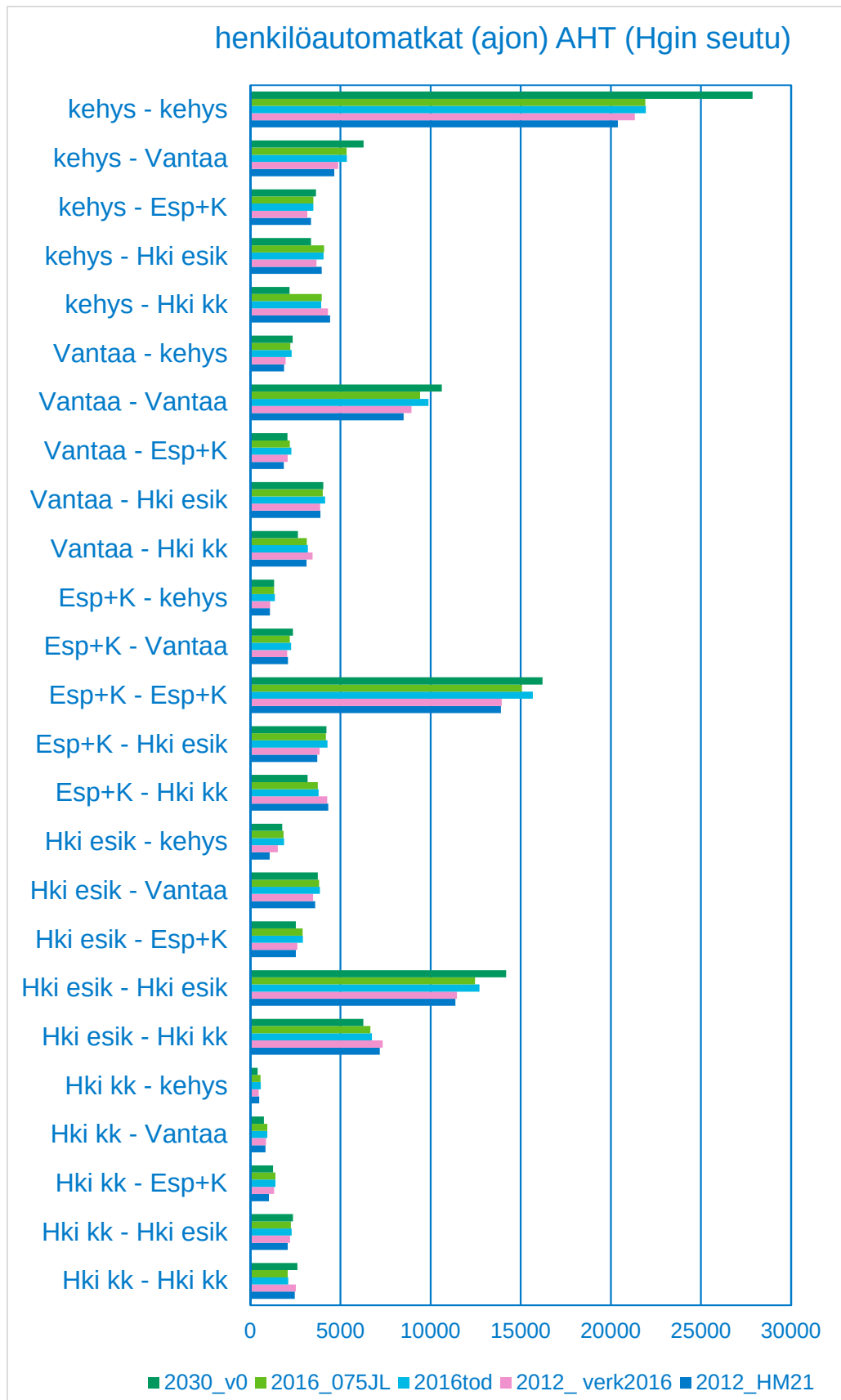
Joukkoliikenteen hintamuutoksen vaikutukset liikenteen suuntautumiseen ja kulkutapajaumaan ovat loogisia: joukkoliikenteen osuus kasvaa noin viidellä prosenttiyksiköllä niiden alueparien välillä, joilla joukkoliikennelipun hintaa on alennettu. Muiden alueparien välillä matkamäärät ja joukkoliikenteen osuudet ovat lähes samoja.

Vuoden 2030 ennusteessa asukasmäärä on kasvanut, mutta autoverkkoa on parannettu v0-vaihtoehdossa vain hiukan. Niinpä joukkoliikenteen osuuden ennustetaan kasvavan noin 10 prosenttiyksikköä.

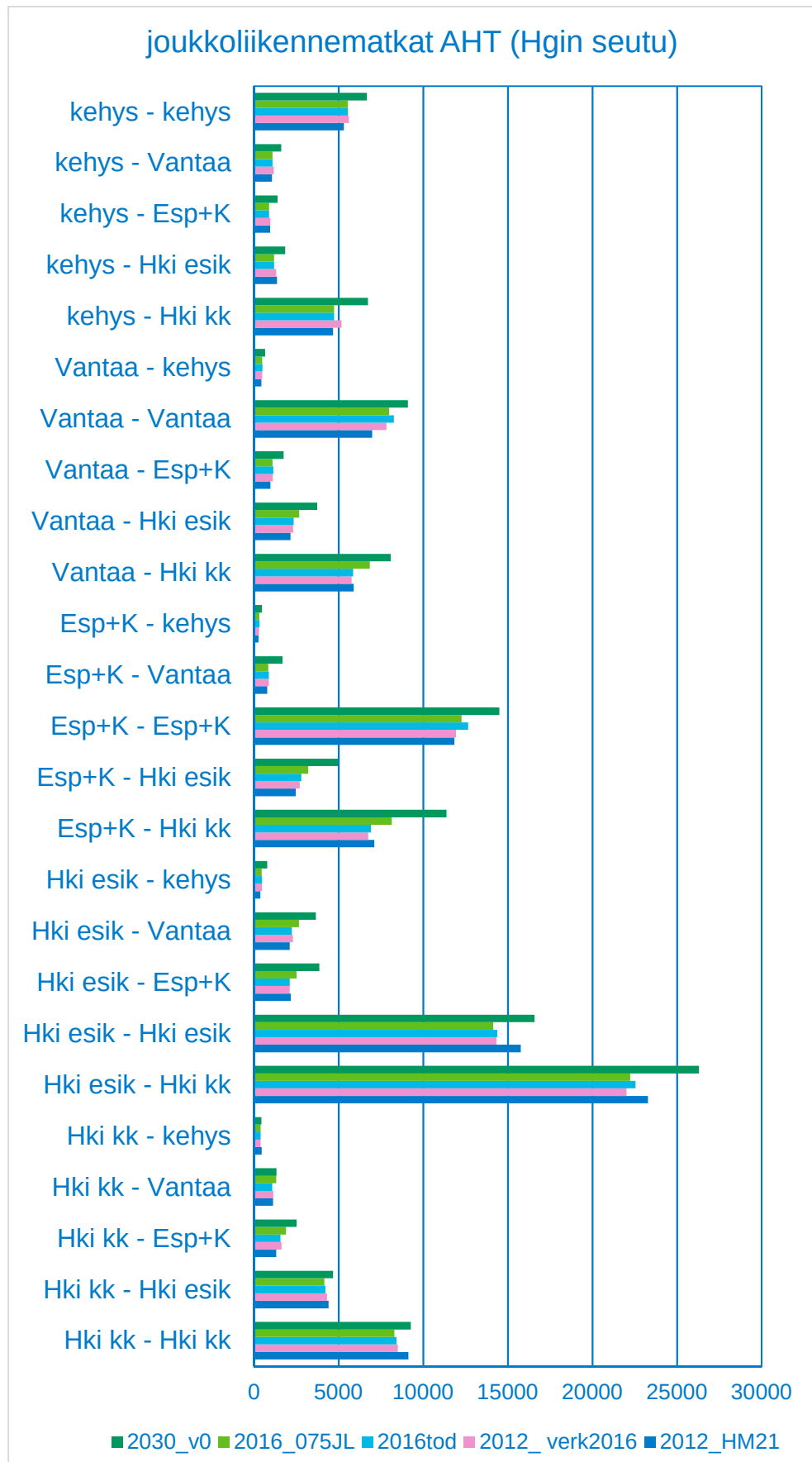
Seuraavissa kuvissa verrataan erilaisten ennustevaihtoehtojen tuloksia.



Kuva 20. Ajoneuvolla tehtyjen matkojen määrät eriennusteissa.

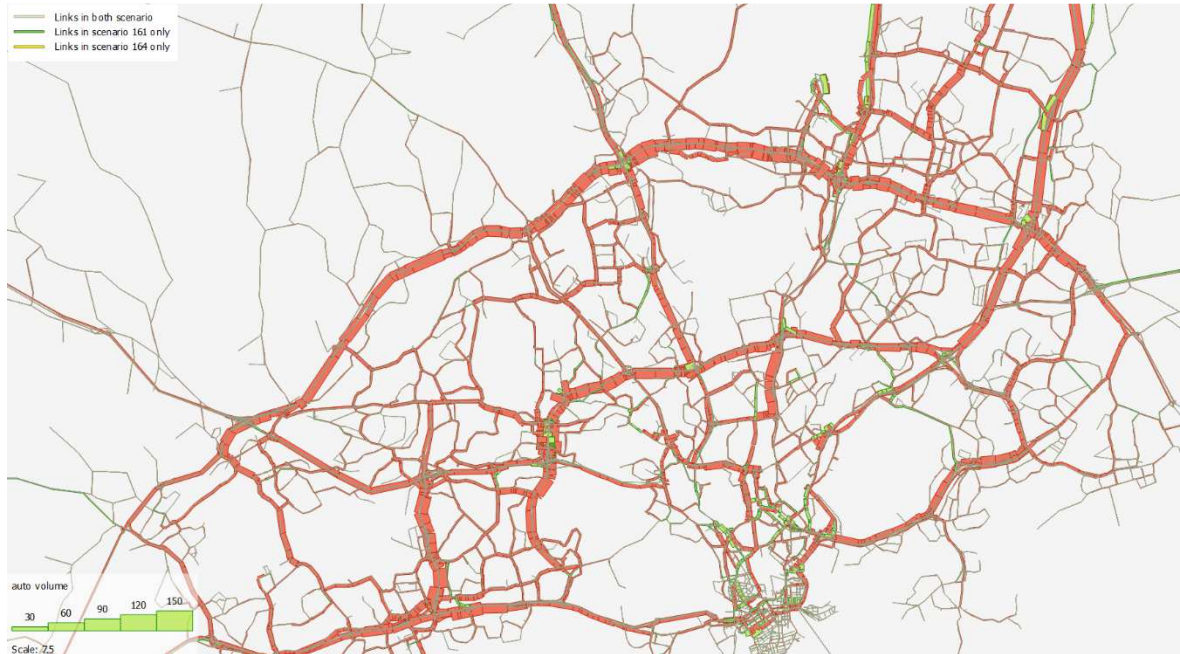


Kuva 21. Helsingin seudulla tehtävien henkilöautomatkojen (ajon) määrä eri ennusteissa.



Kuva 22. Helsingin seudulla tehtävien joukkoliikennematkojen (ajon) määrä eri ennusteissa.

Seuraavissa kuvissa on verrattu kahta syksyn 2016 tilanteesta ilman Länsimetroa tehtyä ennustetta, joissa on joko normaalit tai alennetut joukkoliikennekustannukset. Punainen tarkoittaa, että ensin mainitun skenaarion liikennemäärät ovat suurempia ja vihreä vastaavasti, että suuremmat liikennemäärät saadaan alennetuilla kustannuksilla.



Kuva 23. Autoliikenteen kuormitusero 2016tod – 2016_075JL, aamuhuipputunti.



Kuva 24. Metro- ja lähijunaliikenteen kuormitusero 2016tod – 2016_075JL, aamuhuipputunti.



Kuva 25. HSL-bussiliikenteen kuormitusero 2016tod – 2016_075JL, aamuhuipputunti.

6 Malliversioiden 2.5 ja 3.0 vertailu

Tämä luku perustuu Helsingin KYMPin tilaamaan konsulttityöhön (Supponen & Rantala 2018), jonka tekivät Atte Supponen (Trafix Oy) ja Annika Rantala (WSP Finland). Työtä ohjasivat Helsingin kaupungilta Kaisa Reunanen (pj), Anna Pätynen, Markku Granholm, Anton Silvo ja Niko Setälä sekä HSL:stä Jens West ja Sakari Metsälampi.

6.1 Helmet-ennustemalliversioiden väliset erot

Tässä työssä verrattavat Helmet-malliversiot ovat 2.5 ja 3.0. Helmet 2.5 -malli toimi ennustepuolella kuten Helmet 2.1, mutta sijoittelupuolella vuonna 2016 muodostetun uuden aluejaon ja korjattujen verkkojen mukaisesti. Helmet 3.0 -malliversioon on tehty useita päivityksiä, joiden sisältöä avaa Taulukko 26.

Mallissa iteratiivisessa etenemisessä malliversioon tehdyt muutokset ja päivitykset vaikuttavat kaikki yhdessä saataviin tuloksiin, eikä yksittäisiä vaikutusmekanismeja välttämättä voi lopputulokista tarkkaan erotella. Esimerkiksi kulkutapajakaumaan alueparien välillä vaikuttavat sijoittelun muutokset vastuslaskennan kautta, mutta myös sijoittelualuejaon muutokset ja jalankulun erottelu omaksi kulkutavakseen. Em. taulukkoon on kuitenkin kirjattu muutosten aiheuttamia todennäköisiä vaikutussuuntia.

Taulukossa esitettyjen muutosten lisäksi vuosille 2030 ja 2050 tehtyihin ennusteisiin vaikuttaa MAL2019- työn maankäytön lähtötietojen päivitys. Maankäyttötiedot on päivitetty osana MAL-prosessia ja viimeisimmät tiedot ovat peräisin joulukuulta 2017. Nämä lähtötiedot vaikuttavat saataviin matkustajamääräennusteisiin, mutta eivät kuvaa malliversioiden välisiä eroja.

Taulukko 26. Malliversioiden välisiä muutoksia ja todennäköisiä vaikutuksia.

Muutokset	Kuvaus muutoksesta	Vaikutus
Autoliikenteen nopeusliikennemääräfunktioiden päivitys	Helmet 3.0:aan on tehty uusi autofunktioiden luokittelu, jota sovelletaan aiemmasta poikkeavalla tavalla. Suurella määrällä kaduista vapauttaa nopeutta ja kapasiteettia on alennettu aiemmasta (Keränen & Supponen 2017).	Ajoneuvoliikenteen vastukset kasvavat katuverkon hidastamisen myötä, mikä kasvattaa kestävien kulkutapojen kilpailukykyä Bussiliikenteen nopeudet hidastuvat suhteessa raidekulkutapoihin
Joukkoliikenteen nousuvastus	Helmet 3.0:aan on määritelty uusi nousuvastus. Uuden nousuvastuksen minimiarvo on 3 minuuttia, mutta kulkutapojen väliset suhteet pyritty säilyttämään aiemman kaltaisina, pl. bussit, joiden kohdalla on luovuttu pituusriippuvaisesta nousuvastuksesta. (Keränen & Supponen 2017).	Kokonaisnousumäärä laskee Lyhyitä joukkoliikennematkoja korvautuu kävelymatkoilla Vaihdollisten matkojen määrä vähentyy
Ennustealuejaosta luopuminen	HELMET 3.0 -mallissa otettiin käyttöön Helsingin seudun liikenteen Emme-verkon tarkennus- ja korjaustyössä vuonna 2016–2017 tehty tihennetty aluejako. Samalla ennustealuejaosta luovuttiin ja kysyntäennusteet laaditaan sijoittelualuejaolla. (Pastinen ym. 2017)	Kulkutapamuutokset kohdistuvat aiempaa tarkemmin yksittäisille sijoittelualueille (esim. asemien ympäristöt), kun jakoluvut eivät keskiarvoista saavutettavuusmuutoksia koko laajemmalle ennustealueelle
Jalankulun erottelu omaksi kulkutavakseen	Helmet 3.0 mallissa jalankulku ja pyöräily eroteltiin omiksi kulkutavoiksi, koska tämän arvioitiin parantavan kysyntäennusteiden laatua. Mallirakenne säilyi kuitenkin pitkälti samankaltaisena kuin aiemminkin. Kun aiemmin jalankulun ja pyöräilyn yhteiseen kulkutapaosuuteen vaikutti suoraan vain etäisyys, nyt jalankulun mallissa jalankulun osuuteen vaikuttavat mm. ajankohta, väestön ja maankäytön ominaisuudet sekä autonomistus ja pysäköintikustannus. (Pastinen ym. 2017).	Jalankulun osuus kasvaa tiiviillä alueilla (Muita vaikutuksia esim. kulkutapasiirtymiin ja eri ajankohtien matkoihin on hankala ennakoita)
Suuntautumisessa muuttujana vähittäiskaupan työpaikat, ja palvelutyöpaikkojen määrätelmän muutos	Suuntautumisessa muuttujana vähittäiskaupan työpaikat, kun aiemmin muuttujana on käytetty myymäläalaa. Lisäksi palvelutyöpaikkojen määrittely on suppeampi kuin aiemmin (siis hen kuuluu aiempaa vähemmän TOL-luokkia). (Pastinen ym. 2017).	Muutoksen ei tulisi aiheuttaa merkittävää vaikutusta
Autonomistumallin päivitys	Autonomistumalli päivitettiin vastaamaan uutta sijoittelualuejakoa estimoimalla mallit uudelleen. (Pastinen ym. 2017).	Muutoksen ei tulisi aiheuttaa merkittävää vaikutusta

6.2 Työn tausta ja tavoitteet

Helsingin joukkoliikenneverkon tulevaisuusskenaariot –työn matkustajamääräennusteet on laadittu HSL:n ylläpitämän Helsingin työssäkäyntialueen henkilöliikenteen ennustemallin avulla. Liikenne-ennustemalli perustuu Helsingin seudulla tehtyjen liikkumistutkimuksien tuloksiin ja siinä mallinnetaan matkojen määrä, ajankohta, kulkutavan valinta sekä matkojen suuntautuminen. Liikennemalli on laadittu nykytilanteen pohjalta seudun joukko- ja ajoneuvoliikenteen vaikutusten seudulliseen tarkasteluun.

Vuoden 2017 lopussa valmistuneen Helsingin joukkoliikenneverkon tulevaisuusskenaariot –työn tulokset on tuotettu Helmet 2.5 -liikenne-ennustemallilla. Ennustemallista valmistui tammikuun 2018 alussa uusi Helmet 3.0 -versio. Malliversion päivitys saattaa vaikuttaa loppuvuodesta valmistuneen työn tuloksiin, joten tässä työssä verrataan malliversioiden välisiä eroavaisuuksia ja tuotetaan uudelleen hankekohtaiset matkustajamääräennusteet.

Tämän työn tavoitteena on:

- Verrata uuden Helmet-mallin tuloksia 2.5-version tuloksiin.
- Kuvata mallissa tapahtuneet muutokset ja niiden vaikutukset tuloksiin.
- Tuottaa uudella ennustemallilla kysyntä päivitetyillä maankäytöillä 2030 ja 2050 laajalle ja suppealle verkolle.

Tämän työn aikana on korjattu kaksi merkittävästi tuloksiin vaikuttanutta poikkeamaa Helmet 3.0 -mallissa (ympäryskuntien ennustemallissa ja 14 kunnan mallin kääntökertoimissa). Nämä poikkeamat on työn aikana havaittu ja korjattu ennustemalliin, eikä niitä käsitellä tässä raportissa. Kaikki esitetyt tulokset on ajettu korjatuilla malliversioilla.

6.3 Helmet 2.5 ja 3.0 -ennusteiden vertailu

Helmet-ennustemallin versioiden välisiä eroja on vertailtu kahdessa tarkastelutilanteessa, jotka tuovat erilaisia eroavaisuuksia esiin. Ensimmäisessä vertailussa tarkastellaan malliversioiden nykyennusteen keskinäistä vastaavuutta. Jos malliversioiden välillä on merkittäviä eroja, tulisi näiden aiheuttaja saada selville. Vertailu on tehty nykyennusteella, jotta muuttuneet lähtötiedot (maankäyttö) eivät vaikuttaisi tuloksiin.

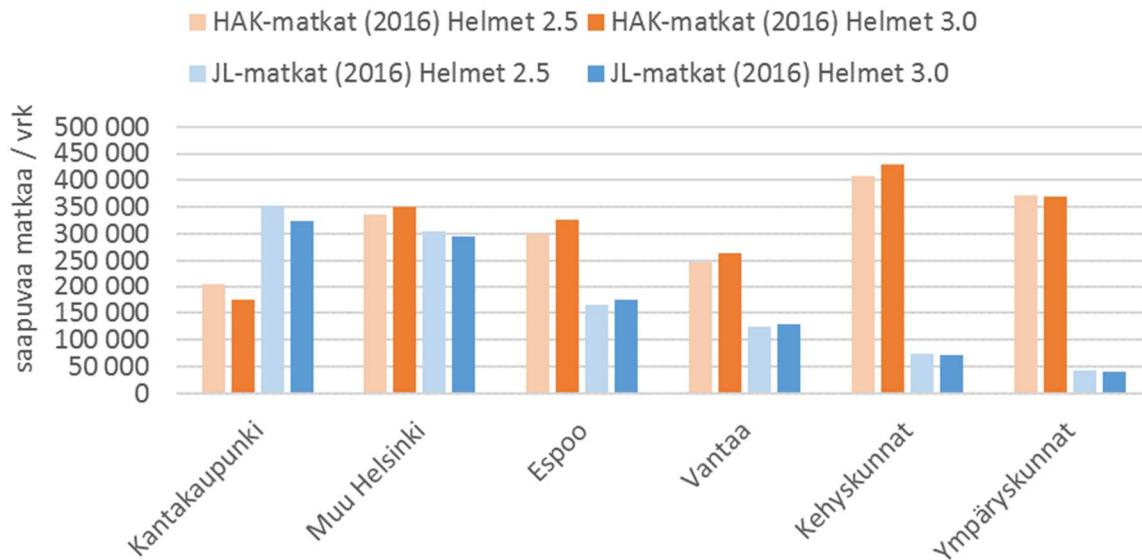
Toisena vertailuna on tarkasteltu malliversioiden herkkyyttä liikenneverkossa tapahtuville muutoksille. Liikennemalli on tarkoitettu ensisijaisesti liikenneverkossa tapahtuvien muutosten tarkasteluun, ja siksi on tärkeätä tunnistaa, reagoivatko malliversiot muutoksiin samalla tavalla.

6.3.1 Erot nykytilanteen ennusteissa

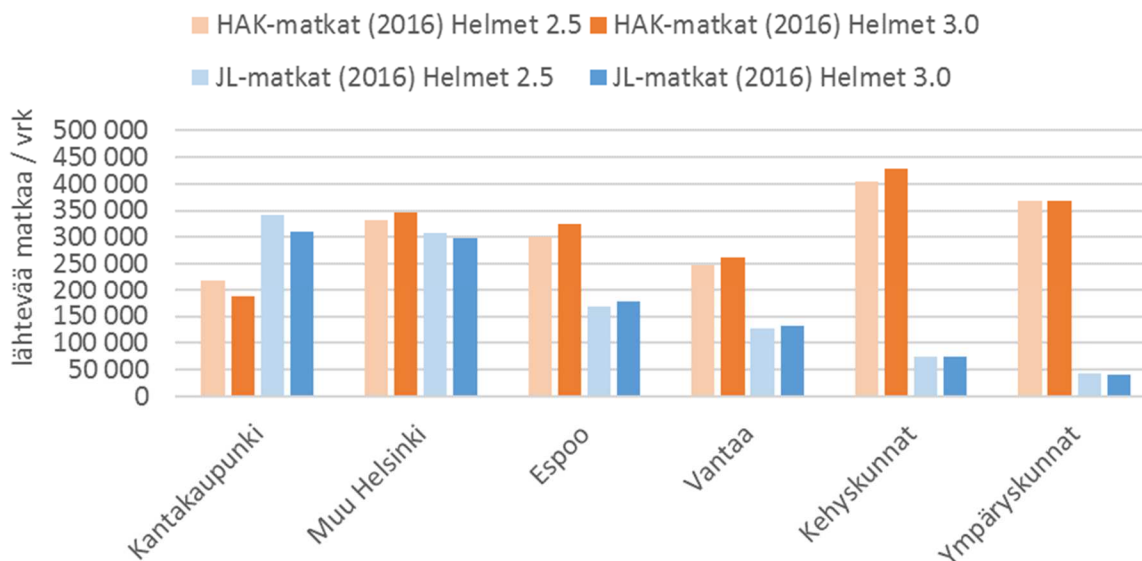
Nykytilanteen ennuste on laskettu molemmille malliversioille vastaavilla liikenneverkkokuvauksilla. Helmet 2.5– ja 3.0–mallien välillä on pieni ero maankäytön lähtötiedoissa, sillä Helmet 3.0 –versiossa lähtötiedot on päivitetty vuosien 2016 (asukkaat) ja 2014 (työpaikat) mukaisiksi. Aiemmassa Helmet 2.5 -mallissa asukas- ja työpaikkatiedot on poimittu vuosilta 2014 ja 2012 vastaavasti. Näiden muutosten vaikutus tuloksiin on todennäköisesti vähäinen.

Helmet 3.0 ja 2.5 -mallit ovat nykytilanteen ennusteiden osalta hyvin toisiaan vastaavia. Alueelliset matkamäärät ja kulkutapaosuudet ovat malliversioiden välillä hyvin samankaltaiset. Eri alueilta lähtevät ja niille saapuvat matkat ovat käytännössä samalla tasolla henkilöautolla ja joukkoliikenteellä.

(Kuva 26 ja Kuva 27). Molemmissa malliversioissa lähtevät ja saapuvat matkat ovat symmetrisiä vuorokauden yli laajennettuna. Joukkoliikenteen kulkutapaosuudet ovat malliversioiden välillä hyvin vastaavat, kuten pitäisikin, koska kulkutapaosuudet on 3.0:ssa kalibroitu vastaamaan HEHA2012.



Kuva 26. Alueille saapuvat henkilöauto- ja joukkoliikennematkat Helmet 2.5 ja 3.0 versioissa (vrk, 2016).



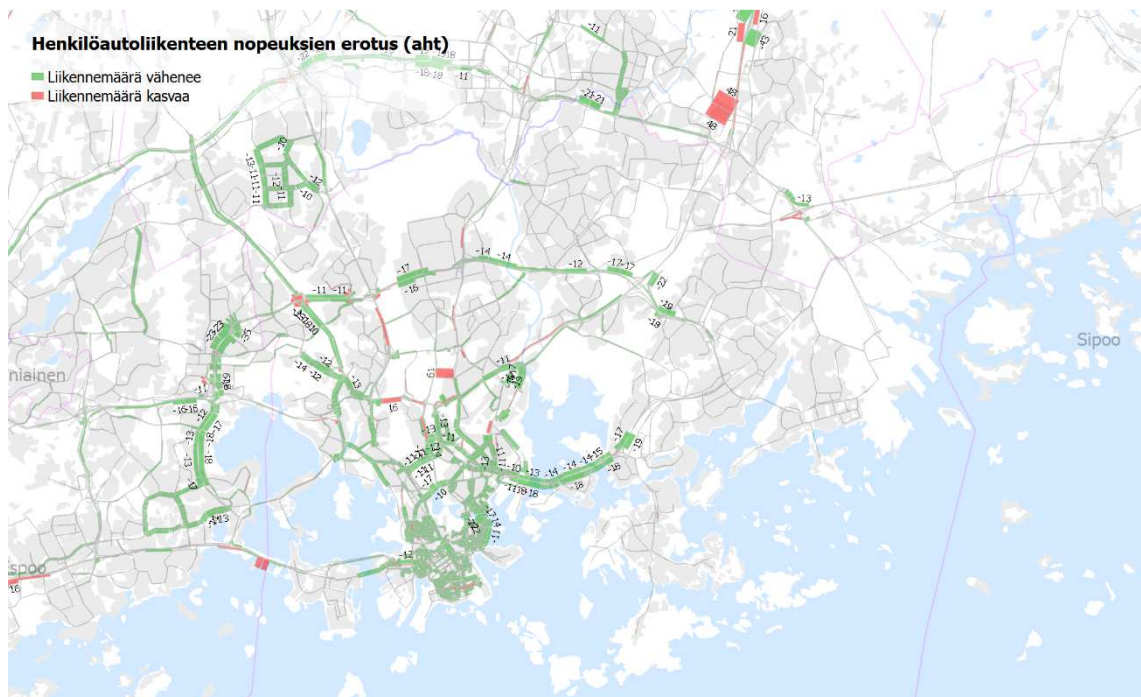
Kuva 27. Alueilta lähtevät henkilöauto- ja joukkoliikennematkat Helmet 2.5 ja 3.0 versioissa (vrk, 2016).

Edellisen perusteella kulkutapa- ja suuntautumismalli tuottavat hyvin samanlaisia tuloksia 2.5- ja 3.0-malliversioissa. Kantakaupungin osalta kuitenkin nähdään, että kun muilta alueilta lähtevät ja niille saapuvat matkamäärät pääosin kasvavat siirryttäessä 3.0-versioon (mikä on loogista, kun huomioidaan päivitetty nykytilanteen lähtötiedot), niin kantakaupungin matkamäärät hieman pienevät. Henkilöautomatkojen osalta tulos on aiempaa lähempänä HEHA2012:ta, mutta joukkoliikenne-

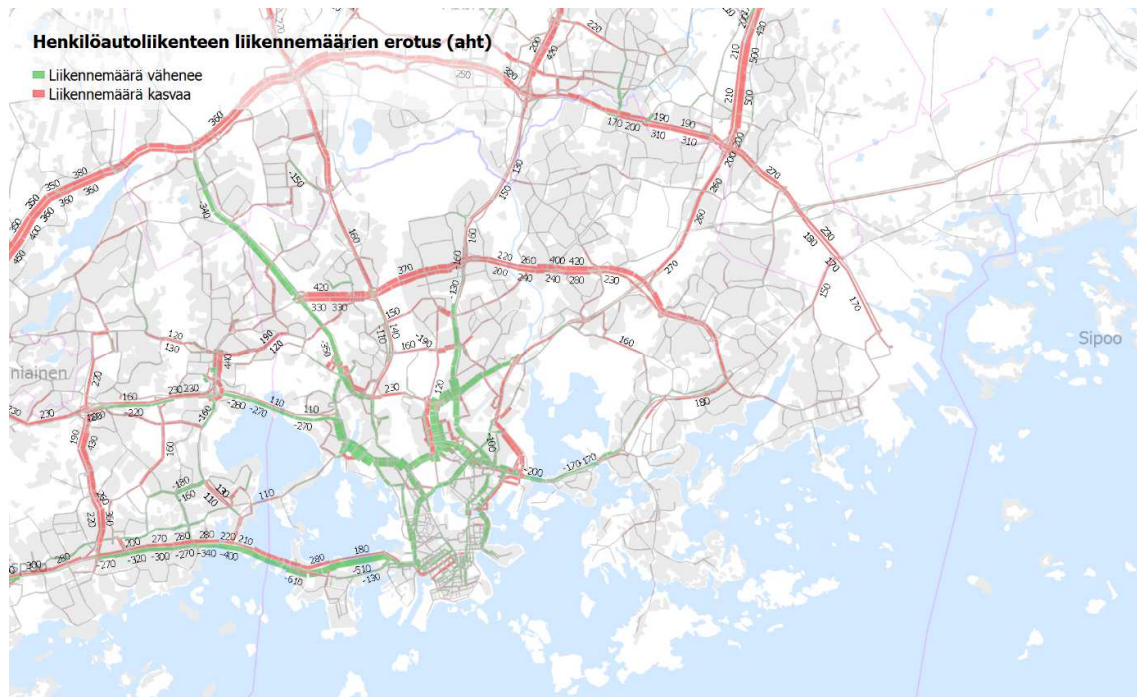
matkojen osalta ero HEHAan on kasvanut. Kokonaisuutena Helmet 3.0 tuottaa edelleen liikaa kantakaupunkiin suuntautuvia henkilöautomatkoja ja liian vähän joukkoliikennematkoja, samoin kuin Helmet 2.1 (ja vastaavasti myös 2.5). Tosin merkittävä määrä ”puuttuvista” joukkoliikennematkoista on kantakaupungin sisäisiä.

Malliversioiden välillä suuremmat erot syntyvät kuitenkin matkojen sijoittelussa joukkoliikenneverkolle. Sijoittelussa syntyy merkittäviä eroja, jotka ovat seurausta henkilöautojen viivytysfunktioiden ja joukkoliikenteen nousuvastusten uudelleenmäärittelystä.

Henkilöautojen sijoittelussa autoverkon funktioita on korjattu siten, että nopeudet ja kapasiteetit linkeillä ovat pääsääntöisesti pienempiä kuin aiemmin. Muutoksia linkkityyppeihin on tehty erityisesti Helsingin kantakaupungin alueelle, mikä näkyy autoverkon liikennemäärissä ja matka-ajoissa (Kuva 28 ja Kuva 29).



Kuva 28. Henkilöautoliikenteen nopeuksien erotus Helmet 3.0 – Helmet 2.5 (aht, 2016).

