

Esiselvitys liikennehankkeiden kiinteistömarkkina- vaikutuksista



Taina Haapamäki, Heidi Falkenbach, Oskari Harjunen,
Seppo Laakso, Touko Väänänen

Esiselvitys liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutuksista

**Taina Haapamäki, Heidi Falkenbach, Oskari
Harjunen, Seppo Laakso, Touko Väänänen**

Aalto-yliopiston julkaisusarja
TIEDE + TEKNOLOGIA 3/2020

© 2020 Taina Haapamäki, Heidi Falkenbach, Oskari Harjunen,
Seppo Laakso, Touko Väänänen

ISBN 978-952-60-3819-3 (pdf)
ISSN 1799-4888 (pdf)
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-3819-3>

Unigrafia Oy
Helsinki 2020

Esiselvitys liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutuksista

Esipuhe

Suomessa käydään aktiivisesti keskustelua liikenneinfrastruktuurin ja siihen perustuvan saavutettavuuden taloudellisista vaikutuksista eri näkökulmista. Tietoa hankkeiden vaikutuksista kiinteistömarkkinoihin kaivataan esimerkiksi liikennehankkeiden rahoitusmallien kehittämiseksi, politiikkatoimenpiteiden arviointiin, kaavoituspäätöksiin, liikennejärjestelmäsuunnitteluun sekä väestörakenteen muutosten ja sosiaalisen eriytymisen ennakkoinnissa.

Rakennusteollisuus teki keväällä 2018 aloitteen useiden eri toimijoiden yhteistyöstä ja rahoituksesta tutkimukselle, jonka teemana on liikennejärjestelmän ja kiinteistömarkkinoiden välinen vuorovaikutussuhde. Tutkimus alkoi syksyllä 2018 ja päättyi syksyllä 2019.

Tutkimus on ensimmäinen laatuaan Suomessa. Käytössä on ollut laajat tietovarannot saavutettavuudesta ja toteutuneista asuntojen hinnoista sekä toimistojen vuokrasta.

Työn ohjausryhmän ovat muodostaneet

Jouni Vihmo	Rakennusteollisuus RT ry.
Niko-Matti Ronikonmäki	Liikenne- ja viestintäministeriö
Katja Estlander	Väylävirasto
Sami Pakarinen	Elinkeinoelämän keskusliitto (1/2019 asti Rakennusteollisuus RT ry.)
Lauri Vuorio	Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä
Matti Harjuniemi	Rakennusliitto ry.
Kimmo Kurunmäki	RAKLI ry.
Kauko Aronen	Suomen Kuntaliitto ry.
Mika Kuismanen	Suomen Yrittäjät ry.

Tutkimus on saanut rahoitusta Teollisuuden ja Työnantajain keskusliiton (TT) -säätiöltä.

Tutkimuksen ovat toteuttaneet FLOU Oy, Aalto-yliopisto ja Kaupunkitutkimus TA Oy. Tutkimusryhmän ovat muodostaneet DI Taina Haapamäki, kiinteistötalouden apulaisprofessori Heidi Falkenbach, KTT Oskari Harjunen, VTT Seppo Laakso ja DI Touko Väänänen.

Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa luodaan kehikko liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutusten arvioinnille ja arvioidaan saavutettavuuden vaikutusta asuntojen hintoihin sekä toimistotilojen vuokriin pääkaupunkiseudulla.

Tutkimuksessa esitellään mekanismit, joilla liikenneinfrastruktuurihankkeet vaikuttavat kiinteistömarkkinoihin. Erityisesti käsitellään sitä, kuinka liikenneinfrastruktuurin parannukset siirtyvät asuntojen hintoihin ja vuokriin, sekä miten maankäyttö kehittyi liikenneinfrastruktuurin parantuessa.

Liikennehankkeiden vaikutuksia asuntojen hintoihin ja toimistotilojen vuokriin pääkaupunkiseudulla arvioidaan hedonisen hintamallin avulla.

Saavutettavuutta ja sen muutoksia tarkastellaan koko pääkaupunkiseudun tasolla HSL:n ylläpitämän HELMET-liikenne-ennustemallin avulla. Mallin avulla tuotetaan saavutettavuusindikaattorit pääkaupunkiseudulle vuosina 2008, 2012 ja 2016. Saavutettavuuden muutos todetaan pieneksi suurimmalla osalla pääkaupunkiseutua tarkastellulla ajanjaksolla. Eri vuosien saavutettavuusaineistoja käytetään asuntojen ja toimistotilojen hintamallin robustisuuden tarkasteluun.

Asuntojen hinta- ja ominaisuusaineistona käytetään Kiinteistövälitysalan Keskusliiton tietoja asuntojen myyntihinnoista. Toimistotilojen vuokra- ja ominaisuustiedot ovat KTI Kiinteistötiedon ylläpitämästä aineistosta.

Saavutettavuudella havaitaan olevan positiivinen yhteys asuntojen hintoihin ja toimistotilojen vuokriin. Yhteys on voimakkaampi toimistotila- kuin asuntomarkkinoilla. Lisäksi yhteyden havaitaan olevan voimakkaampi alueilla, joilla on jo valmiiksi hyvä saavutettavuus. Tuloksia tarkastellaan eri saavutettavuusmuuttujilla, joiden antamat tulokset ovat linjassa toistensa kanssa.

Tutkimuksessa esitetään suosituksia liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutusten arvioinnista osana liikennehankkeiden arviointia, kuinka tietopohjaa tulisi kehittää arvioinnin parantamiseksi ja jatkotutkimuskysymyksiä tutkimuksen pohjalta.

Tutkimusryhmä suosittaa, että kiinteistöjen arvonnousua ei oteta mukaan liikennehankkeiden hyöty-kustannusanalyysiin. Kiinteistöjen arvonnousun muutos liikennehankkeiden seurauksena johtuu liikennehankkeen aiheuttamasta saavutettavuusmuutoksesta ja vastaa hankkeesta saatavia liikenteellisiä hyötyjä. Hankkeiden saavutettavuushyötyjä arvioidaan hyöty-kustannusanalyysissä ja siten hinnan nousun laskeminen mukaan hankkeen hyötyihin johtaisi hyötyjen huomioimiseen kahteen kertaan. Tutkimuksessa ei kyetty tunnistamaan yhtä

luotettavaa vaikutuksen suuruutta saavutettavuuden muutosten ja kiinteistömarkkinavaikutusten välille. Kiinteistömarkkinavaikutusten arvioimisesta voi kuitenkin olla hyötyä eri toimijoille vaikutusten hahmottamiseksi.

Liikennehankkeiden ja kiinteistömarkkinoiden vuorovaikutuksen tutkimuksen edistämiseksi suositellaan liikennehankkeiden sekä yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin kehitystä analyysoivia tapaustutkimuksia ja jälkiarviointeja. Muita tärkeitä tutkimusteemoja ovat mm. liikennehankkeiden ja saavutettavuusmuutosten vaikutusten kohdentuminen eri väestöryhmiin, liikennehankkeiden ja saavutettavuusmuutosten vaikutusten kohdentuminen erityyppisiin yrityksiin, tulosten yleistyminen muille kaupunkiseuduille ja maaseudulle sekä liikennehankkeiden syrjäytymisvaikutukset.

Aineistojen taso tutkimuskäyttöön on Suomessa hyvä. Monipuolisemman tutkimuksen mahdollistamiseksi suositellaan kuitenkin, että saavutettavuusaineistojen laskemiseksi koko Suomen tasolla kehitetään työkalu, asuntojen vuokra-aineistoista kehitetään tietokanta, joka kattaa mahdollisimman laajasti erityyppiset vuokra-asunnot ja toimitilojen vuokra-aineistojen saatavuutta tutkimuskäyttöön helpotetaan.

Tietoa liikennejärjestelmän ja kiinteistömarkkinoiden vuorovaikutussuhteesta voidaan hyödyntää esimerkiksi liikennehankkeiden rahoitusmallien kehittämisessä, politiikkatoimenpiteiden arvioinnissa, kaavoituspäätöksissä, liikennejärjestelmäsuunnittelussa sekä väestörakenteen muutosten ja sosiaalisen eriytymisen ennakoinnissa.

Abstract

The study creates a framework for assessing the impacts of transport projects on real estate markets and evaluates the impact of accessibility on housing prices and office rents in the Helsinki metropolitan area.

The study presents the mechanisms by which transport infrastructure projects affect the real estate market. It addresses how transport infrastructure improvements translate into house prices and rents, and how land use develops as transport infrastructure improves.

The impact of transport projects on housing prices and office rents in the Helsinki metropolitan area is estimated using a hedonic pricing model.

Accessibility and its changes are examined using the HELMET traffic forecast model maintained by Helsinki Region Transport. The model produces accessibility indicators for the Helsinki metropolitan area in 2008, 2012 and 2016. The change in accessibility is found to be small for most of the study area during the period under review. The modelled accessibilities from different years are used to examine the robustness of the price model of housing prices and office rents.

The price and property data for the housing prices is based on the sales price data from the Central Federation of Finnish Real Estate Agencies. Office space rental and property information is from KTI Property Information.

Accessibility is found to have a positive relationship with housing prices and office rents. The connection is stronger in the office market than in the housing market. Furthermore, the connection is found to be stronger in areas that already have a good accessibility. The results are tested with different accessibility variables which show similar results.

The study suggests how to assess the real estate market impacts as a part of the evaluation of transport projects and what should be done in order to improve assessment. It also suggests further research questions.

The research team recommends that property value increases should not be included in the cost-benefit analysis of transport projects. The change in the value of the property as a result of the transport project is due to the change in accessibility and it corresponds to the direct transport benefits obtained from the project. The direct benefits of a transport project are assessed in the project's cost-benefit analysis. Thus, including the resulting housing price increase in the benefits of the project, would result in double counting of the benefits. The study could not identify a single reliable effect relating changes in accessibility to changes in housing prices. Nevertheless, assessing the real estate market impact

of transportation infrastructure projects can be useful for different actors to understand the project's effects.

In order to increase knowledge on the interaction between transport projects and the real estate market, the research group recommends case studies and ex post evaluations analyzing the long-term development of transport projects and the urban structure. Other important research topics include: the impact of transport projects and accessibility changes on different demographic groups, the impact of transport projects and accessibility changes on different types of businesses, generalising the results to other urban and rural areas, and crowding out effects of transport projects.

The quality of the data for research purposes in Finland is good. However, in order to allow for more diverse research, it is recommended that a tool for estimating accessibility data in a national level should be developed, a database on housing rental data should be developed that covers the widest possible range of rental properties, and access to office rental data for research purposes should be made easier.

Knowledge on the interaction between the transport system and the property market can be applied, for example, in developing transport financing models, evaluating policy measures, planning decisions, planning transport systems, and anticipating demographic change and social segregation.

Sisällysluettelo

1.	Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus.....	10
1.1	Tutkimuksen tausta	10
1.2	Liikennehankkeiden hyöty-kustannuslaskelmat ja niiden rajoitukset	10
1.3	Tutkimuksen tavoitteet.....	12
1.4	Tutkimuksen rakenne.....	12
2.	Teoreettinen viitekehys ja kirjallisuuskatsaus	14
2.1	Kaupunkitaloustieteen ja liikennetaloustieteen keskeiset näkökulmat 14	
2.1.1	Kaupunkialueen saavutettavuuden ja maankäytön välisen yhteyden lähtökohtia.....	14
2.1.2	Maankäytön ja liikenteen vuorovaikutus	15
2.2	Maankäyttö, maan hinta ja maankäytön tehokkuus	18
2.3	Kaupunkialueen maankäyttömalli.....	19
2.4	Liikennejärjestelmän muutoksen vaikutus maankäyttöön	21
2.5	Saavutettavuus liikenne- ja maankäyttöjärjestelmän ominaisuutena	22
2.6	Saavutettavuuden mittaaminen.....	24
2.7	Satunnaisen hyödyn teoria ja logittimalli.....	26
2.8	Liikennejärjestelmä	30
2.9	Liikenne-ennustemallit.....	33
2.10	Saavutettavuus, kiinteistömarkkinat ja yhdyskuntarakenne	34
2.11	Hedonisten hintojen teoria.....	38
2.12	Maankäytön ja liikenteen integroidut mallit tutkimuksen ja suunnittelun välineenä	40
3.	Saavutettavuusaineistojen tuottaminen.....	41
3.1	Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmä.....	41
3.2	Liikennejärjestelmäaineistot	45
3.3	Saavutettavuusaineistot.....	46

4.	Saavutettavuus ja kiinteistömarkkinat pääkaupunkiseudulla 2008–2016	50
4.1	Liikennejärjestelmän muutokset.....	50
4.2	Saavutettavuus pääkaupunkiseudulla	51
4.3	Maankäyttö ja maankäytön muutos pääkaupunkiseudulla	60
4.3.1	Taustaa	60
4.3.2	Helsingin seudun yhdyskuntarakenteen muutos	60
4.3.3	Pääkaupunkiseudun maankäytön ja keskusverkoston kehitys...	61
5.	Empiirisen tutkimuksen toteuttaminen ja tulokset.....	64
5.1	Empiirinen strategia.....	64
5.2	Saavutettavuuden vaikutus asuntojen hintoihin.....	66
5.2.1	Mallien täsmentäminen ja käytetyt aineistot.....	66
5.2.2	Estimointitulokset, asuntojen hinnat	68
5.2.3	Tulosten robustisuus: valikoituminen	69
5.2.4	Tulosten robustisuus: heterogeeniset vaikutukset	70
5.2.5	Tulosten robustisuus: käytetty saavutettavuusmuuttuja.....	73
5.3	Saavutettavuuden vaikutus toimistojen vuokriin	75
5.3.1	Mallien täsmentäminen ja käytetyt aineistot.....	75
5.3.2	Estimointitulokset, toimistojen vuokrat	77
5.3.3	Tulosten robustisuus: heterogeeniset vaikutukset	78
5.3.4	Tulosten robustisuus: käytetty saavutettavuusmuuttuja.....	79
6.	Tulokset.....	81
6.1	Arvio tietojen laadusta ja käyttökelpoisuudesta sekä tietopohjan täydentämisen tarpeesta	82
6.1.1	Liikennemalliaineistot	82
6.1.2	Saavutettavuusaineistot	83
6.1.3	Liikennemallit	84
6.1.4	Asuntojen hinta-aineistot.....	84
6.1.5	Toimistojen vuokra-aineistot.....	85
6.1.6	Asuntojen vuokra-aineistot.....	86
7.	Vastaukset tutkimuskysymyksiin tutkimuksen pohjalta	88
7.1	Millä periaatteilla strategisen tason liikennejärjestelmäsunnittelussa tulisi arvioida kiinteistömarkkinoihin kohdistuvia vaikutuksia?	88
7.2	Miten kiinteistömarkkinavaikutuksia tulisi käsitellä osana liikennehankkeiden arviointia?	89

7.3	Mitkä edellytykset liikennejärjestelmän kiinteistömarkkinavaikutusten arvioinnille ovat Suomessa?	90
7.4	Miten tietopohjaa tulisi kehittää?	91
7.5	Mitkä ovat keskeiset seuraavat jatkotutkimusta vaativat asiat?	92

1. Tutkimuksen tavoitteet ja toteutus

1.1 Tutkimuksen tausta

Suomessa käydään aktiivisesti keskustelua liikenneinfrastruktuurin ja siihen perustuvan saavutettavuuden taloudellisista vaikutuksista eri näkökulmista. Keskusteluun Suomen valtakunnallisen ja kansainvälisen saavutettavuuden rinnalle on noussut kaupunkiseutujen sisäisten saavutettavuuksien kehittäminen. Erityisesti suurilla kaupunkiseuduilla keskeinen näkökulma on joukkoliikenteen kehittämisen ja muiden liikennejärjestelmään kohdistuvien investointien yhteys kiinteistömarkkinoihin sekä maankäyttöön ja yhdyskuntarakenteeseen. Kaupunkien kasvaessa myös sisäisen saavutettavuuden kehittäminen on yhä tärkeämpää, sillä lisääntyvä väestömäärä aiheuttaa painetta liikennejärjestelmän ruuhkautumiselle.