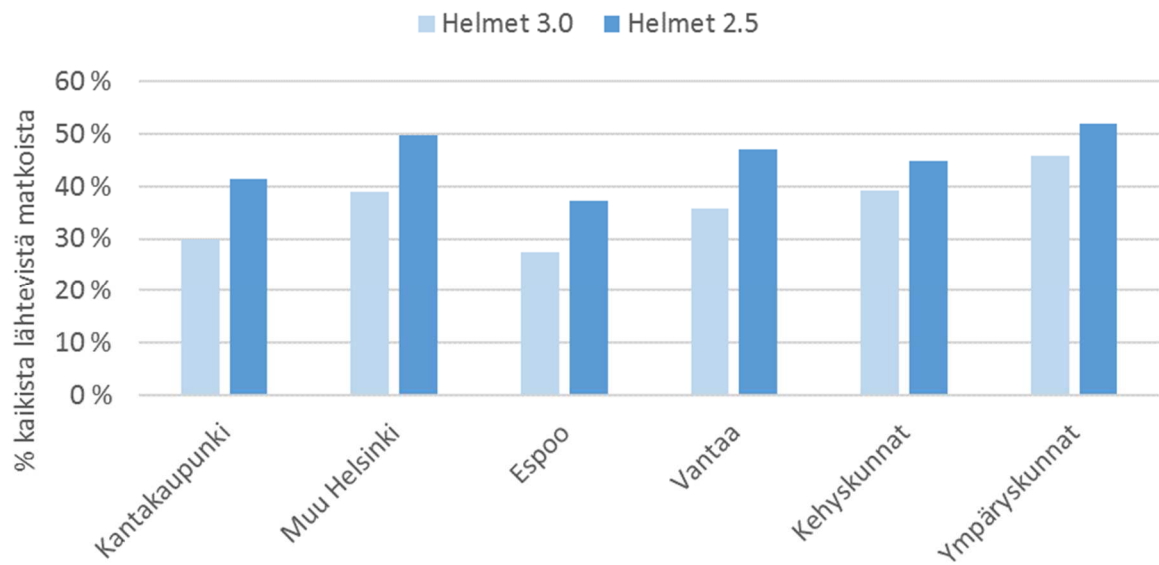


Kuva 29. Henkilöautoliikenteen liikennemäärien erotus Helmet 3.0 – Helmet 2.5 (aht, 2016).

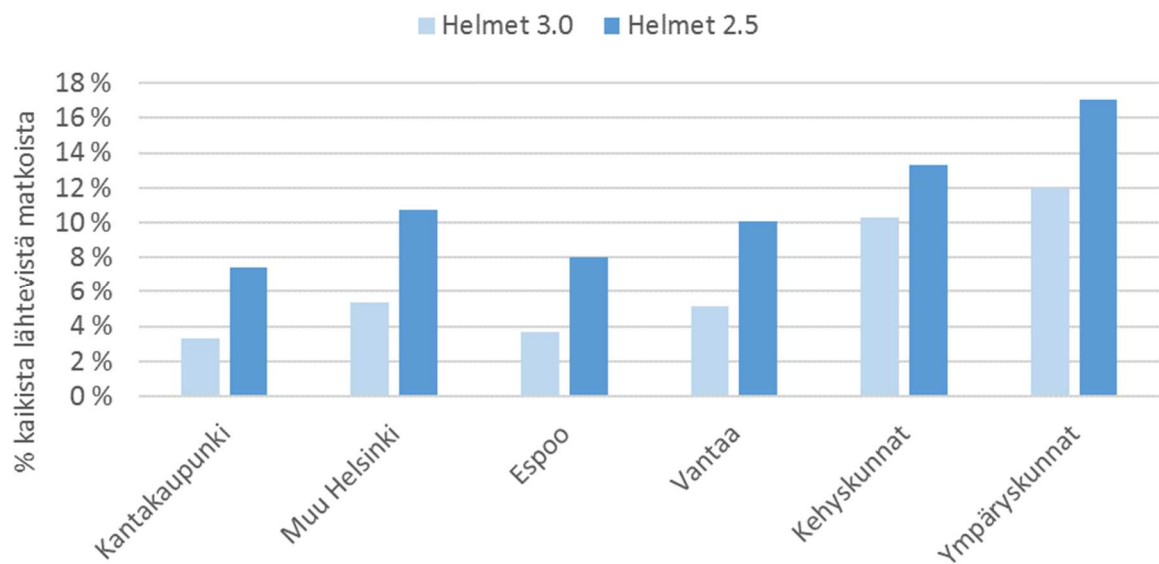
Joukkoliikennesijoittelussa merkittävin muutos on joukkoliikenteen nousuvastuksen muutos. Nousuvastuksen minimiarvo on 3 minuuttia, mutta joukkoliikennekulkutapojen väliset suhteet on pyritty pitämään aiempaa vastaavana. Nousuvastuksen päivitys vaikuttaa siksi eniten vaihtojen ja todella lyhyiden joukkoliikennematkojen määriin. Vaihtojen osuudet kaikista joukkoliikennematkoista on esitetty seuraavissa kuvissa. Uudella määrittelyllä vaihtojen osuudet matkoista vastaavat selvästi aiempaa paremmin liikkumistutkimuksen havaintoja (HSL 2015). Vaihdollisten matkojen määrä vähenee 44 prosentista 34 prosenttiin (HEHA 2012: 27 %) ja yli 2 vaihdon matkojen määrä vähenee 10 prosentista 5 prosenttiin (HEHA 2012: 4 %).

Suorempien yhteyksien suosimisen lisäksi verkolta poistuu merkittävässä määrin todella lyhyitä joukkoliikennematkoja, jotka ovat aiemmin sijoittuneet esimerkiksi kantakaupungin ratikkaverkolle. Esimerkiksi ratikoiden 1 minuutin nousuvastuksella ratikkanoisuus on muuttunut kävelyä kannattavammaksi yli 250 m matkalla, jos ratikoiden nopeudeksi oletetaan 15 km/h. Uudella määrittelyllä (nousuvastus 3 minuuttia) vastaava kriittinen etäisyys on 750 metriä.

Nämä muutokset näkyvät myös eri kulkutapojen suoritteissa. Kaikkien joukkoliikennekulkutapojen keskimatkanpituus kasvaa aiemmasta ja vastaavasti kokonaisnousumäärä ja keskikuormitus hie-
man laskevat. Runkobussilinjoilla nousumäärät kasvavat Helmet 2.5:n määrittelystä, koska Helmet 3.0:ssa runkolinjoille on määritetty muusta bussiliikenteestä poikkeava pienempi nousuvastus.



Kuva 30. Vaihdollisten matkojen osuus kaikista alueilta lähtevistä matkoista (vrk, 2016).



Kuva 31. Kahden tai useamman vaihdon matkojen osuus kaikista lähtevistä matkoista (vrk, 2016).

Taulukko 27. Kulutusapojen sijoittelutuloksia Helmet 3.0 ja 2.5 -malliversiolla (2016, aht).

Kulkumuoto	Helmet 3.0				Helmet 2.5			
	Keskinopeus	Nousut	Keskipituus	Keskikuorma	Keskinopeus	Nousut	Keskipituus	Keskikuorma
HSL bussi	28	82 400	6.5	48	29	105 500	5.5	52
HSL runkobussi	26	9 800	5.4	481	28	5 200	5.4	253
Metro	43	21 000	7.4	2 345	43	23 400	7.2	2 516
HSL juna	67	40 400	14.7	612	67	43 200	13.8	615
Raitiotie	14	17 600	2.0	215	14	24 900	1.4	225
Yhteensä		171 200				202 200		

6.3.2 Erot mallin reagoinnissa liikenneverkon laajentamiseen

Seuraavassa on tarkasteltu ennustemallin reagointia joukkoliikenneverkon laajentamiseen. Joukkoliikenneverkon laajentaminen muuttaa joukkoliikenteen matkavastuksia ja aiheuttaa sitä kautta kulkumuutosiirtymiä. Koska useat hyötylaskelmat ovat riippuvaisia mallin kulkutapasiirtymistä, on tässä tarkasteltu ensisijaisesti siirtymiä henkilöautoista joukkoliikenteeseen. Malliversioiden välillä näihin kulkutapasiirtymiin vaikuttanevat jalankulun erottelu omaksi kulkutavakseen ja ennustealuejaosta luopuminen.

Malliversioiden herkkyyttä on tarkasteltu vuoden 2050 ennusteverkolla, johon on kuvattu pääkaupunkiseudulle suppea ja laaja verkkovaihtoehto. Suppea joukkoliikenneverkko sisältää Helsingin yleiskaavan mukaiset pikaraitiotiet ja laajassa joukkoliikenneverkossa pikaraitiotieverkkoa on edelleen laajennettu merkittävästi. Verkkovaihtoehtojen väliset erot on kuvattu tarkemmin liitteessä 16.

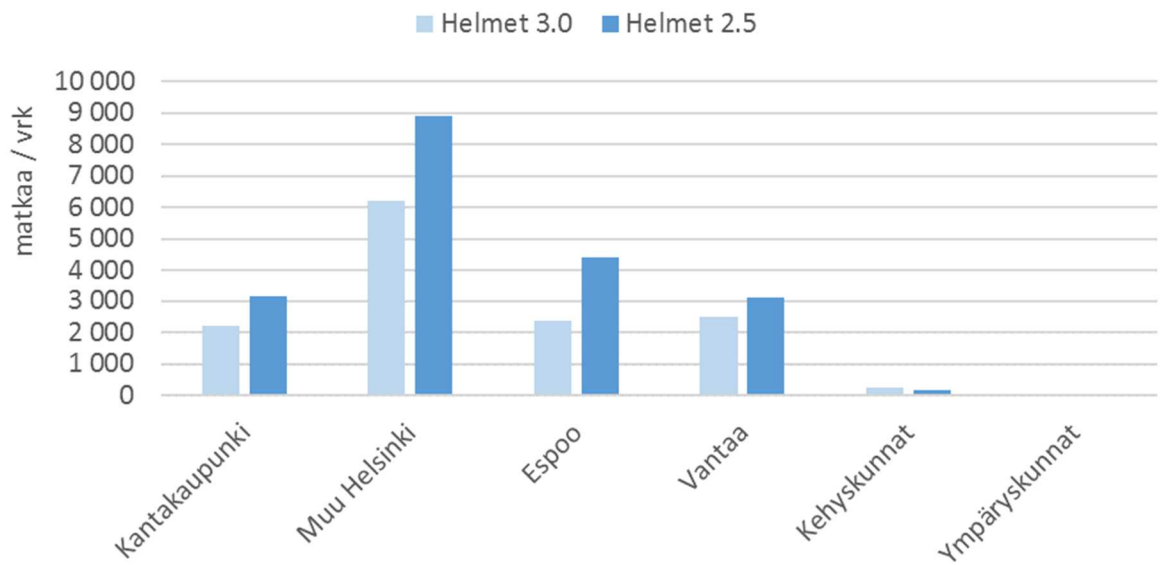
Helmet 3.0 -mallissa kulkutapasiirtymät joukkoliikenteeseen ovat pienempiä kuin Helmet 2.5 -mallissa. Kuva 32 esittää joukkoliikenneverkon laajentamisen tuottamia uusia joukkoliikennematkoja (erotus laajan ja suppean verkon välillä). Kuvasta voidaan nähdä, että siirtymät joukkoliikenteeseen ovat olleet suurempia kaikilla alueilla Helmet 2.5 -malliversiossa.

Joukkoliikenteeseen siirtyvien matkojen vähentyminen selittyy sillä, että kevyestä liikenteestä (jalankulku ja pyöräily) siirtyy vähemmän matkoja joukkoliikenteeseen. Kuva 33 esittää henkilöautomatkojen vähentymiä, jotka ovat yhtä suuret Helmet 3.0 ja 2.5 -malliversioissa, vaikka joukkoliikenteen siirtymissä on eroja. Aiemmin siirtymä joukkoliikenteeseen on ollut noin puolet henkilöautoliikenteestä ja puolet kevyestä liikenteestä. Helmet 3.0 -versiossa autoliikenteen siirtymät vastaavat suuruusluokaltaan lähes kaikkia siirtymiä joukkoliikennematkoja.

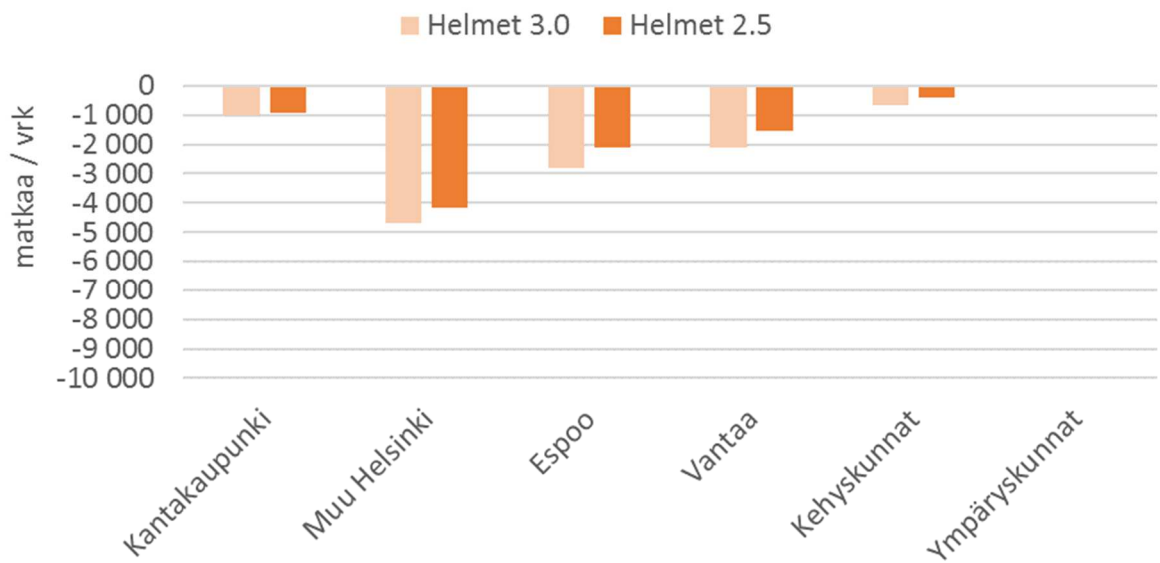
Samalla kun joukkoliikenteen matkamäärien muutos vähenee aiemmasta, kohdistuvat muutokset aiempaa tarkemmin yksittäisille alueille. Kuva 34 ja Kuva 35 esittävät joukkoliikenteen matkamäärien muutoksia sijoittelualueittain. Helmet 3.0 -mallissa kasvu osuu tarkemmin alueelle, jossa saavutettavuusmuutos on tapahtunut, kun taas aiemmin ennustealuejako on keskiarvoistanut muutokset koko laajemmalle ennustealueelle.

Kulkutavan valintaan vaikuttavat lähes kaikki malliin tehdyt päivitykset, joten muutokselle ei ole nimettävissä yhtä suoraa syytä. Seuraavat tekijät vaikuttanevat kuitenkin merkittävimmin saatuihin tuloksiin:

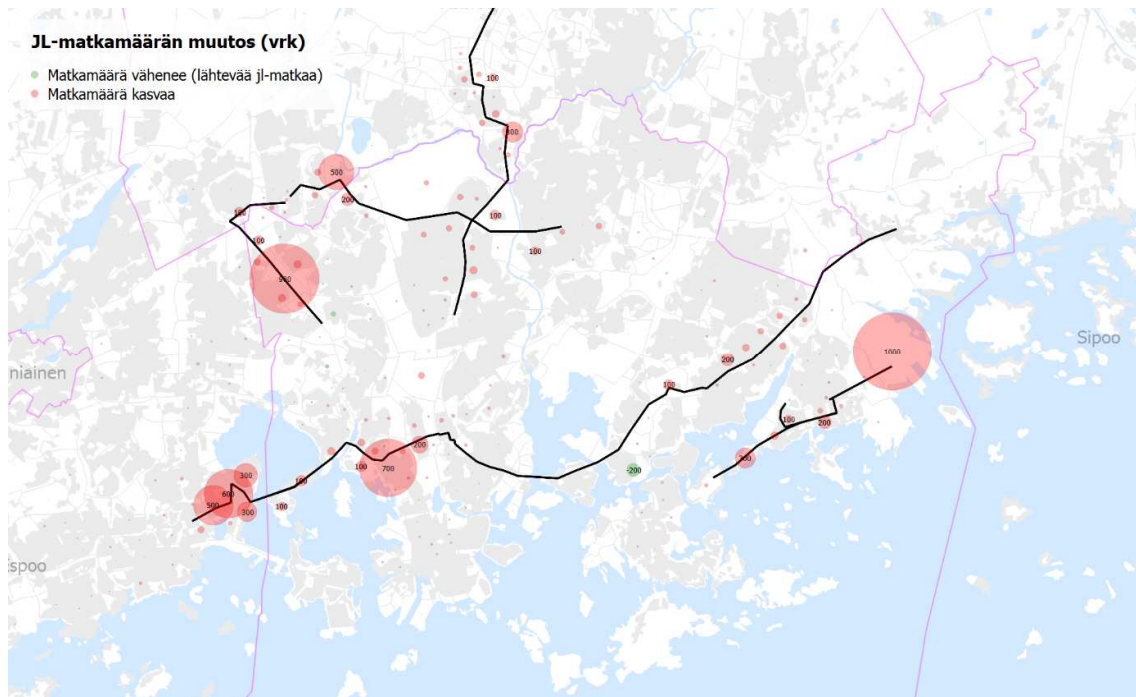
- Ennustealuejaosta luopuminen. Kulkutapamuutokset kohdistuvat aiempaa tarkemmin yksittäisille sijoittelualueille, kun jakoluvut eivät keskiarvoista saavutettavuusmuutoksia koko laajemmalle ennustealueelle.
- Jalankulun erottelu omaksi kulkutavakseen. Joukkoliikenteen vastusmuutokset vaikuttavat enää hyvin epäsuorasti jalankulun määriin, koska ne on eroteltu jo aiemmin mallissa muista matkoista. Polkupyörämatkoista tapahtuu edelleen siirtymää. Kuitenkin polkupyöräilyn matkamäärät, josta siirtymät voivat tapahtua, ovat merkittävästi pienempiä kuin aiemmin jalankulun ja pyöräilyn yhteenlasketut matkamäärät (jalankulun osuus on noin kolme neljäsosaa kevyen liikenteen matkoista HEHA 2012:ssa).



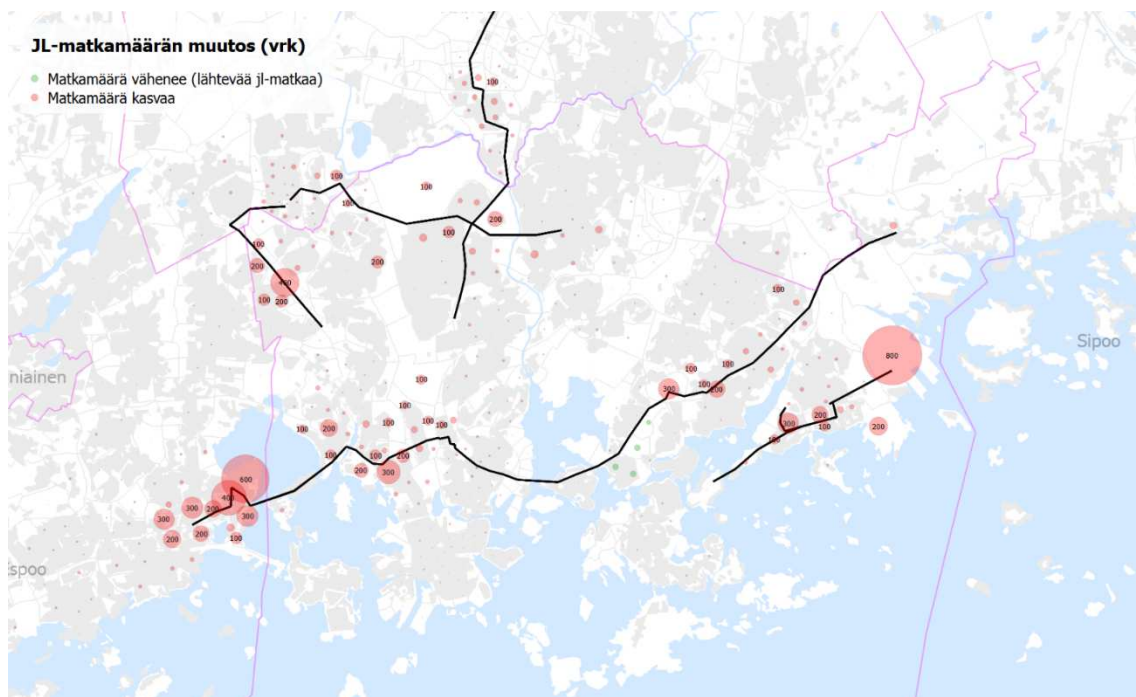
Kuva 32. Joukkoliikennematkojen määrän muutos verkon laajentamisen seurauksena (ennustevuosi 2050).



Kuva 33. Henkilöautomatkojen määrän muutos verkon laajentamisen seurauksena (ennustevuosi 2050).



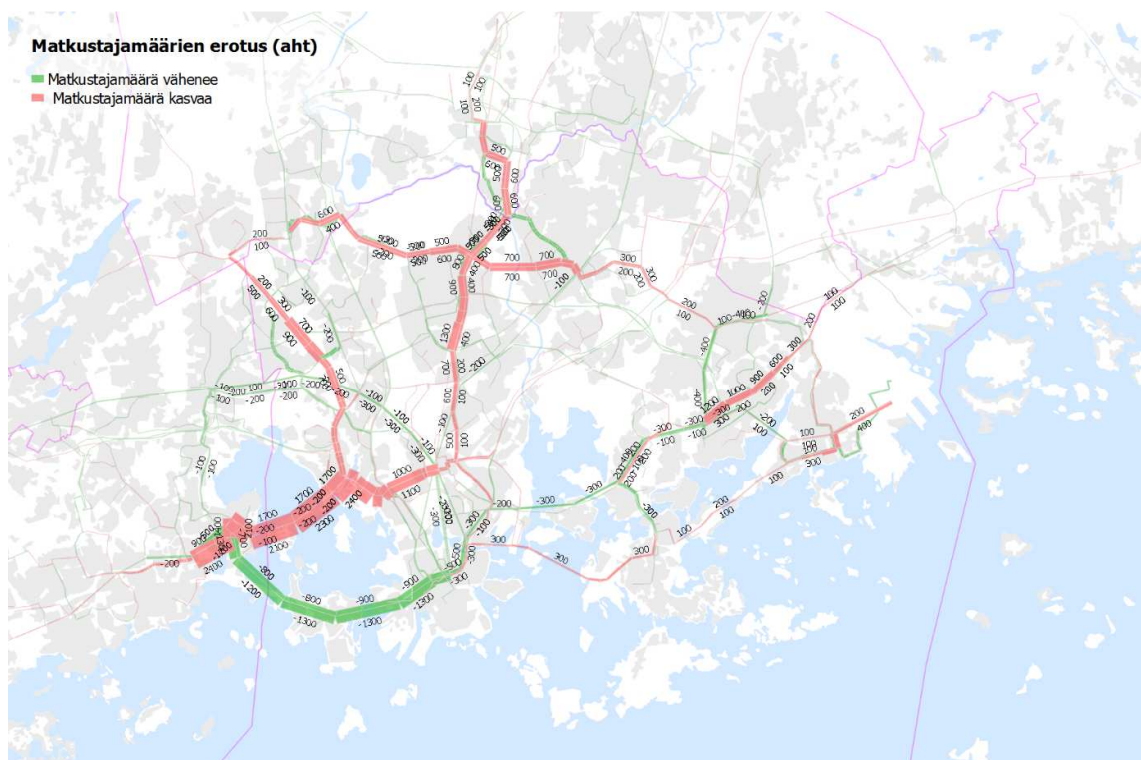
Kuva 34. Joukkoliikenteen matkamäärien erotus laajan ja suppean verkon välillä Helmet 3.0 -mallissa (aht, 2050).



Kuva 35. Joukkoliikenteen matkamäärien erotus laajan ja suppean verkon välillä Helmet 2.5 -mallissa (aht, 2050).



Kuva 36. Laajan ja suppean verkon välinen matkustajamäärien erotus Helmet 3.0 -mallissa (aht, 2050).



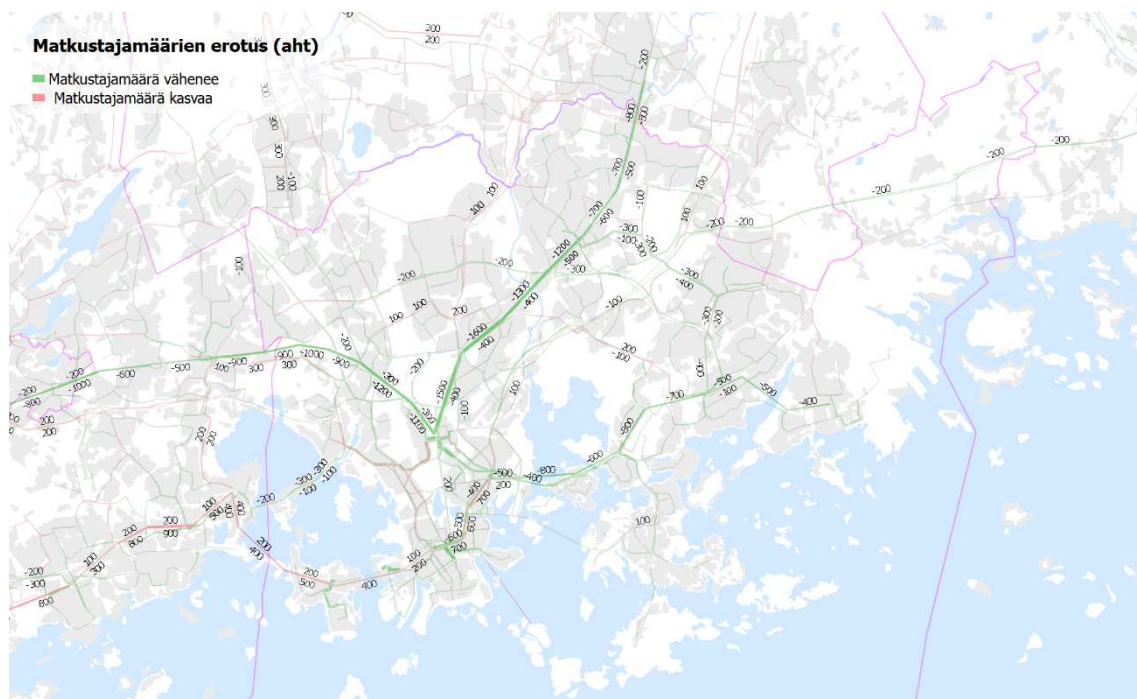
Kuva 37. Laajan ja suppean verkon välinen matkustajamäärien erotus Helmet 2.5 -mallissa (aht, 2050).

6.4 Helmet 3.0 matkustajamääräennusteet

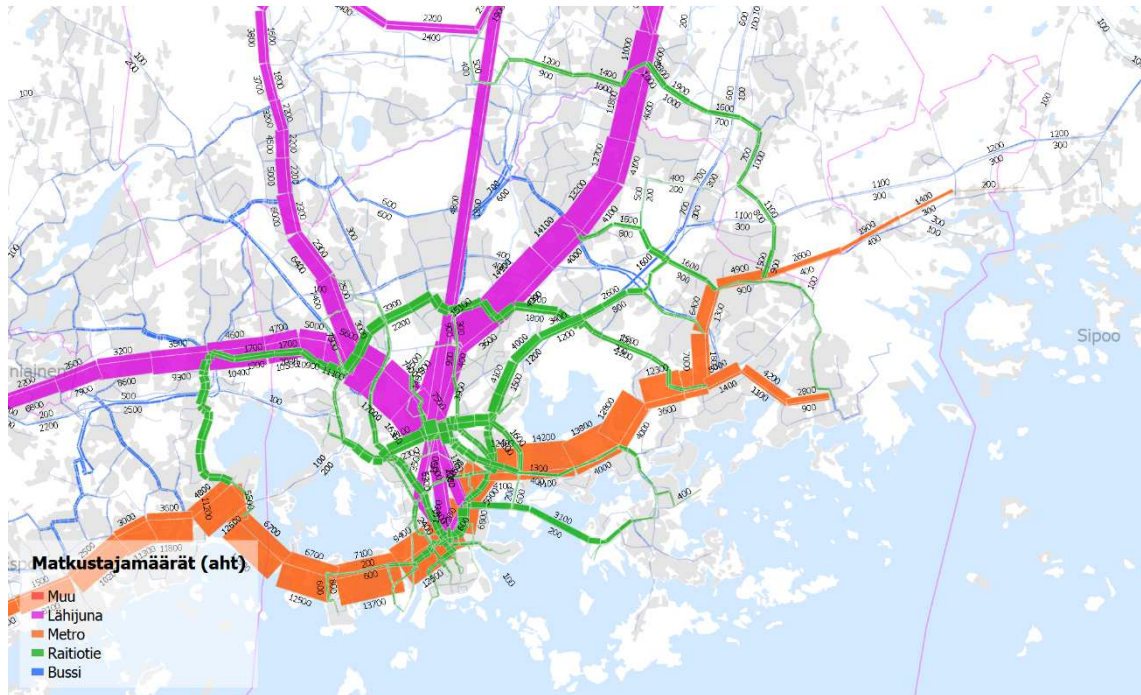
Helsingin joukkoliikenneverkon tulevaisuusskenaariot -työssä laaditut matkustajamääräennusteet on tuotettu osana tätä työtä uudelleen. Matkustajamäärissä on merkittäviäkin eroja suhteessa vuonna 2017 laadittuihin ennusteisiin, johtuen pääosin muutoksista maankäytön lähtötiedoissa.



Kuva 38. Matkustajamäärät 2030 laajalla verkko vaihtoehdolla (Helmet 3.0).



Kuva 39. Matkustajamäärien erotus 2030 laajalla verkko vaihtoehdolla (ero Helmet 3.0 – Helmet 2.5).



Kuva 40. Matkustajamäärät 2050 suppealla verkkovaihtoehdolla (Helmet 3.0).



Kuva 41. Matkustajamäärien erotus 2050 suppealla verkkovaihtoehdolla (ero Helmet 3.0 – Helmet 2.5).

6.5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Alkuperäisessä Helsingin joukkoliikenneverkon tulevaisuusskenaariot –työssä arvioitiin Helsingin joukkoliikenneverkon kokonaisuutta sekä hankkeiden toteuttamisedellytyksiä uuden yleiskaavan eri toteuttamisvaiheissa. Työssä tarkasteltiin lyhyen aikavälin (ennustevuosi 2030) ja pitkän aikavälin (ennustevuosi 2050) matkustuskysyntää erilaisissa joukkoliikenteen verkkovaihtoehdoissa sekä arvioitu verkon laajuuden vaikutuksia.

Tämän työn tavoitteena oli verrata uuden Helmet-mallin tuloksia 2.5-version tuloksiin ja päätellä, miten malliversion muutos vaikuttaa tuloksiin. Uudella ennustemallilla on tuotettu kysyntä päivite-tyillä maankäytöillä 2030 ja 2050 laajalle ja suppealle verkolle, ja tuloksia on verrattu aiemman työn tuloksiin.

Edellisessä työssä tehdyt verkon laajentamiseen liittyvät sekä runkoyhteyksien kehittämisen periaatteisiin liittyvät johtopäätökset pitävät yhä paikkansa, eivätkä ole riippuvaisia malliversion vaihdoksesta. Vastaavilla lähtötiedoilla eri malliversiot tuottavat samanlaisia tuloksia, ja joukkoliikenteen kysyntään ja sen suuntautumiseen liittyvät johtopäätökset pysyvät samoina.

Matkustajamääräennusteissa tapahtuneet muutokset vaikuttavat joihinkin hankekohtaisiin johtopäätöksiin. Vuorokauden kokonaisnousumäärä vähenee lyhyiden matkojen poisjäännin vuoksi jopa suurimmalla osalla hankkeista, mutta muut tunnusluvut pysyvät pitkälti aiemmalla tasolla.

Selkeä muutos johtopäätöksissä syntyy vain Pasilan tason poikittaisliikenteessä: runkolinjojen 500 ja 510 uudet kysyntäennusteet jäävät selvästi aiempaa pienemmiksi. Tähän vaikuttaa lähinnä matkustuksen sijoittuminen aiempaa enemmän raitiotieyhteyksille välillä Vallila–Meilahti. Samalla maankäytön lisäykset sijoittuvat uusissa ennusteissa linjojen kannalta hieman epäedullisemmin kuin aiemmin.

7 Ennusteiden laadinta

7.1 Ennusteprosessi

7.1.1 Periaate

Helsingin seudun työssäkäyntialueen ennusteiden laadinta on iteratiivinen prosessi, jossa kysyntä-ennuste muodostuu vähitellen, kun liikenteen kysynnän ja liikennejärjestelmän tarjonnan välille haetaan tasapainoa. Liikennejärjestelmän tarjonta on kuvattu niin kutsutussa sijoittelupankissa (eli sijoittelualuejaon emmebank-tietokannassa). Kysynnän ennustaminen taas tapahtuu ennustepankissa.

Liikenteen kysyntä (tuotos, kulkutavan valinta ja suuntautuminen eli määräpaikan valinta) laskettiin versioon 2.1 asti *ennustealuejaossa*. Saadut matkamatriisit siirrettiin sijoittelupankkiin (jossa on kuvattu tarjonta eli tie- ja katuverkko sekä joukkoliikennelinjasto ja viivytysfunktiot) ja hajotettiin jakoluvuilla *sijoittelualuejakoon* sekä tehtiin reitinvalinta eli sijoittelu, josta saatiin mm. autoliikenteen liikennemäärät linkeittäin, joukkoliikenteen matkustajamäärät pysäkeillä ja linjoilla sekä vastusmatriisit eli matka-ajat, kustannukset ja etäisyydet alueparien välillä. Saadut sijoittelualuejaon vastusmatriisit aggregoitiin *ennustealuejakoon* laskemalla niistä jakoluvuilla painotettu keskiarvo ja siirrettiin ennustepankkiin, jossa ne olivat uuden ennustejakierroksen syöttötietoina. Versiossa 3.0 menettely on edelleen sama, mutta matkamatriisien hajotusta ja vastusten aggregointia ei enää tehdä.

Aggregoinnin voisi tehdä muutenkin, mutta suora keskiarvo ei toisi esiin alueiden eroja ja matkamäärillä painottaminen tarkoittaisi, että aggregoinnin tulos riippuisi kysyntäennusteesta. Jakoluvuilla painottaminen on kompromissi näiden kahden väliltä: vakaa, mutta ottaa kuitenkin huomioon alueiden väliset erot. Aiemmin jakoluvut laskettiin koko sijoittelualueen asukas- ja työpaikkamäärästä yhteensä (eli sijoittelualueen osuus ennustealueesta). RUUTI-malleihin pohjautuvat jakoluvut ottivat huomioon jopa kulkutapojen erot ja maankäytön jakautumisen sijoittelualueen sisällä, mutta kilpailusysteistä niiden muodostamista ei ollut mahdollista sisällyttää osaksi ennustejärjestelmää. Nyt käytössä ovat jakoluvut, jotka lasketaan maankäyttötiedoista kohdassa 4.7 kuvatulla tavalla.

Versiossa 3.0 kysyntä lasketaan samalla tihennetyllä sijoittelualuejaolla, jolla sijoittelutkin tehdään. Niinpä matkamatriisien hajottamista ja vastusmatriisien aggregointia ei enää tarvita, paitsi yhteenvedojen teossa. Lisäksi osa ympäryskuntien mallien lähtötiedoista on edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta arvot monistetaan uusille vuoden 2016 sijoittelualueille. Käytössä ovat silti edelleen erilliset ennuste- ja sijoittelupankit, joiden välillä matriiseja kopioidaan. Se tehdään kuitenkin Emmen import-toiminnolla suoraan emmebankista toiseen eli tiedostojen tulostamista tiedostoihin sekä niiden kopiointia ja lukua ei enää tarvita. Tämä vähentää myös pyöristysvirheitä.

Yhden iteraatiokierroksen tapahtumat ovat pääpiirteittäin seuraavat:

1. Lasketaan liikennejärjestelmää kuvaavat matka-ajat ja matkojen pituudet sijoittelupankissa ja siirretään tiedot ennustepankkiin.
2. Lasketaan autonomistus sijoittelualueittain ja jaetaan väestö henkilöauton pääasiallisiin käyttäjiin ja muihin.
3. Lasketaan kysyntäennusteet Helsingin seudun asukkaille.
4. Lasketaan kysyntäennusteet ympäryskunnille.
5. Lasketaan ulkoisen liikenteen ennusteet.

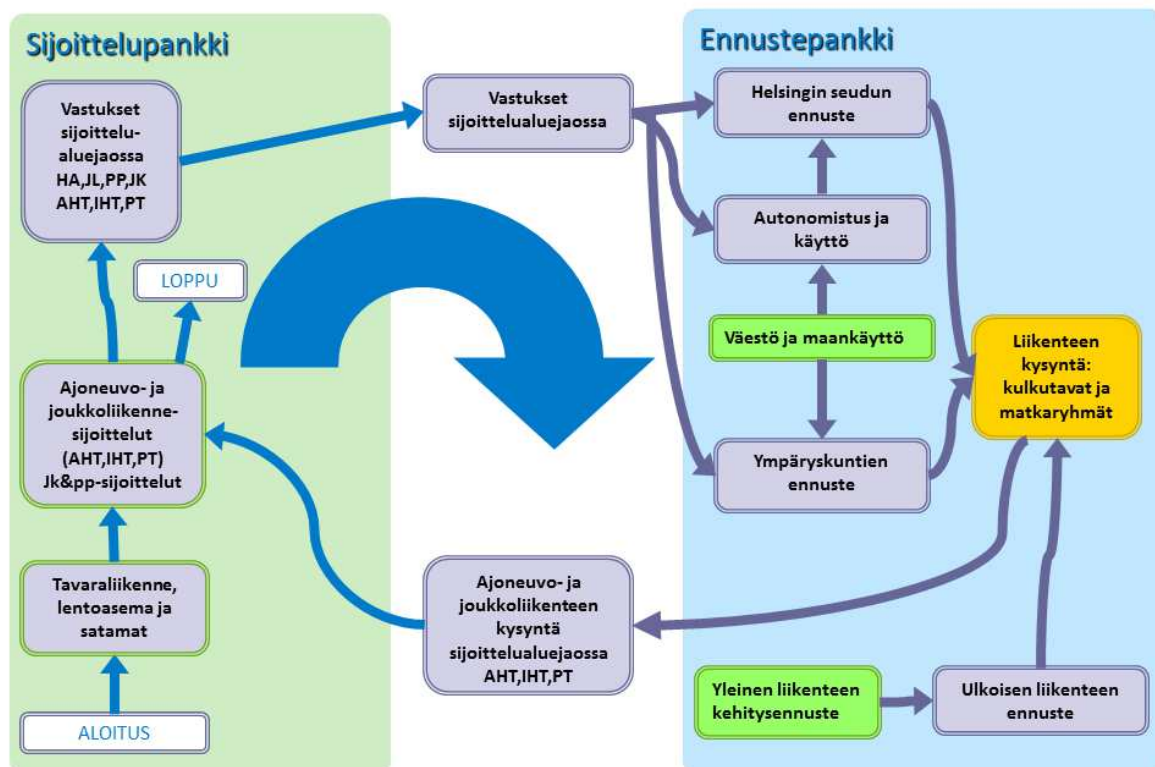
6. Siirretään eri ajankohtien (aamuhuipputunnin, päiväliikenteen ja iltahuipputunnin) kysyntäennusteet sijoittelupankkiin seuraavaa iteraatiokierrosta varten.

Iteraatiokierroksia toistetaan niin monta kertaa, että kysyntäennuste voidaan todeta riittävän stabiiliksi tarkasteltavaan ilmiöön nähden.

Versiossa 2.1 on muutoksena aikaisempaan nähden, että ennen iterointia lasketaan aiempaa tarkempi tavaraliikenteen ennuste ja sijoitellaan tavaraliikenne pohjaksi liikenneverkolle sijoittelupankissa. Lisäksi iterointiprosessissa kysyntäennusteeseen lisätään matkustajasatamien ja lentoaseman liikenne ennen liikenteen sijoittelua verkolle. Näitä on selostettu tarkemmin tämän julkaisun osissa B ja C sekä liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019).

Sijoittelupankin ja ennustepankin sisältöä on kuvattu pääpiirteittäin taulukossa 28.

Liikenne-ennustejärjestelmän periaate



Kuva 42. Ennusteprosessin periaate.

Taulukko 28. Sijoittelu- ja ennustepankin sisältö pääpiirteittäin.

Sijoittelupankki	Ennustepankki
- Liikennejärjestelmäkuvaus - joukkoliikenneverkko ja linjastot - henkilöautoverkko - karkeahko pyöräilyverkon kuvaus - tavaraliikenteen ennustemenettelyn makrot - matkustajasatamien ja lentoaseman korjausmenettely - Sijoittelumakrot - Sijoittelufunktiot - Jakoluvut - Aggregaatiot	- Maankäyttötiedot - väestömäärät yhteensä ja ikäryhmien osuudet - työpaikkamäärät toimialoittain - oppilaspaidat ym. - Kustannusmatriisit - Helsingin seudun ennustemakrot - Ympäryskuntien ennustemakrot - Ulkoisen liikenteen ennustemenettelyn makrot - Autonomistuksen ja auton käyttömahdollisuuden makrot

7.1.2 Ennusteen iterointitarve

Iterointikierrosten määrä sijoittelu- ja ennustepankin välillä riippuu tarkasteltavasta ilmiöstä. Tarkkaa ennustekierrosten määrää ei voida antaa, vaan kierroksia tehdään niin monta kertaa, että ennuste on konvergoitunut. Konvergoitumisen tarkkuusvaatimukset riippuvat tarkasteltavasta ilmiöstä. Jos tarkasteltavana on jokin yhteysväli, tulee ennusteita laadittaessa varmistaa, että matka-ajat tarkasteltavalla yhteysvälillä ovat tasaantuneet peräkkäisten kierrosten välillä riittävästi.

Konvergoitumisen ehtoja voivat olla esimerkiksi:

- kulutuspaikoittaiset matriisien nurkkasummat eri ajankohtina ovat tasaantuneet (ero kierrosten välillä alle puoli prosenttia) ja
- yksittäisten alueparien väliset matka-ajat henkilöautolla ja joukkoliikenteellä ovat tasaantuneet (ero kierrosten välillä alle yksi prosentti).

Ennustemakrot laskevat muutamien etukäteen valittujen alueparien välille matka-aikoja. Samoin nurkkasumatiedot tulostuvat valmiiksi. Näiden perusteella voi arvioida ennusteen tasaantumista. Lisäksi käyttäjän kannattaa tarkastella itse valitsemiaan yhteysvälejä tai osamatriiseja sen mukaan, millaista ennustetta on laatimassa.

On myös mahdollista, että ennuste ei tasaannu lainkaan, vaan ennuste alkaa heittelettiä. Todennäköisin syy lienee virhe lähtötiedoissa tai muu inhimillinen virhe. Jos mitään virhettä ei löydy, on mahdollista, että annettu liikenne- ja maankäyttöjärjestelmä ei ole sisäisesti yhteensopiva, vaan liikennejärjestelmä ylikuormittuu. Tällöin järjestelmä on palautettava suunnittelupöydälle.

Versiossa 2.0 ennusteen konvergoitumista parannettiin laskemalla vastukset uudella tavalla, edellisten kierrosten liukuvana keskiarvona, kun HELMET 1.0:ssa oli mahdollista käyttää joko edellisen kierroksen vastuksia tai kahden edellisen kierroksen vastusten keskiarvoa.

Versiossa 2.1 on käytössä liukuva keskiarvo kuten 2.0:ssakin. Lisäksi 2.1:ssä on muutettu yksittäisen autosijoittelun lopetuskriteerejä, mm. kasvatettiin kierrosten maksimimäärää, minkä pitäisi vähentää myös ennusteen iterointitarvetta. Edelleen on kuitenkin tarpeen tarkastella, miten ennuste konvergoituu.

7.1.3 Helsingin seudun mallien ennusteprosessi

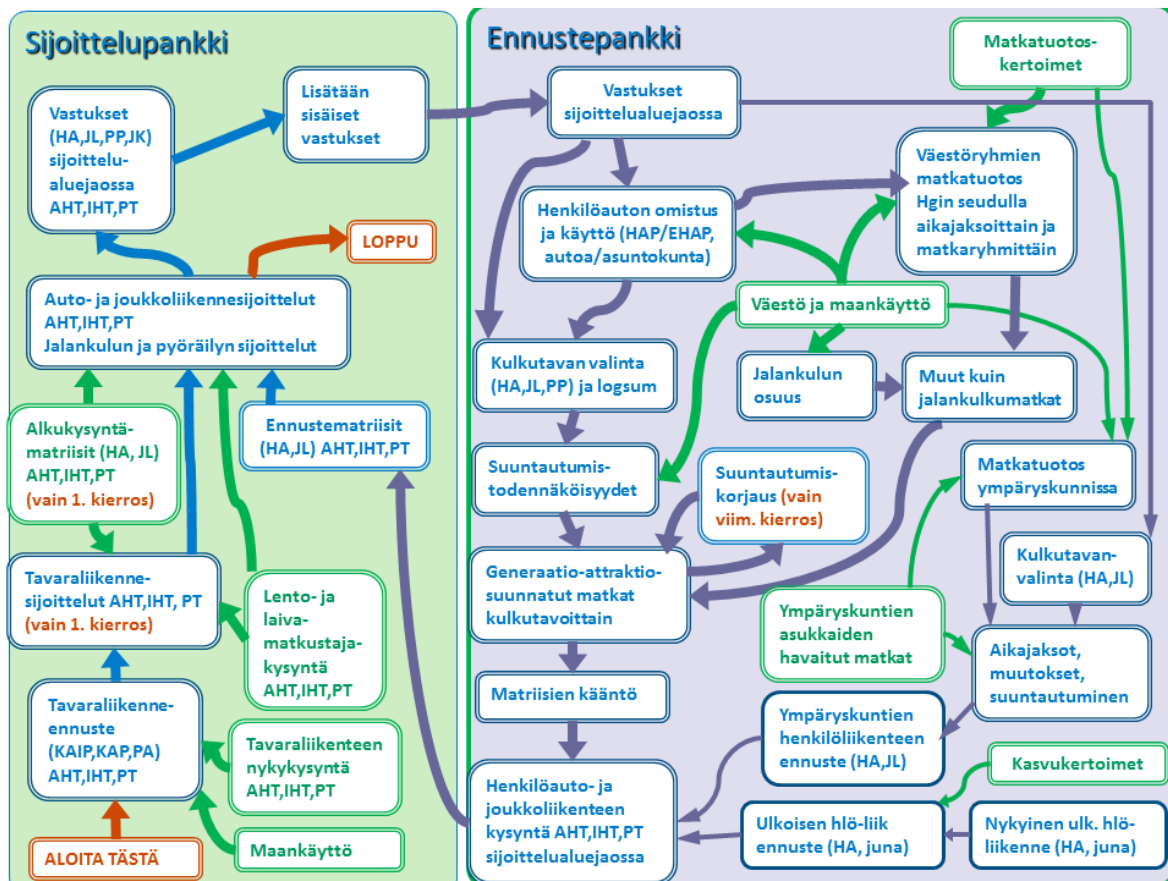
Helsingin seudun, ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteiden laadinta muodostavat kukin koko prosessissa oman kokonaisuutensa.

Helsingin seudun ennusteiden laadinta etenee pääpiirteittäin seuraavasti ennustepankissa:

1. Kun väestö-, maankäyttö- ja kustannustiedot on annettu sekä vastukset (eli matka-ajat ja matkapituudet) laskettu sijoittelupankissa, lasketaan henkilöauton omistus ja väestö jaetaan henkilöauton pääasiallisiin käyttäjiin ja muihin.
2. Väestötietojen, henkilöauton käyttömahdollisuuden ja matkatuotuskertoimien avulla lasketaan matkatuotokset sijoittelualueilla matkaryhmittäin ja eri ajankohdille: aamuruuhka, iltaruuhka sekä päivä-, ilt- ja yöliikenne.
3. Jalankulkumalleilla lasketaan, kuinka suuri osa tuotetuista matkoista tehdään jalan. Osuutta selitetään alueen ominaisuuksia, ikäryhmää ja aikajaksoa kuvaavilla muuttujilla.
4. Liikennejärjestelmää kuvaavien vastusten ja henkilöauton omistuksen perusteella lasketaan kulkutavan valintamalleilla henkilöauton, joukkoliikenteen ja pyöräilyn valintatodennäköisyydet pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien asukkaille matkaryhmittäin eri ajanjaksoina. Samoin näiden tietojen avulla lasketaan liikennejärjestelmän saavutettavuus eli logsum.
5. Liikennejärjestelmän saavutettavuuden ja väestö- ja maankäyttötietojen perusteella lasketaan todennäköisyys, jolla kukin määräpaikka valitaan Helsingin seudulla. Todennäköisyydet vaihtelevat lähtöpaikan mukaan eri vuorokaudenaikoina, matkaryhmittäin ja sen mukaan, onko kyseessä pääkaupunkiseudun vai kehyskuntien asukas. Suuntautumistodennäköisyydet lasketaan aina kotiperäisillä matkoilla kotoa muualle ja työperäisillä matkoilla töistä muualle.
6. Suuntautumistodennäköisyydet kerrotaan kulkutavan valintatodennäköisyyksillä ja matkatuotoksilla, jolloin saadaan generaatio–attraktio-suunnatut matkat kulkutavoittain (jalankulkua lukuun ottamatta).
7. Päivitetyssä mallissa matkojen suuntautumista korjataan suuntautumiskorjauksella.⁴⁰
8. Kotiperäiset ja työperäiset matkat käännetään eri ajankohtina oikeisiin suuntiin eli paluumatkat käännetään attrahointipaikasta kotiin tai työpaikalle, jolloin saadaan lähtöpaikka–määräpaikka-suunnatut matkat kulkutavoittain eri ajankohtina.
9. Eri ajankohtien matkoista lasketaan aamuhuipputunnin, iltahuipputunnin ja päivätunnin liikennemäärät.

Prosessia on havainnollistettu seuraavassa kaaviossa.

⁴⁰ Vuonna 2010 käyttöön otetussa mallissa (HELMET 1.0) suuntautumiskorjaus ei ollut käytössä, mutta vuoden 2013 päivityksessä (HELMET 2.0) se otettiin käyttöön. Suuntautumiskorjaus on mukana myös versiossa 2.1 ja 3.0. Suuntautumiskorjaus tehdään vain viimeisellä iterointikierröksellä.



Kuva 43. Helsingin seudun ennusteiden laadinnan pääkohdat.

7.1.4 Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteprosessi

Ympäryskuntien ja ulkoisen liikenteen ennusteiden laadinta etenee seuraavasti:

1. Tuotostalli laskee väestömuutostietojen perusteella ajoneuvoilla tapahtuvan henkilöliikenteen (ts. kevytliikennematkat on poistettu) tuotosmuutoksen matkaryhmittäin ja aikajaksoittain.
2. Kulkutapamalli laskee liikennejärjestelmätietojen perusteella ympäryskuntien ja Helsingin seudun välisten matkojen joukkoliikenteen kulkutapaosuuden muutoksen, jolla muutetaan nykytilanteen havaittua joukkoliikenteen kulkutapaosuutta.
3. Ympäryskuntien nykytilanteen vuorokausitason henkilömatkamatriisia Helsingin seudulle suunnataan uudelleen Helsingin seudun muuttuneiden tuotosten suhteessa. Uudelleen suunnatusta matriisista lasketaan osuuskertoimilla eri matkaryhmien ja aikajaksojen matkat, joihin liitetään ennustettu tuotosmuutos.
4. Ympäryskuntien sisäisten ja välisten matkojen tuotoksia muutetaan väestömuutosten suhteessa, mutta kulkutapa- ja suuntautumisosuudet ovat samat kuin liikkumistutkimuksessa.
5. Joukkoliikennematkat lasketaan kulkutapamallilla lasketun joukkoliikenneosuuden perusteella. Henkilöautolla tehtävistä matkoista lasketaan henkilöauton kuljettajamatkat käyttäen keskiuormituskertoimia.
6. Ympäryskuntien asukkaiden nykytilanteen matkamääriä Helsingin seudulla korotetaan ympäryskuntien tuotosmuutosten perusteella. Nämä matkat suunnataan Helsingin seudulla kuten Helsingin seudun mallin työperäiset matkat sekä muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat yhteensä.

7. Ympäryskuntien matkoihin liitetään työssäkäyntialueen rajan ylittävät ulkoiset ajoneuvoliikenteen matkat, jotka lasketaan ulkosityötkohtaisilla kasvukertoimilla nykytilanteen kysynnästä.

7.2 Eräiden lähtötietojen muodostamisesta

7.2.1 Joukkoliikennelipun tai autoilun hintamuutokset

Joukkoliikenteen lipun ja autoilun hintamuutostarkasteluissa kannattaa ottaa huomioon, että malleissa käytettävä hinta on suhteutettava aina vuoden 2012 hintatasoon, jolloin liikkumistutkimus tehtiin. Siten esimerkiksi inflaatiota ei oteta huomioon hintamuutoksissa. Ratkaisevaa on, mikä kulloinkin on liikkumisen hintataso suhteessa käytettävissä oleviin tuloihin.

7.2.2 Joukkoliikenteen nopeuttaminen

Joukkoliikenteen nopeutuksen yhteydessä kannattaa ottaa huomioon, että malleissa käytetty matka-aika on painotettu kokonaismatka-aika sijoittelualueelta sijoittelualueelle, siis odotus ja kävely mukaan lukien. Siten esimerkiksi 10 prosentin nopeutus joukkoliikenteessä tarkoittaa tätä selvästi pienempää prosenttiosuutta painotetussa kokonaismatka-ajassa, elleivät odotus- ja kävelyaajat samalla muutu.

7.2.3 Ruuhkamaksut ja tietullit

HELMET 2.1:ssä ruuhkamaksujen käsittely on lisätty osaksi ennustejärjestelmää. Linkkien ruuhkamaksut näkyvät liikennemalleissa kulkutavan valinnassa (matkan kustannus kunkin alueparin välillä), matkojen suuntautumisessa (logsumin kautta), autonomistuksessa (yleistettyjen vastusten kautta, katso Liite 4) ja tätä kautta edelleen matkatuotoksissa. Maksu voi olla joko kilometripohjainen tai tietyillä tulliporteilla maksettava. Koska ruuhkamaksu vaikuttaa reitinvalintaan, se on otettu huomioon myös sijoitteluissa.

Autoliikenteen sijoittelun tuloksena tallennetaan etäisyysmatriisi, matka-aikamatriisi sekä ruuhkamaksumatriisi. Ruuhkamaksumatriisi viedään kysyntämalliin, jossa ruuhkamaksuja käsitellään matkakustannuksena. Käytännössä ruuhkamaksumatriisi lisätään kulkutavanvalintamallissa henkilöauton ajokustannukseen⁴¹, jota kautta se vaikuttaa myös suuntautumismallin logsumiin.

Linkkien ruuhkamaksuista ja niiden toiminnasta sijoittelussa kerrotaan tarkemmin liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019).

⁴¹ Toinen vaihtoehto olisi käsitellä ruuhkamaksua pysäköintikustannustyyppisenä. Aineistossa on kuitenkin vain vähän havaintoja, joissa pysäköintimaksu poikkeaa nolasta, joten estimointi ei olisi kovin luotettavalla pohjalla.

7.2.4 Väestö- ja maankäyttötiedot

Matkojen suuntautumismalleissa käytetyt nykytilanteen väestö- ja työpaikkatiedot koottiin HSL:ssä eri rekistereistä, mm. YKR, Seutu-CD, RHR ja Tilastokeskuksen ajoneuvokanta. Koska estimoinnissa käytettiin sekä vuosien 2007–2008 että vuoden 2012 liikkumistutkimuksen aineistoa, myös maankäyttötiedot pyrittiin saamaan vastaavilta ajankohdilta. Version 3.0 estimointia varten tiedot haettiin uudella sijoittelualuejaolla.

Koska ennustejärjestelmän versiossa 3.0 kysyntä lasketaan 1918 sijoittelualueelle, aluekohtaisia maankäyttötietoja ei ole sisällytetty tähän raporttiin. Liitteen 12 alussa on kuitenkin taulukko, josta saa tarkempia tietoja siitä, mihin rekisteriin ja sen kenttään kukin muuttuja perustuu.

7.2.5 Autonomistumallin lähtötiedot

Autonomistumallin käyttö edellyttää seuraavien lähtötietomuuttujien ennustamista sijoittelualuejaossa

- mediaanitulo ennustealueilla, monistetaan sijoittelualueille
- asuinkerrostalojen osuus sijoittelualueen asuinrakennusten kerrosalasta
- erillispientalojen osuus sijoittelualueen asuinrakennusten kerrosalasta
- joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistetyn matkavastusten matkamäärillä painotettu suhde (käytetään Emmessä muodossa $ylsuh+1 \cdot E-09$, katso Liite 4)
- asukastiheys asutuista ruuduista
- asutokuntien keskikoko sijoittelualueella
- muiden kuin työmatkojen pysäköintikustannus.

Mediaanitulojen lähtötietoina käytettiin YKR-ruutuaineistoa, josta laskettiin osa-alueiden mediaanitulojen keskiarvo. Laskennasta poistettiin sellaiset YKR-ruudut, joissa on vähän asutokuntia ja epänormaalin suuri mediaanitulo. Osa-alueiden (Lentokenttä, Pasilan ratapiha ja Vuosaaren satama), joiden mediaanitulojen keskiarvoa ei voitu vähäisen asutokuntien kokonaismäärän takia laskea luotettavasti ollenkaan, määritettiin viiden viereisen alueen keskiarvona. Korjaus voidaan toistaa jatkossa automaattisesti osana lähtötietojen määrittämisprosessia.

Autonomistumallissa käytetty pysäköintikustannus on muuttujana sama kuin kulkutapamalleissa esiintyvä matkan määräpaikan pysäköintikustannus muilla kuin työmatkoilla. Autonomistumallissa pysäköintikustannus kuvaa kuitenkin asuinalueen ja pysäköinnin hintaa siellä. Mikäli malliajoissa on tarvetta erotella asukaspysäköinnin kustannus kantakaupunkiin suuntautuvien matkojen pysäköinnin kustannuksista, kannattaa käyttää näille erillisiä muuttujia ennusteajoissa ja muuttaa käyttöliittymää tältä osin.

Koska ennustejärjestelmän versiossa 3.0 kysyntä lasketaan 1918 sijoittelualueelle, aluekohtaisia maankäyttötietoja ei ole sisällytetty tähän raporttiin. Liitteen 13 alussa on kuitenkin taulukko, josta saa tarkempia tietoja siitä, mihin rekisteriin ja sen kenttään kukin muuttuja perustuu.

7.2.6 Matkatuotosluvut

Helsingin seudun henkilöliikennemalleissa matkatuotoskertoimet ovat kiinteitä väestöryhmittäin. Tämä tarkoittaa, että väestöryhmän sisällä tapahtuvia muutoksia matkojen määrässä/henkilö ei suoraan voida ottaa huomioon. Sen sijaan muutokset väestöryhmien osuuksissa ja koossa otetaan huomioon.

Mikäli tulevaisuusskenaarioissa halutaan testata muutoksia matkatuotoskertoimissa, on mallin lähtötietoina annettuja tuotoskertoimia muutettava. Liite 5 selostaa asiaa tarkemmin.

7.2.7 Ennustevuosien tiedot

Ennustevuosien maankäyttötiedostot muodostettiin uudella sijoittelualuejaolla. Osa ympäryskuntien mallien lähtötiedoista on edelleen vuoden 2013 ennustealuejaossa, josta arvot monistetaan uusille vuoden 2016 sijoittelualueille.

7.3 Vastusten muokkaus

Sijoittelupankista tuotuja vastusmatriiseja muokattiin ennen niiden käyttämistä kysyntämallien lähtötietoina.

Alueparien välisistä matka-aika-, etäisyys- ja nousumäärävastuksista laskettiin liukuva keskiarvo, toisin sanoen toisen sijoittelukierroksen jälkeen keskiarvo ensimmäisen ja toisen kierroksen vastuksista, seuraavalla kierroksella näin saadun keskiarvon ja kolmannen sijoittelukierroksen tuloksen keskiarvo jne.

Lisäksi lävistäjällä olevat arvot eli sijoittelualueiden sisäiset vastukset korvattiin uusilla arvoilla seuraavasti:

pyörämatkojen etäisyydet:

$$0,2 * \ln(\text{pinta-ala}) + 1$$

henkilöautomatkojen etäisyydet:

$$4 \text{ km}$$

henkilöautomatkojen matka-ajat:

$$8 \text{ min}$$

joukkoliikenteen painotetut kokonaismatka-ajat:

$$30 \text{ min}$$

Henkilöautomatkojen ja joukkoliikenteen arvot ovat liikkumistutkimuksen sisäisten matkojen keskimääräisiä pituuksia, ja niille ei löytynyt selitettäviä tekijöitä. Pyöräliikenteelle ainoa merkitsevä muuttuja on alueen pinta-ala.

Ennustejärjestelmän aiemmissa versioissa sisäiset vastukset laskettiin monimutkaisemmilla kaavoilla, joissa alueen asukastiheys ja pinta-ala olivat selittäjinä. Lisäksi hyvin pieniä ja suuria arvoja muokattiin jälkikäteen. Versiossa 3.0 tästä vaiheesta luovuttiin lähes kokonaan. Vain pyöräliikenteen etäisyysmatriisiin tehdään korjaus, jossa kaikki yli 30 km olevat arvot korvataan 999:llä.

Lähdeluettelo

Ben-Akiva, Moshe & Lerman, Steven R. (1991). *Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press.

Elolähde, Timo; Holm, Markus; Supponen, Atte; Keränen, Matti & Niinikoski, Miikka (2016). *Liikennejärjestelmämallit 2012*. Osa D julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016.

Elolähde, Timo; Rantala, Annika; Wallin, Katarina; Metsäpuro, Pasi; Pastinen, Virpi; Pakkanen, Tuija; Keränen, Matti; Supponen, Atte; Holm, Markus; Niinikoski, Miikka; Rahiala, Antti; Vatanen, Mervi; West, Jens & Rätty, Pekka (2019). *Liikennejärjestelmämallit 2017*. Osa D julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2017*. HSL:n julkaisuja 6/2019.

HSL (2011). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011.

HSL (2015). *Selvitys joukkoliikenteen vaihtovastuksesta. Solmu-projektin 1. osatehtävä*. HSL:n julkaisuja 18/2015.

HSL (2016a). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014*. HSL:n julkaisuja 21/2016.

HSL (2016b). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016.

HSL (2019a). *MAL 2019: Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne*. Suunnitelma 26.3.2019.

HSL (2019b). *Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne MAL 2019 arviointiselostus*. 26.3.2019.

HSL (2019c). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2017*. HSL:n julkaisuja 6/2019.

INRO Consultants Inc. (1998). *EMME/2 User's Manual, Software Release 9*. Montreal 1998.

Kalenoja, Hanna; Vihanti, Kaisuliina; Voltti, Ville; Korhonen, Annu & Karasmaa, Nina (2008). *Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa*. Suomen ympäristö 27/2008. Ympäristöministeriö.

Karasmaa, Nina; Kurri, Jari & Voltti, Ville; (2003). *Sisäisen henkilöliikenteen mallit*. Osa A julkaisussa *Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta.

Keränen, Matti & Supponen, Atte (2017): *HELMET 2.5 -mallin ajoneuvo- ja joukkoliikennesijoitteluiden tarkistus*. Julkaisematon muistio 25.8.2017, Trafex Oy.

Lindeqvist, Matleena; Kantele, Sampo; Rätty, Pekka; Elolähde, Timo & Vihervuori, Marko (2013). *HLJ 2015 Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2012*. HSL:n julkaisuja 27/2013.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika; Lehto, Hannu; Tuovinen, Samuel; Leppänen, Paula; Pesonen, Hannu; Rinta-Piirto, Jyrki; Moilanen, Paavo; Rahiala, Antti; Kurri, Jari; Elolähde, Timo & Rätty, Pekka (2011a). *Henkilöliikennemallit (HELMET)*. Osa A julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika & Lehto, Hannu (2011b). *Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmän yksilömallit*. HSL:n julkaisuja 34/2011.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika; Pesonen, Hannu; Rinta-Piirto, Jyrki; Moilanen, Paavo; Rahiala, Antti; Elolähde, Timo & Rätty, Pekka (2013). *Henkilöliikennemallit (HELMET 2.0)*. Julkaisematon raporttiluonnos 14.10.2013, WSP.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika; Pesonen, Hannu; Rinta-Piirto, Jyrki; Moilanen, Paavo; Rahiala, Antti; Elolähde, Timo & Rätty, Pekka (2016). *Henkilöliikennemallit (HELMET 2.1)*. Osa A julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän kysyntämallit 2014*. HSL:n julkaisuja 21/2016.

Pastinen, Virpi & Rantala, Annika (2016). *Helsingin seudun yksilömallien päivitys ja testaus*. HSL:n julkaisuja 23/2016.

Pastinen, Virpi; Rantala, Annika; Lehto, Hannu & Kaartinen, Katja. (2017). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikennemallien päivitys – Jalankulun erottelu ja aluejaon tarkennus saavutettavuusanalyysien varten. HELMET 3.0*. Julkaisematon raporttiluonnos 18.12.2017, WSP.

Pesonen, Hannu; Savisalo, Anssi & Salomaa, Osmo (2010). *Yhdyskuntarakenteen kehityksen ja eri liikkumismuotojen edellytysten seuranta Helsingin seudulla*. HSL:n julkaisuja 21/2010.

Pursula, Matti; Kanner, Heikki & Vilkmann-Vartia, Armi (1990). *Sisäisen liikenteen mallit*. Osa A julkaisussa *Liikennemallit*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 1990:15. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta.

Rahiala, Antti; Pesonen, Hannu & Rinta-Piirto, Jyrki (2017). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liityntäpysäköintimallit 2016*. HSL:n julkaisuja 4/2017.

Rantala, Annika; Wallin, Katarina; Metsäpuro, Pasi; Pastinen, Virpi & Pakkanen, Tuija (2017). *Helsingin seudun liikenteen Emme-verkon tarkennus ja korjaustyö 2016*. Julkaisematon muistio 30.3.2017, WSP.

Rantala, Annika & Elolähde, Timo (2018). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän (runkona HELMET 3.0) tekninen raportti*. Julkaisematon muistio 16.3.2018.

Rinta-Piirto, Jyrki; Hillo, Kari & Rosenberg, Marja (2010). *Selvitys kehyskuntien liittymisestä Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä HSL:een*. HSL:n julkaisuja 17/2010.

Räikkönen, Antti; Supponen, Atte; Keränen, Matti & Särkkä, Tapani (2016). *Viivytysfunktioiden vertailu*. Osa E julkaisussa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016.

Supponen, Atte & Rantala, Annika (2018). *Helsingin joukkoliikenneverkon tulevaisuusskenaariot - jatkotyö Helmet-malliversioiden 2.5 ja 3.0 eroista*. Muistio 5.4.2018, Trafix & WSP.