Liikenneinvestoinnit muuttavat eri sijaintien saavutettavuutta. Tämän seurauksena paranevan saavutettavuuden sijainnit tulevat houkuttelevammiksi ja vetovoimaisemmaksi sekä asuinpaikkoina että palveluiden ja muiden hyvästä saavutettavuudesta riippuvaisten toimintojen sijaintipaikkoina. Erityisesti uusien ja kehittyvien raideliikenneasemien ympäristöt ja muut kaupunkiseudun joukkoliikenteen solmukohdat houkuttelevat markkinatoimijoita investoimaan parhaiten saavutettaviin sijainteihin. Myös julkisen sektorin - maakuntien ja kuntien - maankäytön suunnittelun intressinä on luoda kaavoituksella edellytyksiä parhaiten saavutettavien sijaintien maankäytön tiivistämiselle sekä joukkoliikenteen palveluiden ja käytön kehittämiselle.

Lisääntyvä kysyntä nostaa maan hintaa, millä on suuri merkitys paitsi sijoittajien myös julkisen sektorin toimijoille. Kehitettävillä alueilla sijaitsevan kaupunkien omistaman maan luovutus, maankäyttösopimuskorvaukset sekä kiinteistöveroitus muodostavat suurille kaupungeille merkittävän tulolähteen, jolla voidaan osin rahoittaa liikenteeseen kohdistuvia investointeja.

1.2 Liikennehankkeiden hyöty-kustannuslaskelmat ja niiden rajoitukset

Suomessa liikennehankkeiden yhteiskuntataloudellinen arviointi perustuu Liikenneviraston antamaan yleisohjeeseen (Liikennevirasto 2011). Sen mukaan kaikissa liikenneväylähankkeissa on tarkasteltava ainakin vaikutuksia liikenteen käyttäjiin (aika- ja rahakustannukset), tuottajiin, julkiseen talouteen,

liikenneturvallisuuteen sekä ympäristöön. Suomen arviointikäytäntö noudattaa useimpien OECD-maiden periaatteita.

Suomen yleisohjeessa todetaan, että hanke voi saada aikaan laajempia taloudellisia vaikutuksia, jotka eivät sisälly tai tule riittävästi esiin suorien liikenteen käyttäjä- ja tuottajahyötyjen kautta. Ohjeen mukaan laajempia taloudellisia vaikutuksia ei tule ottaa mukaan kannattavuuslaskelmaan. Niiden selvittämistä asianmukaisin menetelmin pidetään tärkeänä, mutta samalla todetaan, että niiden arviointiin ei ole osoitettavissa yleispäteviä kertoimia tai sääntöjä.

Liikenneinvestointien taloudelliset vaikutukset voivat ulottua laajemmalle kuin em. välittömiin käyttäjä- ja tuottaja- ym. hyötyihin. Siksi yhteiskunnan liikenneinvestoinneista saama kokonaishyöty voi olla suurempi kuin yksilöiden hyötyjen summa. Vaikutukset voivat kohdistua suoraan yritysten tuottavuuteen tai ne toteutuvat työ-, hyödyke-, ja kiinteistömarkkinoiden kautta. Saavutettavuuden paraneminen voi johtaa työmarkkina-alueiden laajenemiseen ja työvoiman kysynnän ja tarjonnan kohtaannon paranemiseen, mikä voi johtaa työllisyyden kasvuun ja tuottavuuden nousuun. Yritysten tuottavuus voi kasvaa, kun kaupungin koko tai tiheys kasvaa tai keskusten väliset yhteyden paranevat – ns. agglomeraatio- eli kasautumishyödyt, jotka perustuvat työmarkkinavaikutusten lisäksi mm. verkostoitumisen edellytysten paranemiseen sekä tiedon ja innovaatioiden leviämiseen. Suomen oloissa tärkeimmät vaikutukset toteutuvat oletettavasti työmarkkinoiden ja maankäytön kautta. Myös kasautumisvaikutukset ovat mahdollisia todella merkittävien hankkeiden tapauksessa. (Laakso & Kostianen & Metsäranta 2016.)

Tutkimusten mukaan liikenneinvestoinnit ja niiden aikaansaamat saavutettavuusmuutokset voivat vaikuttaa maan arvoon ja siten myös asunto- ja toimitilamarkkinoihin. Saavutettavuuden parantuessa merkittävästi kiinteistöjen arvot nousevat erityisesti niissä sijainneissa, jotka tulevat investoinnin vaikutuksesta liikenteellisesti lähemmäksi työpaikka- ja palvelukeskittymiä. Saavutettavuuden paraneminen kapitalisoituu maan arvoon. Kysymys on kuitenkin ensi sijassa liikenteen käyttäjähyötyjen muutosten nykyarvon pääomittumisesta. Kun kiinteistömarkkinoiden tuotantopanos – maa – kallistuu, se lisää kysyntää tehokkaammalle rakentamiselle. Hintojen muutos vaikuttaa rakentamisen määrään sekä asuntojen ja toimitilojen tarjontaan. Tämän seurauksena hanke vaikuttaa kiinteistömarkkinoiden kautta myös liikenteen kysyntään – asukkaiden ja työpaikkojen lisäys kasvattaa myös liikennepalvelun käyttäjämääriä.

Perinteisissä liikennemalleissa keskitytään mallintamaan päivittäin tehtäviä matkavalintoja, mutta kotitalouksien ja yritysten pitkän aikavälin sijoittumista koskevat päätökset käsitellään ulkoisina tekijöinä. Jos vaihtoehtojen vertailu perustuu samoihin väestö- ja työpaikkaoletuksiin kaikissa vaihtoehtoissa, kysyntävaikutus liikennemarkkinoihin pitkällä aikavälillä voidaan arvioida liian alhaiseksi.

Toisaalta maankäyttövaikutusten tulkinta laajemmiksi vaikutuksiksi ja niiden mittaaminen esimerkiksi maan arvonnousun kautta voi merkitä vaikutusten

laskemista kahteen kertaan, sillä osa näistä vaikutuksista tavoitetaan jo liikennehankkeen käyttäjähyödyissä.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mikä on liikennejärjestelmän ja kiinteistömarkkinoiden välinen vuorovaikutussuhde akateemiseen kirjallisuuden perusteella?
- Millä periaatteilla strategisen tason liikennejärjestelmäsuunnittelussa tulisi arvioida kiinteistömarkkinoihin kohdistuvia vaikutuksia?
- Mitkä edellytykset liikennejärjestelmän kiinteistömarkkinoihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnille ovat Suomessa?
- Mitkä ovat keskeiset seuraavat jatkotutkimusta ja kehittämistä vaativat asiat?

Tutkimuksen tavoitteena on vastata tutkimuskysymyksiin toteuttamalla empiirinen pilottitutkimus, joka sisältää akateemiseen kirjallisuuteen perustuvan viitekehyksen, tutkimusaineiston hankinnan, empiirisen tutkimuksen mallien spesifioinnin sekä alustavat malliestimoinnit. Pilottitutkimus rajataan pääkaupunkiseudulle useista syistä: pääkaupunkiseutu on ydinalue Helsingin seudulla, joka on Suomen ainoa kansainvälisesti merkittävä kaupunkiseutu. Alueella on toteutettu liikennejärjestelmään ja saavutettavuuteen merkittävästi vaikuttavia liikenneinvestointeja erityisesti joukkoliikenteessä. Lisäksi erilaiset tutkimuksessa tarvittavat aineistot ovat laajimmat ja kattavimmat pääkaupunkiseudulla.

Tutkimuksessa tarkastellaan liikennehankkeiden vaikutuksia asuntojen hintoihin ja vuokriin ja toimistotilojen vuokriin. Asuntoihin ja toimistotiloihin kohdistuu pääasiassa henkilöliikenteen kysyntää. Tästä syystä saavutettavuuden tarkastelut painottuvat henkilöliikenteeseen.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus koostuu seuraavista osista:

1. *Teoreettisen viitekehyksen rakentaminen*, jossa esitellään alan tutkimuskirjallisuuden pohjalta kaupunki- ja liikennetaloustieteellisen viitekehyksen keskeiset näkökulmat.
2. *Tutkimusaineistojen hankinta ja rakentaminen*, jossa kuvataan tutkimuksessa hyödynnetyt aineistot
 - a. Liikennejärjestelmää ja liikkumista kuvaavat aineistot, jotka mahdollistavat saavutettavuutta kuvaavien indikaattoreiden laadinnan
 - b. Asuntojen hinta-aineistot, jotka mahdollistavat analyysit saavutettavuuden muutosten vaikutuksesta asuntomarkkinoille
 - c. Toimistojen vuokra-aineistot, jotka mahdollistavat analyysit saavutettavuuden muutosten vaikutuksesta kaupallisille toimistotilojen markkinoille

3. *Pilottitutkimuksen toteuttaminen*
 - a. Tilastollisten mallien spesifointi
 - b. Mallien estimoinnit ja tulkinta
4. *Tulkinnat ja johtopäätökset*
 - a. Alustavat tulokset saavutettavuuden ja kiinteistömarkkinoiden muutosten välisistä yhteyksistä.
 - b. Arviot tietojen laadusta ja käyttökelpoisuudesta sekä tietopohjan täydentämisen tarpeesta.
 - c. Arviot viitekehysten toimivuudesta.
 - d. Arviot kausaalisuuden osoittamisesta.
 - e. Arviot tulosten käyttökelpoisuudesta liikennejärjestelmäsunnittelussa, liikennehankkeiden arvioinnissa ja liikenteen rahoitusmallien kehittämisessä sekä suositukset jatkotutkimuksista ja -toimenpiteistä.

2. Teoreettinen viitekehys ja kirjallisuuskatsaus

2.1 Kaupunkitaloustieteen ja liikennetaloustieteen keskeiset näkökulmat

2.1.1 Kaupunkialueen saavutettavuuden ja maankäytön välisen yhteyden lähtökohtia

Kaupungeissa sijaitsee lähekkäin paljon erilaisia toimijoita, erityisesti asukkaita sekä yrityksiä ja muita yhteisöjä. Läheisyydestä koituu monenlaisia etuja näille toimijoille: Tavaroiden ja palveluiden tuotanto ja kauppa hyötyvät siitä, että tuottajat, myyjät ja asiakkaat sijaitsevat lähekkäin. Vaikka kuljetus- ja kommunikaatiokustannukset ovat laskeneet, liikkumiselle, tavaroiden kuljetukselle ja kommunikaatiolle eri muodoissa läheisyys ja lyhyet etäisyydet ovat edelleen merkittävä etu.

Yritysten ja kotitalouksien keskittyminen ja läheisyys parantavat työmarkkinoiden toimivuuden edellytyksiä. Keskittyminen ja suuri volyyymi parantavat työvoiman kysynnän ja tarjonnan kohtaamista. Pitkälle erikoistuneiden ammattien ja työpaikkojen kohtaanto toimii yleensä vain suurilla kaupunkiseuduilla.

Keskittyminen tuottaa lisäarvoa yritystoiminnalle erilaisten kasautumisvaikutusten välityksellä. Keskittymisessä voidaan erottaa eri tasoja useilla toimialoilla. Yhtäältä taloudellinen toiminta keskittyy maiden sisällä suurille kaupunkiseuduille. Toisaalta kaupunkien sisällä tapahtuu keskittymistä yhteen tai useampaan pääkeskukseen sekä eri tavoin erikoistuviin alakeskuksiin.

Kasautumiseduissa on kyse positiivisesta ulkoisvaikutuksesta, joka syntyy yrityksen tai kotitalouden toimintaan muiden taloudenpitäjien läheisyydestä sekä niiden toiminnan määrästä, laajuudesta ja monipuolisuudesta. Kasautumisedut voidaan jakaa sijaintietuihin ja urbanisaatioetuihin.

Sijaintieduilla tarkoitetaan hyötyjä, joita tietyn sektorin yritykset saavat kyseisen sektorin suuresta koosta samalla kaupunkialueella. Sijaintietuja syntyy mm. yritysten tarvitsemien panosten markkinoilla, kun keskittyminen mahdollistaa panosten tarjoajien erikoistumisen sekä paremmat skaala- ym. edut. Innovaatioiden synty ja leviäminen on helpompaa sektorin piirissä samalla alueella, läheisyyden mahdollistaman vuorovaikutuksen ansiosta. Sijaintiedut rajoittuvat yleensä määrätulle toimialalle, eivätkä oleellisesti leviä muille sektoreille.

Kaupunkialueen suuri koko ja monipuolisuus synnyttävät urbanisaatioetuja. Kuluttajille koituu etuja laajasta hyödykekirjosta sekä kilpailun myötä edullisista hinnoista (pl. asuminen) ja läheisyyden ansiosta alhaisista transaktiokustannuksista. Yritykset hyötyvät siitä, että suurella ja monipuolisella kaupunkialueella niiden välituotepanoksia tuottavia yrityksiä on paljon tai välituotepanosten kuljetusinfrastruktuuri on kehittynyt, jolloin syntyy kilpailua ja lisää hyödykevariaatiota. Urbanisaatioedut parantavat yritysten mahdollisuutta erikoistua. Markkinoiden suuruus (paljon kuluttajia, paljon yrityksiä, paljon tuotteita) ylläpitää kilpailua ja tehokkuutta.

Keskittyminen ja kasautuminen hyödyttää myös kotitalouksia. Kaupunkialueen suuri koko ja keskittymät mahdollistavat palveluiden läheisyyden ja monipuolisuuden. Työmarkkinoiden toimivuus hyödyttää kotitalouksia työvoiman tarjoajina. Yritysten korkeampi tuottavuus kasautumishyötyjen ansiosta mahdollistaa korkeamman tulotason kotitalouksille.

2.1.2 Maankäytön ja liikenteen vuorovaikutus

Kaupunkialueen maankäytön ja liikennejärjestelmän välillä vallitsee monimutkainen vaikutussuhde, jossa maankäyttö vaikuttaa liikkumisen kysyntään ja vastaavasti liikennejärjestelmä tuottaa tarjonnan eli liikkumisen mahdollistavat rakenteet sekä luo edellytyksiä maankäytön kehittämiseksi.

Kaupunkialueiden taloudellinen perusta rakentuu sen varaan, että erilaiset toiminnot sijaitsevat lähekkäin, jolloin taloudellinen ja sosiaalinen kanssakäyminen eri toimijoiden välillä on mahdollisimman tehokasta. Tavaroiden ja palveluiden vaihto sekä sosiaalinen vuorovaikutus edellyttävät ihmisten, tavaroiden ja palveluiden liikkumista, joten sen edellytyksenä olevalla liikennejärjestelmällä on keskeinen rooli kaupunkialueen kehityksessä. Kaupunkialueen sisäinen liikennejärjestelmä kytkee alueen eri sijainnit sekä tavaroiden ja palvelujen vaihtoon osallistuvat yritykset ja kotitaloudet toisiinsa.

Liikenteen ja tilan (maankäytön) kysyntä on talouden johdettua kysyntää, eli ne mahdollistavat kulutus- ja tuotantotapahtumat, mutta eivät varsinaisesti ole taloudellisen toiminnan syy vaan seuraus. Liikenteen kysyntä realisoituu matkoina, joilla on erilaisia ominaisuuksia. Työmatkat syntyvät työvoiman tarjonnasta, ostos- ja asiointimatkat palveluiden ja lopputuotteiden kulutuksesta. Kotitalouksilla on myös muuta sosiaalista ja ajan käyttöön liittyvää toimintaa kuin kulutusta, joka synnyttää liikennettä. Vastaavasti eri tuotantosektoreiden yritykset kuluttavat toistensa välituotteita ja palveluita, joista syntyy tavaraliikenne ja työajan liikenne. Liikenne ja maankäyttö muodostavat talouden mekanismien rinnakkaisilmion. Talouden virtojen vahvuus ja suuntautuminen riippuu siitä, kuinka saavutettavia markkinoiden tuotokset ja panokset ovat. Saavutettavuus riippuu puolestaan liikennejärjestelmän kyvystä yhdistää talouden virtojen kohteita ja siitä, kuinka merkittävä kukin kohde on kysynnän tyydyttämisessä. Saavutettavuus riippuu siis sekä liikenteellisestä etäisyydestä että maankäytön tiheydestä.

Liikkumistarve ja liikennejärjestelmän kysyntä riippuvat puolestaan suoraan talouden virtojen vahvuudesta ja sitä kautta myös saavutettavuudesta. (Moilanen 2012.)

Saavutettavuus voi muuttua sekä liikennejärjestelmän muutoksen että maankäytön muutoksen seurauksena. Liikenneinvestoinnit muuttavat yleensä matka-aikoja ja muita liikkumiseen vaikuttavia tekijöitä. Maankäytön muutokset, kuten asemaseutujen tiivistäminen ja toiminnallinen kehittäminen, muuttavat asukkaiden, työpaikkojen ja palveluiden sijaintijakaumaa ja vaikuttavat mihin, mistä ja miten toimijat liikkuvat. Merkittävä liikenneinvestoinnit tuottavat uutta infrastruktuuria, joka vaikuttaa maankäyttöön siitä alkaen, kun hankkeesta päätetään ja erityisen voimakkaasti siinä vaiheessa, kun uusi väylä tai vastaava otetaan käyttöön. Sen sijaan maankäyttö muuttuu yleensä hitaasti, suurten liikennehankkeiden, kuten uuden metrolinjan, tapauksessa usean vuosikymmenen kuluessa.

Tästä hyvänä esimerkkinä on Helsingin metro, jonka rakentamispäätös tehtiin vuonna 1969. Ensimmäinen osuus Kampista Itäkeskukseen otettiin käyttöön 1982, jatko Mellunmäkeen asti vuonna 1989 ja Vuosaaren haara 1998. Metrovyöhykkeen maankäyttö toteutui ensi vaiheessa pääosin 1960-luvun yleiskaavan mukaisesti. Vyöhykkeen rakentamissuunnitelmat ovat uusiutuneet jokaisen yleiskaavan myötä. Alueen väestömäärä kääntyi nousuun vasta 1990-luvun alkupuolella, kun päätös Vuosaaren metrohaarasta käynnisti mittavan rakentamisen. Koko vyöhykkeen tähän mennessä suurin rakennushanke, Kalasataman alue (noin 21 000 asukasta), käynnistyi vasta 2010-luvulla, kun alueen satamatoiminnot oli siirretty Vuosaaren. Metrovyöhykkeen toteutuminen osoittaa, että hankkeen suunnitteluvaiheessa näkemys metrovyöhykkeen maankäytön potentiaalista ja sen toteutumisen aikajänteestä oli selvästi alimitoitettu. Metron vetovoima ja sen tarjoama potentiaali maankäytön kehittämiseksi alkoi realisoitua vasta useita vuosia metron käyttönoton jälkeen, poiketen monessa suhteessa siitä, mihin metroa suunniteltaessa varauduttiin. Kun Kalasataman alue valmistuu 2030-luvulla, metro on ollut käytössä yli 50 vuotta.

Liikennejärjestelmän vaikutukset maankäyttöön ja laajemmin aluetaloudelliseen kehitykseen eivät synny automaattisesti eivätkä kaikilla alueilla ja kaikkina aikoina samanlaisina. Bannister & Berechman (2003) korostavat vaikutusten voimakasta riippuvuutta aluetalouden rakenteesta ja koosta, poliittisesta päätöksenteosta sekä uusien hankkeiden tapauksessa liikenteellisistä edellytyksistä.

Helsingin seudun kaltaisella kehittyneellä kaupunkialueella maankäytön ja liikenteen muutosten lähtökohtana on, että alueella on jo pitkään ollut suhteellisen hyvin toimiva liikennejärjestelmä sekä siihen tukeutuva kaupunkimainen maankäyttörakenne. Asetelma on toisenlainen kuin monissa alikehittyneissä ja kehittyvissä maissa ja kaupungeissa, joissa uudet liikenneyhteyden yhdistävät aikaisemmin erillään olleita alueita toisiinsa (mm. World Bank 2009). Helsingin seudulla uudet liikennehankkeet eivät yleensä saa aikaan dramaattisia muutoksia liikkumis- ja kuljetusmahdollisuuksissa, vaan tyyppillisesti paikallisia parannuksia, joilla on yleensä myös vaikutuksia

laajempaan liikenneverkkoon. Liikennehankkeet eivät johda automaattisesti merkittäviin muutoksiin maankäytössä ja sitä kautta syntyviin taloudellisiin vaikutuksiin. Vaikutusten edellytyksenä on, että maankäyttö ja aluetalous pystyvät hyödyntämään liikennehankkeen kautta syntyvät saavutettavuusedut. Tämän lisäksi suunnittelujärjestelmän ja poliittisen päätöksenteon pitää mahdollistaa muutoksia, jotka luovat edellytykset vaikutusten realisoitumiselle.

Bannister & Berechman määrittelevät kolme välttämätöntä edellytystä liikenneinvestointien taloudellisten vaikutusten realisoitumiselle:

1. Alueella on oltava riittävät taloudelliset edellytykset hyödyntää parantunut saavutettavuus. Tämä edellyttää, että liikenteen kehittyminen saa aikaan taloudellisia ulkoisvaikutuksia kasautumisetujen, hyvin toimivien työmarkkinoiden ja aluetalouden dynamiikan kautta. Kaupunkialueen suuri koko ja toimialarakenteen monipuolisuus mahdollistavat kasautumisetujen syntymisen ja leviämisen. Keskeisenä edellytyksenä on se, että liikkumisen ja logistiikan tehokkuus ovat tärkeitä tekijöitä yritystoiminnan tuottavuudelle ja työmarkkinoiden toimivuudelle.
2. Hankkeella on oltava investointiedellytykset, jotka sisältävät mm. rahoituksen saatavuuden, optimaalisen mitoituksen, tarkoituksenmukaisen ajoituksen sekä verkostovaikutukset. Esimerkiksi ajoituksen osalta on riski sille, että liikennehankkeen lykkääntyessä sen oletetulle vaikutusalueelle toteutetaan uutta maankäyttöä alhaisella tehokkuudella tai muulla tavalla, joka alihyödyntää parantuneen liikenneyhteyden aikanaan tarjoaman potentiaalin.
3. Erittäin tärkeitä taloudellisille vaikutuksille ovat poliittiset ja institutionaaliset edellytykset. Jotta taloudellisia vaikutuksia syntyisi, tarvitaan hanketta tukevia päätöksiä ja toimenpiteitä. Näitä ovat mm. maankäytön kehittämistä tukeva kaavoitus, kannustimet maankäytön muutosten realisoitumiselle sekä saavutettavuushyötyjä hyödyntävät ja niitä tukevat investoinnit esimerkiksi palveluihin.

Johtopäätös edellisestä on, että liikennehankkeella yksistään, ilman muita edellytyksiä, saattaa olla vain vähäinen vaikutus maankäyttöön ja aluetalouteen. Jos vain kaksi kolmesta edellytyksestä täyttyy, vaikutus jää rajoittuneeksi. Siinä tapauksessa, että investointiedellytykset sekä poliittiset ja institutionaaliset edellytykset täyttyisivät, taloudelliset vaikutukset jäävät heikoiksi, jos alueen taloudellinen rakenne on sellainen, että yritykset ja työmarkkinat eivät sanottavasti kykene hyödyntämään saavutettavuuden paranemista. Tästä huolimatta positiiviset liikenteelliset vaikutukset voivat toteutua. Asian voi kääntää myös toisinpäin: liikenneinvestoinnit eivät automaattisesti elvytä kehityksessä jälkeenjäänyttä tai muuten taantuvaa aluetta. Jos taas taloudelliset ja investointiedellytykset täyttyvät, mutta poliittiset ja institutionaaliset edellytykset eivät täyty, vaikutukset jäävät silloinkin vajavaisiksi. Esimerkiksi jos kaavoitus ei mahdollista maankäytön tehostamista ja maankäytön muuttumista, vaan ”jäädyttää” aikaisemman maankäytön, vaikutukset maankäyttöön ja aluetalouteen jäävät vajavaisiksi.

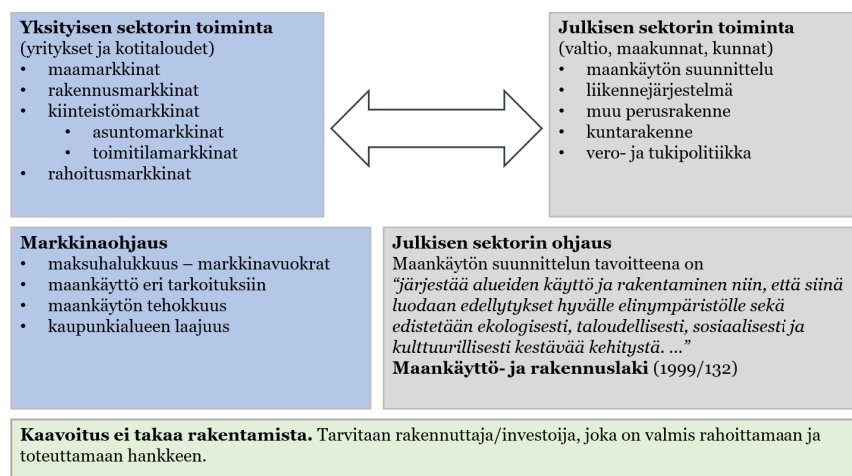
2.2 Maankäyttö, maan hinta ja maankäytön tehokkuus

Hyvin saavutettava sijainti on niukka resurssi, johon kohdistuu paljon kysyntää. Sen myötä toimijoiden välillä syntyy kilpailua sijainneista. Kilpailullisilla maa- ja kiinteistömarkkinoilla hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella. Hyviin sijainteihin kohdistuva kysyntä nostaa maan hintaa. Koska maa on kiinteistömarkkinoilla tuotantopanos, hinnan korkeus lisää myös kysyntää tiivydelle eli tehokkaalle kaupunkirakenteelle. Toisin sanoen, mitä kalliimpaa maa on, sitä tehokkaammin maa halutaan käyttää.

Maan markkinahinnan määräytymisen perustana ovat vaihtoehtoisten sijaintien hyödyt ja kustannukset eri kotitalouksille ja yrityksille. Eri toimijoiden tarpeet ja preferenssit vaihtelevat ja niillä on erilaiset budjettirajoitteet. Nämä tekijät vaikuttavat siihen, kuinka paljon kukin toimija on valmis maksamaan maasta (tilasta) eri sijainneissa. Kilpailullisilla markkinoilla eniten tarjoava saa oikeuden sijaintiin.

Kuitenkin lähes kaikissa maissa, ja erityisen vahvasti Suomessa, julkinen sektori vaikuttaa maankäyttöön ja yksityisen sektorin kiinteistöjen käyttöön ja rakentamiseen monilla tavoilla luomalla edellytyksiä, ohjaamalla ja rajoittamalla. Maankäytön suunnitteluun eri aluetasoilla sisältyy vahvasti ohjaavia, rajoittavia ja edellytyksiä luovia elementtejä. Kaavoitus ei kuitenkaan takaa rakentamista, vaan jokaisen hankkeen toteuttamiseen tarvitaan markkinoilla toimiva rakennuttaja ja investoija. Toisaalta, jos alueelle kohdistuu enemmän rakennuskysyntää kuin sille on kaavoitettu rakentamista, voi kaavoitus rajoittaa rakentamista suhteessa siihen, mitä ilman kaavarajoituksia olisi tapahtunut.

Liikennejärjestelmän ja muun perusrakenteen ylläpito ja niihin kohdistuvat investoinnit luovat edellytyksiä yksityisen sektorin investoinneille. Markkinaohjaus ja julkisen sektorin ohjaus toimivat rinnakkain kiinteistömarkkinoilla.



Kuva 1. Markkinaohjaus ja julkisen sektorin ohjaus kiinteistömarkkinoilla.

2.3 Kaupunkialueen maankäyttömalli

Yritykset ja kotitaloudet ovat halukkaita maksamaan hyvästä saavutettavuudesta. Saavutettavuuden paraneminen nostaa maan hintaa ja lisää kysyntää tehokkaammalle rakentamiselle.

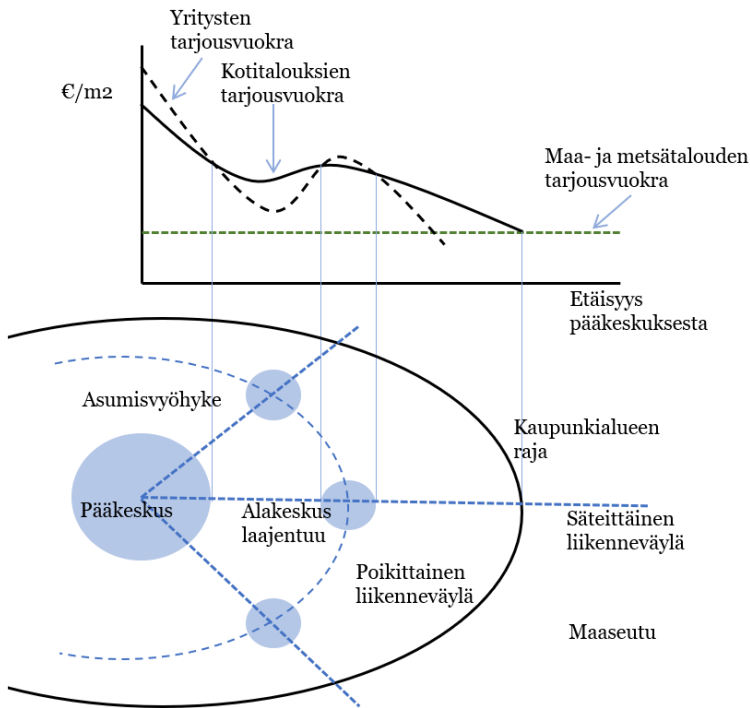
Kaupunkialueen maankäyttömalli (mm. Beckman & Thisse 1986; Fujita 1989; Loikkanen & Laakso 2016) tarjoaa viitekehyksen, jonka avulla voidaan analysoida saavutettavuuden, siitä riippuvan maankäytön kysynnän, maan hinnan, maankäytön tehokkuuden, toimintojen sijoittumisen sekä kaupunkialueen laajuuden välisiä yhteyksiä.

Seuraavassa lähtökohtana on monikeskuksinen kaupunkialue, joka muodostuu pääkeskuksesta ja alakeskuksista, joita kaupunkialueen sisäinen liikenneverkko yhdistää. Hyvin saavutettavaa maata on niukasti suhteessa käyttäjien määrään, joten maa on kallista, ja eri käyttäjät ja käyttömuodot kilpailevat siitä keskenään. Seuraavassa analyysissä keskitytään saavutettavuuden ja maan hinnan sekä maankäytön tehokkuuden väliseen yhteyteen ja oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että kaupunkimaisia maankäyttömuotoja on vain edellä mainitut kaksi: asukkaat (asuminen) ja työpaikat (yritykset/toimitilat).

Kaupunkialueen pääkeskus on suurin työpaikka- ja palvelukeskittymä. Alakeskukset ovat pääkeskusta pienempiä työpaikka- ja palvelukeskittymiä, jotka sijaitsevat säteittäisten liikenneväylien ja poikittaisväylien solmukohdissa. Alakeskusten saavutettavuus on parempi kuin keskusten ulkopuolisilla alueilla, mutta ei yhtä hyvä kuin pääkeskuksessa.

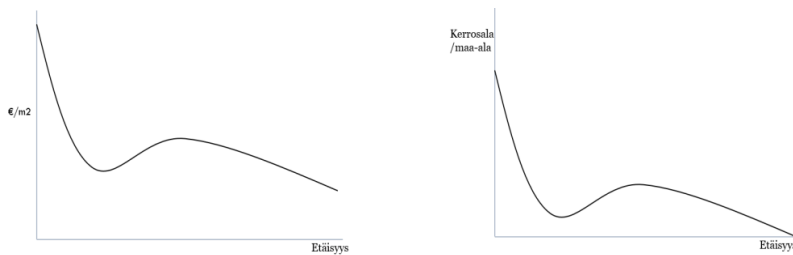
Yritysten halukkuus maksaa maasta riippuu käänteisesti kuljetus-, liikkumis- ja kommunikointikustannuksista. Vastaavasti kotitalouksien halukkuus maksaa asumisesta määräytyy työmatkojen ja palveluiden edellyttämän liikkumisen kustannusten perusteella, jotka koostuvat rahakuluista ja liikkumisen vastuksesta. Sekä yritykset että kotitaloudet ovat valmiita maksamaan sitä enemmän, mitä paremmin saavutettava sijainti niiden kannalta on.