Tervonen, Juha & Ristikartano, Jukka (2010). *Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010*. Liikenneviraston ohjeita 21/2010.

Tervonen, Juha; Ristikartano, Jukka & Sorvoja, Sanna (2010). *Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvojen määrittäminen. Taustaraportti 2010*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 33/2010.

Vihervuori, Marko; Salo, Marja & Elolähde, Timo (2010). *Liikkumistottumukset Helsingin seudun työssäkäyntialueella vuonna 2008*. HSL:n julkaisuja 32/2010.

YTV (1990). *Liikennemallit*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 1990:15. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta.

YTV (2003). *Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000*. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9. YTV pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta.

Liite 1. Alueiden numerointi

Tämä liite perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017. Mallissa käytettävien alueiden numerointi-logiikka kunnittain on esitetty taulukossa 29⁴². Ulkosyöttöjen numerointi ja verkon solmuavaruuden jako sentroidien osalta muutoinkin on kuvattu taulukossa 30. Ennustealuenumerointia ei käytetä HELMET 3.0 -mallissa, mutta se selittää osaltaan, miksi sijoittelualueiden numerointi on sellainen kuin on.

Taulukko 29. Alueiden numerointi kunnittain.

kunta vuonna 2016	kela- koodi	kuntatunnus (HELMET 2.1)	kuntatunnus (HELMET 3.0)	ennustealueiden numerot (enn16)	sijoittelualueiden numerot (sij16)
Helsinki	91	1	0, 1	10–99, 100–199	100–999, 1000–1999
Espoo	49	2	2–3.4	200–349	2000–3499
Kauniainen	235	3	3.5	350–399	3500–3999
Vantaa	92	4	4, 5	400–599	4000–5999
Kirkkonummi	257	5	6	600–699	6000–6999
Vihti	927	6	7	700–799	7000–7999
Nurmijärvi	543	7	8	800–899	8000–8999
Tuusula	858	8	9	900–999	9000–9999
Kerava	245	9	10	1000–1099	10000–10999
Järvenpää	186	10	11	1100–1199	11000–11999
Sipoo	753	11	12	1200–1299	12000–12999
Mäntsälä	505	12	13	1300–1399	13000–13999
Hyvinkää	106	13	14	1400–1499	14000–14999
Pornainen	611	14	15	1500–1599	15000–15999
Hanko	78	15	16	1600–1699	16000–16999
Raasepori	710	16–18	17	1700–1799	17000–16999
Inkoo	149	20	18	1801–1899	18000–18999
Lohja	444	19, 21–23	19	1900–1908	19000–19999
Siuntio	755	24	20	2000–2099	20000–20999
Karkkila	224	25	21	2100–2199	21000–21999
Loppi	433	26	22	2200–2299	22000–22999
Riihimäki	694	27	23	2300–2399	23000–23999
Hausjärvi	86	28	24	2400–2499	24000–24999
Pukkila	616	29	25	2500–2599	25000–25999
Askola	18	30	26	2600–2699	26000–26999
Porvoo	638	31	27	2700–2799	27000–27999
Myrskylä	504	32	28	2800–2899	28000–28999
Lapinjärvi	407	35	29	2900–2999	29000–29999
Loviisa	434	33–34, 36–37	30	3000–3099	30000–30999

⁴² Käytettävät alueet ovat sijoittelualueita (sij16). Niiden numerointi perustuu ennustealueiden (enn16) numerointiin, joka taas perustuu mahdollisuuksien mukaan kunnittain suuralueiden numerointiin. Samaan ennustealueeseen kuuluvat sijoittelualueet on periaatteessa mahdollista löytää numeron perusteella. Siten sijoittelualueiden numerointi ei yksinään ole kovin looginen.

Helsingin kantakaupunki on pääosin, mutta ei täysin sijoittelualueilla 100–999. Poikkeuksen muodostavat alueet 1531 (Suomenlinna) ja 1532 (Helsingin eteläpuoliset merialueet), jotka myös kuuluvat kantakaupunkiin. Esikaupunkeihin kuuluvat alueet 1000–1999 (em. poikkeuksia lukuun ottamatta) sekä alueet 244, 367 ja 368. Tässä kantakaupungin määrittelyä on pidetty HSL:n uudessa aluejaossa (sij16) tuottamaa partitiota ga.

Taulukko 30. Ulkosityttöjen numerointi sekä verkon solmuavaruuden jako sentroidien osalta.

numeroavaruus	selitys	aliavaruudet	selitys ja huomiot
1-30 999	sentroidit, tavalliset (aiemmin 1-38 999)	kunnittain tuhatluvun (1 tai 2 ensimmäisen numeron) perusteella, ks. tarkemmin Taulukko 29.	
31 000–31 999	sentroidit, ulkosityötöt (aiemmin 39 000 - 39 999)	31 000–31 299	ulkosityötöt, autoväylät (käytössä 31 000–31 036)
		31 300–31 399	ulkosityötöt, junaradat (käytössä 31 300–31 302)
		31 400–31 499	ulkosityötöt, lentoasema(t) (käytössä 31 400)
		31 500–31 599	ulkosityötöt, satamat (käytössä 31 500-31 503)
		31 600–31 999	tyhjää tilaa vielä tuntemattomien kulkumuotojen ulkosityöille
32 000–34 999	varautuminen mm. liityntäpysäköintialueisiin, muihin pysäköintialueisiin, kauppakeskuksiin, urheilulaitoksiin jne.	32 000–32 999	liityntäpysäköintialueet (varautuminen)
		33 000–34 999	tyhjää tilaa muille pysäköintilaitoksille, kauppakeskuksille ja urheilulaitoksille yms. (varautuminen)
35 000–39 999	"villit sentroidit"	35 000–39 999	tilaa vapaisiin tarkasteluihin, joissa halutaan lisätä sentroideja olemassa olevien sentroidien perään

Liite 2. Joukkoliikennekustannukset

HELMET 2.1 -version yhteydessä joukkoliikenteen kustannukset laskettiin samoin perustein kuin vuonna 2008 HELMET 1.0 -versiossa paitsi, että vuodelle 2012 Sipoo lisättiin HSL:n matkakortti-alueeseen. Lisäksi työmatkojen hintoja HSL:ään kuulumattomista kehyskunnista tarkistettiin. Versiota 3.0 varten ennustealuejaon 2013 arvot monistettiin sijoittelualuejakoon 2016.

Vuoden 2008 kustannukset päivitettiin vuoden 2013 päivitystyön yhteydessä, koska saatavissa oli uudemmat lähtöarvot. Lisäksi vuoden 2008 kustannukset muunnettiin mallien estimointia varten vuoden 2012 tasoon kuluttajahintaindeksillä. Vuoden 2008 kustannukset laskettiin mallien estimointia varten, koska estimoinnissa käytettiin sekä HEHA2007–2008-aineistoa että HEHA2012-aineistoa. Vuoden 2008 kustannuksia käytettiin vain mallien estimoinnissa, eikä niitä tarvita mallien käyttämiseen.

Seuraavassa kerrotaan, miten kustannukset laskettiin vuoden 2008 mallityön yhteydessä, ja esitetään, missä tilanteissa vuoden 2012 kustannusten laskenta poikkeaa em. menettelystä (1). Sen jälkeen kuvataan kehyskuntien työmatkojen laskennan tarkistusta (2). Käytännössä kaikki joukkoliikennekustannukset on ensin laskettu tavalla (1), ja sen jälkeen kehyskuntien työmatkoilla on hintaa muutettu, jos tarkistuslaskenta tavalla (2) tuottaa pienemmän hinnan.

(1) Joukkoliikennekustannusten laskenta versioissa 1.0, 2.0 ja 3.0

Joukkoliikennekustannukset lasketaan erikseen kotiperäisille työmatkoille ja muille matkoille. Kotiperäisille koulumatkoille kustannuksia ei vuodelle 2012 määritetä, koska joukkoliikennekustannukset eivät ole muuttujana lopullisessa koulumatkojen mallissa. Vuonna 2008 koulumatkojen kustannukset määritettiin, koska ne yritettiin saada mukaan HELMET 1.0 -malliin siinä kuitenkaan onnistumatta. Kustannukset perustuvat lippujen hintoihin. Yksikkönä on käytetty euroa/matka.

Matkustettaessa HSL-alueen (vuonna 2008 Helsinki, Espoo, Kauniainen, Vantaa, Kirkkonummi ja Kerava, vuonna 2012 näiden lisäksi Sipoo) sisällä joukkoliikennekustannukset riippuvat lähtö- ja määräpaikan sijainnista kunnittain. Todellisuudessa lippujen hinnat riippuisivat myös siitä, asuuko matkustaja HSL-alueella vai ei, mutta yksinkertaistuksen vuoksi HSL-alueen sisällä tehtävät matkat on oletettu HSL-alueella asuvien tekemiksi. Kotiperäisillä työmatkoilla yhden matkan kustannus lasketaan 30 päivän kausilipun hinnasta käyttäen pääkaupunkiseudun sisällä jakajaa 60 ja muulloin 50. Jakajat ovat eri suuret, koska asiantuntija-arvion mukaan paremman palvelutason pääkaupunkiseudulla tehdään samalla lipulla enemmän matkoja. Muilla matkoilla kustannukset perustuvat aikuisten arvolippuun, jonka hinnasta on vähennetty 25 prosenttia. Kyseisellä prosenttiluvulla on arvioitu matkustajien keskimääräisiä kustannuksia, sillä osa matkustaa muita matkoja (esimerkiksi työmatkoja) varten hankitulla kausikortilla. Vuoden 2008 työn aikana keskusteltiin, voitaisiinko joukkoliikenteen kausikortin hankkineet ottaa huomioon jollakin muulla tavalla. Vaikeudeksi ilmeni yksilötason kausikorttitiedon kytkeminen malliin ja sen ennustaminen.

Matkustettaessa HSL-alueen ja muiden Helsingin seudun kuntien alueen⁴³ välillä tai kehyskuntien alueen sisällä joukkoliikennekustannukset riippuvat lähtö- ja määräpaikan välisestä etäisyydestä

⁴³ Vuonna 2008 kahdeksan Helsingin seudun kuntaa (Vihti, Nurmijärvi, Tuusula, Järvenpää, Sipoo, Mäntsälä, Hyvinkää ja Pornainen) eivät kuuluneet HSL-alueeseen, mutta syksyllä 2012 enää seitsemän kuntaa, koska Sipoo oli vuoden alussa liittynyt HSL:ään ja siten sen matkakortti-alueeseen.

sekä kilometritariffista. Tariffi perustuu Matkahuollon hinnastoon, jossa yksikköhinta laskee matkan pituuden kasvaessa. Kotiperäisillä työmatkoilla kustannukset perustuvat 44 matkan lippuun, jolloin alennus on 25 prosenttia. Muilla matkoilla maksetaan täysi hinta. Lähtö- ja määräpaikan välinen etäisyys saadaan Emme-ohjelman sijoittelun tuloksena ja se perustuu etäisyyteen joukkoliikenneverkolla annetulla joukkoliikenteen tarjonnalla. Meno- ja paluumatkojen etäisyydet voivat tuolloin olla erisuuret, joten myös kustannukset voivat olla meno- ja paluumatkoilla toisistaan hieman poikkeavat.

HSL-alueen ja kehyskuntien alueen välillä tai kehyskuntien alueen sisällä matkustettaessa juna muodostaa poikkeuksen. Mikäli lähtö- ja määräpaikka sijaitsevat aseman vaikutusalueella, kokonaiskustannus muodostuu lähtöpään liityntäkustannuksesta, junalla kuljettavasta runko-osuuden kustannuksesta ja määrään liityntäkustannuksesta. Junalla kuljetun runko-osuuden kustannus perustuu kotiperäisillä työmatkoilla VR:n 30 päivän lippuun jakajana 44. Muilla junamatkoilla maksetaan kertalipun hinta vähennettynä 25 prosentilla. Liityntäkustannus lasketaan Helsingissä, Vantaalla ja Keravalla kaupungin sisäisestä matkasta. Muualla liitynnässä käytetään kilometritariffia aseman ja lähtö- tai määräpaikan välillä. Jos lähtö- tai määräpaikan alue on sama kuin juna-aseman alue, liityntäkustannukset on oletettu nolaksi.

Versiossa 3.0 kustannukset muutettiin uuteen sijoittelualuejakoon (sij16) monistamalla kunkin ennustealueparin (enn13) arvot niille sijoittelualueille, jotka kuuluvat ko. ennustealueisiin. Joissakin tapauksissa samaan enn13-alueeseen kuuluvat sij16-alueet osuvat eri taksavyöhykkeille, mutta sitä ei oteta huomioon.

(2) Joukkoliikenteen kustannusten tarkistaminen

HELMET 2.1:ssä päivitettiin työmatkojen hintoja HSL:ään kuulumattomista kehyskunnista (Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Järvenpää, Mäntsälä ja Pornainen) alkavien ja päättyvien joukkoliikennematkojen osalta. Myös Sipoon joukkoliikennekustannukset päivitettiin, sillä se ei vuonna 2008 kuulunut HSL:ään mutta vuonna 2012 kuului. Päivityksessä otettiin huomioon HSL:n ulkopuolisten kuntien asukkailleen tarjoamien tuettujen joukkoliikennelippujen vaikutus joukkoliikenteen matkakustannuksiin.

Päivityksen lähtöaineistona on käytetty kuukausihintaa euroina säännölliselle työmatkalle (30 päivän kausilippu tai 44 matkan sarjalippu), josta yhden työmatkan hinta saadaan jakamalla sovitulla luvulla, joka on pääkaupunkiseudun ulkopuolella 50. Hinnat annetaan erikseen vuodelle 2010 (lähdekohtana julkaisu Rinta-Piirto ym. 2010) ja vuodelle 2012. Näiden vuosien välillä oleellisia eroja on Sipoon (HSL-jäsenyys 1.1.2012), Nurmijärven (kilometritaksasta koko kunnan kattavaksi kausilipuksi ja hinnat matkustajalle alenivat 1.5.2011) ja Vihdin (huomattava hinnan alennus 1.8.2012) osalta. Vuoden 2010 kustannuksia on käytetty kuvaamaan vuotta 2008 muunnettuna liikennemallin estimointeja varten vuoden 2012 hintatasoon.

Helsingin päässä joukkoliikenteen runkomatkan varrelle menevät matkat ovat halvempia, kun vaihtoa ja HSL-alueen sisäistä liityntälippua ei tarvita. Lisäksi on huomioitu kehyskunta-alueen bussi-kausiliput (sisäiset liput ja seutuliput), näistä tärkeimpinä Keski-Uudenmaan ja Länsi-Uudenmaan seutuliput.

Kustannusmatriisit on tehty symmetrisinä (matkoja pääkaupunkiseudulta kehyskuntiin on käsitelty samoin kuin varsinaisesti tarkasteltuja matkoja kehyskunnista pääkaupunkiseudulle), vaikka

vuonna 2008 olikin tilanne, että osalla pääkaupunkiseudulta kehyskuntiin suuntautuvista työmatkoista ei saanut käyttää subventoitua työmatkalippua, koska osa niistä oli tarkoitettu vain kehyskuntien kuntalaisille. Nykyään tämä on mahdollistettu sopimuksilla. Niiden alueparien välillä, joille ei tässä anneta uutta hintaa, sekä muilla kuin työmatkoilla, käytetään aikaisemmasta liikennemallista saatavia valmiina olevia kustannuksia. Nämä aiemmat hinnat pohjautuvat osin bussiin ja osin junaan.

Taulukossa 31 on esitetty tuettujen työmatkalippujen hintoja kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välisille matkoille. Lisäksi niille osa-aluepareille, joille kehyskuntien sisäiseen matkustamiseen on tarjolla tuettuja bussiliikennekausilippuja (kuntien sisäisiä tai seutulippuja, tyypillisimmin Keski-Uudenmaan seutulippu), on annettu omat hintansa. Helsingin osalta on lueteltu ne runkomatkan varrella olevat ennustealueet, joille päästään ilman vaihtoyhteyttä, loppuihin Helsingin alueisiin tarvitaan vaihto, mikä tuo lisää hintaa.

Hinnat muuttuvat aikaisemmista eniten Vihdin, Nurmijärven ja Etelä-Tuusulan sekä pääkaupunkiseudun välisillä matkoilla. Taulukon hinnat otetaan päivityksessä huomioon vain siltä osin kuin ne ovat alemmat kuin aikaisemmassa liikennemallissa olevat kustannukset, sillä näissä aiemmissa hinnoissa on junaliikenteen osalta jo otettu huomioon VR:n vyöhykeliput, jotka tässäkin taulukossa ovat pohjana hieman karkeammalla tasolla.

Asioita, joita vuonna 2008 pohdittiin toteutetun lähestymistavan lisäksi:

- Juna-asemille sovellettavaa kustannusten laskentaperiaatetta yritettiin soveltaa myös busiasemille. Siitä kuitenkin luovuttiin, koska kustannusten mallintaminen osoittautui erittäin monimutkaiseksi.
- Edellä kuvatut kustannukset liittyvät yksittäisen matkapäätöksen tekemiseen. Työn aikana pohdittiin myös, kuinka kustannukset vaikuttavat henkilön päätökseen ryhtyä henkilöauton tai joukkoliikenteen pääasialliseksi käyttäjäksi. Tämä sopii hyvin jatkokehityksen aiheeksi.
- Kustannustaso muuttuu vuosittain. Voitaisiko kustannukset määrittää viiden vuoden jaksoille erikseen? HELMET 1.0 -malliin sisään rakennettu liikkumiskäyttäytyminen perustui vuosien 2007–2008 liikkumistutkimukseen ja silloin vallinneeseen hintatasoon. Vastaavasti HELMET 2.0, 2.1 ja 3.0-mallien liikkumiskäyttäytyminen perustuu vuosien 2007–2008 ja vuoden 2012 liikkumiskäyttäytymiseen ja hintatasoon.

Kulikutavanvalintamallin muuttujana on yhden joukkoliikennematkan kustannus kahden alueen välillä. Edellä on kuvattu tapaa, joilla ennustejärjestelmässä nyt käytetyt arvot on laskettu. Jos käytäjäällä on näkemys, että ennustetilanteessa esimerkiksi jonkin vyöhykkeen kausilipulla keskimääräisenä päivänä tehtävien matkojen määrä muuttuu tai käytössä on erilaisia työmatkalippuja, hän voi muodostaa uudet kustannusmatriisit. Tärkeintä on, että tuloksena on yhden joukkoliikennematkan hinta vuoden 2012 kustannustasossa.

Taulukko 31. Tuettujen työmatkalippujen hintojen kehyskuntien ja pääkaupunkiseudun välillä.

ENNUSTEALUEET		601-612		403-437		101-113, 129, 130		101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet		201-238, 301, 401, 402	
		Vantaa pl. läntisin kolikka		Helsinki runkoyhteys		muu Helsinki		Espoo+Kaun., läntisin kolikka Vantaata			
		hinnot €/30 pv		Vihti							
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
607-610, 612	Nummela	85	82			177.3	302.0	111.0	213.0	156.9	256.0
604, 606, 611	Hiiidenranta-Ojakkala	85	82			188.0	319.6	119.8	227.5	165.7	270.5
601-603, 605	Vihti kk	85	82			206.8	350.5	140.4	261.5	186.3	304.5
ENNUSTEALUEET		701-712		801, 803, 805, 807, 1301-1305		237, 238, 401-437		101-114, 131, 132, 136, 137		101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet	
		hinnot €/30 pv tai 44 matkaa		Nurmijärvi		Etelä-Tuusula, Hyvinkää		Vantaa ja Pohjois-Espoo		Helsinki runkoyhteys	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
702, 704, 710	Klaukkala	63	60	63	60	115.9	146.0	100	152	145.9	194.5
703, 708, 709	kirkonkylä	63	60	63	60	115.9	180.0	100	190	145.9	232.5
701, 705-707, 712	(Rajamäki)	63	60	63	60	115.9	214.0	100	228	145.9	270.5
ENNUSTEALUEET		1301-1305		701-712, 1201-1207		401-437 pl. PKS		101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433		101-174 pl. PKS	
		hinnot €/30 pv tai 44 matkaa		Nurmijärvi, Mäntsälä (bussi)		Radan ulkopuolinen Vantaa		PKS junarunkoyhteys		muu Helsinki	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
1301-1305	Hyvinkää (juna)	45	42	63	60	199.9	187.5	182.5	163.0	228.4	206.0
ENNUSTEALUEET		801-808		1001-1005, 1201-1207		401-437 pl. PKS		101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433		101-174 pl. PKS	
		hinnot €/30 pv		Tuusula (bussi)		Radan ulkopuolinen Vantaa		PKS junarunkoyhteys		muu Helsinki	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
802, 804, 806, 808	Pohjois-Tuusula (juna)	34	30	63	60	174.2	163.5	154.0	138.0	199.9	169.9
ENNUSTEALUEET		801-808		701-712, 901-905, 1001-1005, 1201-1207, 1101-1113		401-437		101-112, 117-126, 138, 139		101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet	
		hinnot €/30 pv		Närvi, Kerava, Jpää, Mäntsälä, Sipoo		Vantaa		Helsinki runkoyhteys		muu Helsinki	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
801, 803, 805, 807	Etelä-Tuusula (bussi)	34	30	63	60	128.9	109.2	108	99	153.9	130.9
ENNUSTEALUEET		1001-1005		801-808, 1401-1403		401-437 pl. PKS		101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433		101-174 pl. PKS	
		hinnot €/30 pv		Tuusula, Pormainen (bussi)		Radan ulkopuolinen Vantaa		PKS junarunkoyhteys		muu Helsinki	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
1001, 1002	Pohjois-Järvenpää (juna)	35	30	63	60	174.2	163.5	154.0	138.0	199.9	181.0
1003-1005	Etelä-Järvenpää (juna)	35	30	63	60	136.8	130.5	128.3	114.0	174.2	157.0
ENNUSTEALUEET		1201-1207		801-808, 1301-1305, 1401-1403		401-437 pl. PKS		101-112, 115-119, 122, 123, 126, 131, 132, 133, 135, 136, 139, 143, 146, 148, 151, 217-219, 221, 222, 226, 227, 232, 233, 301, 403, 404, 421, 423, 424, 428-430, 432, 433		101-174 pl. PKS	
		hinnot €/30 pv tai 44 matkaa		Mäntsälä (bussi)		Radan ulkopuolinen Vantaa		PKS junarunkoyhteys		muu Helsinki	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
1201-1207	Mäntsälä (juna)	63	60	63	60	199.9	187.5	182.5	163.0	228.4	206.0
ENNUSTEALUEET		1401-1403		901-905, 1001-1005, 1101-1113, 1201-1207		401-437		101-112, 118-125, 144, 145		101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet	
		hinnot €/30 pv tai 44 matkaa		Kerava, Järvenpää, Pormainen, Sipoo, Mäntsälä		Vantaa		Helsinki runkoyhteys		muu Helsinki	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
1401-1403	Pormainen	63	60	63	60	228.6	215.2	215.1	195.0	261.0	238.0
ENNUSTEALUEET		1101-1113 (s2012 myös 901-905)		801, 803, 805, 807, 1401-1403 (s2010 myös 901-905)		401-437		101-112, 118-125, 144, 145		101-174 pl. Helsinki runkoyhteysalueet	
		hinnot €/30 pv tai 44 matkaa		Sipoo, s2012 myös Kerava		E-Tuusula, Pormainen, s2010 myös Kerava		Vantaa		Helsinki runkoyhteys	
		syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010	syksy 2012	syksy 2010
1106, 1110-1113	Etelä-Sipoo	45.9	60	63	60	138.7	201.5	138.7	151.5	138.7	155.5
1101, 1103, 1105, 1107-1109	Pohjois-Sipoo	45.9	60	63	60	95.8	146.0	138.7	171.5	138.7	214.5

Liite 3. Henkilöautomatkan kustannukset

Versiot HELMET 2.0, 2.1 ja 3.0

Vuoden 2013 päivityksissä (HELMET 2.0) ja vuoden 2014 päivityksessä (HELMET 2.1) on estimoinneissa käytetty samoja, vuoden 2013 päivityksen yhteydessä muodostettuja henkilöautomatkan kustannuksia. Samalla periaatteella on muodostettu myös vuoden 2016 kustannukset. Niiden muodostamista on kuvattu seuraavassa.

Sekä mallin versiota 2.1 että 3.0 käytetään vuoden 2012 hintatasossa. Tästä syystä estimointiin ja testaukseen tarvittavat vuosien 2008 ja 2016 kustannukset on muutettu vuoden 2012 hintatasoon.

Kuluttajahintaindeksi

Muutettaessa vuosien 2008 ja 2016 kustannuksia vuoden 2012 tasoon on käytetty Tilastokeskuksen kuluttajahintaindeksiä⁴⁴ (2005 = 100, vuosikeskiarvot). Indeksien pisteluvut ovat alla olevassa taulukossa. Muunnoskerroin vuoteen 2012 on 1,078 vuodesta 2008 ja 0,974 vuodesta 2016. Myös muita muunnoksia vuodesta toiseen on tarvittaessa tehty kuluttajahintaindeksillä.

Taulukko 32. Kuluttajahintaindeksi.

vuosi	pisteluku (2005 = 100)	muunnos vuoteen 2012
2008	108,3	1,078
2012	116,7	1,000
2016	119,8	0,974

Henkilöautomatkan kustannukset

Henkilöautomatkan kustannukset koostuvat kahdesta kustannuskomponentista: kilometrikustannuksista ja pysäköintikustannuksista.

Kilometrikustannukset

Kilometrikustannukset vuosille 2008 ja 2012 on HELMET 2.0 ja 2.1 -malleihin määritetty samoin periaattein kuin HELMET 1.0 -malliin vuonna 2008. Vuoden 2008 kustannukset on päivitetty vuoden 2013 päivitystyön yhteydessä, koska saatavissa on ollut uudemmat lähtöarvot vuodelle 2008 kuin HELMET 1.0 -mallia tehtäessä on ollut käytettävissä. Vuoden 2008 kustannuslaskelma poikkeaa siksi HELMET 1.0:n yhteydessä raportoidusta laskelmasta. Lisäksi vuoden 2008 kustannukset on mallien estimointia varten korotettu vuoden 2012 tasoon kuluttajahintaindeksillä. Vuoden 2008 kustannukset on laskettu mallien estimointia varten, koska estimoinnissa on käytetty sekä HEHA2007–2008-aineistoa että HEHA2012-aineistoa. Vuoden 2008 kustannuksia on käytetty vain mallien estimoinnissa, eikä niitä tarvita mallien käyttämiseen.

⁴⁴ Suomen virallinen tilasto (SVT): Kuluttajahintaindeksi [verkkojulkaisu]. ISSN=1796-3524. maaliskuu 2018, Liitetaulukko 6. Kuluttajahintaindeksi 2005=100. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 30.4.2018]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/khi/2018/03/khi_2018_03_2018-04-13_tau_006_fi.html Tilastokeskus, kuluttajahintaindeksi, käytetty taulukko http://www.stat.fi/til/khi/2018/03/khi_2018_03_2018-04-13_tau_006_fi.html (27.5.2013).

Kilometrikustannus on kaikille matkaryhmille sama 0,152 euroa/km vuonna 2012. Se koostuu polttoaine-, huolto-, rengas- ja korjauskustannuksesta. Polttoainekustannukset on laskettu VTT:n Liipasto-järjestelmän vuoden 2007 kulutus- ja suoritetiedoilla. Polttoaineiden hinnat saatiin Öljyalan Keskusliiton tilastoista (öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta). On huomattava, että polttoaineiden hinnassa esiintyy suuriakin vaihteluja. Huolto-, rengas- ja korjauskustannukset eli lyhyesti kunnossapitokustannukset perustuvat julkaisun Tervonen ym. 2010 verottomiin arvoihin, joten ne on muutettu vertailukelpoisiksi muiden kustannuskomponenttien kanssa lisäämällä niihin arvonlisävero.

Vuodelle 2008

(vuoden 2008 kustannusta on käytetty vain mallien estimoinnissa, eikä sitä tarvita mallien käyttämiseen):

*Bensiinauton polttoainekustannukset: 1,423 e/litra * 6,1 litraa/100km ≈ 0,0868 e/km*

*Dieselauton polttoainekustannukset: 1,264 e/litra * 7,3 litraa/100km ≈ 0,0923 e/km*

*Keskimääräiset polttoainekustannukset: 74,7 prosenttia * 0,0868 e/km + 25,3 prosenttia * 0,0923 e/km ≈ 0,0882 e/km*

*Kunnossapitokustannukset: 0,0318 e/km * 122 prosenttia ≈ 0,0388 e/km*

Kilometrikustannukset yhteensä: 0,0882 e/km + 0,0388 e/km ≈ 0,127 e/km

*Muunnos vuoden 2012 tasoon: 1,078 * 0,127 e/km ≈ 0,137 e/km*

Vuodelle 2012:

*Bensiinauton polttoainekustannukset: 1,661 e/litra * 6,7 litraa/100km ≈ 0,1113 e/km*

*Dieselauton polttoainekustannukset: 1,544 e/litra * 6,6 litraa/100km ≈ 0,1019 e/km*

*Keskimääräiset polttoainekustannukset: 66,9 prosenttia * 0,1113 e/km + 33,1 prosenttia * 0,1019 e/km ≈ 0,1082 e/km*

*Kunnossapitokustannukset: 0,0354 e/km * 123 prosenttia ≈ 0,0435 e/km*

Kilometrikustannukset yhteensä: 0,1082 e/km + 0,0435 e/km ≈ 0,152 e/km

Vuodelle 2016:

(vuoden 2016 kustannusta on käytetty vain mallien estimoinnissa, eikä sitä tarvita mallien käyttämiseen):

*Bensiinauton polttoainekustannukset: 1,371 e/litra * 7,3 litraa/100km ≈ 0,1001 e/km*

*Dieselauton polttoainekustannukset: 1,188 e/litra * 6,0 litraa/100km ≈ 0,0713 e/km*

*Keskimääräiset polttoainekustannukset: 59 prosenttia * 0,1001 e/km + 41 prosenttia * 0,0713 e/km ≈ 0,0883 e/km*

*Kunnossapitokustannukset: 0,0361 e/km * 124 prosenttia ≈ 0,0448 e/km*

Kilometrikustannukset yhteensä: 0,0883 e/km + 0,0448 e/km ≈ 0,133 e/km

*Muunnos vuoden 2012 tasoon: 0,974 * 0,133 e/km ≈ 0,129 e/km*

Pääomakustannuksia ei ole otettu huomioon. Niiden vaikutus yksittäiseen matkapäätökseen on tuntematon. Myöskään vuoden 2008 ja vuoden 2000 mallityössä pääomakustannuksia ei otettu huomioon. Henkilöautomatkan pituus käytetyllä reitillä saadaan Emme-sijoittelun tuloksena. Se kerrotaan em. kilometrikustannuksella.

Toteutetun lähestymistavan lisäksi vuonna 2008 pohdittiin seuraavia asioita, jotka on hyvä ottaa uudelleen pohdittavaksi malleja edelleen kehitettäessä:

- Tulisiko yksikkönä käyttää euroa/km vai euroa/matkustaja-km?
- Pitäisikö HAP-mallissa ottaa kantaa bensiini- ja dieselauton valintaan?

- Ruuhkassa ajaminen lisää polttoaineen kulutusta. Vaikutuksen voisi ottaa periaatteessa huomioon, jos lasketaan sijoittelun matka-aika ja matkan pituus sekä verrataan tulosta tie-segmenttien nopeusrajoituksiin.
- Moottoriteille, maanteille ja kaduille voitaisiin määrittää polttoaineen kulutusluokat.
- Otetaanko huomioon autoetu, käyttöetu ja työmatkat kilometrikorvauksineen?
- Kilometrikustannukset laskettiin alun perin eri tavalla työmatkoille ja muille matkoille sillä perusteella, että päätös käyttää aina autoa työmatkoilla tehtäisiin loogisemmin. Vastaavasti esimerkiksi vapaa-ajan matkat olisivat impulsiivisempia ja kustannuksista koettaisiin vain polttoainekustannukset.

Kuluttavanvalintamallin muuttujana on siis autoilun keskimääräinen kilometrikustannus. Edellä on kuvattu tapaa, joilla ennustejärjestelmässä nyt käytetyt arvot on laskettu. Jos käyttäjällä on näkemys, että ennustetilanteessa esimerkiksi polttoaineen kulutus tai dieselautojen (tai sähköautojen) osuus muuttuu, hän voi muodostaa uudet arvot kustannuksille. Tärkeintä on, että tuloksena on keskimääräinen kilometrikustannus vuoden 2012 hintatasossa. Mahdolliset ruuhkamaksut käsitellään kuitenkin erikseen.

Pysäköintikustannukset

Pysäköintikustannusten muodostuminen on todellisuudessa monimutkaista. Kustannuksiin vaikuttavat esimerkiksi pysäköinnin kesto, pysäköintialue, pysäköinnin maksutapa ja mahdollisten ostosten määrä. Vuoden 2008 mallityössä (HELMET 1.0) tukeuduttiin vuoden 2000 malliraportista peräisin oleviin kustannuksiin (Karasmaa ym. 2003). HELMET 2.0-päivityksen yhteydessä pysäköintikustannusten laskentaa päätettiin yksinkertaistaa. Pysäköintikustannukset perustuvat Helsingin vyöhykekohtaisiin pysäköinnin tuntihintoihin. Jos alueella on paljon maksutonta pysäköintitilaa, hinta on puolitettu tai pudotettu nollaan.