Kuva 2 havainnollistaa, miten kaupunkialueen maankäyttö määräytyy markkinaehtoisesti. Jokaiseen sijaintiin sijoittuu se maankäyttömuoto, jonka toimijat ovat valmiita maksamaan eniten siinä sijainnissa. Yritykset sijoittuvat ensi sijassa pääkeskukseen sekä alakeskuksiin, koska ne ovat valmiita maksamaan maasta eniten niissä sijainneissa. Keskusten ulkopuolinen vyöhyke kaupunkialueella muodostuu asumisesta sinne asti, missä maan hinta asumiskäytössä on korkeampi kuin maa- ja metsätaloudessa.



Kuva 2. Yritysten ja kotitalouksien tarjoushinnat (yläosa) ja kaupunkialueen maankäyttö (alaosa).

Maan markkinahinta on kiinteässä yhteydessä maankäytön tehokkuuteen, jota voidaan mitata esimerkiksi rakennetulla kerrosalalla maapinta-alaa kohti tai asukas- tai työpaikkatiheydellä. Mitä korkeampi on maan markkinahinta, sitä tehokkaammin alue pyritään hyödyntämään. Jos maan markkinahinta nousee kiihtyvästi keskustaa lähestyttäessä (kunkin keskuksen ympärillä paikallisesti), myös maankäytön tehokkuus kasvaa vastaavasti (**Kuva 3**). Maa otetaan keskustassa tehokkaaseen käyttöön käyttämällä suurempi osa maa-alueesta rakennusmaaksi ja rakentamalla korkeampia rakennuksia. Markkinaehtoisen tehokkuuden toteutuminen on kuitenkin riippuvaista yhteiskunnan asettamista rajoituksista, toisin sanoen kaavoihin sisällytettävistä määräyksistä.



Kuva 3. Maan markkinahinta (vasen) ja markkinaehtoinen maankäytön tehokkuus (oikea).

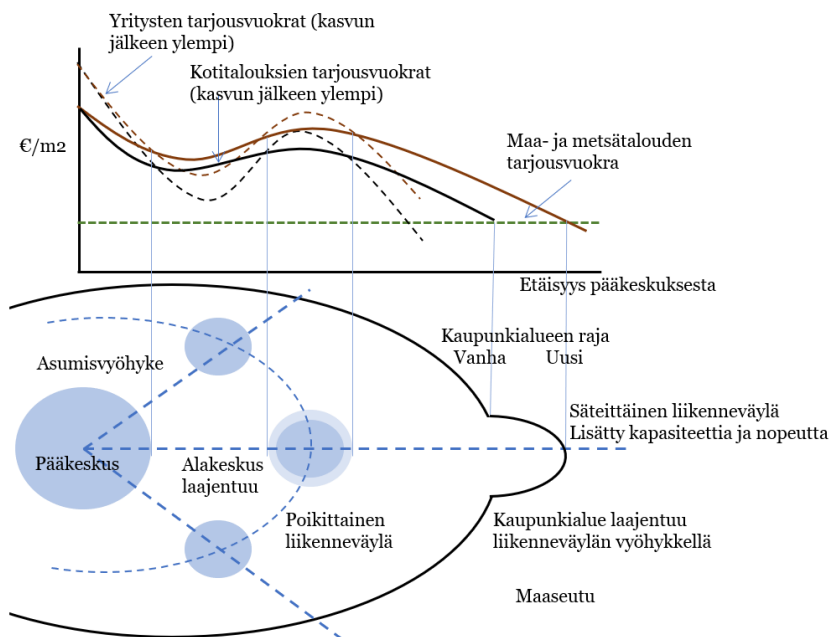
2.4 Liikennejärjestelmän muutoksen vaikutus maankäyttöön

Seuraavassa kuvataan maankäyttömallin avulla, miten maankäyttö muuttuu, jos säteittäistä liikennevyöhykettä kehitetään rakentamalla aikaisempaa merkittävästi nopeampi ja enemmän kapasiteettia tarjoava raideliikenneyhteys, joka ulottuu keskustasta kaupunkialueen rajan yli. **Kuva 4** havainnollistaa, miten yritysten ja kotitalouksien tarjoushinnat (vuokrat) reagoivat muutokseen ja miten tämä muuttaa pitkällä aikavälillä kaupungin maankäyttörakennetta.

Lähtökohtana on se, että kotitaloudet hyötyvät paremmasta yhteydestä pääkeskukseen ja alakeskukseen ja ovat valmiita maksamaan enemmän asunnon sijainnista paremman yhteyden vyöhykkeellä. Parempi yhteys perustuu työpaikkojen ja palveluiden saavutettavuuden paranemiseen. Myös yritykset ovat valmiita maksamaan enemmän sijainnista parantuneella liikennevyöhykkeellä, koska työvoiman, asiakkaiden, muiden yritysten ym. saavutettavuus paranee. Tämän seurauksena maan hinta nousee säteittäisellä liikennevyöhykkeellä, suhteellisesti sitä enemmän, mitä kauempana pääkeskuksesta sijainti on. Liikennevyöhykkeellä sijaitseva alakeskus laajenee, koska alakeskuksessa sijaitsevien yritysten saavutettavuus pääkeskukseen paranee.

Maankäyttö muuttuu pitkän aikavälin kuluessa: Asumisvyöhyke laajenee ja sen myötä koko kaupunkialue laajenee liikenneväylän suunnassa ulospäin. Kaupunki tiivistyy kaikkialla liikennevyöhykkeen alueella. Liikennevyöhykkeen vetovoima kasvaa muuhun kaupunkialueeseen verrattuna. Koko kaupunkialueen vetovoima yritystoiminnalle ja kotitalouksille kasvaa, minkä seurauksena työpaikat ja väestö kasvavat. Tämä kompensoi osaltaan muun kaupunkialueen vetovoiman mahdollista heikentymistä.

Saavutettavuuden ja maankäytön muutosten seurauksena alueen tuottama hyöty asukkaalleen muuttuu, mikä vaikuttaa alueen houkuttelevuuteen eri asukassegmenttien välillä. Pitkällä aikavälillä voidaankin havaita prosessi, jossa tiivistä kaupunkirakennetta arvostavat asukkaat hakeutuvat näillä alueilla ja saavutettavuus ja tiiviysominaisuuksia vähemmän arvostavat hakeutuvat alueelta pois.



Kuva 4. Yritysten ja kotitalouksien tarjousvuokrat (yläosa) ja kaupunkialueen maankäyttö (alaosa) liikennevyöhykkeen kehittyessä

2.5 Saavutettavuus liikenne- ja maankäyttöjärjestelmän ominaisuutena

Liikennejärjestelmän ja maankäytön välillä on yleisesti tunnistettu yhteys. Liikennejärjestelmän muutokset vaikuttavat yksilöiden asumis- ja työpaikkapäätöksiin sekä maankäyttöön ja toisaalta maankäyttö vaikuttaa liikkumispäätöksiin (Acheampong & Silva, 2015). Liikennejärjestelmän ja maankäytön yhteyttä yksilöiden mahdollisuuksiin kuvataan saavutettavuudella.

Saavutettavuus on liikenteen ja maankäytön muodostaman järjestelmän ominaisuus, joka kuvaa helppoutta, jolla yksilöt pääsevät haluamiinsa määränpäihin (Boisjoly & El-Geneidy, 2017). Se on keskeinen käsite suunnittelussa ja muun muassa maantieteilijät, kaupunkisuunnittelijat ja liikennesuunnittelijat hyödyntävät sitä erilaisten ilmiöiden ymmärtämiseen ja toimenpiteiden suunnitteluun (Geurs & van Wee, 2004). Saavutettavuus koostuu yksinkertaisimmillaan kahdesta osa-alueesta: paikasta, johon liikkuja haluaa päästä, ja matka-ajasta sinne. Alueella, jossa on lähellä ruokakauppoja, puistoja, koulu, ravintoloita, parturi, leipomo ja koteja, asukkaiden saavutettavuus on erinomainen vaikka kävellen. Palveluiden ja ravintoloiden siirtyessä asuinalueesta kauemmas, saavutettavuus riippuu yhä enemmän kulkumuotojen nopeudesta. Autojen kehitys on mahdollistanut asumisen ja palveluiden maantieteellisen erottautumisen, mutta hyvien ja nopeiden kulkuyhteyksien voidaan nähdä myös myötävaikuttavan kaupunkirakenteen hajoamiseen. On mahdollista asua kauempana palveluista, jos liikkuminen niiden ääreen on nopeaa. Alueen saavutettavuutta voidaan siten

parantaa kahdella eri tavalla: Alueen liikkumisyhteyksiä palveluiden ääreen voidaan kehittää tai palveluita voidaan rakentaa hyvien liikkumisyhteyksien ääreen (Hanson, 2004).

Saavutettavuudella ajatellaan olevan neljä ulottuvuutta. Saavutettavuuden matka-aikakomponentti kuvaa liikkumisen helppoutta ja paikkakomponentti kuvaa mahdollisuuksien määrää, joka liikkujalla on käsissään. Yleisemmin nämä osa-alueet ovat saavutettavuuden liikenteellinen ja maankäyttölinen ulottuvuus. Lisäksi saavutettavuuteen liitetään myös institutionaalinen ja ajallinen ulottuvuus (Tenkanen, 2017) sekä henkilöön liittyvä ulottuvuus (Geurs & van Wee, 2004). Ajallinen ulottuvuus koostuu ruuhka-ajoista, kauppojen aukioloajoista, joukkoliikenteen aikatauluista ja muista ajassa muuttuvista tekijöistä, jotka muokkaavat eri toimintojen välisiä matka-aikoja. Yksilöllinen ulottuvuus kuvaa sitä, että yksilöiden sijainti, käytettävissä oleva aika ja liikkumista mahdollistavat tai rajoittavat ominaisuudet muokkaavat toimintojen joukkoa, joka yksilöllä on saavutettavissa kunakin ajanhetkenä ja kussakin paikassa. Samassa paikassa olevilla yksilöillä voi olla erilainen saavutettavuusalue riippuen heidän pakollisista aikatauluistaan, liikkumiseen käytössä olevista varoista tai auton käyttömahdollisuudesta.

Läpi 1900-luvun liikennejärjestelmäsuunnittelun tavoitteet käsittelivät lähes yksinomaan liikkumisen helppoutta. Suunnittelu keskittyi ruuhkien vähentämiseen, matka-aikojen lyhentämiseen ja turvallisuuden parantamiseen (Manaugh, Badami & El-Geneidy, 2015). Viime vuosina yhä useammin kaupunkien liikennejärjestelmäsuunnitelmissa saavutettavuuden parantaminen on nähty vaihtoehdoksi pelkän liikkumisen helpottamisen sijaan (Boisjoly & El-Geneidy, 2017). Saavutettavuus suunnittelun tavoitteena saavuttaa suosiota siksi, että se tunnistaa liikenteen ja maankäytön välisen yhteyden ja on pääosassa yksilöiden oikeassa liikkumistarpeessa. Pääosin yksilöt liikkuvat päästäkseen johonkin eivätkä vain liikkumisen vuoksi. Saavutettavuus maankäyttöulottuvuuskseen ottaa yksilöiden tarpeet paremmin huomioon verrattuna pelkän liikkumisen helpottamiseen. Suunnittelun keskiössä ei ole enää ajoneuvo, vaan ihminen. Saavutettavuus liikennejärjestelmän tavoitteena kasvattaa myös liikennejärjestelmän haasteiden ratkaisemiseen olevien työkalujen määrää (Litman, 2018). Kun tavoitellaan saavutettavuuden parantamista, keinovalikoimassa on mukana autoilun ja joukkoliikenteen infrastruktuuriparannusten lisäksi muun muassa maankäytön kehittäminen ja kävelyn sekä pyöräilyn olosuhteiden parantaminen.

Maankäytön suunnittelun kannalta mielenkiintoinen kysymys on myös saavutettavuushyötyjen maantieteellinen kohdentuminen. Saavutettavuushyötyjen realisoituminen eri alueille riippuu paljon liikennehankkeen tyypistä. Esimerkiksi raidehankkeet tuottavat suuria saavutettavuushyötyjä asemien alueelle, kun taas tiehankkeiden saavutettavuushyödyt ovat pienempiä yksittäiselle alueelle, mutta jakautuvat laajemmalle, sillä tielle liittyminen on mahdollista suuremmalta alueelta kuin radalle (Lopez, 2005).

2.6 Saavutettavuuden mittaaminen

Huolimatta siitä, että saavutettavuus on tärkeä käsite usealla alalla, käytännöllisen ja teoreettisesti kelvollisen saavutettavuusmittarin löytäminen on vaikeaa. Batty (2009) tunnistaa kaksi merkittävää haastetta saavutettavuuden kuvaamisessa. Ensimmäinen haaste on tarkkuustaso, jolla mittarit määritellään. Toinen on ero sen välillä, mitataanko sitä, miten yksilöt reagoivat saavutettavissa oleviin aktiviteetteihin vai sitä, miten yksilöt reagoivat infrastruktuuriin. Saavutettavuuden mittarien tarkkuustaso vaihtelee yksilöllisen ja alueellisen tarkkuuden välillä. Lisäksi saavutettavuutta voidaan tarkastella ryhmätasolla esimerkiksi tulojen tai koulutustaustan mukaan. Toisessa haasteessa vastakkain ovat näkökulma infrastruktuurin ja ihmisten välillä. Määritelläänkö saavutettavuus paikan ominaisuutena vai liikkujan näkökulmasta? Samantyyppiset haasteet koskevat myös tavaraliikenteen saavutettavuuden mittaamista. Vaikka seuraavissa luvuissa käsitelläänkin saavutettavuutta liikkujien näkökulmasta, monia samoja periaatteita voitaisiin soveltaa myös tavaraliikenteen saavutettavuuden mittaamiseen.

Geurs ja van Wee (2004) jaottelevat saavutettavuusmittarien katsauksessaan mittarit neljään ryhmään, jotka eroavat toisistaan lähtökohdiltaan ja tavoiltaan ottaa kaikki neljä saavutettavuuden osa-aluetta huomioon. Tunnistetut ryhmät ovat (Geurs & van Wee, 2004):

- Infrastruktuuripohjaiset mittarit
- Paikkapohjaiset mittarit
- Yksilöpohjaiset mittarit
- Hyötypohjaiset mittarit.

Infrastruktuuripohjaisiin mittareihin luetaan liikenneinfrastruktuurin havaittua tai simuloitua suorituskykyä kuvaavat mittarit kuten ruuhkautuminen ja keskimääräiset ajonopeudet tieverkolla. Nämä mittarit kuvaavat hyvin saavutettavuuden liikenteellistä osa-aluetta, mutta ohittavat täysin saavutettavuuteen vaikuttavan maankäytön. Aika otetaan infrastruktuuripohjaisissa mittareissa usein huomioon mittaamalla suorituskykyä eri aikoina. Tyypillisiä ajanhetkiä ovat ruuhkatunnit. Yksilökomponentti näkyy infrastruktuuripohjaisissa mittareissa matkakohtaisena jaotteluna matkan synnyn mukaan.

Paikkapohjaiset mittarit analysoivat paikkojen saavutettavuutta usein makrotasolla. Paikkapohjaiset mittarit koostuvat tyypillisesti lähtö- tai saapumispaikasta, ajasta, jossa paikkaan tulisi päästä ja aktiviteetista, jonka saavuttamisen määrää kuvataan. Mittari voi olla esimerkiksi ”työpaikkojen määrä 45 minuutin sisällä lähtöpisteestä”. Monimutkaisemmat paikkapohjaiset mittarit ottavat huomioon mitattavan aktiviteetin kapasiteettirajoitukset. Paikkapohjaiset mittarit ottavat saavutettavuuden liikenteellisen osa-alueen huomioon aktiviteettipaikkojen välisen matka-ajan tai -kustannuksen kautta. Maankäytön osa-alue huomioidaan aktiviteettien maantieteellisen sijoittumisen ja määrän kautta. Ajallinen komponentti huomioidaan eri ajankohtien matka-aikojen vaihtelun avulla ja yksilökomponentti voidaan

huomioida populaation jaottelun esimerkiksi tulo-, koulutus- tai työllisyysluokkiin.