Helsingin kaupungin pysäköinnin maksuvyöhykkeet pysyivät samoina vuosina 2008–2012 (Kuva 44). Vyöhykkeet laajennettiin vuonna 2016 (Kuva 45). Vyöhykkeet tuotiin uuteen aluejakoon käsin. Alueilla Meilahden, Vallilan ja Hermannin pohjoispuolella ei peritä pysäköintimaksuja. Myös Herne-saaressa, Jätkäsaassa ja Kalasatamassa on tai oli niin paljon ilmaisia pysäköintipaikkoja saatavilla, että hinta on pudotettu nollaan. Lentoasemalla on oletettu, että lyhytaikaisen pysäköinnin hinta on ensimmäisen vyöhykkeen tasolla ja työpaikkapysäköinti on maksutonta. Pysäköinnin hinnat euroissa olivat:

Taulukko 33. Helsinki, pysäköintihinnat vyöhykkeittäin (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto).

vuosi	2000	2008	2012	2016
vyöhyke 1	2 €/h	3 €/h	4 €/h	4 €/h
vyöhyke 2	1 €/h	1,6 €/h	2 €/h	2 €/h
vyöhyke 3	0,5 €/h	0,8 €/h	1 €/h	1 €/h

Kuluttajaindeksimuutos 2008–2012 oli 1,078 ja kuluttajaindeksimuutos 2012–2016 oli 1,027. Vuoden 2012 hinnoissa pysäköintimaksut olivat:

Taulukko 34. Helsingin kuluttajaindeksillä korjatut pysäköintihinnat vyöhykkeittäin vuoden 2012 hintatasossa.

vuosi	2008	2012	2016
vyöhyke 1	3,23 €/h	4 €/h	3.90 €/h
vyöhyke 2	1,72 €/h	2 €/h	1,95 €/h
vyöhyke 3	0,86 €/h	1 €/h	0,97 €/h

Pysäköintikustannukset on määriteltä em. tavalla noin 120:lle Helsingin sijoittelualueelle, kahdelle alueelle Tapiolassa sekä Helsinki-Vantaan lentoasemalle. Muilla alueilla pysäköintikustannus on nolla euroa. Tapiolalle on aiemmin vuosina 2000 ja 2008 määritetty pysäköintikustannus, mutta HELMET-versiossa 2.1 siitä luovuttiin, koska muillakaan vastaavilla Helsingin ulkopuolisilla ennustealueilla, joilla on pienellä alueella maksullinen pysäköinti ja sen ulkopuolella pääosin maksutonta pysäköintiä, ei mallissa ole pysäköintimaksua. Aluejaon tihentämisen ansiosta Tapiolan pysäköintimaksu voitiin palauttaa HELMET-versioon 3.0. Ennustetilanteessa pysäköintimaksu voidaan luonnollisesti asettaa myös sellaisille alueille, joilla sitä ei nykytilanteessa ole.

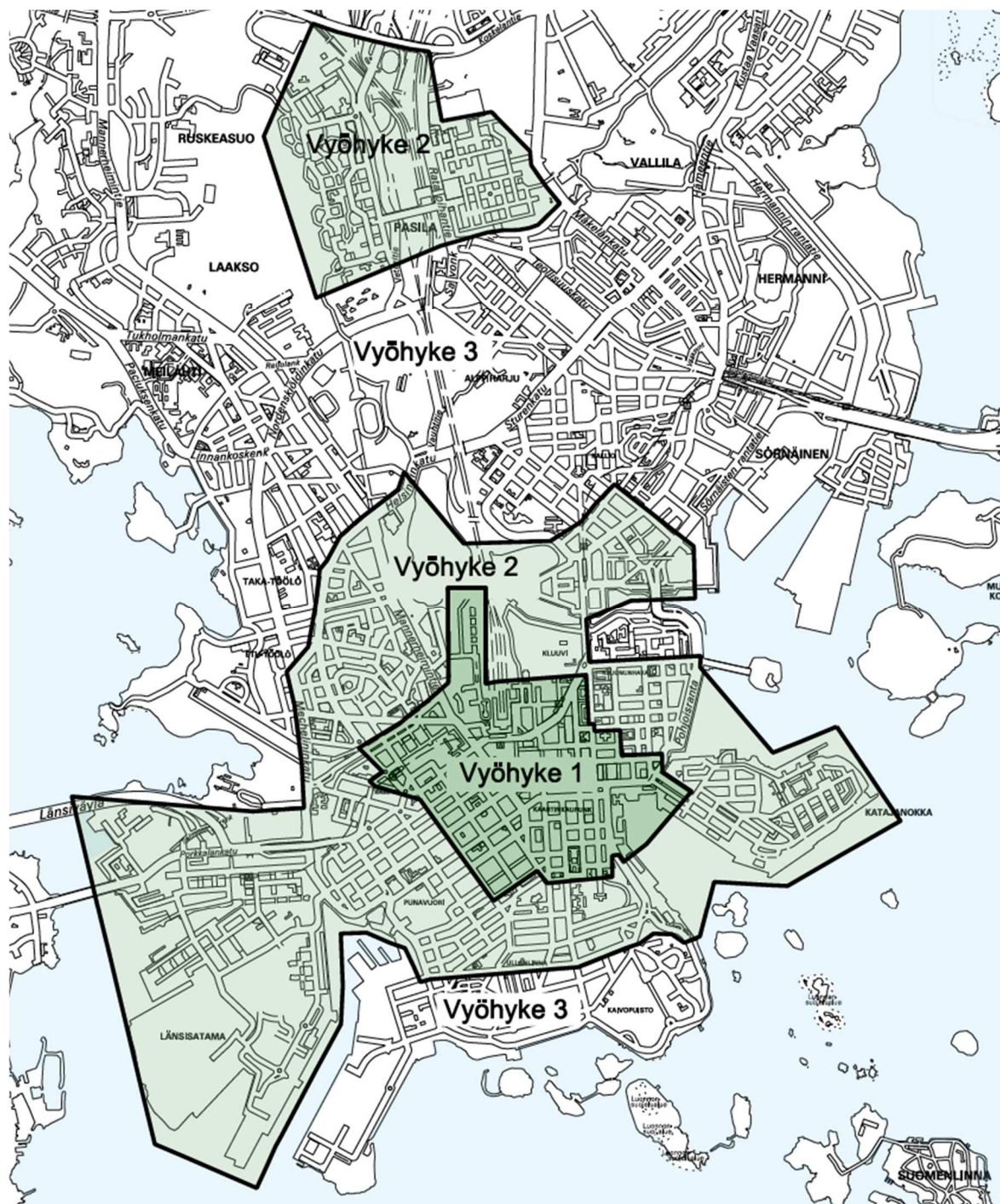
Pysäköintikustannus voidaan edelleen määritellä erikseen kotiperäisille työmatkoille ja muille matkoille. Kuitenkin ainoa alue, jolla vuodelle 2012 määritetty pysäköintimaksu työmatkoilla eroaa muista matkoista, on lentoasema, jolla työmatkapysäköinti oletetaan maksuttomaksi. Erottelun taustalla on ajatus siitä, että työmatkojen pysäköinti poikkeaa kestoaltaan, kustannuksiltaan ja pysäköintipaikan saatavuudeltaan muista matkoista. Pysäköinti kotiperäisellä työmatkalla kestää pääsääntöisesti kauemmin kuin muilla matkoilla. Lisäksi työnantaja saattaa osallistua työmatkojen kustannuksiin mutta ei muiden matkojen kustannuksiin. Näin ollen malliin on jätetty mahdollisuus kuvata eroa ennustetilanteessa.

Pääkaupunkiseudulla asuinalueen pysäköintikustannus otetaan huomioon jalankulun osuutta kuvaavassa mallissa. Sen sijaan kulkutavanvalintamallissa pysäköintikustannukset kotona on oletettu nollassa, koska kiinteät kustannukset eivät vaikuta yksittäiseen matkapäätökseen. Laskentateknisesti kaikilla matkoilla pysäköintikustannuksista puolet kohdistetaan meno- ja puolet paluumatkalle.

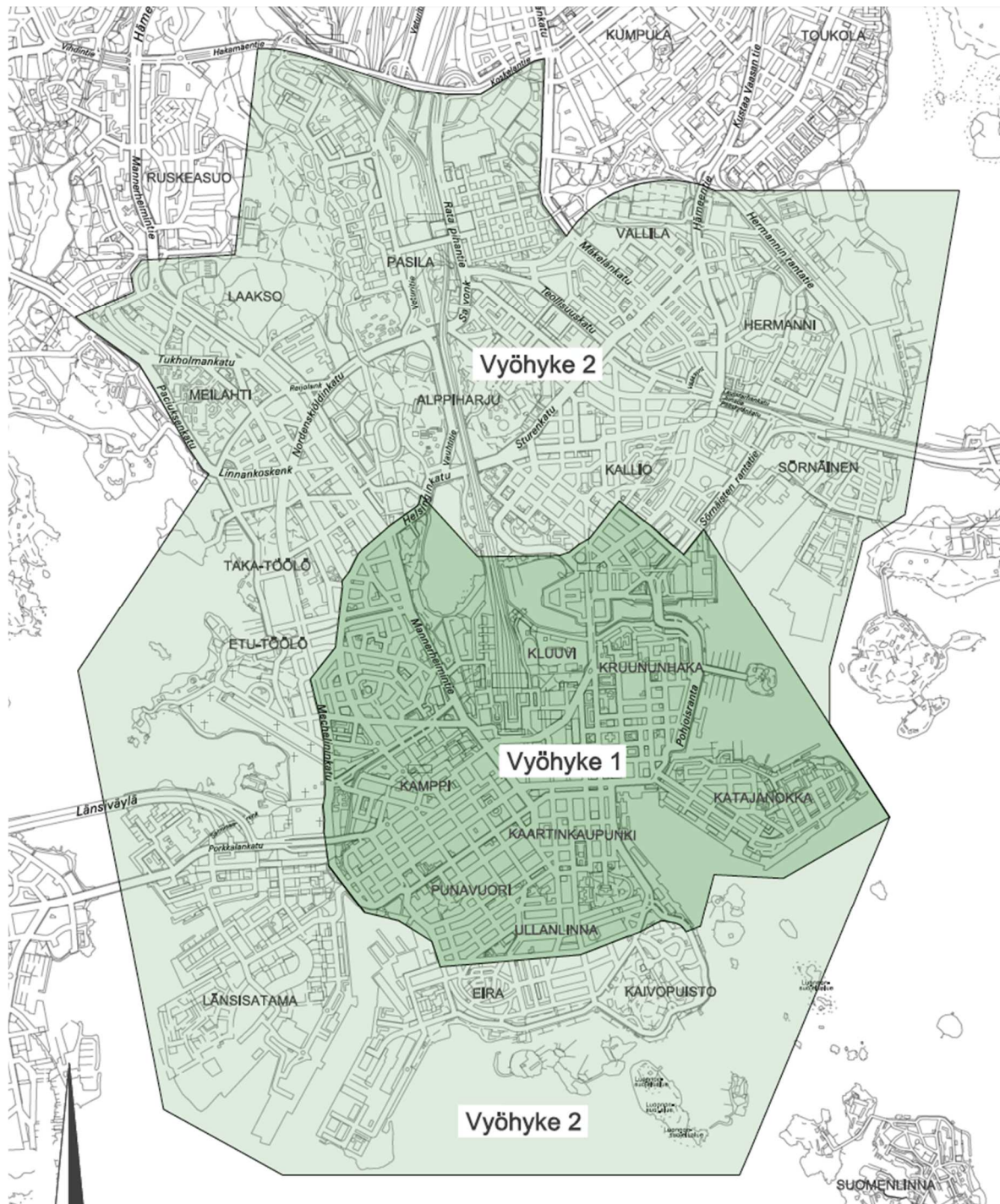
Jos katsotaan, että ennustevuonna on toisenlaisia pysäköintimaksuja kuin edellä, ne voidaan antaa mallin syöttötiedoissa. On kuitenkin otettava huomioon, että ennustevuoden pysäköintimaksut (kuten muutkin kustannukset) on muutettava vuoden 2012 hintatasoon. Esimerkiksi Helsingin parhailaan rakentuvilla alueilla (mm. Jätkäsaari) voi olla perusteltua lisätä pysäköintikustannus tulevaisuuden skenaarioihin.

Mallissa ei ole kuvattu pysäköintipaikkatarjontaa millään tavalla, joten se ei reagoi tarjonnan muutoksiin. Vuonna 1990 valmistuneissa YTV:n kysyntämalleissa (Pursula ym. 1990) tätä yritettiin kuvata pysäköintisuhdeluvulla⁴⁵, mutta sen laskeminen ja varsinkin ennustaminen oli vaikeata.

⁴⁵ Tarkemmin sanottuna muuttujalla $\ln(\text{pyssuhl}-5)$, joka on "luonnollinen logaritmi alueeseen liittyvien henkilöautolla ja joukkoliikenteellä tehtyjen, henkilöautomatkoiksi muutettujen alkavien ja päättyvien matkojen määrän ja matkan kodista poikkeavan pään tutkimusalueen laskennallisen pysäköintipaikkamäärän suhteesta vähennettynä luvulla 5. Jos suhde on pienempi kuin 6, saa muuttuja arvon 0."



Kuva 44. Vuosien 2008 ja 2012 pysäköintivyöhykkeet.



Kuva 45. Vuoden 2016 pysäköintivyöhykkeet.

Liite 4. Yleistetty matkavastus ja ajan arvon määrittäminen

HELMET 1.0 -malleissa (vuoden 2008 hintataso) käytettiin yleistettyjen matkavastusten laskemiseen kerrointa 0,1203 (euroa/minuutti). Se vastasi henkilöauton matka-aikasäästöä 7,22 euroa/h työ-, asiointi, vapaa-ajan ja loma-ajan matkoilla (Tiehallinto: Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005).

HELMET 2.0 ja 2.1 -malleihin (vuoden 2012 hintataso) ajan arvo on määritetty tarkemmin kuin 1.0:ssa. HELMET 3.0:ssa käytetään samaa ajan arvoa kuin 2.1:ssa. Versioissa 2.0, 2.1 ja 3.0 käytettyä tapaa on kuvattu seuraavassa.

Ajan arvo määritettiin matkaryhmittäin. Lisäksi autonomistumallia varten määritettiin ajan arvo näiden yhdistelmänä. Lähtötietona käytettiin ohjetta Tervonen & Ristikartano 2010. Matka-aikasäästöjen määrittämistapa on siinä hieman muuttunut vuodesta 2005. Koska lähtötietona olevat ajan arvot ovat vuodelta 2010, ajan arvo muutettiin kuluttajahintaindeksillä vuoteen 2012. Lisäksi käytettiin HSL:n Helsingin seudun liikkumistutkimuksen (HEHA) 2012 aineistoa (Lindeqvist ym. 2013).

Taulukko 35. Kevyen ajoneuvon matka-aikasäästöt 2010.

kevyen ajoneuvon matka-aikasäästön arvot 2010	lyhenne	eur/h
työajan matkat	ta	21,7
työssäkäyntimatkat	tm	9,78
asiointi- ja vapaa-ajan matkat	va	6,22

Taulukko 36. Ajan arvon määrittäminen matkaryhmittäin.

matkaryhmä	määritysperuste			eur/h 2010	eur/min 2010	eur/min 2012
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	käytettiin työssäkäyntimatkan ajan arvoa			9,78	0,163	0,173
kotiperäiset koulu- matkat	ajan arvoa ei määritetty			-	-	-
ostos- ja asiointi- matkat	käytettiin asiointi- ja vapaa-ajan matkojen ajan arvoa			6,22	0,104	0,110
kotiperäiset muut matkat	käytettiin asiointi- ja vapaa-ajan matkojen ajan arvoa			6,22	0,104	0,110
	osuudet suoritteesta HEHA2012-aineis- tossa					
	työajan matkat	työssä- käyntimatkat	asiointi- ja va- paa-ajan matkat			
työperäiset matkat	34,33 %	63,92 %	1,74 %	13,81	0,230	0,245
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	3,72 %	25,69 %	70,59 %	7,71	0,129	0,137

Matkaryhmittäiset ajan arvot määritettiin edellä olevan taulukon 36 mukaisesti. Matkaryhmissä 5 ja 6 (työperäiset matkat sekä muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat) määritettiin eri matkan tarkoituksen osuudet suoritteesta HEHA2012-aineistossa. Ajan arvo laskettiin näillä osuuksilla painotettuna keskiarvona taulukon 35 luvuista. Matkan tarkoitus määritettiin matkan lähtö- ja määräpaikan tyyppien perusteella taulukon 37 mukaisesti. Käytetyt koodit ovat taulukossa 38. Estimoinnissa käytettiin sekä HEHA2012:n että HEHA2007–2008:n yhteydessä vuoden 2012 lukuja. Näitä käytetään myös laadittaessa malleilla ennusteita, olipa niiden ajankohta kuinka kaukana tulevaisuudessa tahansa, ellei liikkujien ajan arvostuksen oleteta syystä tai toisesta muuttuvan.

Taulukko 37. Matkan tarkoituksen määrittäminen lähtö- ja määräpaikan tyyppien perusteella ajan arvon laskemista varten.

		lähtöpaikka																						
	mp / lp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
määräpaikka	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	3	-	tm	tm	tm	tm	tm	tm	ta	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	va	tm	tm	tm
	4	-	tm	tm	tm	tm	tm	tm	ta	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	va	tm	tm	tm
	5	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	6	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	7	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	8	-	tm	ta	ta	tm	tm	tm	ta	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	tm	va	tm	tm	tm
	9	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	10	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	11	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	12	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	13	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	14	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	15	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	16	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	17	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	18	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	19	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	20	-	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	21	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	22	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va
	23	-	va	tm	tm	va	va	va	tm	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va	va

ta = työasia (työajan matka)

tm = työmatka (työssäkäyntimatka)

va = vapaa-ajan matkat (asiointi- ja vapaa-ajan matkat)

mustalla olevat yhdistelmät esiintyivät datassa, harmaalla olevat eivät

värien selitykset "dominoivuusjärjestyksessä" (ks. myös seuraava taulukko):

- punaisella pohjalla olevat matkat, joiden lähtö- tai määräpaikka on mökki, on aina tulkittu vapaa-ajan matkoiksi (va)
- vihreällä pohjalla olevat matkat, joiden lähtö- tai määräpaikka on työasiointipaikka, on tulkittu työasiointimatkoiksi (ta), jos toinen pää on työpaikka tai toinen työasiointipaikka, ja muutoin työmatkoiksi (tm)
- sinisellä pohjalla olevat matkat, joiden lähtö- tai määräpaikka on oma työpaikka, on aina tulkittu työmatkoiksi (tm)
- valkoisella pohjalla olevat matkat, eli kaikki loput, on tulkittu vapaa-ajan matkoiksi (va)

Taulukko 38. Lähtö- ja määräpaikkojen tyyppikoodit HEHA2012-aineistossa.

lähtö- ja määräpaikan tyyppi 2012

1	oma koti
2	muu asuinpaikka
3	oma työpaikka
4	toinen oma työpaikka
5	oma koulu
6	oma opiskelupaikka
7	kansanopisto, avoin yliopisto/AMK
8	työasiointi
9	nouto/jätto
10	päivähoito/esikoulu
11	päivittäisostos
12	kauppakeskus
13	muu ostospaikka
14	asiointipaikka
15	ravintola
16	liikuntapaikka
17	kulttuuripaikka
18	vierailupaikka
19	muu vapaa-aika
20	mökki
21	hotelli tms.
22	muu kohde
23	ei osaa sanoa

Autonomistumallia varten laskettiin vielä yksi kaikille matkaryhmille yhteinen ajan arvo. Sitä varten määritettiin kunkin matkaryhmän (koulumatkoja lukuun ottamatta) osuus suoritteesta HEHA2012-aineistossa (ks. seuraava taulukko). Ajan arvo laskettiin matkaryhmien ajan arvon keskiarvona suhteosuudella painotettuna alla olevan taulukon mukaisesti. Tulokseksi saatiin 0,152 euroa/minuutti vuodelle 2012.

Taulukko 39. Matkaryhmien ajan arvo ja osuus suoritteesta.

	ajan arvo 2012 (eur/min)	osuus suoritteesta (%)
kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat	0,173	45,46 %
kotiperäiset koulumatkat	-	-
ostos- ja asiointimatkat	0,110	16,14 %
kotiperäiset muut matkat	0,110	23,36 %
työperäiset matkat	0,245	8,87 %
muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat	0,137	6,17 %
painotettu keskiarvo	0,152	100,00 %

Autonomistusmallin yhtenä selittäjänä on joukkoliikenteen ja henkilöautoilun yleistettyjen matkavastusten suhde (*ylsuh*) painotettuna näiden kulkutapojen yhteenlasketuilla henkilömatkamäärillä. Arvot lasketaan aamuhuipputunnin matriiseista seuraavasti:

$$matkat = ha_matkat * ha_kuorm + jl_matkat$$

$$HA_ylvas = ajan_arvo * ha_aika + ha_km-kust * ha_pituus + ruuhkamaksu$$

$$JL_ylvas = ajan_arvo * jl_paika + jlkust_tyo$$

missä

<i>matkat</i>	= henkilömatkojen kokonaismäärä (ha+jl) AHT
<i>ha_matkat</i>	= henkilöautomatkojen määrä (ajon) AHT
<i>jl_matkat</i>	= joukkoliikennematkojen määrä AHT
<i>ha_kuorm</i>	= henkilöauton keskiakuormitus, käytetty arvoa 1,0984527
<i>HA_ylvas</i>	= henkilöautoilun yleistetty vastus
<i>JL_ylvas</i>	= joukkoliikenteen yleistetty vastus
<i>ajan_arvo</i>	= 0,152 [eur/min]
<i>ha_aika</i>	= henkilöautoilun matka-aika AHT [min]
<i>jl_paika</i>	= joukkoliikenteen painotettu matka-aika AHT [min]
<i>ha_km-kust</i>	= henkilöautoilun kilometrikustannus [eur/km]
<i>ha_pituus</i>	= henkilöautoilun etäisyys AHT [km]
<i>ruuhkamaksu</i>	= henkilöautoilun ruuhkamaksu AHT [eur/matka]
<i>jl_kust_työ</i>	= joukkoliikenteen kustannus työmatkoilla AHT [eur/matka]

Lopputuloksena saadaan

$$ylsuh = \frac{\sum matkat * (jl_ylvas / ha_ylvas)}{\sum matkat}$$

Liite 5. Helsingin seudun sisäisten matkojen määrän regressioanalyysi

(Tämä liite on tehty HELMET 1.0-mallien laadinnan yhteydessä, eikä sitä ole päivitetty HELMET 2.1- ja 3.0-mallien yhteydessä.)

Matkatuotosten regressiomallikokeilut osoittivat, että aiemmista pääkaupunkiseudun malleista poiketen matkatuotoslukuja ei ole tarpeen laatia erikseen eri alueille, vaan väestörakenteelliset erot selittävät pääosan matkatuotosten alueellisista vaihteluista.

Useimmissa matkaryhmissä yhdeksi tärkeimmistä käyttäytymistä selittäväksi demograafiseksi muuttujaksi estimointikokeiluissa nousi ikä. Iän merkitys vaihtelee kuitenkin matkaryhmittäin, joten kaikille matkaryhmille yhtenäinen ikäryhmittely ei olisi sopivin.

Työmatkatuotosta parhaiten selittävä muuttuja olisi luonnollisesti itse työssäkäynti. Jos tätä itsestään selvää mutta vaikeasti ennustettavaa muuttujaa ei oteta huomioon, nousevat muiksi tärkeiksi muuttujiksi ikä, sukupuoli, alle 7-vuotiaat lapset perheessä sekä henkilöauton käyttö.

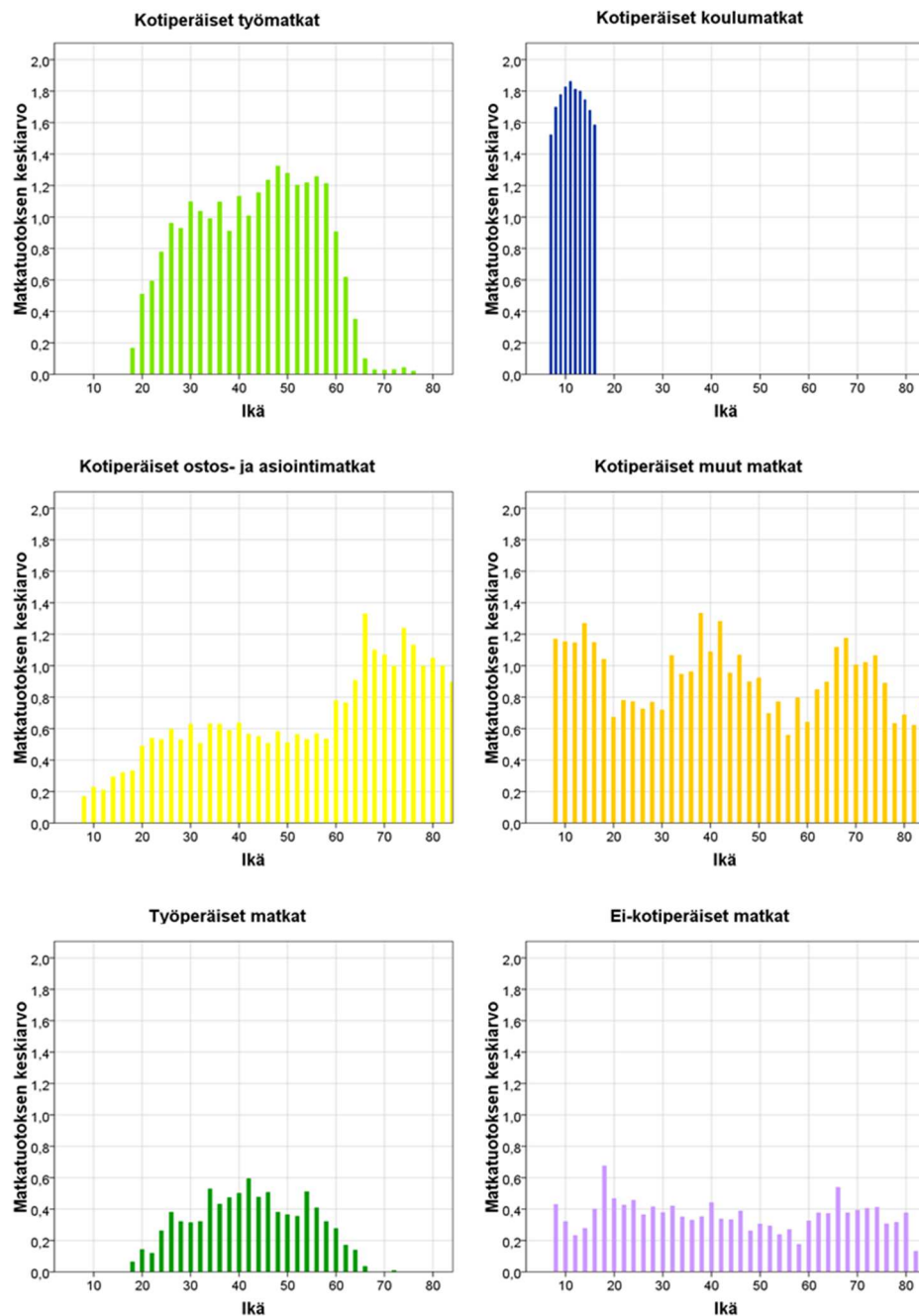
Kotiperäisten koulumatkojen selittäjäksi riitti pelkkä henkilön ikä.

Kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla merkitseviä selittäjiä olivat sukupuoli, hyvä palvelujen saatavuus kevytliikenteellä ja työssäkäynti. Mikäli työskentelyä kuvaavia muuttujia ei käytetä, päädyttään selityssasteeltaan hieman heikompaan malliin, joka perustuu ikä- ja sukupuoliluokitteluihin.

Kotiperäisiä muita matkoja selittivät niin ikään parhaiten työssäkäynti ja henkilöauton käyttö. Mikäli työssäkäyntiä ei haluta käyttää muuttujana, tulisi tämä korvata sukupuoli- ja ikäluokkamuuttujilla.

Työperäisten matkojen määrää selittivät parhaiten ikä, sukupuoli ja henkilöauton käyttö.

Jäljelle jäävä matkaryhmä eli muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat oli poikkeuksellinen. Tässä matkaryhmässä tärkeimpiä selittäviä muuttujia olivat sukupuoli ja ikä sekä joukko paikkaa kuvaavia muuttujia. Merkityksellisimmäksi nousi Helsingin niemi.



Kuva 46. Matkatuotoksen keskiarvo eri-ikäisille henkilöille vuoden 2007 liikkumistutkimusaineistossa arkivuorokautena (ma-to).

Muuttuvien tarpeiden huomioiminen matkatuotosmallissa

Liikennemalleilla pyritään arvioimaan liikenteen tulevaa kehitystä vuosikymmeniksi eteenpäin ja malleja käytetään yleensä pitkiäkin aikoja ennen mallijärjestelmän perusteellista uusimista. Olisi siis kyettävä ennakoimaan yhteiskunnan kehitystä ja poliittisen kiinnostuksen kohteita.

Henkilöliikennettä koskien on nostettu esille mm. asumis- ja liikkumiskustannusten nousu, herännyt ympäristötietoisuus sekä yksilöllisen joukkoliikenteen kehittäminen. Muita asioita ovat virtuaaliko-kousten, verkkokaupan, muun sähköisen asiointin ja vähittäiskaupan kuljetuspalvelujen yleistymi-nen sekä väestön ikääntyminen. Tämäntapaiset suuntauksat tulevat jatkossa voimistumaan ja nä-kyvät – jos eivät matkojen vähenemisenä – niin ainakin niiden luonteen muuttumisena.

Muutokset olisikin hyvä ottaa huomioon matkatuotosmalleissa. Eräs tapa huomioida näitä on luoda erilaisia skenaarioita matkatuotoksista. Näissä skenaarioissa matkatuotosluvut olisivat nykyisestä poikkeavia. Se, miten tällaiset skenaariot luodaan, on tietenkin oma tutkimuskysymyksensä.

Seuraavaksi herää kuitenkin kysymys, miten asenteiden muutokset ym. voitaisiin ottaa huomioon mallijärjestelmän muissa osissa (mm. kulkutavanvalinnassa), kun estimointi joka tapauksessa pe-rustuu nykyiseen käyttäytymiseen.

Liite 6. Tuotoskertoimet

Tämä liite perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017. Seuraavassa taulukossa ovat 7 vuotta täyttäneiden matkatuotokset Helsingin seudulla aamuruuhkan, iltaruuhkan sekä päivä-, ilta- ja yöliikenteen aikaan (HEHA2012). Luvut sisältävät kaikki matkat, myös jalankulkumatkat.

Taulukko 40. Matkatuotokset Helsingin seudulla.

	matkaryhmä	ikäryhmä	7-17	18-29	18-29	30-49	30-49	50-64	50-64	65 v.	65 v.	kaikki
				HAP	EHAP	HAP	EHAP	HAP	EHAP	HAP	EHAP	
aamuruuhka	kotiperäiset työmatkat		0,003	0,411	0,363	0,450	0,478	0,450	0,389	0,014	0,002	0,311
	kotiperäiset koulumatkat		0,741									0,103
	kotiperäinen ostos ja asiointi		0,015	0,009	0,029	0,019	0,011	0,008	0,061	0,056	0,042	0,024
	kotiperäiset muut matkat		0,019	0,054	0,047	0,249	0,163	0,180	0,061	0,080	0,075	0,125
	työperäiset matkat			0,026	0,006	0,063	0,069	0,034	0,006	0,004		0,029
	muut kuin työ- tai kotiperäiset		0,012	0,032	0,014	0,041	0,011	0,011	0,010	0,004	0,008	0,019
iltaruuhka	kotiperäiset työmatkat		0,007	0,347	0,286	0,389	0,346	0,347	0,263	0,020	0,012	0,250
	kotiperäiset koulumatkat		0,250									0,035
	kotiperäinen ostos ja asiointi		0,080	0,148	0,152	0,206	0,118	0,210	0,186	0,187	0,199	0,168
	kotiperäiset muut matkat		0,523	0,219	0,190	0,391	0,281	0,218	0,178	0,262	0,184	0,300
	työperäiset matkat			0,106	0,053	0,118	0,140	0,127	0,071	0,005	0,002	0,078
	muut kuin työ- tai kotiperäiset		0,086	0,094	0,180	0,103	0,109	0,048	0,063	0,091	0,034	0,091
päivä-, ilta- ja yöaika	kotiperäiset työmatkat		0,007	0,475	0,411	0,234	0,355	0,213	0,258	0,048	0,005	0,219
	kotiperäiset koulumatkat		0,710									0,099
	kotiperäinen ostos ja asiointi		0,107	0,371	0,391	0,436	0,329	0,446	0,459	0,915	0,905	0,442
	kotiperäiset muut matkat		0,631	0,679	0,614	0,795	0,550	0,495	0,434	0,776	0,488	0,630
	työperäiset matkat			0,119	0,081	0,222	0,232	0,251	0,125	0,017		0,138
	muut kuin työ- tai kotiperäiset		0,209	0,191	0,302	0,146	0,172	0,156	0,099	0,277	0,233	0,191
yhteensä			3,398	3,282	3,119	3,861	3,364	3,195	2,663	2,757	2,189	3,251

Liite 7. Muiden kuin työ- tai kotiperäisten matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien Helsingin seudulla.

Taulukoista 41 ja 42 saadaan muiden kuin työ- tai kotiperäisten (MR6) matkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden matkojen lähtöpaikasta laskien Helsingin seudulla, henkilöauto-, joukkoliikenne ja polkupyörämatkoilla. Kertoimia käytetään, kun asuinalueiden generoimia MR6-matkoja projisoidaan tuotosvektorissa muille alueille. Näin on tehtävä, koska ko. matkaryhmien matkoilla asuinalue ei välttämättä ole lähtö- eikä määräpaikkana. Luvut on päivitetty HELMET-mallin version 3.0 mukaiseksi.

Taulukko 41. Pääkaupunkiseudun asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten henkilöauto-, joukkoliikenne ja polkupyörämatkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden.

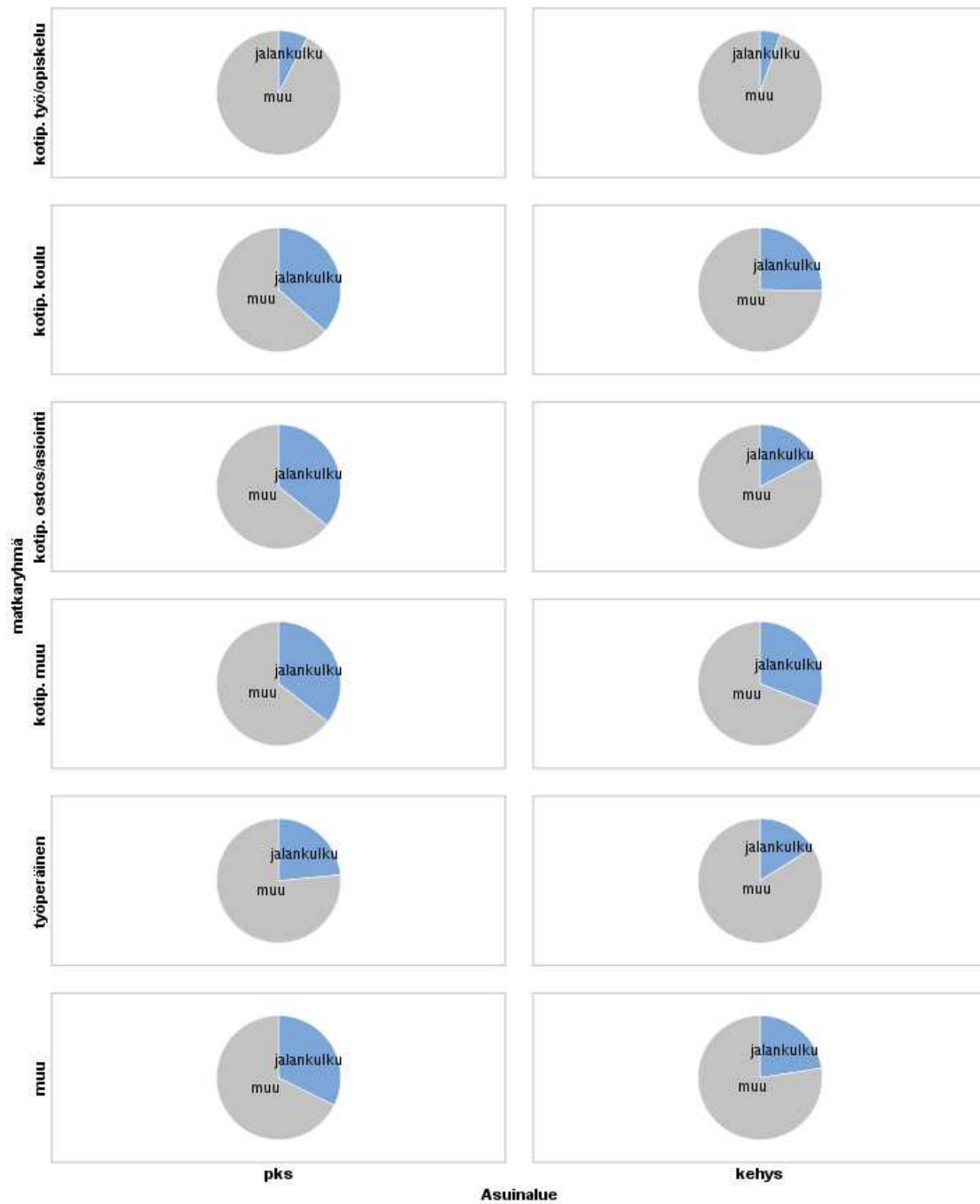
pääkaupunkiseudun asukkaat		HA/JL/PP-matkaa/asukas			HA/JL/PP-matkaa/työpaikka		
		aamu- ruuhka	ilta- ruuhka	päivä, ilta ja yö	aamu- ruuhka	ilta- ruuhka	päivä, ilta ja yö
HAP	kantakaupunki	0,0097	0,0424	0,0923	0,0075	0,0327	0,0712
	muu Helsinki	0,0095	0,0282	0,0383	0,0289	0,0854	0,1161
	Espoo ja Kauniainen	0,0100	0,0320	0,0558	0,0225	0,0724	0,1261
	Vantaa	0,0109	0,0288	0,0405	0,0212	0,0561	0,0790
	kehyskunnat		0,0069	0,0176		0,0232	0,0587
EHAP	kantakaupunki	0,0066	0,1413	0,2266	0,0051	0,1091	0,1750
	muu Helsinki		0,0194	0,0689		0,0587	0,2090
	Espoo ja Kauniainen		0,0265	0,0626		0,0598	0,1413
	Vantaa	0,0013	0,0302	0,0533	0,0025	0,0588	0,1038
	kehyskunnat	0,0020	0,0027	0,0009	0,0068	0,0090	0,0028

Taulukko 42. Kehyskuntien asukkaiden tekemien muiden kuin työ- tai kotiperäisten henkilöauto-, joukkoliikenne ja polkupyörämatkojen määrät asukasta ja työpaikkaa kohden.

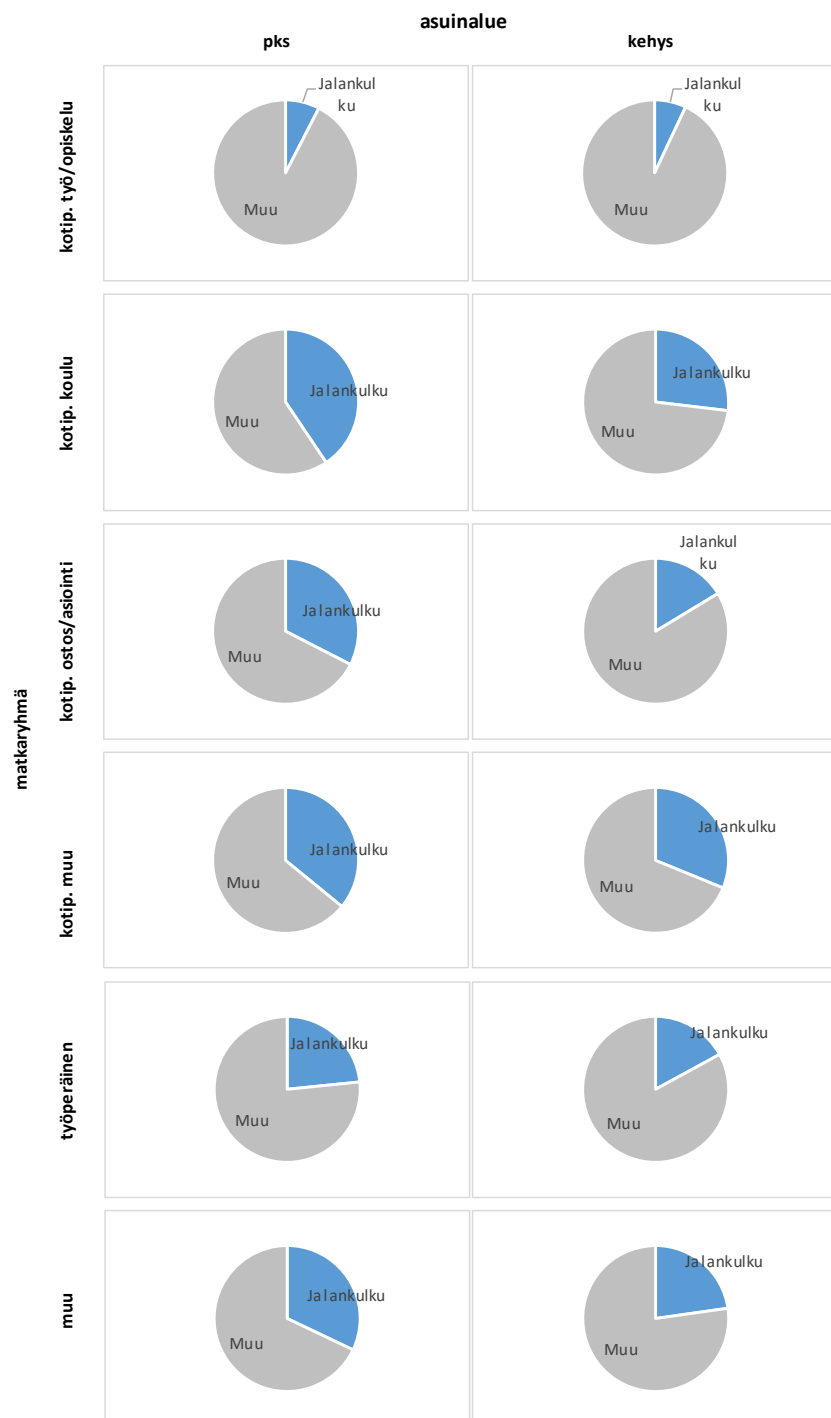
kehyskuntien asukkaat		HA/JL/PP-matkaa/asukas			HA/JL/PP-matkaa/työpaikka		
		aamu- ruuhka	ilta- ruuhka	päivä, ilta ja yö	aamu- ruuhka	ilta- ruuhka	päivä, ilta ja yö
HAP	kantakaupunki		0,00474	0,00629		0,00366	0,00485
	muu Helsinki		0,00078	0,00527		0,00236	0,01599
	Espoo ja Kauniainen	0,00065	0,00236	0,00383	0,00147	0,00533	0,00865
	Vantaa	0,00071	0,00415	0,00573	0,00138	0,00809	0,01116
	kehyskunnat	0,00979	0,02322	0,05373	0,03275	0,07766	0,17972
EHAP	kantakaupunki	0,00057	0,00337	0,0016	0,00044	0,0026	0,00124
	muu Helsinki		0,00018	7,6E-05		0,00056	0,00023
	Espoo ja Kauniainen	0,00105	0,00043	0,00078	0,00237	0,00097	0,00177
	Vantaa		0,00025	0,00058		0,00048	0,00114
	kehyskunnat	0,00282	0,00839	0,03143	0,00943	0,02806	0,10512

Liite 8. Jalankulun osuudet erityyppisistä matkoista pääkaupunkiseudulla ja kehyskunnissa

Tämä liite perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017.



Kuva 47. Jalankulun osuudet havaintoaineistossa.



Kuva 48. Jalankulun osuudet mallilla Emmessä laskettuna.

Liite 9. Jalankulkumallin kertoimet

Tämä liite perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017.

Taulukko 43. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden kotiperäisille työ- ja opiskelumatkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
autoa/asuntokunta keskimäärin	2.087	11.3	0.185	0.000	8.065	5.616	11.581
pysäköintikustannus	-0.531	-11.88	0.045	0.000	0.588	0.539	0.642
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.441	4.39	0.101	0.000	1.554	1.276	1.892
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.144	1.42	0.101	0.154	1.155	0.947	1.407
<u>ikäryhmä:</u>				0.000			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	1.984	1.48	1.344	0.140	7.268	0.521	101.4
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	1.806	11.48	0.157	0.000	6.086	4.471	8.285
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	1.511	9.76	0.155	0.000	4.531	3.345	6.138
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	1.262	7.67	0.164	0.000	3.532	2.559	4.876
EHAP, binäärimuuttuja	-0.655	-7.48	0.088	0.000	0.519	0.437	0.617

pääkaupunkiseudun asukkaat, kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat N=8991, Cox & Snell R²= 0,595

Taulukko 44. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden kotiperäisille työ- ja opiskelumatkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
asukastiheys/1000	0.133	2.94	0.045	0.003	1.143	1.045	1.249
autoa/asuntokunta keskimäärin	1.682	6.28	0.268	0.000	5.377	3.182	9.087
<u>ajankohta:</u>				0.236			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.242	1.65	0.146	0.098	1.274	0.956	1.698
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.173	1.13	0.152	0.257	1.188	0.882	1.602
<u>ikäryhmä:</u>				0.000			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	-1.766	-2.6	0.678	0.009	0.171	0.045	0.646
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	0.695	1.34	0.519	0.180	2.004	0.725	5.542
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.812	1.58	0.514	0.114	2.253	0.822	6.175
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	0.471	0.915	0.514	0.360	1.601	0.584	4.390
EHAP, binäärimuuttuja	-1.738	-13.38	0.130	0.000	0.176	0.136	0.227
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	0.537	0.865	0.620	0.387	1.710		

kehyskuntien asukkaat, kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat N=5834, Cox & Snell R²= 0,064, ilman vakioita 0,639

Taulukko 45. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden kotiperäisille koulumatkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
erillispientalojen osuus (arvo 0 ja 1 välillä)	0.845	8.51	0.099	0.000	2.327	1.916	2.827
pysäköintikustannus	-0.449	-4.51	0.100	0.000	0.638	0.525	0.776
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.193	2.69	0.072	0.007	1.213	1.054	1.396
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.482	4.05	0.119	0.000	1.619	1.282	2.043

pääkaupunkiseudun asukkaat, kotiperäiset koulumatkat N=2536, Cox & Snell R²= 0,079

Taulukko 46. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden kotiperäisille koulumatkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
erillispientalojen osuus (arvo 0 ja 1 välillä)	0.688	2.02	0.340	0.043	1.989	1.021	3.876
autoa/asutokunta keskimäärin	1.224	3.56	0.344	0.000	3.401	1.733	6.675
<u>ajankohta:</u>				0.001			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.268	2.63	0.102	0.008	1.307	1.071	1.595
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.542	3.54	0.153	0.000	1.719	1.274	2.320
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	-1.270	-4.72	0.269	0.000	0.281		

kehyskuntien asukkaat, kotiperäiset koulumatkat N=2372, Cox & Snell R²= 0,069, ilman vakioita 0,234

Taulukko 47. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
asukastiheys/1000	-0.034	-6.47	0.005	0.000	0.967	0.957	0.977
erillispientalojen osuus (arvo 0 ja 1 välillä)	0.321	2.11	0.152	0.035	1.378	1.023	1.857
autoa/asuntokunta keskimäärin	1.429	14.7	0.097	0.000	4.174	3.450	5.050
pysäköintikustannus	-0.153	-3.36	0.046	0.001	0.858	0.785	0.938
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.907	5.89	0.154	0.000	2.476	1.831	3.348
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.096	1.67	0.057	0.095	1.100	0.984	1.231
<u>ikäryhmä:</u>				0.069			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	0.344	2.5	0.138	0.012	1.411	1.077	1.847
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	-0.053	-0.702	0.075	0.482	0.948	0.818	1.099
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.044	0.648	0.068	0.517	1.045	0.915	1.194
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	-0.012	-0.172	0.069	0.864	0.988	0.863	1.131
EHAP, binäärimuuttuja	-0.484	-9.49	0.051	0.000	0.616	0.557	0.681

pääkaupunkiseudun asukkaat, kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat N=7925, Cox & Snell $R^2=0,194$

Taulukko 48. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
autoa/asuntokunta keskimäärin	2.970	21.72	0.137	0.000	19.497	14.912	25.491
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.857	3.79	0.226	0.000	2.357	1.514	3.670
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.147	1.65	0.089	0.099	1.158	0.973	1.379
<u>ikäryhmä:</u>				0.000			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	0.675	3.72	0.181	0.000	1.964	1.377	2.803
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	-0.055	-0.458	0.119	0.647	0.947	0.750	1.196
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.274	2.64	0.104	0.008	1.315	1.073	1.612
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	0.138	1.37	0.101	0.171	1.148	0.942	1.398
EHAP, binäärimuuttuja	-1.145	-14.4	0.079	0.000	0.318	0.272	0.372
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	-1.716	-10.86	0.158	0.000	0.180		

kehyskuntien asukkaat, kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat N=5391, Cox & Snell $R^2=0,189$, ilman vakioita 0,407

Taulukko 49. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden muille kotiperäisille matkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
asukastiheys/1000	-0.008	-2.49	0.003	0.013	0.992	0.985	0.998
autoa/asuntokunta keskimäärin	0.737	14.51	0.051	0.000	2.090	1.892	2.309
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	-0.355	-5.44	0.065	0.000	0.701	0.617	0.797
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.005	0.1	0.047	0.920	1.005	0.917	1.101
<u>ikäryhmä:</u>				0.000			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	0.429	5.34	0.080	0.000	1.535	1.312	1.797
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	0.662	9.67	0.068	0.000	1.938	1.695	2.217
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.228	3.96	0.057	0.000	1.256	1.122	1.406
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	0.180	2.75	0.066	0.006	1.198	1.053	1.362
EHAP, binäärimuuttuja	-0.386	-8.41	0.046	0.000	0.679	0.621	0.743

pääkaupunkiseudun asukkaat, kotiperäiset muut matkat N=11031, Cox & Snell $R^2=0,109$

Taulukko 50. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden muille kotiperäisille matkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
autoa/asuntokunta keskimäärin	0.438	5.83	0.075	0.000	1.549	1.337	1.795
<u>ajankohta:</u>				0.001			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	-0.232	-3.12	0.074	0.002	0.793	0.686	0.918
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.083	1.52	0.055	0.129	1.087	0.976	1.211
<u>ikäryhmä:</u>				0.000			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	0.847	8.37	0.101	0.000	2.333	1.913	2.845
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	0.144	1.56	0.093	0.120	1.155	0.963	1.385
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.296	3.82	0.077	0.000	1.345	1.155	1.565
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	-0.081	-0.958	0.084	0.338	0.923	0.782	1.088
EHAP, binäärimuuttuja	-0.652	-9.49	0.069	0.000	0.521	0.455	0.596
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	0.213	1.89	0.113	0.059	1.237		

kehyskuntien asukkaat, kotiperäiset muut matkat N=8542, Cox & Snell $R^2=0,029$, ilman vakioita 0,159

Taulukko 51. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden työperäisille matkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	2.151	8.69	0.247	0.000	8.590	5.289	13.953
iltaruuhka, binäärimuuttuja	1.164	10.9	0.107	0.000	3.203	2.598	3.949
EHAP, binäärimuuttuja	-0.669	-7.15	0.094	0.000	0.512	0.426	0.615
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	0.989	15	0.066	0.000	2.689		

pääkaupunkiseudun asukkaat, työperäiset matkat N=2964, Cox & Snell R^2 = 0,085, ilman vakioita 0,278

Taulukko 52. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden työperäisille matkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
<u>ajankohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	1.572	5.74	0.274	0.000	4.816	2.817	8.235
iltaruuhka, binäärimuuttuja	1.627	8.14	0.200	0.000	5.087	3.438	7.526
EHAP, binäärimuuttuja	-1.245	-6.62	0.188	0.000	0.288	0.199	0.416
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	1.346	15.5	0.087	0.000	3.843		

kehyskuntien asukkaat, työperäiset matkat N=1647, Cox & Snell R^2 = 0,081

Taulukko 53. Jalankulun erotteleva malli pääkaupunkiseudun asukkaiden muille kuin työ- ja kotiperäisille matkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
<u>ajan kohta:</u>				0.000			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	0.457	2.45	0.186	0.014	1.579	1.096	2.274
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.433	5.27	0.082	0.000	1.541	1.312	1.810
<u>ikäryhmä:</u>				0.000			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	0.081	0.613	0.133	0.540	1.085	0.836	1.406
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	0.462	4.01	0.115	0.000	1.587	1.266	1.990
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.345	3.03	0.114	0.002	1.411	1.130	1.763
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	0.500	3.74	0.134	0.000	1.648	1.269	2.141
EHAP, binäärimuuttuja	-0.853	-10.14	0.084	0.000	0.426	0.362	0.503
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	0.795	8.11	0.098	0.000	2.215		

pääkaupunkiseudun asukkaat, muut kuin koti- ja työperäiset matkat N=3757, Cox & Snell R^2 = 0,058, ilman vakioita 0,174

Taulukko 54. Jalankulun erotteleva malli kehyskuntien asukkaiden muille kuin työ- ja kotiperäisille matkoille.

muuttuja	kerroin	t-arvo	keskivirhe	riskiaste	exp(kerroin)	95% luottamusväli exp(kerroin)	
						alaraja	yläraja
<u>ajan kohta:</u>				0.002			
aamuruuhka, binäärimuuttuja	1.031	3.46	0.298	0.001	2.803	1.564	5.025
iltaruuhka, binäärimuuttuja	0.071	0.594	0.120	0.553	1.074	0.849	1.358
<u>ikäryhmä:</u>				0.040			
07-17 -vuotias, binäärimuuttuja	0.177	0.961	0.184	0.337	1.194	0.832	1.713
18-29 -vuotias, binäärimuuttuja	0.442	2.33	0.190	0.020	1.556	1.072	2.257
30-49 -vuotias, binäärimuuttuja	0.464	2.72	0.171	0.007	1.590	1.138	2.221
50-64 -vuotias, binäärimuuttuja	0.184	1.02	0.181	0.310	1.201	0.843	1.712
EHAP, binäärimuuttuja	-1.436	-11.17	0.129	0.000	0.238	0.185	0.306
muu kulkutapa, vaihtoehtokohtainen vakio	1.548	10.78	0.144	0.000	4.700		

kehyskuntien asukkaat, muut kuin koti- ja työperäiset matkat N=2296, Cox & Snell R^2 = 0,099, ilman vakioita 0,341

Liite 10. Kulikutapa- ja suuntautumismallien kertoimet

Tämä liite perustuu pitkälti muistioon Pastinen ym. 2017. Taulukoissa PKS tarkoittaa pääkaupunki-seudun asukkaiden mallia ja KEHYS kehyskuntien asukkaiden mallia.

Kotiperäisten ostos- ja asiointimatkojen sekä kotiperäisten muiden matkojen kertoimet ovat (kulku-tavanvalintamallin vaihtoehtokohtaisia vakioita lukuun ottamatta) samat, koska matkaryhmät on es-timoitu yhtenä mallina. (HELMET 2.1:ssä nämä matkaryhmät kalibroitiin erikseen myös suuntautu-misen osalta, jolloin kertoimet eriytyivät.)

Taulukko 55. Kulikutavanvalinta- ja suuntautumismallit kotiperäisille työ- ja opiskelumatkoille.

	kerroin ja sen alla t-arvo	PKS	KEHYS
Kulikutavanvalintamalli	roo2(c)	0,1662	0,2808
	Ln (etäisyys + 1) (PP)	-2,4597 -30,6	-2,4751 -27,4
	Matka-aika (HA)	-0,0548 -9,3	-0,0451 yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0337 -14,3	-0,0230 yl. vastus**
	Ajokustannukset (HA)	-0,1431 -2,5	-0,2608 -18,1
	Kustannukset (JL)	-0,3986 -6,1	-0,1332 -13,5
	Pysäköintikustannukset (HA)	-0,9203 -15,8	-1,1539 -13,3
	Autoa per asuntokunta (HA)	1,4314 16,3	1,1232 12,2
	PP binäärimuuttuja (PP)	1,1692 9,9	2,8187 19,5
	HA binäärimuuttuja (HA)	-2,2745 -19,6	-0,2295 0,0
	roo2(0)	0,4507	0,3848
	Logsum kulikutavanvalintamallista	0,9400 54,6	1,0685 83,9
	<u>Kokotekijä:</u>	1	1
	Työpaikat yhteensä + 1	1 -	1 -
	Oppilaspaikat 2.-3. aste	0,3992 -13,8	0,1248 -11,3
Suuntautumismalli			

*) Yleistetty matkavastus: Matka-aika (HA): $-0,0451 = 0,173 * (-0,2608)$

**) Yleistetty matkavastus: Painotettu kokonaismatka-aika (JL): $-0,023 = 0,173 * (-0,1332)$

Taulukko 56. Suuntautumismallit kotiperäisille koulumatkoille.

	kerroin ja sen alla t-arvo	PKS	KEHYS
Kulikutapamalli on etäisyysjakauma			
	roo2(0)	0,6671	0,7988
Suuntautumismalli		3,2430	6,9735
	Binäärimuuttuja, oma kunta	10,8	34,1
		-0,3385	-0,2908
	Etäisyys (PP), oma kunta	-28,7	-18,9
		-0,2053	-0,0020
	Etäisyys (PP), eri kunta	-9,5	-9,3
	Ln (asukasluku)	0,3915	0,5256
		13,9	13,0

Taulukko 57. Kulikutavanvalinta- ja suuntautumismallit kotiperäisille ostos- ja asiointimatkoille.

	kerroin ja sen alla t-arvo	PKS	KEHYS
	roo2(c)	0,1945	0,1967
	Ln (etäisyys + 1) (PP)	-2,4953	-2,3147
		34,5	-32,9
	Matka-aika (HA)	-0,0690	-0,0486
		-8,3	yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0262	-0,0146
		-12,0	yl. vastus**
	Ajokustannukset (HA)	-0,2324	-0,4420
		-3,0	-17,6
	Kustannukset (JL)	-0,6020	-0,1332
		-10,7	-9,0
	Pysäköintikustannukset (HA)	-1,1410	-0,8698
		-24,7	-8,1
	Autoa per asuntokunta (HA)	1,6129	0,4910
		21,7	5,2
	PP binäärimuuttuja (PP)	0,2674	3,1808
		3,3	28,9
	HA binäärimuuttuja (HA)	-1,7157	2,1105
		-12,9	17,7
	roo2(0)	0,5161	0,5965
	Logsum kulikutavanvalintamallista	1,7261	1,6601
		105,9	122,0
Suuntautumismalli	<u>Kokotekijä:</u>	1	1
		1	1
	Asukkaat + 1	-	-
		18,3830	8,9005
	Palvelun työpaikat	54,8	35,0
		31,4835	22,1924
	Vähittäiskaupan työpaikat	65,6	59,0

*) Yleistetty matkavastus: Matka-aika (HA) : $-0,0486 = 0,110 * (-0,442)$ **) Yleistetty matkavastus: Painotettu kokonaismatka-aika (JL): $-0,0146 = 0,110 * (-0,1332)$

Taulukko 58. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit kotiperäisille muille matkoille.

kerroin ja sen alla t-arvo		PKS	KEHYS
Kulutavanvalintamalli	roo2(c)	0,1945	0,1967
	Ln (etäisyys + 1) (PP)	-2,4953 34,5	-2,3147 -32,9
	Matka-aika (HA)	-0,0690 -8,3	-0,0486 yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0262 -12,0	-0,0146 yl. vastus**
	Ajokustannukset (HA)	-0,2324 -3,0	-0,4420 -17,6
	Kustannukset (JL)	-0,6020 -10,7	-0,1332 -9,0
	Pysäköintikustannukset (HA)	-1,1410 -24,7	-0,8698 -8,1
	Autoa per asuntokunta (HA)	1,6129 21,7	0,4910 5,2
	PP binäärimuuttuja (PP)	0,4221 3,3	4,0767 28,9
	HA binäärimuuttuja (HA)	-1,6765 -12,9	2,5915 17,7
	roo2(0)	0,5161	0,5965
	Logsum kulutavanvalintamallista	1,7261 105,9	1,6601 122,0
	<u>Kokotekijä:</u>	1	1
	Asukkaat + 1	-	-
Suuntautumismalli	Palvelun työpaikat	18,3830 54,8	8,9005 35,0
	Vähittäiskaupan työpaikat	31,4835 65,6	22,1924 59,0

*) Yleistetty matkavastus: Matka-aika (HA) : $-0,0486 = 0,110 * (-0,442)$ **) Yleistetty matkavastus: Painotettu kokonaismatka-aika (JL): $-0,0146 = 0,110 * (-0,1332)$

Taulukko 59. Kulkutavanvalinta- ja suuntautumismallit työperäisille matkoille.

	kerroin ja sen alla t-arvo	PKS	KEHYS
Kulkutavanvalintamalli	roo2(c)	0,1254	0,2454
	Ln (etäisyys + 1) (PP)	-2,3381	-3,2715
		-17,3	-12,7
	Matka-aika (HA)	-0,1028	-0,1152
		-8,9	yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0411	-0,0589
		-9,6	yl. vastus**
	Ajokustannukset (HA)	-0,0399	-0,4702
		-0,3	-12,8
	Kustannukset (JL)	-0,2417	-0,2406
		-3,2	-11,0
	Pysäköintikustannukset (HA)	-0,5612	-0,5560
		-6,9	-4,0
	PP binäärimuuttuja (PP)	0,1409	1,4548
Suuntautumismalli		0,0	2,9
	HA binäärimuuttuja (HA)	-0,5512	0,3691
		-2,5	2,2
	roo2(0)	0,3692	0,1947
	Logsum kulkutavanvalintamallista	1,0582	0,5432
		35,8	35,0
	Kokotekijä:	1	1
	Asukkaat + 1	1	1
		-	-
	Palvelun työpaikat	8,0883	3,9511
		19,2	9,2
	Vähittäiskaupan työpaikat	16,3249	18,8163
		27,1	29,2

*) Yleistetty matkavastus: Matka-aika (HA) : $-0,1152 = 0,245 * (-0,4702)$ **) Yleistetty matkavastus: Painotettu kokonaismatka-aika (JL): $-0,0589 = 0,245 * (-0,2406)$

Taulukko 60. Kulutavanvalinta- ja suuntautumismallit muille kuin työ- tai kotiperäisille matkoille.

	kerroin ja sen alla t-arvo	PKS	KEHYS
Kulutavanvalintamalli	roo2(c)	0,1806	0,1604
	Ln (etäisyys + 1) (PP)	-3,1377	-2,2093
		-15,9	-14,2
	Matka-aika (HA)	-0,1203	-0,0735
		-7,7	yl. vastus*
	Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0450	-0,0149
		-10,8	-3,7
	Ajokustannukset (HA)	-0,3941	-0,5367
		-2,6	-11,6
	Kustannukset (JL)	-0,7893	-0,5504
		-7,5	-6,8
	Pysäköintikustannukset (HA)	-0,9631	-1,0974
		-11,2	-6,0
Suuntautumismalli	PP binäärimuuttuja (PP)	-0,7305	1,9981
		-2,3	6,6
	HA binäärimuuttuja (HA)	-1,1973	1,7349
		-4,5	9,5
	roo2(0)	0,5038	0,4884
	Logsum kulutavanvalintamallista	1,1319	1,1527
		46,9	49,0
	Kokotekijä:	1	1
	Asukkaat + 1	1	1
		-	-
	Palvelun työpaikat	6,3861	3,7132
		16,0	7,6
	Vähittäiskaupan työpaikat	26,9436	22,7844
		35,8	31,3

*) Yleistetty matkavastus: Matka-aika (HA) : $-0,0735 = 0,137 * (-0,5367)$

Liite 11. Generaatio-atraktio-suunnattujen matkojen kääntötarve eri ajankohtina Helsingin seudulla.

Tämän liitteen taulukoista käy ilmi, kuinka suurella osalla kunkin alueen generoimista matkoista generointialue onkin määräpaikkana. Taulukoita on päivitetty HELMET 3.0 -mallin mukaisiksi. Käytännössä ne eivät ole juurikaan muuttuneet aiempiin HELMET-versioihin verrattuna. Jalankulkumatkoille kääntämistä ei kuitenkaan tehdä.

Taulukko 61. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla.

ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	muu Helsinki	1 %	0 %	0 %	1 %	2 %
	Espoo ja Kauniainen	1 %	0 %	2 %	4 %	3 %
	Vantaa	1 %	0 %	0 %	3 %	2 %
	kehyskunnat	1 %	0 %	2 %	4 %	2 %
iltaruuhka	kantakaupunki	88 %	87 %	98 %	98 %	100 %
	muu Helsinki	97 %	97 %	97 %	94 %	100 %
	Espoo ja Kauniainen	97 %	97 %	97 %	93 %	100 %
	Vantaa	95 %	98 %	98 %	95 %	100 %
	kehyskunnat	99 %	100 %	99 %	96 %	94 %
päivä-, ilta- ja yöaika	kantakaupunki	49 %	51 %	48 %	56 %	50 %
	muu Helsinki	52 %	57 %	62 %	54 %	56 %
	Espoo ja Kauniainen	57 %	67 %	55 %	52 %	74 %
	Vantaa	58 %	55 %	53 %	55 %	57 %
	kehyskunnat	48 %	47 %	48 %	47 %	56 %

Taulukko 62. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä koulumatkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	muu Helsinki	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Espoo ja Kauniainen	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	Vantaa	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	kehyskunnat	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
iltaruuhka	kantakaupunki	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	muu Helsinki	87 %	96 %	100 %	100 %	100 %
	Espoo ja Kauniainen	100 %	100 %	94 %	100 %	100 %
	Vantaa	100 %	100 %	100 %	94 %	100 %
	kehyskunnat	100 %	100 %	100 %	100 %	92 %
päivä-, ilta- ja yöaika	kantakaupunki	70 %	80 %	80 %	80 %	80 %
	muu Helsinki	85 %	83 %	80 %	80 %	80 %
	Espoo ja Kauniainen	80 %	100 %	78 %	80 %	80 %
	Vantaa	80 %	87 %	80 %	80 %	80 %
	kehyskunnat	80 %	83 %	70 %	91 %	83 %

Taulukko 63. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	8 %	10 %	10 %	10 %	10 %
	muu Helsinki	4 %	10 %	10 %	10 %	10 %
	Espoo ja Kauniainen	0 %	10 %	27 %	10 %	0 %
	Vantaa	6 %	0 %	0 %	25 %	10 %
	kehyskunnat	3 %	0 %	10 %	16 %	20 %
iltaruuhka	kantakaupunki	73 %	64 %	60 %	60 %	60 %
	muu Helsinki	73 %	56 %	60 %	51 %	56 %
	Espoo ja Kauniainen	71 %	77 %	63 %	48 %	57 %
	Vantaa	70 %	52 %	44 %	56 %	59 %
	kehyskunnat	92 %	91 %	60 %	48 %	58 %
päivä-, ilta- ja yöaika	kantakaupunki	52 %	50 %	50 %	58 %	50 %
	muu Helsinki	48 %	58 %	57 %	57 %	50 %
	Espoo ja Kauniainen	54 %	38 %	56 %	56 %	46 %
	Vantaa	56 %	52 %	59 %	56 %	52 %
	kehyskunnat	55 %	39 %	56 %	60 %	54 %

Taulukko 64. Kotoa pois päin käännettävien matkojen osuudet kotiperäisillä muilla matkoilla.