Yksilöpohjaiset mittarit kuvaavat yksilöiden saavutettavuutta tietyllä ajanhetkellä ja tietyssä paikassa. Nämä mittarit pohjaavat ideaan tila-aikaprisma, jonka esitteli (Hägerstrand, 1970). Tila-aikaprisma selittää yksilön liikkumisen mahdollisuuksia liikkumisnopeuden ja käytettävän ajan aiheuttamien rajoitusten avulla. Näitä rajoituksia ovat esimerkiksi pakollisten aktiviteettien tietty paikka ja niiden aukioloajat, sekä liikkumiseen käytettävissä oleva aika. Henkilöpohjaisissa mittareissa saavutettavuuden liikenneulottuvuus huomioidaan matka-aikojen avulla. Maankäyttöulottuvuus näkyy henkilö-pohjaisissa mittareissa aktiviteettimahdollisuuksien määrässä ja maantieteellisessä sijoittumisessa. Aikaulottuvuus otetaan huomioon aktiviteettien tekemisen aikarajoituksina ja aktiviteettien tekemiseen käytössä olevalla ajalla. Yksilöulottuvuus toteutuu henkilö-pohjaisissa mittareissa erinomaisesti, sillä ne mittaavat saavutettavuutta yksilöiden näkökulmasta.

Hyötöpohjaiset mittarit puolestaan pohjautuvat mikrotaloustieteelliseen teoriaan yksilöiden käyttäytymisestä. Ne analysoivat aktiviteetteihin pääsemisestä koettua hyötyä ja niihin kulkemisesta koettua haittaa. Hyötöpohjaiset mittarit ottavat liikennekomponentin huomioon aktiviteettien välisenä liikkumiskustannuksena. Maankäyttöulottuvuus näkyy aktiviteettien määränä ja niiden maantieteellisen erottautumisen kuvauksena. Aikaulottuvuus otetaan huomioon siten, että matkakustannukset voivat vaihdella tuntien, päivien ja viikkojen perusteella. Yksilöulottuvuus voidaan puolestaan huomioida analysoimalla hyötyä yksilötasolla tai homogeenisen ryhmän tasolla.

Viime vuosina saavutettavuutta on mitattu myös verkkoteoreettisilla mittareilla (mm. Xiao & al., 2016a, Xiao & al., 2016b, Law & al., 2017), jotka kuvaavat saavutettavuutta esittämällä tieverkon solmuina ja niitä yhdistävinä kaarina. Kaariin yhdistetään liikkumisen vaikeutta kuvaava suure, kuten pituus, matka-aika tai -kustannus. Saavutettavuuden mittarina käytetään verkkojen yhdistyneisyyden kuvaamiseen kehitettyjä suureita. Nämä mittarit voidaan parhaiten luokitella paikkapohjaisiksi mittareiksi, sillä ne lähestyvät saavutettavuutta paikkojen ja infrastruktuurin näkökulmasta enemmän kuin liikkujien.

Saavutettavuusmittarin valinnassa on otettava huomioon sen ymmärrettävyys, käytännöllisyys ja teoreettinen eheys. Hyötöpohjaiset saavutettavuuden mittarit tyypillisesti kuvaavat saavutettavuuden monia ulottuvuuksia, mutta niiden ymmärrettävyys ja kommunikoitavuus ovat heikompia kuin mittareiden, jotka keskittyvät harvempiin saavutettavuuden ominaisuuksiin. Tämän takia esimerkiksi suunnittelutehtäviin voi olla järkevämpää valita helpommin tulkittava saavutettavuuden mittari, kuten kumulatiivisten mahdollisuuksien mittari, joka kuvaa työpaikkojen tai palvelujen määrää, joka on saavutettavissa tietyn matka-ajan sisällä.

Tässä työssä liikennejärjestelmän toimivuutta kuvataan hyötöpohjaisella saavutettavuuden mittarilla. Käytettävä mittari on matkojen suuntautumismallin logsum-muuttuja. Matkojen suuntautumismallit kuvaavat

matkan määränpään valintaa ja ovat yleisesti satunnaisen hyödyn teoriasta (random utility theory) johdettuja logittimalleja, joiden logsum-muuttujan voi tulkita matkasta saatavaksi kuluttajan ylijäämäksi. Mittari valikoitui käytettäväksi siksi, että se täyttää suurimman osan saavutettavuusmittarille asetettavista teoreettisista kriteereistä (Geurs & van Wee, 2004, Acheampong & Silva, 2015). Aika on ainoa saavutettavuuden ulottuvuus, jota käytettävä logsum-muuttuja ei käsittele tavalla, joka vastaa parasta teoreettista näkemystä. Lisäksi käytettävän mittarin arvot on mahdollista tuottaa Helsingin seudulle useammalle vuodelle Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymän (HSL) kehittämän ja ylläpitämän Helsingin seudun liikenne-ennustemallijärjestelmän (HELMET) avulla.

2.7 Satunnaisen hyödyn teoria ja logittimalli

Monet liikkumisvalinnat ovat luonteeltaan diskreettejä, eli valittavana on useita toisensa poissulkevia vaihtoehtoja. Diskreettejä valintoja mallinnetaan usein satunnaisen hyödyn teorian avulla. Liikkumisen kontekstissa valintoja ovat esimerkiksi matkalla käytettävän kulkutavan ja matkan määränpään valinta. Näissä malleissa ajatellaan, että vaihtoehdot tuovat valitsijalle tietyn määrän hyötyä perustuen vaihtoehtojen ominaisuuksiin. Kaikkia valinnalle tärkeitä ominaisuuksia ei kuitenkaan voida havaita, joten valintaan sisältyy tätä kautta satunnaisuutta. Työhön valittu saavutettavuusmittari perustuu diskreetin valinnan malliin ja kuvaa odotettua hyötyä, jonka liikkuja saa tehdessään matkan tietyltä alueelta. Tämä hyöty on muunnettavissa matka-aikaa tai kuluttajan ylijäämää vastaavaksi arvoksi mallin matka-aika- ja kustannuskertoimia käyttäen. HELMET-mallin kulkutapa- ja suuntautumismallien kuvauksessa nähdään, että odotettu hyöty kasvaa sen perusteella mitä helpompaa alueiden välinen liikkuminen on ja mitä enemmän halutun aktiviteetin suoritusvaihtoehtoja määränpääalueella on. Liikkumisen helppous määräytyy sekä liikennejärjestelmän ominaisuuksien perusteella, että havaintoaineistosta estimoitujen liikkumiskustannusten ja matka-ajan välisten kompromissien perusteella. Tätä saavutettavuusmittaria kutsutaan raportissa logsum-saavutettavuudeksi.

Eräs diskreetin valinnan malli on logittimalli, jota käytetään erityisesti matkan kulkutavan ja määränpään, eli suuntautumisen ennustamisessa. Logittimallissa yksilön tekemiä valintoja ennustetaan valintavaihtoehtojen ja päätöksentekijän ominaisuuksilla. Logittimallit antavat näiden ominaisuuksien perusteella kullekin vaihtoehdolle todennäköisyyden tulla valituksi. Suuntautumismallin kontekstissa mallin logsum-muuttuja kuvaa matkan lähtöalueen määränpäävalikoiman hyvyttä ja se voidaan siten tulkita saavutettavuuden mittariksi (Cascetta, 2009). Seuraava esitys satunnaisen hyödyn teoriasta ja logittimallista perustuu vahvasti lähteisiin Cascetta (2009) ja Train (2002).

Satunnaisen hyödyn teoriassa toimijoiden oletetaan olevan rationaalisia päätöksentekijöitä, jotka maksimoivat omaa hyötyään. Erityisesti teoria pohjaa seuraaviin oletuksiin (Cascetta, 2009):

- Päätöksentekijällä i on valittavanaan m_i toisensa poissulkevaa vaihtoehtoa, jotka muodostavat hänen valintajoukkonsa I^i . Valintajoukko voi olla erilainen riippuen päätöksentekijästä.
- Päätöksentekijä i arvioi jokaisen vaihtoehdon j havaitun hyödyn U_j^i ja valitsee vaihtoehdon, jonka hyöty on suurin.
- Jokaisen vaihtoehdon hyöty perustuu vaihtoehdon ja päätöksentekijän mitattaviin ominaisuuksiin: $U_j^i = U^i(X_j^i)$, missä X_j^i on vektori vaihtoehdon j ja päätöksentekijän i ominaisuuksista. Vaihtoehtojen ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi matka-aika, matkustuskustannukset tai matkustusmukavuus. Päätöksentekijän ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi tulotaso tai koulutus.
- Erilaisten syiden takia vaihtoehdon j päätöksentekijälle i tuoma hyöty ei ole täysin käytöstä mallintavan ulkoisen tarkkailijan havaittavissa. Täten hyötyä U_j^i täytyy kuvata satunnaismuuttujana.

Kuva 5 kuvaa edellä esiteltyä kehikkoa. Cascetta (2009) toteaa, että ylläolevien oletusten avulla ei voida ennustaa, minkä vaihtoehdon päätöksentekijä valitsee. Kuitenkin on mahdollista esittää todennäköisyys sille, että päätöksentekijä i valitsee vaihtoehdon j hänelle esitetystä valintajoukosta I^i . Tämä todennäköisyys on se, että vaihtoehdon j hyöty on suurempi kuin yhdenkään toisen valintajoukossa I^i olevan vaihtoehdon $k \neq j$:

$$p^i(j|I^i) = P(U_j^i > U_k^i \forall k \neq j, k \in I^i)$$

Havaittu hyöty U_j^i voidaan hajottaa kahteen termiin: systemaattiseen hyötyyn V_j^i , joka kuvaa vaihtoehdon j odotettua hyötyä. Toinen termi, satunnainen hyöty, ϵ_j^i kuvaa päätöksentekijän i eroa havaitun hyödyn odotusarvosta ja kuvaa asioita, jotka tuovat epävarmuutta päätöksen mallintamiseen. Havaittu hyöty voidaan tällöin kirjoittaa: $U_j^i = V_j^i + \epsilon_j^i$. Nyt valintajoukon I^i vaihtoehto j valitaan, jos:

$$V_j^i - V_k^i > \epsilon_k^i - \epsilon_j^i \forall k \neq j, k \in I^i$$

Tästä nähdään, että todennäköisyys valita tietty vaihtoehto riippuu kaikkien vaihtoehtojen systemaattisten hyötyjen erotuksista ja satunnaisten hyötyjen yhteisjakaumasta.

Systemaattinen hyöty $V_j^i(X_{kj}^i)$ esitetään vaihtoehtojen j ja päätöksentekijän i ominaisuuksien X_{kj}^i avulla. Systemaattiselle hyödyille voidaan valita mikä tahansa funktiomuoto. Kuitenkin analyttisen ja tulkinnallisen helppouden takia lineaarinen muoto on yleisimmin käytössä oleva systemaattisen hyödyn kuvaamiseen käytetty funktiomuoto. Tällöin systemaattinen hyöty koostuu ominaisuuksista X_{kj}^i tai niiden muunnoksista $f_k(X_{kj}^i)$ ja ominaisuuksien kertoimista β_k :

$$V_j^i(X_{kj}^i) = \sum_k \beta_k X_{kj}^i = \bar{\beta}^T \bar{X}_j^i$$

tai

$$V_j^i(X_{kj}^i) = \sum_k \beta_k f_k(X_{kj}^i) = \bar{\beta}^T f(\bar{X}_j^i)$$

Vaihtoehtoja voidaan kuvata mitattavilla ominaisuuksilla, joilla ajatellaan olevan merkitystä valinnan suhteen tai joilla muuten voidaan selittää mallinnettavaa ilmiötä. Kulkumuodon valinnassa merkityksellisiä ominaisuuksia ovat esimerkiksi matka-ajat, kustannukset, matkustusmukavuus

tai vuorovälin pituus. Maankäyttömuuttujia, joilla voi olla merkitystä matkan määränpään valintaan, ovat esimerkiksi koulujen tai kauppojen määrä tietyllä alueella. Myös päätöksentekijän sosioekonomiset ominaisuudet voivat vaikuttaa valintoihin. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi tulotaso, ajokortin omistajuus, autojen määrä kotitaloudessa tai ikä.

Satunnaisten hyötyjen ϵ_j jakauman valinta puolestaan määrää minkä tyyppinen diskreetin valinnan malli on kyseessä. Tavallinen mallityyppi, jota käytetään myös HELMET-mallin kulkutapa- ja suuntautumismalleissa, on logittimalli, joka saadaan olettamalla satunnaiset hyödyt ϵ_j itsenäisiksi ja samoin Gumbel-jakautuneiksi odotusarvolla $\mu = 0$ ja skaalaparametrilla $\theta = 1$.

Koska valintamallilla ennustetaan vain yksilön tekemiä valintoja eikä suoraan hänen valinnoistaan saamaa hyötyä, hyödyn absoluuttisella tasolla ei ole merkitystä. Tämän ansiosta hyödyn skaala voidaan normalisoida halutulle tasolle. Samoin jakautuneiden ja itsenäisten virheiden tapauksessa normeeraus voidaan toteuttaa normalisoimalla mallin virhetermien varianssi valittuun arvoon (Train, 2002). Gumbel-jakauman varianssi on $\pi^2\theta^2/6$ ja tavallinen valinta on normalisoida varianssi siten, että jakauman skaalaparametri on $\theta = 1$, jolloin virhetermien varianssi on $\pi^2/6$.

Logittimallissa todennäköisyys valita vaihtoehto j valintajoukosta I^i on:

$$p^i(j|I^i) = \frac{\exp(V_k^i/\theta)}{\sum_{k \in I^i} \exp(V_k^i/\theta)}$$

joten skaalaparametrin valinnalla $\theta = 1$ valintatodennäköisyydet pelkistyvät seuraaviksi:

$$p^i(j|I^i) = \frac{\exp(V_k^i)}{\sum_{k \in I^i} \exp(V_k^i)}$$

Eräs Gumbel-jakauman tärkeitä ominaisuuksia politiikkatoimenpiteiden arvioinnin kannalta on sen stabiilius maksimoinnin suhteen (Cascetta, 2009). Itsenäisten Gumbel-muuttujien, joiden skaalaparametri on θ , maksimi on myös Gumbel-jakautunut satunnaismuuttuja skaalaparametrilla θ . Tarkemmin, jos $\{U_j\}$ on joukko Gumbel-muuttujia, joilla on sama skaalaparametri θ , mutta eri odotusarvot V_j , muuttuja $U_M = \max_j \{U_j\}$ on Gumbel-jakautunut skaalaparametrilla θ ja odotusarvolla V_M :

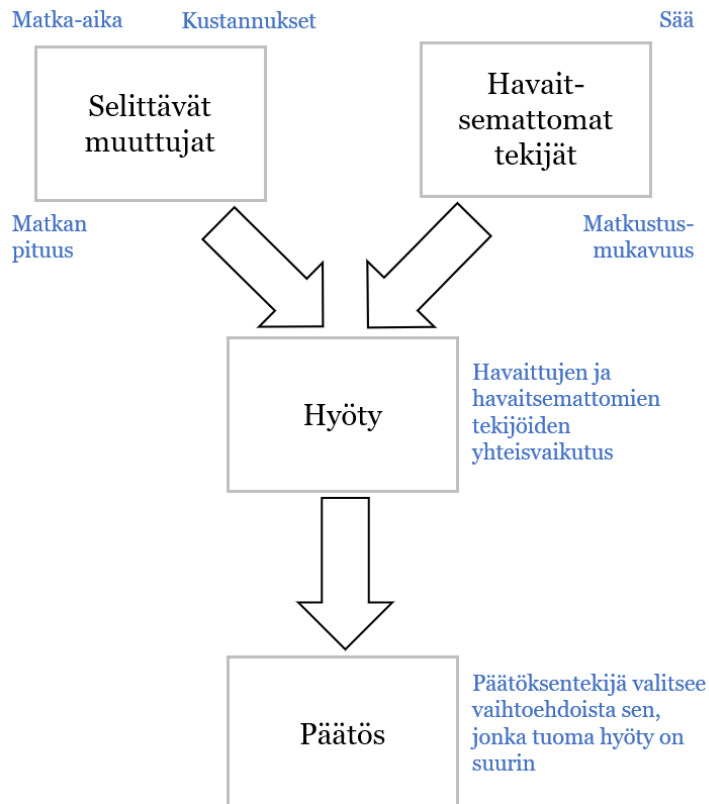
$$V_M = E[U_M] = \theta \ln \sum_j \exp\left(\frac{V_j}{\theta}\right)$$

Muuttujaa V_M kutsutaan suurimmaksi odotetuksi havaituksi hyödyksi. Se kertoo odotetun hyödyn, jonka päätöksentekijä kokee tekemällä valinnan kyseisestä valintajoukosta. Siihen verrannollista muuttujaa Y :

$$Y = \ln \sum_j \exp\left(\frac{V_j}{\theta}\right)$$

kutsutaan mallin logsum-muuttujaksi. Logittimallin logsum-muuttuja kuvaa siten odotettua hyötyä, jonka päätöksentekijä saa valitsemalla vaihtoehdon hänelle esitetystä valintajoukosta. Edelleen huomataan, että skaalaparametrin valinnalla $\theta = 1$ suurin odotettu havaittu hyöty V_M ja logsum-muuttuja Y ovat yhtä suuret.