Ajankohta	asuinalue	määräpaikka koti				
		kanta- kaupunki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys- kunnat
aamuruuhka	kantakaupunki	20 %	30 %	0 %	10 %	10 %
	muu Helsinki	13 %	26 %	7 %	5 %	10 %
	Espoo ja Kauniainen	4 %	32 %	19 %	7 %	10 %
	Vantaa	3 %	11 %	0 %	16 %	12 %
	kehyskunnat	1 %	18 %	4 %	19 %	20 %
iltaruuhka	kantakaupunki	43 %	57 %	51 %	77 %	50 %
	muu Helsinki	44 %	35 %	82 %	55 %	72 %
	Espoo ja Kauniainen	48 %	57 %	41 %	55 %	45 %
	Vantaa	41 %	44 %	37 %	43 %	28 %
	kehyskunnat	64 %	52 %	42 %	42 %	41 %
päivä-, iltaja yöaika	kantakaupunki	65 %	58 %	71 %	51 %	60 %
	muu Helsinki	65 %	60 %	51 %	63 %	57 %
	Espoo ja Kauniainen	64 %	59 %	61 %	51 %	58 %
	Vantaa	69 %	62 %	67 %	62 %	61 %
	kehyskunnat	75 %	67 %	70 %	64 %	60 %

Taulukko 65. Työpaikalta pois päin käännettävien matkojen osuudet työperäisillä matkoilla.

ajankohta	asuinalue	määräpaikka työpaikka				
		kanta-kau- punki	muu Helsinki	Espoo ja Kauniainen	Vantaa	kehys-kun- nat
aamuruuhka	kantakaupunki	75 %	97 %	96 %	95 %	93 %
	muu Helsinki	79 %	85 %	97 %	90 %	100 %
	Espoo ja Kauniainen	87 %	90 %	91 %	100 %	100 %
	Vantaa	90 %	90 %	100 %	86 %	81 %
	kehyskunnat	90 %	59 %	100 %	90 %	94 %
iltaruuhka	kantakaupunki	13 %	6 %	4 %	2 %	3 %
	muu Helsinki	21 %	9 %	3 %	4 %	33 %
	Espoo ja Kauniainen	4 %	15 %	11 %	0 %	4 %
	Vantaa	0 %	17 %	1 %	11 %	2 %
	kehyskunnat	20 %	18 %	4 %	10 %	15 %
päivä-, iltaja yöaika	kantakaupunki	44 %	41 %	26 %	34 %	46 %
	muu Helsinki	34 %	45 %	48 %	32 %	35 %
	Espoo ja Kauniainen	38 %	45 %	36 %	53 %	26 %
	Vantaa	50 %	28 %	18 %	38 %	43 %
	kehyskunnat	28 %	17 %	40 %	54 %	37 %

Liite 12. Estimoinneissa käytetyt väestö- ja työpaikkamäärät.

Muuttujat on päivitetty mallin päivityksen yhteydessä. Koska ennuste lasketaan 1918 alueelle, aluekohtaisia lukuja ei ole sisällytetty tähän raporttiin.

muuttuja	selitys, lähde
Sijoittelualueen numero	Sijoittelualuejako 2016, jossa on 1753 aluetta Helsingin seudulla (891 vuoden 2013 jaossa). Alueiden määrä ympäryskunnissa on edelleen 165.
Väestö (yhteensä)	PKS: SeutuCD: Rakennustasoinen väestö 2008, 2012 ja 2016. Muu alue: YKR väestötiedot 2008, 2012 ja 2016 Rakennuksiin sijoittumaton väestö (erityisesti laitospväestö) jätetty tarkastelun ulkopuolelle.
Työpaikat yhteensä	PKS: SeutuCD'10: Yritysten ja julkisyhteisöjen toimipaikat 2008 Muu: YKR - Työpaikat vuonna 2007 Uusimaa: SeutuCD'14: Yritysten ja julkisyhteisöjen toimipaikat 2012 ja SeutuCD'16: Yritysten, julkisten ja voittoa tavoittelemattomien yhteisöjen toimipaikat 2014 Riihimäen seutu: YKR - Työpaikat vuonna 2012 ja 2014
Vähittäiskaupan työpaikat ja palvelutyöpaikat	PKS: SeutuCD'10: Yritysten ja julkisyhteisöjen toimipaikat 2008 muu alue: YKR - Työpaikat vuonna 2007 Uusimaa: SeutuCD'14: Yritysten ja julkisyhteisöjen toimipaikat 2012 ja SeutuCD'16: Yritysten ja julkisyhteisöjen toimipaikat 2014 Riihimäen seutu: YKR - Työpaikat vuonna 2012 ja 2014 Työpaikkamäärät on summattu kolmeen ryhmään: vähittäiskauppa (TOL-luokat 45 ja 47), varsinaiset (TOL-luokat I, P, Q, R, 95, 96) ja muut (TOL-luokat J, K, L, M, N, O, 94) ⁴⁶
Myymälöiden kerrosala	Versiossa 3.0 muuttuja on korvattu vähittäiskaupan työpaikkamäärällä.
Oppilaspaikat	Oppilaspaikat lukio + ammattikoulu + AMK + yliopisto. Tilastokeskuksen Oppilaitosrekisteri 2009 ja 2012. Jos yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen oppilaspaikat on sijoitettu yhteen pisteeseen, ne on yritetty jakaa eri sijoittelualueilla toimiville kampuksille.
Autoja / asuntokunta	ks. muuttuja APERAK, Liite 13

⁴⁶ PKS ulkopuolella 2007 sekä Riihimäen seudulla 2012 ja 2014 järjestöjen toiminta (94) kuuluu ryhmään varsinaiset, koska luokassa S ei ole tarkempaa erittelyä.

Liite 13. Autonomistumallin muuttujat.

Muuttujat on päivitetty mallin päivityksen yhteydessä. Taulukossa ovat versiossa 3.0 käytetyt muuttujat.⁴⁷ . Koska ennuste lasketaan 1918 alueelle, aluekohtaisia lukuja ei ole sisällytetty tähän raporttiin.

lyhenne	alkuperäinen muuttujanimi
Sijoittelualueen numero	Sijoittelualuejako 2016, jossa on 1753 aluetta Helsingin seudulla (891 vuoden 2013 jaossa). Alueiden määrä ympäryskunnissa on edelleen 165.
OSUUS_0	AUTOTTOMIA ASUNTOKUNTIA (%) Lähde: YKR Asuntokunnat ja autonomistus 2007 ja 12/2010 Jos ruudussa (250m*250m) asuu vain yksi asuntokunta, autonomistustietoja ei ole saatavissa. Prosenttiosuudet on laskettu niistä asuntokunnista, joiden autonomistus on tiedossa.
OSUUS_1	YHDEN AUTON ASUNTOKUNTIA (%) kuten edellinen
OSUUS_2PLUS	KAHDEN TAI USEAMMAN AUTON ASUNTOKUNTIA (%) kuten edellinen
APERAK	Autoa asuntokuntaa kohti Laskettu edellisistä kaavalla $APERAK = OSUUS_1/100 + 2.334074 * OSUUS_2PLUS/100$
med_tulo	Mediaanitulo YKR-ruutuaineistosta laskettiin osa-alueiden mediaanitulojen keskiarvo ennustealueittain (enn13). Laskennasta poistettiin sellaiset YKR-ruudut, joissa on vähän asuntokuntia tai epänormaalin suuri mediaanitulo. Versiossa 2.1 käytetty ennustealuekohtaiset (enn13) luvut monistettiin versiota 3.0 varten niille sijoittelualueille (sij16), jotka kuuluvat ko. ennustealueeseen.
astih_as	ASUKASTIHEYS ASUTUISSA RUUDUISSA (väestö / asuttujen ruutujen pinta-ala (km ²)) Maapinta-ala: CORINE Land Cover 2012: tiedot laskettu 20 m x 20 m pikseleistä 250 m x 250 m ruutuihin. Corine-aineistosta on käytetty saraketta "Maa-ala, prosenttia", josta on vähennetty meri, järvet, joet ja kosteikot. Asuttujen ruutujen pinta-ala YKR Väestö 2012 ja 2016 sekä CORINE Land Cover 2012. Valittiin Corine-aineistosta ruudut, joissa on YKR-väestöaineiston mukaan asukkaita. Nämä ruudut leikattiin osiin sijoittelualueittain osiin, ja pinta-alat laskettiin, kuten yllä on kuvattu. Asukasmäärät: Pääkaupunkiseutu: SeutuCD - Rakennustasoinen väestö 8/2012 ja 2016.

⁴⁷ Versiossa 2.0 käytettiin samoja muuttujia kuin tässä kahta poikkeusta lukuun ottamatta: 1) mediaanitulo laskettiin 2.0:ssa ja 2.1:ssä eri tavalla ja 2) pysäköintikustannus lisättiin versioon 2.1.

	Muu alue: YKR - Väestötiedot 2012 ja 2016 ruudun keskipisteen mukaan
<i>askert_ala_os</i>	KERROSTALOJEN OSUUS (%) Pääkaupunkiseutu: SeutuCD'12: Rakennukset ja SeutuCD'16: Rakennukset. Asuinrakennusten kerrosala laskettu sarakkeesta KERALA, puuttuvat tiedot jätetty huomioimatta. Erillispientaloja ovat omakotitalot ja paritalot (KATAKER-luokat 11,12,13) ja asuinkerrostaloja luhtitalot ja muut kerrostalot (luokat 32, 39). Muu alue: YKR Rakennukset 2012 ja 2016. YKR-ruudut on summattu sijoittelualueisiin ruudun keskipisteen mukaan. Jos ruudussa on vain yksi rakennus, sen käyttötarkoitusta tai kerrosalatietoja ei ole saatavissa. Kerrosalat on laskettu sarakkeista "asuin_ala" (kaikki asuinrakennukset), "erpien_ala" (erilliset pientalot) ja "askert_ala" (asuinkerrostalot). Tiedot vastaavat määritelmältään Seutu-CD:n tietoja.
<i>erpien_ala_os</i>	ERILLISPIENTALOJEN OSUUS (%) kuten edellinen
<i>ylsuh</i>	joukkoliikenteen ja henkilöauton yleistetyn matkavastuksen suhde AHT painotettuna HA+JL matkamäärillä (ks. Liite 4)
<i>pysk_muu</i>	pysäköintikustannus muilla kuin työperäisillä matkoilla (ks. Liite 3)

Liite 14. Vastusten laskenta.

Matka-ajat ja etäisyydet laskettiin sijoittelemalla vuosien 2008 ja 2012 kysyntämatriisit vuoden 2016 verkolle, jossa on Kehärata, mutta ei Länsimetroa. Näin tehtiin, koska liikennejärjestämäkuvausten tekotapaa oli muutettu ja niiden taannutus vuodesta 2016 vuosiin 2008 ja 2012 olisi ollut liian työlästä ja aikaa vievää.

Vastusten laskenta tehtiin joukkoliikenteen osalta koko linjastolle, jossa Emme-sijoittelun mukaiset vastukset tallennettiin sellaisenaan. HELMET-versiota 3.0 varten nousuvastukset tarkistettiin Trafixin työn (Keränen & Supponen 2017) ehdotuksen mukaisesti, mutta muuten joukko- ja autoliikenteen sijoitteluparametrit pidettiin ennallaan.

Joukkoliikennesijoittelun painokertoimet ja muut parametrit perussijoittelussa olivat

- linjakohtaiset nousuvastukset (Boarding Times)
 - o HSL:n busseille (mod=b) 10,0 minuuttia
 - o runkobusseille (mod=g) 7,5 minuuttia
 - o VALLU-busseille (mod=de) 12,0 minuuttia
 - o metrolle ja lähijunille (mod=rjm) 3,0
 - o raitiovaunuille ja pikaraitiovaunuille (mod=tp) 3,0
- odotusajan kerroin 0,3 (Wait time factor)
- odotusajan painokerroin 1,5 (Wait time weight)
- liityntäkävelyajan painokerroin 1,5 (Auxiliary transit time weight)
- nousun painokerroin 1,0 (Boarding time weight).

Ajoneuvo- ja kevyen liikenteen vastukset

Ajoneuvojen (henkilöautojen) osalta vastukset laskettiin aamu-, päivä- ja iltatilanteisiin. Sijoittelu tehtiin yleistetyn matkavastuksen mukaisena, jossa Emme-ohjelmassa reitinvalintaan vaikuttaa viivytysfunktioiden perusteella lasketun matka-ajan lisäksi myös matkan pituus (ja ruuhkamaksu, jos sellainen olisi nykytilanteessa ollut käytössä)⁴⁸. Matkan pituuden painona käytettiin arvoa 0,2 kaikkina ajankohtina.⁴⁹

Jalankulun ja pyöräilyn vastukset laskettiin yhteen tilanteeseen. Laskenta tehtiin joukkoliikennesijoittelulla, koska joukkoliikenneverkossa on enemmän kävelylinkkejä aluesyötöille. Verkossa jalankulku ja pyöräily on sallittu myös moottoreilla (koska yleensä sen vieressä tai lähellä kulkee erillinen jalankulku- ja pyöräilyväylä), yksisuuntaisilla ajoneuvoväylillä jalankulku myös vastasuuntaan sekä raitiovaunuverkolla.

Tarkempia tietoja on liikennejärjestelmäraportissa (Elolähde ym. 2019).

⁴⁸ HELMET 1.0 -malleissa käytettiin reitinvalinnan perusteena yleistettyä matkavastusta, ja HELMET 2.1:ssä palattiin tähän. HELMET 2.0:ssa taas sijoittelu tehtiin pelkästään matka-ajan perusteella. Versio 2.1 eroaa kuitenkin 1.0:sta siten, että matka-aikamatriisiin poimittiin puhdas matka-aika eikä sijoitteluperusteena olevaa yleistettyä matkavastusta kuten 1.0:ssa. Versiossa 3.0 on toimittu samalla tavalla kuin versiossa 2.1.

⁴⁹ Versiossa 1.0 käytettiin ruuhkatilanteissa arvoa 0,2 ja päiväliikenteessä arvoa 0,5.

Liite 15. Suuntautumiskorjauskertoimet.

Suuntautumiskorjauskertoimet on laskettu HEHA2007–2008 ja HEHA2012-aineistojen pohjalta. Jos suuntautumiskorjauskertoimeksi on tullut 0, koska HEHA-aineistossa ei ollut havaintoja, on kerroin korjattu nolasta poikkeavaksi käyttämällä hyväksi vastaavia virtoja, tai muita aikajaksoja. Seuraavissa taulukoissa ovat HELMET 3.0 –versiota vastaavat kertoimet. Ne poikkeavat hieman aiempien HELMET-versioiden suuntautumiskorjauskertoimista.

Taulukko 66. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä työ- ja opiskelumatkoilla.

lähtöalue	määräalue	pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,722	0,730	1,044	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	1,233	1,340	1,499	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,227	1,215	0,679	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,059	0,976	0,919	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	1,603	2,619	0,175	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	1,113	1,141	1,139	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	1,057	1,021	0,842	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,752	0,695	0,982	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,740	0,699	0,643	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,969	0,996	0,993	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	1,060	0,988	0,793	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,915	0,747	0,628	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,165	1,066	1,287	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,683	0,637	0,719	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,858	0,638	0,585	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	1,168	1,098	1,107	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,954	0,943	0,744	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,963	0,988	0,785	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,158	1,127	1,319	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,955	0,932	0,589	1,000	1,000	1,000
kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,000	1,000	1,000	1,354	1,333	1,155
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,730	0,760	0,435
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,692	0,667	0,627
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,660	0,683	0,753
	kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	1,007	0,991	1,356

Taulukko 67. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä koulumatkoilla.

lähtöalue	määräalue	pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			kehyskuntien asukkaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	1,188	0,862	1,135	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,716	0,567	0,319	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,736	0,834	0,231	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,736	0,834	0,231	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,922	0,922	0,922	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	2,414	2,768	2,376	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,869	0,688	0,888	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,736	0,834	0,231	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,736	0,834	0,231	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,871	0,922	0,980	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	1,406	4,490	0,254	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	4,021	2,444	1,467	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,912	0,969	0,758	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,202	0,213	0,226	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,726	1,977	1,062	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	4,216	2,193	1,405	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,966	1,395	0,595	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,213	0,213	0,213	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,989	0,926	1,070	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,359	0,617	0,253	1,000	1,000	1,000
kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,000	1,000	1,000	1,170	2,232	0,375
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,214	0,339	0,125
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,315	0,285	0,382
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,632	0,879	0,387
	kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	1,026	0,949	1,079

Taulukko 68. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä ostos- ja asiointimatkoilla.

lähtöalue	määräalue	pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,668	1,193	1,117	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,232	0,381	0,761	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,458	0,436	0,465	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,590	0,507	1,339	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,807	0,807	0,807	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	2,108	0,969	1,100	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	1,287	1,296	1,065	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,181	0,288	0,350	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,225	0,909	0,704	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,807	3,023	0,127	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	0,764	1,203	1,116	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,172	0,364	0,069	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,861	1,172	1,198	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,427	0,607	0,412	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	1,471	0,878	0,434	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	2,319	0,862	0,896	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,286	0,403	0,247	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,671	0,331	0,250	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,060	1,392	1,385	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,449	0,774	0,314	1,000	1,000	1,000
kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,000	1,000	1,000	6,766	1,760	1,368
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	0,374	0,215	0,160
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,354	0,303	0,307
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,743	0,388	0,300
	kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	0,958	1,046	1,055

Taulukko 69. Suuntautumiskorjauskertoimet kotiperäisillä muilla matkoilla.

lähtöalue	määräalue	pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,502	0,873	0,907	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,568	0,826	0,962	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,192	0,619	1,002	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,658	1,574	0,981	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	17,077	7,792	3,838	1,000	1,000	1,000
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	0,912	1,091	1,307	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,961	0,842	0,973	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,134	0,729	0,887	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,597	0,428	0,487	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	6,592	2,043	1,844	1,000	1,000	1,000
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	2,229	1,848	1,679	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,584	0,444	0,423	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	1,071	1,057	1,010	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	0,744	0,570	0,439	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,520	0,845	2,643	1,000	1,000	1,000
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	1,406	1,341	0,970	1,000	1,000	1,000
	muu Helsinki	0,256	0,422	0,398	1,000	1,000	1,000
	Espoo + Kauniainen	0,421	0,467	0,459	1,000	1,000	1,000
	Vantaa	1,124	1,108	1,000	1,000	1,000	1,000
	kehyskunnat	0,347	0,624	0,779	1,000	1,000	1,000
kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,000	1,000	1,000	4,373	2,662	2,004
	muu Helsinki	1,000	1,000	1,000	1,078	0,453	0,515
	Espoo + Kauniainen	1,000	1,000	1,000	0,368	0,384	0,346
	Vantaa	1,000	1,000	1,000	0,559	0,381	0,385
	kehyskunnat	1,000	1,000	1,000	0,902	0,990	0,994

Taulukko 70. Suuntautumiskorjauskertoimet työperäisillä matkoilla.

lähtöalue	määräalue	pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,689	0,914	0,959	0,437	0,877	0,557
	muu Helsinki	1,433	1,461	0,868	0,374	0,290	0,546
	Espoo + Kauniainen	0,944	1,284	0,622	0,458	0,497	0,589
	Vantaa	2,118	1,415	0,903	0,600	0,395	0,540
	kehyskunnat	0,577	0,893	1,101	25,915	24,636	5,607
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	1,172	1,451	1,882	0,810	0,785	0,268
	muu Helsinki	0,673	1,099	1,170	0,086	0,105	0,361
	Espoo + Kauniainen	2,605	1,290	0,639	0,334	0,202	0,421
	Vantaa	1,326	1,194	0,548	0,105	0,515	0,667
	kehyskunnat	0,251	4,018	2,183	12,338	7,288	3,754
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	0,710	1,156	1,054	0,424	0,252	0,692
	muu Helsinki	0,489	0,790	0,409	0,113	0,276	0,338
	Espoo + Kauniainen	1,120	1,416	1,601	0,681	0,497	1,172
	Vantaa	2,001	0,758	0,917	0,218	0,333	0,140
	kehyskunnat	0,735	0,126	0,735	15,335	9,526	2,119
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	0,224	1,506	0,486	0,393	0,292	0,455
	muu Helsinki	0,237	0,243	0,365	0,047	0,160	0,062
	Espoo + Kauniainen	2,985	1,783	0,914	0,128	0,117	0,135
	Vantaa	1,205	1,333	1,449	0,663	0,324	0,391
	kehyskunnat	1,180	0,258	0,731	9,641	4,157	1,828
kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	1,259	0,801	0,124	0,251	0,185	0,495
	muu Helsinki	1,236	1,555	0,420	0,262	0,137	0,177
	Espoo + Kauniainen	4,766	1,857	1,487	0,195	0,102	0,248
	Vantaa	0,673	0,475	0,377	0,193	0,076	0,119
	kehyskunnat	0,665	0,638	0,753	1,678	1,306	1,719

Taulukko 71. Suuntautumiskorjauskertoimet muilla kuin työ- tai kotiperäisillä matkoilla.

lähtöalue	määräalue	pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat			kehyskuntien asuk- kaiden matkat		
		AH	IH	PA	AH	IH	PA
Helsingin kantakau- punkki	Helsingin kantakau- punkki	0,702	0,778	1,057	1,888	0,636	1,159
	muu Helsinki	0,418	1,030	0,789	0,510	0,282	0,777
	Espoo + Kauniainen	0,900	0,947	1,266	3,179	0,523	0,846
	Vantaa	0,294	0,956	1,161	0,665	0,336	0,995
	kehyskunnat	3,482	5,682	2,752	51,443	34,857	66,502
muu Helsinki	Helsingin kantakau- punkki	0,954	0,998	0,883	1,000	1,986	0,370
	muu Helsinki	0,992	1,205	1,178	1,000	0,530	0,848
	Espoo + Kauniainen	0,292	1,127	0,780	1,000	0,432	0,708
	Vantaa	1,568	1,249	0,599	1,000	0,250	0,748
	kehyskunnat	2,401	3,458	2,078	1,000	22,835	8,283
Espoo + Kauniainen	Helsingin kantakau- punkki	1,473	1,198	0,883	2,841	0,591	0,828
	muu Helsinki	1,814	0,787	0,359	0,372	0,508	0,286
	Espoo + Kauniainen	1,128	1,088	1,360	0,604	0,791	1,297
	Vantaa	0,759	1,219	0,557	0,702	1,022	0,501
	kehyskunnat	0,796	1,117	0,654	11,799	12,027	11,655
Vantaa	Helsingin kantakau- punkki	1,436	1,582	0,886	2,022	0,941	1,058
	muu Helsinki	0,316	0,700	0,293	1,462	0,098	0,406
	Espoo + Kauniainen	0,334	0,547	0,741	0,649	1,083	0,344
	Vantaa	1,327	1,135	1,594	0,688	0,482	0,853
	kehyskunnat	0,437	0,969	0,848	1,622	6,356	7,989
kehyskunnat	Helsingin kantakau- punkki	27,744	2,092	2,521	5,008	0,653	0,637
	muu Helsinki	0,985	0,764	1,289	0,174	0,219	0,097
	Espoo + Kauniainen	1,350	3,317	0,497	0,166	0,190	0,166
	Vantaa	1,216	2,229	0,766	0,552	0,154	0,163
	kehyskunnat	0,229	0,713	0,845	0,848	1,036	1,022

Liite 16. Hankelistaukset skenaarioittain

Luvun 6 testeissä (Supponen & Rantala 2018) käytettiin skenaarioita, joiden liikennejärjestelmästä on tarkempia tietoja seuraavissa taulukoissa.

Lyhyen aikavälin verkot

Pohjana on toiminut MAL2019 2030 ve0 ennusteverkko. Tähän verkkoon on lisätty seuraavissa taulukoissa esitetyt hankkeet. Maankäyttötiedot vuodelle 2030 perustuvat MAL 2019 (12/2017) -aineistoon.

Taulukko 72. Autoverkon hankkeet (ennustevuosi 2030).

Autohankkeet	Suppea	Laaja
Malmin lentokenttä katuverkko, jkl-vaihto	X	X
Herttoniemi, Suunnittelijankatu + ETL	X	X
Kävelykeskusta	X	X
Sörnäisten tunneli	X	X
Vihdintie, Haaga-Kehä III		
Kehä I, Myllypurontien ETL		
Hämeenlinnanväylä, Kuninkaantammen ETL	X	X
Hämeenlinnanväylä, Kaarela		
Länsiväylä, Koivusaaren ETL	X	X
Lahdenväylä, Malmin ETL	X	X
Hämeentie joukkoliikennekatu	X	X
Kehä I, Itäväylän ETL		
Lahdenväylä, Koskelantien rampit		
Laajasalontie bulevardina	X	X
Ruuhkamaksut, porttimalli		
Vihdintien bulevardi	X	X
Tuusulanväylän bulevardi	X	X
Pasila, Teollisuuskadun jatke	X	X
Tuusulanväylä, Tuomarinkylän ETL–Kehä III	X	X
Lahdenväylä, Kehä I–Vt7	X	X
Turunväylä, Tuomarila–Nihtisilta	X	X

Taulukko 73. Joukkoliikenneverkon hankkeet (ennustevuosi 2030).

Joukkoliikennehankkeet	Suppea	Laaja
Runkobussi 500: Itäkeskus–Munkkivuori	X	X
Runkobussi 510: Herttoniemi–Tapiola	X	X
Runkobussi 560 Rastila–Myrämä	X	X
Runkobussi 570: Mellunmäki–Aviapolis	X	X
Kruunusillat (Laajasalon raitiotie)	X	X
Kalasataman raitiotie, Pasila-Nihti	X	X
Munkkivuoren raitiotie	X	X
Pohjois-Pasilan raitiotie	X	X
Käpylän raitiotien jatke	X	X
Vihdintien raitiotie, Rautatientori–Pohjois-Haaga	X	X
Tuusulanväylän raitiotie, Rautatientori–Maunula	X	X
Viikin-Malmin raitiotie, Rautatientori–Malmin asema	X	
Viikin-Malmin raitiotie, Rautatientori–Jakomäki		X
Raide-Jokeri: Itäkeskus–Keilaniemi	X	X
Raide-Jokeri 2: Malmin sairaala–Kontula		X
Fredrikinkadun raitiotie	X	X
RAILI 2024	X	X
RAKO nopeutus	X	X
Espoon kaupunkirata	X	X
Pääradan vuorolisäykset	X	X

Pitkän aikavälin verkot

Pohjana on toiminut MAL2019 2030 ve0 ennusteverkko. Tähän verkkoon on lisätty seuraavissa taulukoissa esitetyt hankkeet. Maankäyttötiedot vuodelle 2050 perustuvat MAL 2019 (12/2017) -aineistoon.

Taulukko 74. Autoverkon hankkeet (ennustevuosi 2050).

Autohankkeet	Suppea	Laaja
Malmin lentokenttä katuverkko, jkl-vaihto	X	X
Herttoniemi, Suunnittelijankatu + ETL	X	X
Kävelykeskusta	X	X
Sörnäisten tunneli	X	X
Vihdintie, Haaga-Kehä III	X	X
Kehä I, Myllypurontien ETL	X	X
Hämeenlinnanväylä, Kuninkaantammen ETL	X	X
Hämeenlinnanväylä, Kaarela	X	X
Länsiväylä, Koivusaaren ETL	X	X
Lahdenväylä, Malmin ETL	X	X
Hämeentie joukkoliikennekatu	X	X
Kehä I, Itäväylän ETL	X	X
Lahdenväylä, Koskelantien rampit	X	X
Laajasalontie bulevardina	X	X
Vihdintien bulevardi	X	X
Tuusulanväylän bulevardi	X	X
Pasila, Teollisuuskadun jatke	X	X
Hämeenlinnanväylän bulevardi	X	X
Länsiväylän bulevardi	X	X
Itäväylän bulevardi	X	X
Turunväylän bulevardi	X	X
Lahdenväylän bulevardi	X	X
Kehä II jatke (yleissuunnitelman mukaisena)		
Itäväylän ja Kehä III:n eritasokierto liittymä		
Hakamäentien jatkeet		
Ruuhkamaksut porttimalli	X	X
Aviapolis katuverkko	X	X
Itäväylä Kehä I-Kehä III	X	X
Kehä I, Kontulan liittymä	X	X
Kehä I, nopeus Kontula-Itäkeskus	X	X
Kehä I, Pakilan kohdan lisäkaistat	X	X
Östersundomin tie- ja katuverkko	X	X
Tuusulanväylän kääntäminen Veturitielle	X	X
Vihdintie, Haaga-Karvaamokuja	X	X
Tuusulanväylä, Tuomarinkylan ETL-Kehä III	X	X
Lahdenväylä, Kehä I-Vt7	X	X
Turunväylä, Tuomarila-Nihtisilta	X	X

Taulukko 75. Joukkoliikenneverkon hankkeet (ennustevuosi 2050).

Joukkoliikennehankkeet	Suppea	Laaja
Runkobussi 500: Itäkeskus–Munkkivuori		
Runkobussi 510: Herttoniemi–Tapiola		
Runkobussi 560 Rastila–Myyrmäki	X	X
Runkobussi 570: Mellunmäki–Aviapolis		
Lauttasaaren raitiotie: Rautatieasema–Vattuniemi	X	X
Vihdintien raitiotie: Rautatientori –Myyrmäki		X
Vihdintien raitiotie: Rautatientori–Pohjois-Haaga	X	
Hämeenlinnanväylän raitiotie: Rautatientori–Kannelmäki	X	X
Tuusulanväylän raitiotie: Rautatientori–Lentoasema		X
Tuusulanväylän raitiotie: Rautatientori–Maunula	X	
Viikin-Malmin raitiotie: Rautatientori–Hakunila	X	X
Saaristoratikka: Vuosaari–Rautatientori		X
Jokeri 0: Laajasalo–Pasila–Munkkiniemi	X	X
Jokeri 0: Östersundom–Itäkeskus–Meilahti (sis. Itäväylän raitiotie)		X
Tiederatikka: Tapiola–Myllypuro		X
Tiederatikka: Meilahti–Myllypuro	X	
Jokeri 2: Myyrmäki–Rastila		X
Jokeri 2: Vuosaari–Malmin sairaala	X	
Jokeri 3: Mellunmäki–Lentokenttä	X	X
Östersundomin metro	X	X
Metro Vuosaaren satamaan		X
Roihupellon asema	X	X
Mannerheimin asema	X	X
Lentorata	X	X
Espoon kaupunkirata	X	X
Pääradan vuorolisäykset	X	X

Lentoaseman ja matkustajasatamien henkilöliikenne (HELMET 3.0)



Sisällysluettelo

Taulukkoluetelo	2
1 Tausta ja lähtökohdat	3
2 Helsinki-Vantaan lentoasema.....	4
3 Matkustajasatamat	7
4 Mallin kehittämistarpeita	9
Lähdeluettelo	9

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Helsinki-Vantaan lentoaseman lentomatkustajakysyntä (suunnat yhteensä) ja matkojen suuntautuminen.	4
Taulukko 2. Matkustajasatamien arvioitu henkilöliikennekysyntä (suunnat yhteensä).	7
Taulukko 3. Aikajaksojen osuudet arkivuorokauden liikenteestä satamanosittain, suunnat eriteltynä.	8

1 Tausta ja lähtökohdat

Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmä (HSL 2011) ei aiemmin ole sisältänyt lentoaseman ja matkustajasatamien henkilökysynnän kuvausta. Helsinki-Vantaan lentoaseman maaliikenteen ennustemenettely oli sisällytetty Helsingin seudun työssäkäyntialueen mallia edeltäneeseen YTV:n mallijärjestelmään (Karasmaa ym. 2003), joka käsitteli ainoastaan pääkaupunkiseudun neljän kunnan aluetta. Ennustemenettely toimi omana erillismallinaan, joka suuntasi lentomatkustajien ja lentoliikennettä palvelevien työntekijöiden matkat ja mallinsi niiden kulkutavat perustuen Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehtyihin tutkimuksiin vuodelta 2001¹. Tätä mallia ei kuitenkaan ole integroitu nykyiseen malliin.

Matkustajasatamien maaliikenteestä ei ole tehty aiemmin malleja, joita olisi voitu hyödyntää HELMET-ennustejärjestelmässä.

Lentoaseman ja matkustajasatamien matkustajaliikennekysynnän osalta ei ole tehty varsinaista kysyntämallia, vaan muodostettu lentoaseman ja matkustajasatamien uusimpien tilastoaineistojen perusteella kiinteät kulkutapakohtaiset kysyntämatriisit sekä nykytilanteelle että vuosien 2025 ja 2040 ennustetilanteille. Kyseessä on yksinkertainen korjausmenettely, jossa nykytilanteen ja ennustetilanteen osamatriisien riveillä ja sarakkeilla otetaan huomioon matkustajaterminaalinen lisäkysyntä. Tämä lisäkysyntä vaikuttaa verkon kuormituksiin ja sitä kautta matkavastuksiin. Kysyntämatriisit luetaan mallijärjestelmään lähtötietoina.

Tarkasteltava lentoasema on Helsinki-Vantaan lentoasema ja matkustajasatamia Katajanokan, Eteläsataman, Länsisataman ja Vuosaaren satamat.

¹ Mallin taustalla olevaa tutkimusaineistoa on kuvattu muistiossa Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimus 2001.

2 Helsinki-Vantaan lentoasema

Uusin Helsinki-Vantaan lentoasemaa käsittelevä liikennetutkimus on vuodelta 2006. Aineisto on ikääntynyt, mutta käyttäytymisen pääpiirteet lienevät säilyneet ennallaan. Etenkin lentomatkustajien matkojen lähtöpaikoista ja kulkutavoista tarjooa kyseinen Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimus yleisiä liikennetutkimusaineistoja tarkempaa tietoa.

Helsinki-Vantaan lentoaseman osalta HELMET 2.1 -järjestelmässä on tarkennettu ainoastaan lentomatkustajien matkojen käsittelyä. Muutoksia ei ole lentoasema-alueen työmatkojen käsittelyssä, sillä ne on nyt mallinnettu koko työssäkäyntialueen tasolla uusimman tutkimustiedon mukaisesti. Lentoaseman osalta tässä on täsmennetty lentomatkustajien tuotoksia aikaryhmittäin sekä lentomatkustajien matkojen suuntautumista ja kulkutapoja.

Lentoaseman matkustajakysynät on laadittu arkivuorokaudelle (maanantai–torstai) vuosille 2012 ja 2025. Käsitellyt kulkutavat ovat henkilöauto, taksi ja joukkoliikenne, sillä kävelyn ja pyöräilyn osuus on hyvin pieni. Yhteenveto matriiseista on esitetty taulukossa 1, jossa on esitetty matkojen suuntautuminen nelialuejaolla. Mallissa suuntautuminen perustuu lentoaseman liikennetutkimuksessa tehtyihin havaintoihin, jotka on ensin niputettu suuraluejakoon (pääkaupunkiseudulla 19 suuraluetta) ja sitten jaettu jakoluvuilla sijoittelualuejakoon. Sijoitteluvaiheessa taksien määrä on lisätty henkilöautojen määrään, koska mallijärjestelmässä taksit eivät ole omana kulkutapanaan.

Taulukko 1. Helsinki-Vantaan lentoaseman lentomatkustajakysyntä (suunnat yhteensä) ja matkojen suuntautuminen.

Henkilömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)					Kulkutapaosuudet		
v 2012	auto	taksi	joukkol.	yht.	auto	taksi	joukkol.
Kantakaupunki	1 206	2 990	2 411	6 606	18 %	45 %	36 %
Muu PKS	6 221	6 052	2 098	14 370	43 %	42 %	15 %
Muu HELMET-alue	4 292	1 278	579	6 148	70 %	21 %	9 %
Muu Suomi	6 365	603	3 568	10 537	60 %	6 %	34 %
yhteensä	18 083	10 922	8 656	37 662	48 %	29 %	23 %

Henkilömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)					Kulkutapaosuudet		
v 2025	auto	taksi	joukkol.	yht.	auto	taksi	joukkol.
Kantakaupunki	2 557	6 147	4 234	12 938	20 %	48 %	33 %
Muu PKS	8 958	9 794	5 811	24 563	36 %	40 %	24 %
Muu HELMET-alue	3 440	1 831	771	6 042	57 %	30 %	13 %
Muu Suomi	5 102	864	4 752	10 718	48 %	8 %	44 %
yhteensä	20 057	18 635	15 568	54 261	37 %	34 %	29 %

kysynnän kasvu				
	auto	taksi	joukkol.	yht.
Kantakaupunki	2,1	2,1	1,8	2,0
Muu PKS	1,4	1,6	2,8	1,7
Muu HELMET-alue	0,8	1,4	1,3	1,0
Muu Suomi	0,8	1,4	1,3	1,0
yhteensä	1,1	1,7	1,8	1,4

Vuosi 2012

Vuoden 2012 matkustajakysyntä on muodostettu lentomatkojen maaliikenteen suuntautumisen ja kulkutapojen osalta vuoden 2006 Helsinki-Vantaan lentoaseman liikennetutkimuksen perusteella. Suuntautumista ja kulkutapoja on tarkasteltu lentoasemalle ja -asemalta suuntautuville matkoille pääkaupunkiseudulla 19-aluejaossa, kehyskuntien osalta kuntajaossa ja muuten maakuntajaossa, jossa matkat on niputettu Turun, Tampereen ja Lahden suuntiin kulkeviksi kysynnöiksi. Suuntautumisen kannalta merkityksellistä on Helsingin kantakaupungin suuri osuus, ja kulkutapojen kannalta taksin hyvin suuri osuus, joka ei koko työssäkäyntialueen mallissa ole omana kulkutapanaan. Ajo-neuvoliikenteen virtojen osalta on olennaista huomioida tyhjien taksien määrä (noin puolet kaikista takseista) sekä saattoliikenteen suuri määrä (noin 45 % matkustajista tulee saattoliikenteellä).

Matkatuotokset aikaryhmittäin on saatu Finavian tilastoista. Arkivuorokauden matkatuotos lokakuun 2012 tilastoista ei-transfer -matkoille, jotka synnyttävät maaliikenteen liityntämatkan, on noin 38 000 matkaa (suunnat yhteensä). Saapuvien ja lähtevien matkojen tuntijakauma on saatu tilastoista olettaen, että lentomatkustajien maaliikenteen liityntämatkat näkyvät liikenneverkolla seuraavasti:

- koko seudun aamuhuipputunti klo 7.30–8.30:
 - o saapuneet lennot klo 7–8 (osuus arkivuorokaudesta 5,5 %)
 - o lähtevät lennot klo 9–10 (osuus arkivuorokaudesta 7,5 %)
- koko seudun iltahuipputunti klo 15.30–16.30:
 - o saapuneet lennot klo 15–16 (osuus arkivuorokaudesta 10,5 %)
 - o lähtevät lennot klo 17–18 (osuus arkivuorokaudesta 9,9 %)
- koko seudun päiväliikenteen tunti klo 9–15 jaettuna 6:lla:
 - o saapuneet lennot klo 9–15 jaettuna 6:lla (osuus arkivuorokaudesta 3,7 %)
 - o lähtevät lennot klo 11–17 jaettuna 6:lla (osuus arkivuorokaudesta 4,8 %).

Lentomatkustuksen kannalta vilkkaain saapuvien lentojen ajankohta on klo 22–23 (osuus arkivuorokaudesta 10,6 %) ja lähtevien lentojen ajankohta klo 7–8 (osuus arkivuorokaudesta 12,0 %). Vilkkaimmat matkustusajankohdat sijoittuvat siis koko seudun liikenteen huipputuntien ulkopuolelle.

Vuosi 2025

Vuodelle 2025 tehdyssä ennusteessa lentomatkustajien maaliikenteen matkamäärät kasvavat lentoliikenteen ja transfer-matkustajien määrän muutosten mukaan, mutta aikaryhmittäisen jakauman on oletettu säilyvän ennallaan. Vuoden 2025 matkatuotos perustuu arvioon, että Helsinki-Vantaan lentoaseman matkustajamäärä olisi noin 21,2 miljoonan matkustajaa vuodessa.

Matkojen suuntautumisen ja kulkutapojen muutosten arvioinnissa vuodelle 2025 on hyödynnetty aikaisemman, YTV:n toimeksiannosta laaditun lentoaseman maaliikenteen ennustemenettely -työn tuloksia. Kyseisellä mallilla on laadittu ennuste vuodelle 2025, jossa on huomioitu Kehäradan käyttöönotto sekä YTV:n aikainen arvio maankäytön (työpaikat ja väestö) muutoksista. Kyseinen lentoaseman ennustemenettely perustui vuonna 2001 Helsinki-Vantaan lentoasemalla tehdyn liikennetutkimuksen tuloksiin. Työasia- ja vapaa-ajan lentomatoille muodostettiin omat suuntautumis- ja kulkutapamallinsa, joissa lentomatkojen maaliikenteen suuntautumisen selittäjinä oli 18–64 -vuotiaiden sekä ravitsemus-, hotelli- ja palvelutyöpaikkojen määrä, ja vastaavasti kulkutavan valinnan selittäjänä matka-aika, matkakustannukset sekä osa-alueen autoistumisaste.

Ennusteen mukaan joukkoliikenteen osuus lentomatkustajien kulkutavoista kasvaa. Erityisen suurta kasvu on kantakaupungin ulkopuolisen pääkaupunkiseudun osalta, sillä näiden alueiden osalta Kehäradan junayhteys tarjoaa nykyistä huomattavasti paremman joukkoliikenneyhteyden lentoasemalle. Kantakaupungin osalta jo nykyiset joukkoliikenneyhteydet ovat varsin hyviä, joten Kehäradan vaikutus kantakaupungin ja lentoaseman välisiin matkoihin on muuta pääkaupunkiseutua vähäisempi.

Vuosi 2040

Vuodelle 2040 on laadittu vastaava kysyntämatriisi kuin vuodelle 2025. Tämä on tehty kertomalla vuoden 2025 lentomatkustuksen tuotosta 1,4:llä, mutta pitämällä kulkutapajakauma ja suuntautuminen entisellään. Tämä perustuu arvioon siitä, että Helsinki-Vantaan vuosittainen matkustajamäärä olisi vuonna 2040 noin 30 miljoonaa matkustajaa.

Muuta huomioitavaa

Sellaisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa lentoaseman maaliikenteeseen, mutta joita ei tässä ole voitu ottaa huomioon, ovat mm. pysäköinnin hinta lentoasemalla ja Kehäradan asemilla, sekä taksien hintakehitys, mikäli taksitoimiala vapautuu kilpailulle². Lisäksi lentoaseman ympäristön taksiliikenteen määrä voi muuttua tulevaisuudessa tyhjien taksien määrän vähentyessä, mikäli Vantaan taksien etuoikeudet lentoasemalla poistuvat.

² Heinäkuun 2018 alussa tämä toteutuikin, mutta ennustejärjestelmässä sitä ei ole otettu huomioon.

3 Matkustajasatamat

Matkustajasatamien kautta ulkomaille kulkevien matkojen osalta HELMET 2.1 -järjestelmässä on hyödynnetty Helsingin satamaosittaisia tilastoja matkustaja- ja henkilöautomääristä. Olennaisinta on ollut kuvata matkustajaterminaaleista lähiverkolle kohdistuva kuormitus.

Matkustajasatamien matkustajakysynät on laadittu arkivuorokaudelle (maanantai–torstai) 2012 ja 2025. Käsitellyt kulkutavat ovat henkilöauto ja joukkoliikenne, sillä kävelyn ja pyöräilyn osuuden on oletettu olevan niin pieni, että sitä ei tässä ole tarkoituksenmukaista ottaa huomioon. Yhteenvedo matriiseista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Matkustajasatamien arvioitu henkilöliikennekysyntä (suunnat yhteensä).

v	Hlömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)			Kulkutapaosuudet	
	auto	joukkol.	yht.	auto	joukkol.
2012					
Katajanokka	3 898	3 898	7 797	50 %	50 %
Eteläsatama	2 785	2 785	5 569	50 %	50 %
Länsisatama	8 688	5 792	14 480	60 %	40 %
Vuosaari	835	0	835	100 %	0 %
yhteensä	16 206	12 475	28 681	57 %	43 %

v	Hlömatkaa arkivuorokaudessa (ma–to)			Kulkutapaosuudet	
	auto	joukkol.	yht.	auto	joukkol.
2025					
Katajanokka	4 571	4 571	9 141	50 %	50 %
Eteläsatama	3 133	3 133	6 265	50 %	50 %
Länsisatama	11 057	7 371	18 429	60 %	40 %
Vuosaari	1 392	0	1 392	100 %	0 %
yhteensä	20 153	15 075	35 227	57 %	43 %

kysynnän kasvu			
	auto	joukkol.	yht.
Katajanokka	1,2	1,2	1,2
Eteläsatama	1,1	1,1	1,1
Länsisatama	1,3	1,3	1,3
Vuosaari	1,7		1,7
yhteensä	1,2	1,2	1,2

Vuosi 2012

Vuoden 2012 matkustajakysyntä on muodostettu Helsingin Sataman satamanosakohtaisten tilastojen perusteella, joista saadaan myös henkilöautojen määrät. Tarkemman tiedon puuttuessa matkustajasatamien matkat on suunnattu HELMET-mallialueelle sijoittelualuejaossa matkatuotosten perusteella. Tällä tavalla matkustajaliikenteen suuntautuminen on saatu kuvattua riittävällä tarkkuudella satamien ympäristössä, jossa matkustajaliikenteen aiheuttama verkon kuormitus on suurin. Kauempana satamista matkustajaliikenteen osuus muusta liikenteestä on pienempi, eikä suuntautumisen ennustamisen tarvitse olla kovin tarkkaa.

Arkivuorokauden matkatuotos lokakuun 2012 tilastoista on noin 31 000 matkaa, kun otetaan kaikki matkustajasatamat huomioon. Näistä Länsisataman osuus on suurin, noin 50 % ja Vuosaaren sataman osuus pienin, noin 3 %.

Saapuvien ja lähtevien matkojen tuntijakauma aamuhuipputunnille, iltahuipputunnille ja päiväliikenteen tunnille on arvioitu laivojen aikataulujen mukaan. Länsisatamassa on varsin tasainen kuormitus koko päivän, muissa terminaaleissa on vain muutamia tapahtumia päivässä. Aikajaksojen osuudet on esitetty taulussa 3. Eri aikajaksoista iltahuipputunnin liikenne satamien suuntaan on kaikkein vilkkain.

Taulukko 3. Aikajaksojen osuudet arkivuorokauden liikenteestä satamanosittain, suunnat eriteltynä.

	AHT sata- maan	AHT sata- masta	IHT sata- maan	IHT sata- masta	PT sata- maan	PT sata- masta
Katajanokka	0	0	50 %	0	4,2 %	12,5 %
Eteläsatama	0	0	75 %	0	0	12,5 %
Länsisatama	20 %	0	20 %	30 %	5 %	5 %
Vuosaari	0	100 %	100 %	0	0	0

Kulkutavat on arvioitu karkeasti mm. tilastoista saatavien henkilöautojen määrien perusteella. Henkilöautomatkoihin on arvioitu mukaan myös taksit ja saattokyydit. Ajoneuvomatriiseissa keskiukuormitukseksi on arvioitu 2 henkilöä.

Vuosi 2025

Matkustajasatamien osalta vuoden 2025 matkustajaliikenteen kysyntäennusteet on saatu Helsingin satamanosien kehittämisohjelmasta vuodelle 2022 (Helsingin Sataman julkaisu 2012:10, 13.11.2012). Nykyhetkelle arvioituja henkilöauto- ja joukkoliikennematkojen määriä on nostettu kehittämisohjelmassa ennustettujen matkustajamäärien ja henkilöautomäärien kasvun mukaan. Matkojen suuntautumisen ja aikajakaumien on oletettu säilyvän muuttumattomana.

Vuosi 2040

Vuodelle 2040 on laadittu vastaava kysyntämatriisi kuin vuodelle 2025. Tämä on tehty kertomalla vuoden 2025 ennustetta Länsisataman osalta (Tallinnan liikenne) 1,1:llä, mutta pitämällä kulkutapajakauma ja suuntautuminen entisellään. Muiden kohteiden, kuten Tukholman, liikenteen kasvun ennustetaan olevan vain pientä vuoden 2025 jälkeen. Esimerkiksi Tukholman liikenteen kysyntä on ollut samaa suuruusluokkaan vuosikausia. Käytännössä muiden kuin Länsisataman liikennekysyntä on vuonna 2040 sama kuin vuonna 2025 (kerroin 1,0).

Muuta huomioitavaa

Oleellinen tekijä, joka voi vaikuttaa matkustajasatamien henkilöliikennekysyntään tulevaisuudessa, on Tallinnan laivojen Helsingin pääterminaalin sijainti: ohjataan tai ohjautuuko liikennettä jatkossa aiempaa enemmän Vuosaaren Länsisataman sijaan. Myös verotus-, hinta- ja elintasoerot Suomen ja Viron välillä vaikuttavat Helsingin ja Tallinnan väliseen ostosmatkailuliikenteeseen.

4 Mallin kehittäminen versioksi 3.0

Helmet-versiossa 3.0 sijoittelualuejakoa tihennettiin niin, että alueiden kokonaismäärä koko työssäkäyntialueella kasvoi 1056:sta 1918:an. Edellisissä kohdissa kuvatulla tavalla version 2.1 yhteydessä muodostetut matriisit konvertoitiin uuteen, entistä tiheämpään aluejakoon summaamalla lentoaseman ja satamien matkustajaliikenne vanhasta vuoden 2013 sijoittelujaosta vanhaan ennustejakoon (enn13) ja hajotettiin jakoluvuilla uuteen vuoden 2016 sijoittelujakoon. Myös makroja muutettiin vastaavasti.

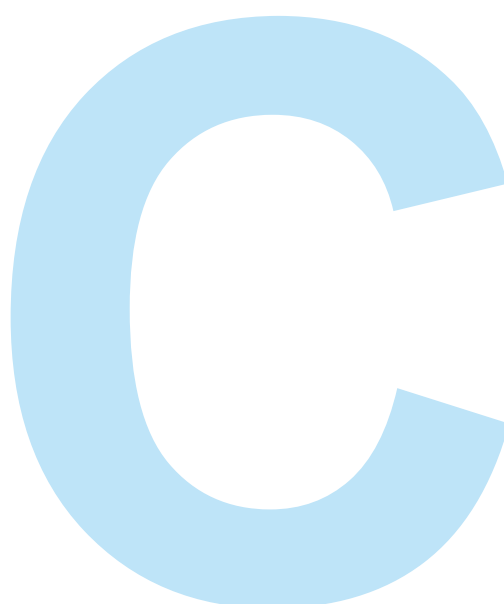
Aluejaon päivityksen yhteydessä sekä lentoasemalle että matkustajasatamiin luotiin omat ulkoisen liikenteen syötöt, jolloin matkat saatiin kuvattua liikenneverkolle niiden todellisiin päätepisteisiin osa-aluekeskuksen sijaan.

Lähdeluettelo

HSL (2011). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011.

Karasmaa, Nina; Kurri, Jari; Voltti, Ville; Rinta-Piirto, Jyrki; Elolähde, Timo & Valtanen Raimo (2003). *Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000*. Helsinki, Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9.

Tavaraliikenne (HELMET 3.0)



Sisällysluettelo

Taulukkuuettelo	2
1 Tausta ja lähtökohdat	3
2 Nykytilanteen liikennekysyntämatriisit	4
3 Raskaan liikenteen sijoittelu	5
4 Tavaraliikenteen ennustemenettely	5
Lähdeluettelo	6

Taulukkuuettelo

Taulukko 1. Tavaraliikenteen tuotosmallien kertoimet nyky- ja ennustetilanteessa (samat kertoimet lähteville ja saapuville matkoille)	5
---	---

1 Tausta ja lähtökohdat

Tavaraliikenne kuvattiin aiemmassa Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän versiossa 1.0 (HSL 2011) matriiseina, jotka lisätään henkilöautoliikenteen ajoneuvomatriisiin ennen liikenteen sijoittelua. Nykytilamatriisit tuotettiin yhdistelemällä aiempia YTV:n liikennemallin matriiseja ja Uudenmaan tiepiirin tavaraliikenteen matriiseja, minkä jälkeen matriiseja kalibroitiin vastaamaan havaittuja liikennemääriä. Ennustetilanteissa nykytilamatriiseja kasvatettiin kertomalla koko matriisi yhdellä kasvukertoimella. Alun perin laskettiin myös kunta-kunta-tason kasvukerroinmatriisit, mutta lopulta niitä ei otettu käyttöön.

Mallin päivityksen (versioksi 2.1) yhteydessä nähtiin tarpeelliseksi parantaa etenkin raskaan liikenteen ennustemenettelyä siten, että ennuste reagoisi seudulla tapahtuviin maankäyttömuutoksiin. Lisäksi tehdyn päivityksen yhteydessä mallin tavaraliikenteen käsittelyyn tehtiin muutoksia, jotka mahdollistavat jatkokehittämisen mm. liikenteen sijoittelun ja ennusteiden osalta.

Raskaan liikenteen nykytilamatriisien ja ennustemenettelyn tuottamisessa hyödynnettiin HSL:n tavaraliikenteen tutkimusaineistoja. Aineistojen viimeistely ja raportointi olivat mallia laadittaessa vielä kesken, mutta varsinkin satamien ja logistiikka-alueiden liikennelaskentatietoja kyettiin hyödyntämään nykytilanteen liikennetuotosten ja tuotsmallien muodostamisessa. Lisäksi nykytilamatriiseja muodostettaessa hyödynnettiin vertailukohtana liikennetutkimuksen raskaan liikenteen suuntautumis- ja pituusjakaumatietoja.

Rakas liikenne jaettiin mallissa aikaisemmasta poiketen perävaunullisiin ja perävaunuttomiin ajoneuvoihin, jotta niitä voidaan jatkossa sijoitella erikseen omina kulkutapoinaan ja niiden vaikutukset liikenneverkon kuormitukseen voidaan vastuksia laskettaessa paremmin ottaa huomioon. Tavaraliikenteen matriisien päätarkoitus on edelleen tuottaa liikenneverkolle raskaan liikenteen kuormitus ja sen aiheuttama lisäviivytys henkilöliikenteen mallin vastuksia varten. Kyse ei siis ole varsinaisesta tavaraliikenteen mallista. Esimerkiksi tavaraliikenteen suuntautumismallien tuottamiseen ei tässä vaiheessa katsottu olevan edellytyksiä.

Myös pakettiautoilla tehtävän jakeluliikenteen huomioon ottamisesta tavaraliikenteen ennusteissa keskusteltiin. Pakettiautojen suoritteesta on kuitenkin vain vähän tietoa eikä ollut täysin selvää, missä määrin pakettiautoliikennettä sisältyy henkilöautoliikenteen mallin tuottamiin matriiseihin ja miltä osin liikenteen pitäisi sisältyä tavaraliikenteen kysyntämatriiseihin. Tässä vaiheessa pakettiautojen kysyntää ei selvitetty tarkemmin, mutta sille muodostettiin mallin jatkokehittämistä varten matriisi, joka vastaa 5 % osuutta raskaan liikenteen kokonaismäärästä. Jatkossa eri ajoneuvoluokkien osuuksia ja erityisesti pakettiautoliikenteen määrää on syytä selvittää tarkemmin.

Koska mallin tavaraliikenteeseen tehtiin muutoksia samanaikaisesti henkilöliikenteen mallien uudelleenestimoinnin kanssa, haluttiin nykytilanteen tavaraliikenteen kysyntään ja sijoitteluun tehtävät muutokset pitää mahdollisimman pieninä. Jatkossa tavaraliikenteen käsittelyä voisi olla tarpeen kehittää erillään henkilöliikenteen mallista.

Helmet-versiossa 3.0 sijoittelualuejakoa tihennettiin niin, että alueiden kokonaismäärä koko työssäkäyntialueella kasvoi 1056:sta 1918:an. Lisäksi satamille määriteltiin omat ulkosyöttökoodit. Tavaraliikenteen mallin lähtötiedot konvertoitiin uuteen aluejakoon ja muutettiin makroja vastaavasti.

2 Nykytilanteen liikennekysyntämatriisit

Nykytilanteen kysyntämatriisien lähtökohdaksi otettiin aiemman malliversion 1.0 nykytilanteen huipputuntien ja päivätunnin raskaan liikenteen kysyntämatriisit. Nykytilamatriiseja tarkasteltaessa todettiin seuraavia ongelmia

- eri aikajaksojen raskaan liikenteen pituusjakaumat poikkesivat selvästi toisistaan
- raskas liikenne ei suuntautunut aina niille sijoittelualueille, joilla raskasta liikennettä synnyttävät toiminnot todellisuudessa ovat
- raskaan liikenteen päivätunnin liikenteen määrä oli selvästi pienempi kuin havaittu raskaan liikenteen päiväliikenteen määrä seudun LAM-pisteiden tuntijakaumien perusteella.

Uusien nykytilanteen matriisien tuottamiseksi yhdistettiin aluksi aiempien matriisien aikajaksoittaisista matriiseista yksi arkivuorokauden kysyntämatriisi, joka symmetroidiin. Kysyntämatriisi niputettiin ennustealueisiin ja jaettiin uudelleen sijoittelualueisiin kohdassa 4 kuvattuja tuotosmalleja käyttäen.

Matriisit jaettiin sitten ajoneuvoluokittaisiksi osamatriiseiksi tasaisesti alla olevien prosenttiosuuk-sien suhteissa. Matriisin jakamisen jälkeen tarkistettiin ulkoisen liikenteen syöttöpisteiden tuotokset vastaamaan tierekisterin mukaisia liikennemääriä. Satamien liikennemäärät tarkistettiin vastaamaan HSL:n tavaraliikennetutkimuksessa laskettuja liikennemääriä ja liikenteen suuntautumista.

Eri ajoneuvoluokkien osuudet tavaraliikenteen kysynnästä ovat:

- perävaunulliset kuorma-autot 48 %
- perävaunuttomat kuorma-autot 47 %
- pakettiautot 5 % (ei vastaa todellista määrää, ks. kohta 1).

Raskaan liikenteen ajoneuvoluokittaiset matriisit jaettiin vielä aikajaksoittaisiksi kysyntämatriiseiksi LAM-pisteiden tuntijakaumatietojen perusteella soveltamalla samaa prosenttilukua aina tasaisesti koko matriisiin. Aikajaksojen osuuksien oletettiin olevan kaikilla ajoneuvoluokilla samat:

- AHT: 6,59 %
- PT: 7,02 %
- IHT: 6,62 %

Aiemmin käytetyissä raskaan liikenteen matriiseissa päivätunnin matriisi vastasi 5 % osuutta raskaan liikenteen vuorokausikysynnästä. Tehtäessä liikennemäärien ja suoritteiden laajennuksia tuntiliikenteistä vuorokausitasolle on jatkossa otettava huomioon raskaan liikenteen korjattu ja henkilöautoliikenteestä poikkeava tuntijakauma.

Helmet 3.0-versiota varten näin saadut pohjamatriisit muodostettiin uudelleen uudella, entistä tiheämmällä sijoittelualuejaolla.

3 Raskaan liikenteen sijoittelu

Raskaan liikenteen käsittelyä muutettiin malliversiossa 2.1 siten, että tavaraliikenne sijoitellaan malliajon alussa pohjakysynnäksi, jota ei muuteta malliajon aikana. Niillä linkeillä, joilla ei ole bussikais-
taa, saatuihin kuormituksiin lisätään myös bussiliikenteen määrä ajoneuvoina. Menettelyä on kuvattu tarkemmin julkaisun HSL 2016 osassa D.

4 Tavaraliikenteen ennustemenettely

Tavaraliikenteen ennustemenettely toimii mallin sijoittelualuejaossa. Tavaraliikenteen ennuste tuotetaan ennen henkilöliikenteen ennustetta ja tavaraliikenteen kysyntä sijoitellaan malliajon alussa lisävastukseksi verkoille raportin HSL 2016 osassa D esitettyllä tavalla.

Tavaraliikenteen ennuste muodostettiin kohdassa 2 kuvatuista nykytilamatriiseista Emmen matriisi-balansointimenettelyllä. Balansointimenettelyä varten tuotettiin perävaunullisille ja perävaunuttomille kuorma-autoille vuorokausiliikenteen tuotosmallit. Mallien kertoimien lähtökohtana käytettiin ympäristöministeriön julkaisun Liikennetuotosten arviointi maankäytön suunnittelussa tietoja sekä HSL:n tavaraliikennetutkimuksesta saatuja tietoja.

Tuotosmallit pyrittiin pitämään niin yksinkertaisina, että mallien käyttämät lähtötiedot on mahdollista määrittää myös ennustetilanteessa sijoittelualuejaon tarkkuudessa. Tavaraliikenteen tuotosmallien käyttämiä osa-aluekohtaisia maankäyttötietoja ovat:

- logistiikka- ja teollisuustyöpaikat
- palvelutyöpaikat
- muut työpaikat
- asukkaat.

Mallin kertoimet on sovitettu siten, että ne tuottavat nykytilanteessa mallien estimoinnissa käytetyillä maankäyttötiedoilla estimoinnissa käytettyjä raskaan liikenteen matriiseja vastaavan kuormituksen. Perävaunullisten ja perävaunuttomien kuorma-autojen tuotosmallien kertoimet eri maankäyttötöy-
peille on esitetty taulukossa 1. Pakettiautojen tuotos on laskettu perävaunuttomien kuorma-autojen tuotoksesta olettaen, että ajoneuvoluokkien suhteet pysyvät samana kuin nykytilanteessa.

Taulukko 1. Tavaraliikenteen tuotosmallien kertoimet nyky- ja ennustetilanteessa (samat kertoimet lähteille ja saapuville matkoille)

	Perävaunulliset kuorma-autot	Perävaunuttomat kuorma-autot
Asukkaat yhteensä (ajon/as/vrk)	-	0,0044
Työpaikat yhteensä (ajon/tp/vrk)	0,0213	0,0222
Teollisuuden ja logistiikan työpaikat (ajon/tp/vrk)	0,1944	0,1385
Liikekerrosala (ajon/100k-m2/vrk)	0,095	0,134

Tuotuskertoimilla kerrotaan kunkin alueen vastaavat asukas- ja työpaikkamäärät sekä kerrosalat. Saadut luvut lasketaan yhteen. Kunkin alueen jokainen asukas siis tuottaa 0,0044 ja jokainen työpaikka 0,0222 kuorma-automatkaa. Työpaikkojen perustuotoksen lisätään teollisuuden ja logistiikan työpaikkamääristä sekä liikekerrosaloista riippuvat tuotokset.

Ulkoisen tavaraliikenteen kasvu on määritetty tieluokittain ja maakunnittain liikenneviraston tieliikenne-ennusteen kasvukertoimien perusteella¹. Satamaliikenteen kasvukertoimena on käytetty liikenneviraston tieliikenne-ennusteessa erikseen Helsingin seudulle määritettyä kasvukerrointa.

Helmet 3.0-versiota varten myymäläkerrosalat ja logistiikkatyöpaikkojen määrät summattiin vanhasta vuoden 2013 sijoittelujaosta vanhaan ennustejakoon ja hajotettiin työpaikkojen jakoluvuilla uuteen vuoden 2016 sijoittelujakoon. Asukasmäärät ja työpaikkojen kokonaismäärävektorit ovat samat kuin Helsingin seudun mallissa, joten tiedot olivat jo ennestään uudessa sijoittelualuejaossa.

Balansointia varten ennustemenettely tuottaa taulukossa 1 kuvatuilla tuotuskertoimilla kunkin aikajakson ajoneuvoluokittaiset liikennetuotokset. Aikajaksojen osuuksien vuorokausiliikenteestä oletetaan pysyvän nykytilannetta vastaavina.

Ennustematriisien tuottamisessa käytetty balansointimenettely voi aiheuttaa ongelmia alueilla, joiden tuotos muuttuu merkittävästi. Tästä syystä merkittävästi muuttuville (tuotos muuttuu yli viisinker-
taiseksi) alueille tuotetaan balansoitavaan matriisiin liikennetuotos, joka suunnataan ennustealueen keskimääräisen nykyisen suuntautumisen mukaisesti. Alueen sisäiseksi liikenteeksi jätetään 5 % tuotoksesta, mikä vastaa keskimääräistä sisäisen liikenteen osuutta nykytilamatriiseissa.

Balansointimenettelyllä tuotettavan tavaraliikenteen kysynnän lisäksi ennustemenettely tuottaa pääkaupunkiseudun jätekuljetukset. Jätekuljetusten tuotokset on laskettu seuraavilla oletuksilla:

- 250 kg jätettä/asukas/vuosi
- 50 kg jätettä/työpaikka/vuosi.
- Pakkaavan jäteauton keskiakuorma 8 tonnia.

Tavaraliikenteen ennustemenettelyn lähtötiedoissa annetaan jätekuljetusten suuntaamista varten erikseen Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksen ja Vantaan jätevoimalan osuudet jätteiden määräpaikkoina. Jatkossa voidaan tarvittaessa lisätä myös muita määräpaikkoja. Jätekuljetukset lisätään ennen sijoittelua perävaunuttomien kuorma-autojen matriiseihin. Jätekuljetusten tuntiliikenneosuuksien on oletettu vastaavan muun raskaan liikenteen tuntiliikenneosuuksia. Versiota 3.0 varten sata-
mien ja jätteenkäsittelyn aluekoodit muutettiin käsin uuteen aluejakoon.

Lähdeluettelo

HSL (2011). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010*. HSL:n julkaisuja 33/2011.

HSL (2016). *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustejärjestelmän tarjontamallit 2014*. HSL:n julkaisuja 22/2016.

¹ Valtakunnallinen tieliikenne-ennuste 2030. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 13/2014.

HSL:n julkaisu 5/2019
ISSN 1798-6184 (pdf)
ISBN 978-952-253-328-9 (pdf)



HSL Helsingin seudun liikenne
Opastinsilta 6A, Helsinki
PL 100, 00077 HSL
puh. (09) 4766 4444
etunimi.sukunimi@hsl.fi



HRT Helsingforsregionens trafik
Semaforbron 6 A, Helsingfors
PB 100 • 00077 HRT
tfn (09) 4766 4444
fornamn.efternam@hsl.fi