Edellä mainittiin, että logittimallin hyödyn absoluuttinen taso on valintakysymys. Tästä seuraa, ettei yksittäistä logsumia Y voida ongelmitta tulkita kuluttajan valinnastaan saamaksi hyödyksi, sillä hyötyyn voidaan aina lisätä mielivaltainen vakio C ja mallin antamat ennusteet pysyvät edelleen samoina. Poliittikatarkastelussa tällä ei kuitenkaan ole merkitystä, sillä verrattaessa kahden eri skenaarion logsumien erotusta tämä mielivaltainen vakio C katoaa.



Kuva 5. Logittimallissa valintavaihtoehtojen ajatellaan koostuvan tekijöistä, joista osan tutkija pystyy havaitsemaan ja osaa ei. Nämä havaitut ja havaitsemattomat tekijät muodostavat valintavaihtoehdon hyödyn. Päätöksentekijä valitsee vaihtoehtoista sen, jonka hyöty päätöksentekijälle on suurin.

2.8 Liikennejärjestelmä

Liikenteen kysyntä on johdettua kysyntää. Kuten luvussa 2.5 on todettu, yksilöt harvoin liikkuvat vain liikkumisen vuoksi, vaan osallistuakseen aktiviteetteihin; kuten töihin, harrastuksiin tai ostoksille; joista heidän päivänsä koostuu. Tyypillisesti liikennepäätöksiä tekemisen yksikkönä ajatellaan kotitaloutta, sillä perheenjäsenten aktiviteetit ja liikkumistarpeet vaikuttavat toisiinsa. Esimerkiksi lapset täytyy viedä harrastuksiin eikä auto voi olla kuin yhden perheenjäsenen käytössä kerrallaan. Nämä asiat vaikuttavat kotitalouden muiden jäsenten aikatauluihin ja liikkumispäätöksiin.

Kuva 6 esittää kehikon liikkumispäätösten syntymisestä laajemmassa yhteiskunnallisessa kontekstissa. Kaikki liikenne-ennustemenetelmät käsittelevät näitä päätöksiä vaihtelevalla tarkkuudella. Kehikossa maankäytön kehitys ja liikennejärjestelmän suorituskyky ovat kotitalouksille ulkoisia tekijöitä, jotka luovat kontekstin kotitalouksien liikkumispäätöksille. Sinisellä pohjalla olevat päätöskategoriat kuvaavat eri aikavälin päätöksiä, joiden kautta päivittäiset matkustuspäätökset syntyvät.

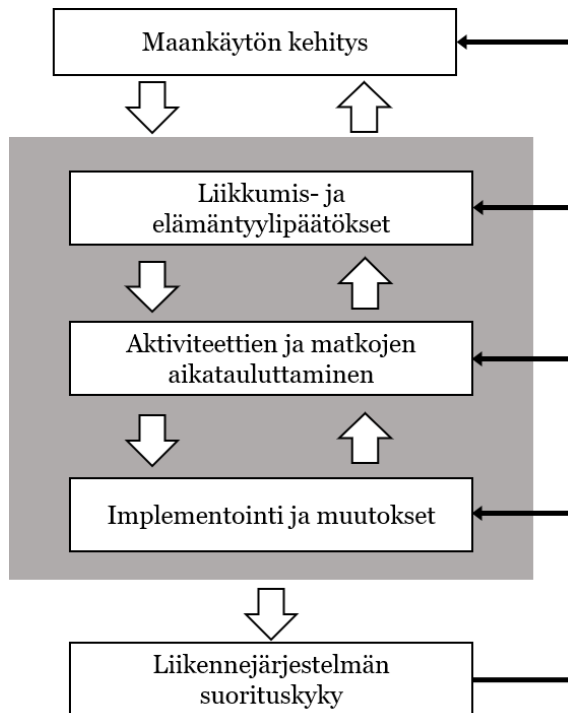
Maankäytön kehityspäätökset vaikuttavat kotitalouksien saatavilla oleviin liikkumismahdollisuuksiin työpaikkojen, asuntojen ja vapaa-ajan viettopaikkojen sijainnin, sekä joukkoliikenteen ja tieliikenteen verkon luoman liikenneverkon kautta.

Liikkumis- ja elämäntyyliä koskevat päätökset ovat pitkäkestoisia epäsäännöllisin väliajoin tehtäviä valintoja kuten asumispäätökset, autonomistuspäätökset, työn tekoon liittyvät päätökset ja perheen kokoon liittyvät päätökset.

Aktiviteettien ja matkojen aikatauluttamisen päätökset tapahtuvat säännöllisin väliajoin ja niiden vaikutus on noin päivästä viikkoon. Kotitaloudessa päätetään aktiviteeteista, niiden tärkeysjärjestyksestä ja niiden hoitaminen jaetaan perheenjäsenten kesken. Päätösten joukkoon kuuluu lisäksi aktiviteettien kellonajat ja liikkumiseen käytettävät kulkumuodot.

Implementoinnin ja muutosten päätökset ovat operatiivisia aktiviteettisuunnitelman toteuttamispäätöksiä, joihin kuuluu reitinvalinta, ajonopeuksien valinta, pysäköintipaikan valinta ja päivän aikana tehtävien aktiviteettien muutokset.

Liikennejärjestelmän suorituskyky muodostuu maankäytön kehityksen ja kotitalouksien liikkumispäätösten kautta ja ilmenee muun muassa väylien kuormituksena, matka-aikoina, ruuhkina ja ympäristön kuormituksena. Liikennejärjestelmän kuormitus puolestaan vaikuttaa maankäytön kehitykseen ja kotitalouksien liikkumispäätöksiin.



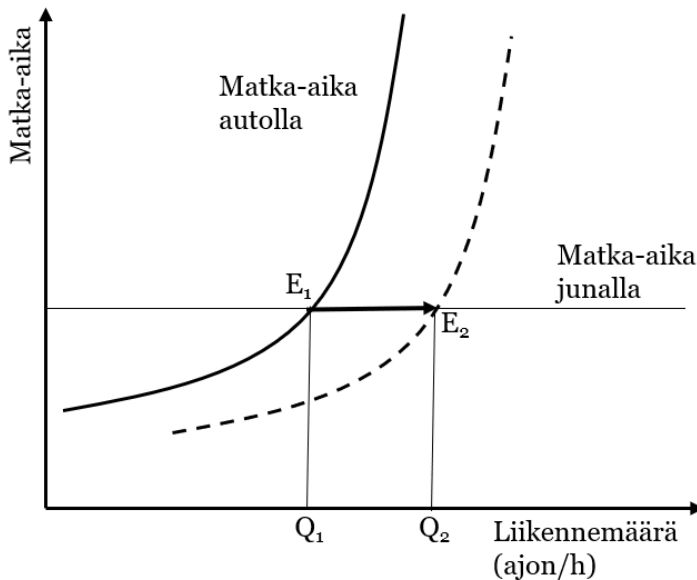
Kuva 6. Liikkumispäätösten kehikko, jossa on jaettu liikkumispäätöksiin vaikuttavat tekijät pidemmän aikavälin päätöksistä lyhyemmän aikavälin päätöksiin. (Bowman & Ben-Akiva, 1996.)

Maankäytön kehitys ohjaa määränpäävalintoja ja liikennejärjestelmän kapasiteettia. Mitä enemmän maankäyttöä ja mahdollisuuksia alueella on, sitä enemmän sinne tehdään matkoja, mikä lisää tarvetta rakentaa teitä, raiteita tai muita mahdollisuuksia päästä alueelle, eli kasvattaa liikennejärjestelmän kapasiteettia. Jos väylän kapasiteetti ylittyy, se alkaa ruuhkautua ja matkanopeudet väylällä laskevat.

Toinen liikennejärjestelmän suorituskykyä määrittävä asia ovat yksilöiden reittivalinnat. John Glen Wardrop on esittänyt kaksi tasapainoperiaatetta, joiden ajatellaan ohjaavan reittivalintoja (Wardrop, 1952). Wardropin ensimmäisen periaatteen mukaan yksilöt valitsevat reittinsä siten, ettei yksikään liikkuja voi nopeuttaa matkaansa vaihtamalla reittiään. Wardropin toinen periaate käsittelee järjestelmäoptimia, jossa yksilöiden keskimääräinen matka-aika, ja siten liikkumiseen käytetty aika, minimoituu. Ruuhkautuvassa liikenneverkossa yksilöiden valitessa vapaasti reittinsä, järjestelmäoptimia ei saavuteta. Järjestelmäoptimin saavuttamiseksi tarvitaan tällöin ulkopuolisen tahon muodostamia kannustimia. Ehdotettuja tapoja saavuttaa järjestelmäoptimi ovat muun muassa ruuhkamaksut, liikkumisinformaation lisääminen tai keskusohjattu reitinvalinta (van Essen et al., 2015; Holden, 1989).

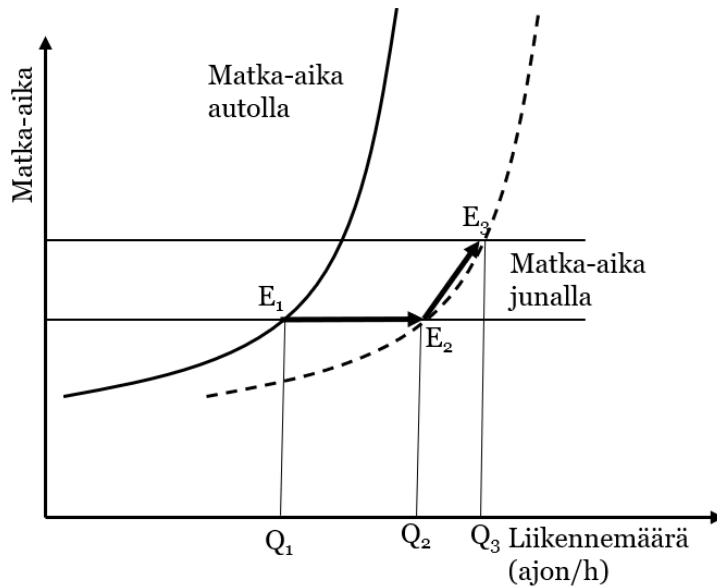
Wardropin ensimmäistä periaatetta voidaan soveltaa myös kulkutavan valintaan. Yksilöt valitsevat kulkutapansa muun muassa sen mukaan, millä kulkutavalla matka taittuu nopeiten. Kaupungeissa tästä seuraa Modridgen hypoteesina tunnettu ilmiö, jossa ruuhka-aikoina joukkoliikenteen matka-aika määrää matka-ajat keskeisiin kohteisiin. **Kuva 7** kuvaa tätä ilmiötä

yksinkertaistetusti. Autoliikenteen matka-aika yhdestä paikasta toiseen riippuu ruuhkautumisen takia siitä, kuinka monta muuta autoilijaa reitillä on. Siksi käyrä, joka kuvaa auton matka-aikaa kasvaa autoilijoiden määrän kasvaessa. Junaliikenteen matka-aika näiden paikkojen välillä on puolestaan lähes riippumaton junamatkailijoiden määrästä. Sen takia käyrä, joka kuvaa matka-aikaa junalla ei muutu, vaikka junamatkailijoiden määrä muuttuisi. Ajatellaan, että olemme tasapainotilanteessa E_1 . Matka-ajat autolla ja junalla ovat samat. Tämän jälkeen tieliikenteeseen tehdään investointi, jonka seurauksena ruuhkautuminen tietyllä autoilijamäärällä vähenee. Auton matka-aikakäyrä siirtyy investoinnin seurauksena oikealle ja matka-ajat autolla laskevat. Kun ajatellaan, että yksilöt valitsevat kulkutapansa matka-aikojen perusteella tästä seuraa, että junamatkailijoita siirtyy autoilemaan, sillä tällä valinnalla he voivat vähentää matkaan kuluva-aikaa. Junamatkailijoita siirtyy autoilemaan siihen saakka, että matka-ajat ovat palanneet ennalleen ja olemme tasapainopisteessä E_2 . Tieliikenneinvestoinnilla ei ole loppujen lopuksi saavutettu matka-aikojen lyhenemistä.



Kuva 7. Auton matka-ajan riippuessa vahvasti autoilijoiden määrästä ja junan matka-ajan ollessa pääosin riippumaton junamatkustajien määrästä. Tieliikenteen kapasiteetin kasvattaminen johtaa junamatkustajien siirtymiseen autoilijoiksi, kunnes autoilu ei enää ole nopeampaa kuin junamatkustaminen. (Mukaillen Holden, 1989).

Downs-Thomsonin paradoksiksi kutsuttu ajatuskulku jatkaa tilannetta Mogridgen hypoteesista. **Kuva 8** esittää tämän paradoksin. Kun tieliikenneinvestoinnin seurauksena siirryttiin tasapainopisteeseen E_2 ja junamatkailijoiden määrä väheni, tämä voi johtaa siihen, että junalinjan operaattori joutuu vähentämään vuorojaan vähentyneen kysynnän takia. Tämä johtaa junaliikenteen matka-ajan kasvuun ja siten yhä useampi junamatkailija vaihtaa autoiluun. Kuvassa siirrytään tasapainopisteeseen E_3 . Lopulta tieliikenneinvestoinnin seurauksena matka-ajat ovat kasvaneet. (Holden, 1989).



Kuva 8. Downs-Thomsonin paradoksi. Junamatkailijoiden määrän vähentyessä tieliikenteen kapasiteetti-investoinnin takia junaoperaattorin täytyy vähentää vuoroja, mikä pidentää junaa käyttävien matka-aikoja. Tästä seuraa, että yhä useampi siirtyy autoilemaan ja lopulta siirrytään tasapainopisteeseen E_3 . Tieliikenneinvestoinnin seurauksena matka-ajat ovat kasvaneet. (Mukaillen Holden, 1989).

2.9 Liikenne-ennustemallit

Liikenne-ennustemallit ovat tyypillisesti simulaatiomalleja, jotka pyrkivät kuvaamaan liikenteen syntyprosessia mahdollisimman todenmukaisesti. Liikenne-ennustemallit ovat erityisen hyödyllisiä suunnittelun ja arvioinnin työkaluja siksi, että niiden avulla voidaan testata suunnitelmia, hankkeita ja politiikkatoimenpiteitä ilman, että hankkeita tarvitsee rakentaa tai toimenpiteitä panna täytäntöön. Liikenne-ennustemalleja käytetäänkin arvioimaan reitti- ja määränpäämuutoksia sekä liikenne- ja matkustajamääriä, kun liikenneverkkoon tehdään uusi investointi.

Liikenne-ennustemalleja on kahta päätyyppiä: neliporrasmalli ja aktiviteettipohjainen malli. Neliporrasmalli on perinteinen liikenteen ennustamiseen käytetty malli, jonka kehitys on aloitettu Yhdysvalloissa jo 1950-luvulla. Neliporrasmalli on eniten maailmalla käytetty mallityyppi liikenteen kysynnän ennustamiseen. Nimensä mukaisesti neliporrasmalli ennustaa liikennettä neljän eri vaiheen avulla, joista jokainen vaihe koostuu omasta mallistaan. Neliporrasmallin vaiheet ovat:

1. **Matkatuotokset** (Matkojen määrä)
2. **Suuntautuminen** (Matkojen määränpää)
3. **Kuljutavat** (Millä kuljutavalla matka kuljetaan)
4. **Verkkojen kuormitus** (Mitä reittejä käytetään).

Mallissa edellisen vaiheen lopputuotokset toimivat aina lähtötietoina seuraavalle vaiheelle. Koska ruuhkautuminen vaikuttaa myös matka-

suuntautumis- ja kulkutapapäätöksiin, monissa neliporrasmallin sovelluksissa on myös takaisinkytkentä verkkojen kuormituksesta aikaisempiin vaiheisiin.

Aktiviteettipohjaiset liikennemallit pyrkivät tarkemmin jäljittelemään matkojen synnyn päätösprosessia. Mallit perustuvat yksilöiden päiväsuunnitelmien ennustamiseen ja liikennevirtojen simuloimiseen näiden suunnitelmien pohjalta. Näillä malleilla ei ole yhtä vakiintunutta rakennetta kuin neliporrasmallilla, mutta niitä yhdistää pyrkimys mahdollisimman realistiseen kuvaukseen liikennekysynnän syntyprosessista. Tämän ansiosta aktiviteettipohjaisilla malleilla pystytään kuvaamaan liikenteen ilmiöitä laajemmin kuin neliporrasmallilla. Aktiviteettipohjaisia liikennemalleja tutkitaan ja kehitetään aktiivisesti, mutta käytännön sovelluksia aktiviteettipohjaisista malleista hankearviointiin ja muuhun päätöksenteon tukeen on vähän.

2.10 Saavutettavuus, kiinteistömarkkinat ja yhdyskuntarakenne

Edellä kuvatun maankäyttömallin mukaisesti kaupunkiseudulla toteutettava liikenneinvestointi ja sen aikaansaamat saavutettavuuden muutokset vaikuttavat kotitalouksien ja yritysten eri sijainteihin suuntautuvaan kysyntään, maan hintaan sekä maankäytön tehokkuuteen eri sijainneissa. Seuraavassa havainnollistetaan kiinteistömarkkinoilla ja yhdyskuntarakenteessa toteutuvaa muutosprosessia käyttäen esimerkkinä uuden metrolinjan rakentamista ja käyttöönottoa.

Asukkaiden kannalta alueet, joissa saavutettavuus paranee liikennejärjestelmän muutoksen ansiosta, muuttuvat houkuttelevammiksi asuinpaikkoina. Tästä syystä kotitalouksien halukkuus / valmius maksaa asumisesta alueella, jossa saavutettavuus paranee, nousee. Tämä johtaa asuntojen hintojen ja vuokrien nousuun kyseisillä alueilla. Koska muutos perustuu sijaintiin eikä asuinkiinteistöjen rakenteellisiin ominaisuuksiin, asuntojen hintojen nousu pääomittuu asuinkiinteistöjen maan arvoon.

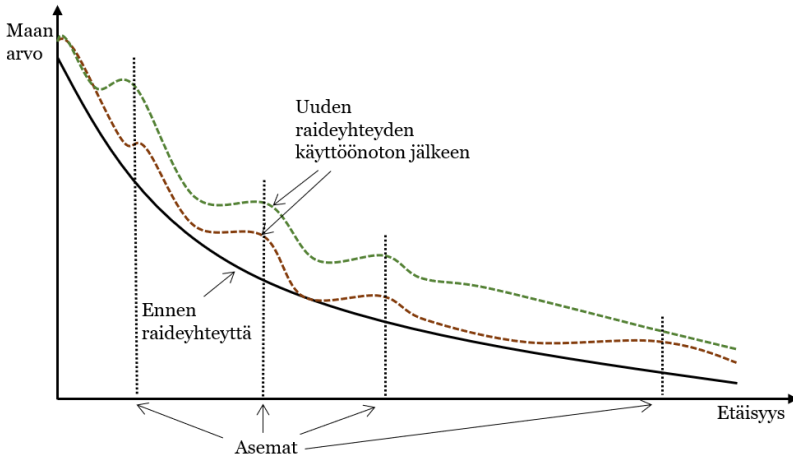
Asukkaat eivät kuitenkaan ole samanlaisia suhteessa joukkoliikenteen saavutettavuuden muutoksiin. Asukkaiden riippuvuus joukkoliikenneyhteydestä vaihtelee, samoin asukkaiden välillä on eroja matkavastuksen muutosten arvostuksessa. Liikennejärjestelmän muutos voi johtaa asukkaiden valikoitumiseen: Pitkän ajan kuluessa on odotettavaa, että alueille, joissa saavutettavuus paranee, muuttaa asukkaita, joille suhteellinen hyöty hyvästä saavutettavuudesta on suuri. Vastaavasti alueelta muuttaa pois asukkaita, joille suhteellinen hyöty on vähäinen tai olematon.

Myös yritykset hyötyvät saavutettavuuden paranemisesta. Parantuneen joukkoliikenneyhteyden alueella yrityksen työntekijöiden työmatkojen aika- ja mukavuuskustannukset alenevat. Tämä parantaa yrityksen mahdollisuuksia saada päteviä työntekijöitä. Vastaavasti myös työasiamatkojen (kokoukset, asiakastapaamiset, seminaarit yms.) aika- ja mukavuuskustannukset joukkoliikenteellä alenevat, mikä parantaa yrityksen kommunikaatiosaavutettavuutta. Kaupan yrityksillä parantunut joukkoliikenneyhteys parantaa asiakkaiden saavutettavuutta ja laajentaa

yrittäjien potentiaalista markkina-alueita. Yritysten halukkuus/valmius maksaa toimitiloista sijainneissa, joiden saavutettavuus paranee, nousee. Vastaavasti tämä johtaa toimitilojen vuokrien ja hintojen nousuun ja edelleen tämän kapitalisoitumiseen toimitilakiinteistöjen maan arvoon näillä alueilla.

Toimialojen välillä ja myös toimialojen sisällä yritysten välillä on suuria eroja joukkoliikennesaavutettavuuden kannalta. Tyypillisesti toimistotyöpaikat (liike-elämän palvelut, hallinto, viestintä yms.) ovat riippuvaisia hyvistä työmatkayhteyksistä sekä työasialiikenteen yhteyksistä. Vähittäiskauppa ja kotitalouksien palvelut ovat riippuvaisia asiakkaiden saavutettavuudesta. Teollisuudessa, tukkukaupassa ja varastoinnissa saavutettavuudella tavaraliikenteen logistiikan kannalta on keskeinen merkitys yritysten sijoittumisessa ja vastaavasti henkilöliikenteen saavutettavuuden painoarvo on pienempi. Joukkoliikenteen saavutettavuuden paraneminen johtaa pitkällä ajalla yritystoiminnan sijoittumisen muutokseen. Toimialat, jotka hyötyvät saavutettavuuden muutoksesta (vähittäiskauppa, kotitalouksien palvelut, toimistot) hakeutuvat hyvän joukkoliikennesaavutettavuuden sijainteihin. Vastaavasti toimialat, joille joukkoliikennesaavutettavuudesta on suhteellisesti vähemmän hyötyä (teollisuus, varastointi yms.) väistyvät muille alueille.

Edellä kuvatut prosessit saavutettavuuden muutosten vaikutuksesta asukkaiden ja yritysten kannalta johtavat asuin- että toimitilojen kysynnän kasvuun ja edelleen asuntojen ja toimitilojen vuokrien ja hintojen nousuun suhteessa sijainniltaan ja ominaisuuksiltaan samankaltaisiin tiloihin. Tämä hintojen nousu kapitalisoi kiinteistöjen maan arvoon. Ilmiö havainnollistuu **kuvassa 9**, jossa on esitetty kaavamaisesti maan arvon muutos suhteessa keskustan saavutettavuuteen. Kuvio kuvaa säteittäisen liikenneväylän varrella sijaitsevien kiinteistöjen maan arvoa ennen ja jälkeen raideliikenteen (esimerkkitapauksessa metro) investointia. Kuviossa on esitetty kaksi maanhintakäyrää keskustaetäisyyden suhteen. Tämä havainnollistaa sitä, että hintavaikutukset voimakkuus ja alueellinen kohdentuminen riippuu vahvasti mm. asemien ja niiden lähialueiden liityntäliikenneyhteyksistä, palveluista, toimivuudesta ja turvallisuudesta. Näiden tekijöiden toteutumiseen vaikuttaa erittäin paljon kaupunkien kaavoitus ja muu suunnittelu, raideyhteyttä täydentävät investoinnit sekä yhteistyö kaupungin, liikenneoperaattorin ja rakennuttajien välillä (mm. Harvio ym. 2016).



Kuva 9. Uuden raideliikenneyhteyden aikaansaaman saavutettavuuden muutoksen vaikutus alueen maan arvoon asemien ympärillä.

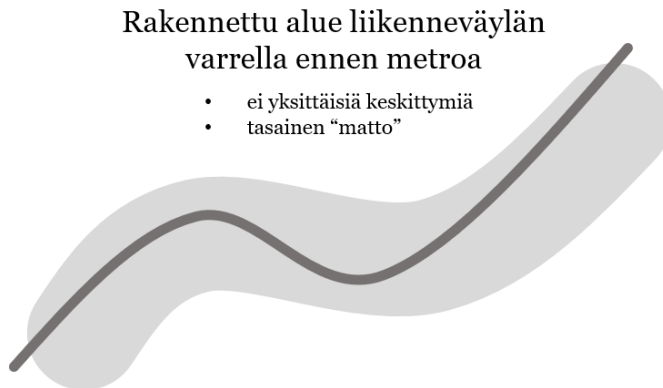
Maan arvon muutos toteutuu siitä syystä, että liikennejärjestelmän tehokkuus paranee. Tästä syystä liikennejärjestelmän käyttäjät eli asukkaat ja yritykset ovat halukkaita/valmiita maksamaan aikaisempaa enemmän sijainnista paremman saavutettavuuden alueella. Muiden alueiden saavutettavuus ei liikennejärjestelmän muutoksen vuoksi heikkene (lukuun ottamatta mahdollista heikennystä esim. liityntäliikenteen piiriin joutuvilla alueilla). Tästä syystä parantuneen alueen kiinteistöjen maan arvon nousu ei tapahdu muiden alueiden kustannuksella, edellyttäen, että kaupunkialue on avoin eli sen väestön tai yritystoiminnan kasvua ei ole rajoitettu. Sen sijaan kiinteistöjen maan arvon nousu toteutuu liikenteen käyttäjien tehokkuuden paranemisen kautta eli asukkaiden hyvinvoinnin nousu parantuneen saavutettavuuden ansiosta kompensoituu korkeampien asuntojen hintojen tai vuokrien kautta. Vastaavasti yritysten parantunut tuottavuus kompensoituu korkeampien toimitilavuokrien kautta.

Maankäyttömallin tulosten mukaisesti maan arvo on yhteydessä maankäytön tehokkuuteen eli rakennettuun kerrosalaan suhteessa maa-alaan. Markkinamekanismissa maan arvon nousu johtaa siihen, että kannattavan rakentamisen tehokkuusvaatimus kasvaa ja syntyy painetta rakentaa enemmän kerrosalaa suhteessa maa-alaan. Tämä merkitsee sitä, että raideliikenteen asemien lähellä rakennetuille alueille tulee markkinapainetta rakentaa tehokkaammin. Lisäksi rakentamisen kannattavuusraja siirtyy ulommaksi. Toisin sanoen kauempana asemista sijaitsevilla alueilla, joilla ennen raideliikennettä ei ollut markkinakysyntää kaupunkimaiselle rakentamiselle, maan arvon nousu johtaa siihen, että rakentamattomille alueille syntyy kysyntää. Tämä lisää markkinapainetta laajentaa rakennettua kaupunkialuetta ulommas raideliikenteen vaikutusalueella.

Kaavoitus säätelee raideliikenteen aikaansaaman rakentamisen lisäkysynnän realisoitumista. Raideliikenteen vaikutusalueella voidaan rajoittaa olemassa olevan rakenteen tiivistymistä rakennuskannan tai asuin ympäristöjen suojelutavoitteiden vuoksi tai asukkaiden vastustuksen vuoksi. Uusien alueiden

rakentamista ja kaupunkialueen laajenemista voidaan rajoittaa virkistysalueiden ja luonnon suojelua koskevien tavoitteiden vuoksi.

Seuraavissa kuvioissa kuvataan yksinkertaistetusti ja kaavamaisesti maankäyttöä ennen ja jälkeen uuden raideliikenneyhteyden, esimerkkitapauksessa metron, käyttöönottoa. Ennen-tilanteessa alueen oletetaan rakentuneen keskustasta pois suuntautuneen väylän varteen siten, että alueen joukkoliikenne perustuu bussiliikenteeseen. Maankäyttö on ”tasaista” siinä mielessä, että siinä ei ole saavutettavuuseroihin perustuvia merkittäviä eroja (**Kuva 10**).



Kuva 10. Bussiliikennevyöhykkeen maankäyttö (Valli ym. 2010).

Metron käyttöönoton jälkeen maankäyttö tiivistyy ja laajenee metroasemien ympärille vyöhykemäisesti. Metron käyttöönoton jälkeen metroasemat muodostuvat saavutettavuuden suhteen keskuspaikoiksi, ja maankäyttö tiivistyy ja laajenee metroasemien ympärille vyöhykemäisesti (Kuva 10). Muutos toteutuu pitkällä, jopa vuosikymmenien, ajalla ja sen toteutumiseen vaikuttavat sekä kaupungin suunnittelu ja maankäytön kehittämistä tukevat metron täydentävät investoinnit että markkinatoimijoiden (sijoittajat, yritykset, kotitaloudet) investointi- ja sijoittumispäätökset.

Rakennettu alue liikenneväylän varrella metron jälkeen

- Rakentaminen keskittyy asemien ympärille
 - kysyntä kasvaa → markkinakysyntää aluetehokkuuden kasvulle
- Maankäytön vyöhykkeisyys
 - tiiviit aseman lähiympäristöt (liike, toimisto, asuinkerrostalo)
 - rakennustehokkuudet alenevat asemaetäisyyden kasvaessa
 - teollisuus ja varastointi väistyy
- Kaavoitus vaikuttaa vahvasti toteutumaan (esim. Kulosaari)



Kuva 11. Metrovyöhykkeen maankäyttö (Valli ym. 2010).

2.11 Hedonisten hintojen teoria

Asuntojen hinta- tai vuokratasolla on todettu olevan tiivis yhteys asunnon sijaintiin sekä asuinkiinteistön ja asunnon rakenteellisiin ja laadullisiin ominaisuuksiin. Sama pätee myös toimitilojen hintoihin ja vuokriin. Hedonisten hintojen teoria tarjoaa viitekehyksen, jonka avulla voidaan analysoida markkinahinnan määräytymistä sellaisten hyödykkeiden tapauksessa, jotka koostuvat lukuisista keskenään erilaisista laadullisista ja määrällisistä ominaisuuksista. Asuntojen tai toimitilojen hinta- ja vuokratason mikrotason aineistoihin perustuvat empiiriset analyysit pohjautuvat yleisesti hedonisten hintojen teoriaan. (Laakso & Loikkanen 2004; Laakso 1997; Rosen 1974; Sheppard 1999.)

Asunto on heterogeeninen tuote, joka koostuu useista rakenteellisista, määrällisistä ja laadullisista ominaisuuksista. Se on moniulotteinen eri ominaisuuksista koostuva ”yhdistelmähyödyke”, jonka valinnassa huomiota kiinnitetään myös sen ympäristöön, palvelut ja monet muut tekijät mukaan lukien. Asunnon sijaintiin liittyvien ominaisuuksien merkitys on erityisen suuri kaupunkialueen asuntomarkkinoilla. Myöskään asuntoja tarvitsevat kotitaloudet eivät ole samanlaisia, vaan poikkeavat toisistaan ominaisuuksiensa, tulojensa ja asumista koskevien mieltymysten ja arvostusten suhteen. Asuntoon liittyy muitakin erityispiirteitä, jotka erottavat sen useimmista muista kestokulutushyödykkeistä: välttämättömyys, kalleus, pitkäikäisyys, kiinteä sijainti, transaktiokustannusten korkeus, omistus- ja vuokra-asuntomarkkinoiden rinnakkaisuus, jne.

Kotitalouksien ja rakennuttajayritysten valinnat asuntomarkkinoilla

Asuntojen hintojen analyysiin sovellettava hedonisten hintojen teoria perustuu oletukseen, että on olemassa toimivat asuntomarkkinat, joilla

vallitsevat kilpailuolosuhteet. Jokainen kotitalous hankkii asuntomarkkinoilta asunnon saadakseen haluamiaan asumispalveluja. Asunnot ovat erilaisia, kuhunkin niistä liittyy useita erilaisia rakenteellisia, määrällisiä ja laadullisia ominaisuuksia, kuten talotyyppi, koko, ikä, varusteet, kunto sekä moninaiset sijaintiin liittyvät tekijät. Sijaintitekijöitä ovat mm. liikenteellinen saavutettavuus, asuinalueen yhdyskuntarakenne, palvelut, sosiaalinen rakenne, ympäristön laatu ja muut kotitalouksille merkitykselliset paikalliset ja kuntatasoiset tekijät.

Asunnon hinta riippuu sen ominaisuuksista, mutta ominaisuuksia ei ole erikseen hinnoiteltu, vaan asunnolla on yksi tietty markkinahinta. Erityyppisten asuntojen markkinahinnat paljastavat kohtalaisen hyvin, miten eri ominaisuuksien vaihtelu vaikuttaa markkinahintaan.

Kotitalouden kulutusta koskevat preferenssit eli arvostukset ja mieltymykset määräävät yhdessä asumispalvelun ja muiden tuotteiden ja palvelujen hintojen kanssa, miten se jakaa tulojensa määrittämät kulutusmahdollisuudet eri kulutuslajien kesken. Preferenssit riippuvat esimerkiksi kotitalouden koosta, lasten lukumäärästä ja iästä sekä tulotasosta. Näiden ohella asuinpaikka, elämäntavat ja arvostukset vaikuttavat. Kotitalous valitsee, kuinka paljon se allokoii tulojensa määrittämistä kulutusmahdollisuuksista asumiseen. Toiseksi, kotitalous valitsee omien asumista koskevien preferenssin mukaisesti, minkälaisen asumisen ominaisuuksien kombinaation se valitsee. Kotitalous voi arvostaa väljää asumista ja isoa asuntoa, mutta vastaavasti tinkiä laadusta tai tyytyä huonommin saavutettavaan sijaintiin. Tai se voi yli kaiken arvostaa keskeistä sijaintia, jolloin sen on tingittävä asunnon koosta tai laadusta.

Kotitalouksien (asumispalvelun kuluttajien) vastapuolena asuntomarkkinoilla ovat asuntoja tuottavat rakennuttajayritykset, jotka rakennuttavat asuntoja myydäkseen tai vuokratakseen niitä kotitalouksille tai sijoittajille, viime kädessä kuitenkin kotitalouksien asumiskäyttöön.

Rakennuttajayritykset tavoittelevat voittoa ja pyrkivät myymään tuottamansa asunnot mahdollisimman korkealla hinnalla, tai toisin sanoen, tuottamaan valitulla hintatasolla myytävät asunnot mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Yritykset ovat erikoistuneet tietyn tyyppisten asuntojen tuottamiseen. Yritykset kilpailevat keskenään ja jos markkinoilla on lukuisia keskenään kilpailevia yrityksiä, mikään niistä ei voi määrätä hintoja, vaan eri tyyppisten asuntojen hinnat määräytyvät markkinoilla yksittäisen yrityksen toiminnasta riippumatta.

Hedonisten hintojen teoria empiirisen tutkimuksen pohjana

Edellä käsitelty malli kuvaa kotitalouksien ja yritysten valintaa ja tasapainohinnan määräytymistä asunnon yhden yksittäisen ominaisuuden suhteen. Kuten edellä todettiin, asuntomarkkinoilla asunnon ominaisuuksia – kuten kokoa, talotyyppiä tai laatua – tai asuinalueen ominaisuuksia – kuten saavutettavuutta ja palvelutasoa – ei hinnoitella erikseen, vaan asunnot myydään kokonaisuutena niillä ominaisuuksilla, jotka niillä ovat. Asumista pidetään moniulotteisena heterogeenisena hyödykkeenä. Kuitenkin asunto ja sen mukana asunnon markkinahinta koostuu lukuisista ominaisuuksista ja

tietyillä edellytyksillä ominaisuuksien ns. hedoniset hinnat on mahdollista saada empiirisellä tutkimuksella esiin.

Asuntojen implisiittiset markkinat kuvaavat sellaista markkinaa, jossa asuntojen tuotanto, vaihto ja kulutus liittyy asuntojen ominaisuuksiin. Asunnon eri ominaisuuksilla on omat implisiittiset markkinat ja markkinahinnat. Asuntojen eksplisiittiset markkinat, jotka havaitaan asuntokauppoina, määräävät asuntojen ominaisuuksien yhdistelmien lopulliset kokonaishinnat. Lähestymistapaa voidaan soveltaa empiirisissä analyyseissä.

Asuntojen hedonisen hintaregression tavoitteena on estimoida asuntojen eri ominaisuuksien implisiittiset hinnat. Regressiomallin avulla estimoidut asuntojen ominaisuuksien implisiittiset (tai hedoniset) hinnat kertovat kuinka asunnon hinta muuttuu, kun tietyn ominaisuuden "laatua" parannetaan, samalla kun muut asunnon hintaan vaikuttavat tekijät on vakioitu. Esimerkiksi, kuinka paljon asunnon hinta muuttuu, kun asunnon sijaintipaikan saavutettavuus paranee yhden yksikön liikenneinvestoinnin seurauksena.

2.12 Maankäytön ja liikenteen integroidut mallit tutkimuksen ja suunnittelun välineenä

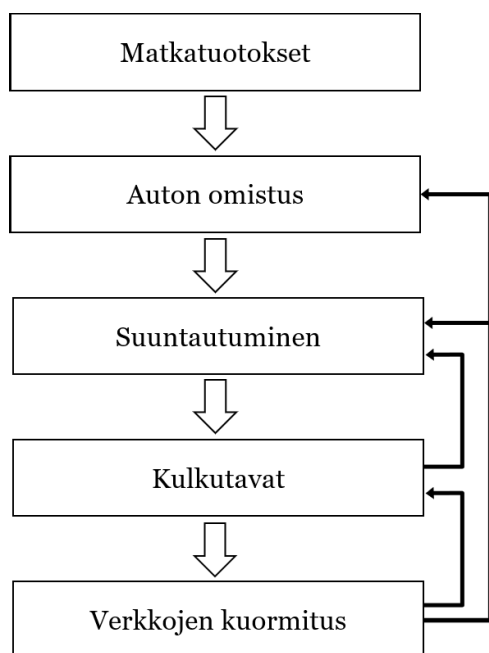
Alaluvussa 2.3 esitely kaupunkialueen maankäyttömalli tarjoaa yleisen teoreettisen viitekehyksen saavutettavuuden, maan hinnan ja maankäytön välisten yhteyksien ja vuorovaikutussuhteiden analyysille, mutta se ei sellaisenaan ole riittävä malli liikenteen ja maankäytön suunnittelun välineeksi. Tämän vuoksi on kehitetty 1960-luvulta alkaen suunnittelukäyttöön soveltuvia maankäytön ja liikenteen vuorovaikutteisia sekä iteroituvia LUTI-malleja (Land Use and Transport Integrated models), jotka yleensä pohjautuvat enemmän tai vähemmän tiiviisti maankäyttömalleihin.

Nykyiset LUTI-mallit rakentuvat liikenteen, maankäytön sekä sosioekonomisten ominaisuuksien vuorovaikutuksen kuvaamiseen ja analyysiin tarkoitetuista malleista. LUTI-mallin luomiseksi tulee olla käytettävissä luotettava liikenne-ennustemalli, maankäytön ennustamisen malli sekä sosio-demografisia tekijöitä ennustava malli. Nämä mallit voivat olla täysin integroituja toisiinsa tai ne voivat olla myös melko löyhästi toisiinsa sidottuina ja täten toimia täysin itsenäisinä malleina. Käytännössä LUTI-mallintamisen on todettu vaativan merkittäviä panostuksia aineistoihin ja empiiriseen mallinnukseen. (Somerpalo & Haapamäki 2018, Jääskeläinen ym. 2019).

3. Saavutettavuusaineistojen tuottaminen

3.1 Helsingin seudun liikenne-ennustejärjestelmä

Tutkimuksessa käytettävät saavutettavuusaineistot tuotetaan HELMET-mallilla. Mallin toiminta kuvataan tässä pääpiirteittäin. Tarkempi kuvaus tässä työssä hyödynnetystä mallin versiosta 3.0 löytyy vielä julkaisemattomasta malliraportista (HSL, julkaisematon). HELMET-mallin vanhempi versio on kuvattu malliraportissa *Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010* (HSL, 2011). Malli on tällä hetkellä Suomen edistynein yleisesti käytössä oleva liikenne-ennustejärjestelmä. Se on neliporrasmallin sovellus, joka mallintaa ja ennustaa Helsingin seudun 14 kunnan liikennettä. Mallin viides porras, autonomistumismalli, tuottaa arvion autonomistusasteesta alueittain. **Kuva 12** esittää mallin osien väliset yhteydet.

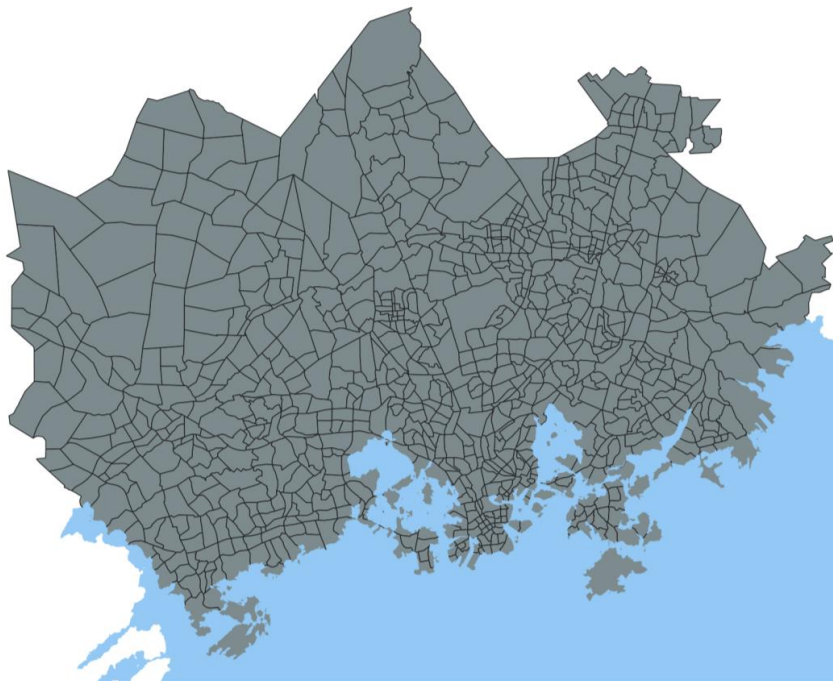


Kuva 12. HELMET-mallin osamallien väliset yhteydet (mukaan HSL, julkaisematon).

Mallissa Helsingin seutu on jaettu 1918 alueeseen, joiden välistä liikennettä mallinnetaan. Liikenteen kysyntää ennustetaan maankäytön, väestön,

liikennejärjestelmän, liikkumiseen kuluvan ajan ja liikkumiskustannusten avulla. Matkatuotosvaiheessa maankäytön, väestömäärän ja demografian avulla ennustetaan alueella tehtävien matkojen määrä. Matkat on mallissa jaettu kuuteen matkaryhmään: kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat, kotiperäiset koulumatkat, kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat, kotiperäiset muut matkat, työperäiset matkat ja muut kuin koti- tai työperäiset matkat. Matkojen määrä ennustetaan kullekin matkaryhmälle erikseen.

Ennustealuejako perustuu suurelta osin kuntien tilastoaluejakoon. Alueiden koko vaihtelee siten, että seudun ytimessä tiheämmin asutuilla alueilla alueiden koko on pienempi ja harvemmin asutut alueet ovat suurempia. **Kuva 13** näyttää pääkaupunkiseudun ennustealueet HELMET-mallissa.



Kuva 13. Pääkaupunkiseudun ennustealueet HELMET-mallissa. Pääsääntöisesti tiheämmin asutuilla alueilla ennustealueet ovat pienempiä kuin harvemmin asutuilla alueilla.

Suuntautumismalli ja kulkutapamalli ovat logittimalleja, joiden teoriaa on käsitelty tarkemmin luvussa 2.7. Suuntautumismalli ennustaa matkojen määränpäät matkaryhmittäin. HELMET-mallissa matkaryhmiä on kuusi:

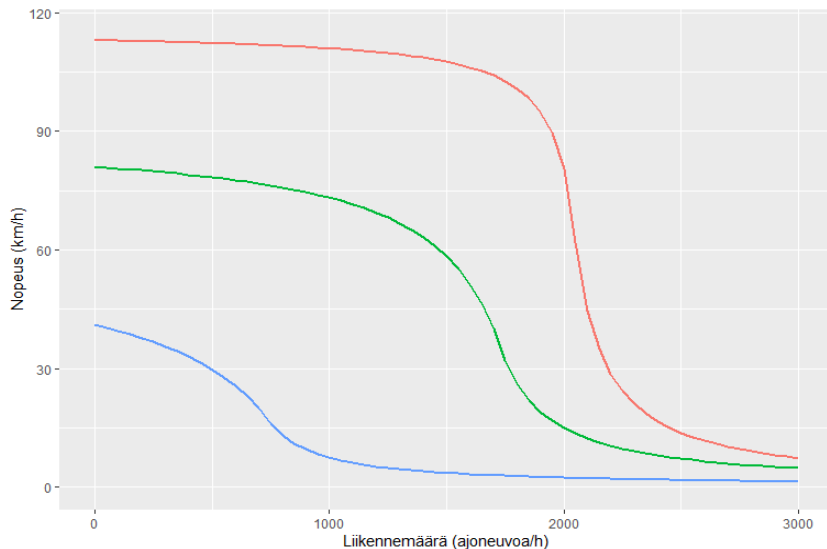
- Kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat,
- Kotiperäiset koulumatkat,
- Kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat,
- Kotiperäiset muut matkat,
- Työperäiset matkat ja
- Muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat.

Suuntautumismalleissa määränpäälintaa selittävinä tekijöinä on pääsääntöisesti kulkutapamallin logsum ja kokotekijä. Kulkutapamallin logsum kuvaa alueiden välisen liikkumisen helppoutta ja kokotekijä aktiiviteettimahdollisuuksia kussakin määränpäässä. Suuntautumismalleissa

ajatellaan, että mitä enemmän aktiviteettimahdollisuuksia kullakin alueella on, sitä suurempi osa yksilöistä valitsee paikan määränpääkseen. Aktiviteettimahdollisuuksien määrää kuvaavana kokotekijänä käytetään työpaikkojen, oppilaspaikkojen määrää kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen tapauksessa ja asukasmäärää, palvelutyöpaikkojen määrää ja myymälätyöpaikkojen määrää muissa matkaryhmissä. Kotiperäiset koulumatkat ovat poikkeus suuntautumismalleissa, sillä niiden määränpäättä ennustetaan koulumatkan pituuden ja asukasmäärän avulla. Tietyn alueen valinta määränpääksi on siten sitä todennäköisempää, mitä helpompaa liikkuminen niiden välillä on ja mitä enemmän mahdollisuuksia alueella on.

Kulikutapamalleilla ennustetaan valitsevatko liikkujat henkilöauton, joukkoliikenteen, pyöräilyn vai kävelyn. Mallit toimivat siten, että ensin ennustetaan, kuljetaanko matka jalan vai muilla kulkutavoilla. Tätä valintaa ennustetaan alueen käveltävyyttä ja auton käyttömahdollisuutta kuvaavilla muuttujilla. Tämän jälkeen matkoille, jotka tehdään muuten kuin kävellen, ennustetaan kulkutapa pyöräilystä, joukkoliikenteestä ja henkilöautosta. Valinta riippuu kullakin kulkutavalla matkaan kuluvasta ajasta, rahallisista kustannuksista ja autonkäyttömahdollisuuksista.

Viimeinen HELMET-mallin vaihe on verkkojen kuormitus, jossa ennustetut matkat sijoitellaan liikenneverkolle. Tämä kuvaa yksilöiden tekemiä reittivalintoja ja antaa kuvan tieverkon liikennemääristä ja ruuhkautumisesta. Verkkojen kuormitus tapahtuu Wardropin ensimmäisen periaatteen mukaan, eli liikenteen oletetaan sijoittuvan tieverkolle siten, ettei yksikään liikkuja voi nopeuttaa matkaansa vaihtamalla reittiään. Ajonopeudet teillä määräytyvät mallissa viivytysfunktioiden mukaan. Funktiot määräävät ajonopeuden tiellä tien ominaisuuksien ja tiellä liikkuvien autojen määrän perusteella. **Kuva 14** näyttää kolme esimerkkiä HELMET-mallissa käytettävistä autoliikenteen viivytysfunktioista. Funktiot kuvaavat yksinkertaistettuna tieliikenteen nopeuksien kytkentää kapasiteetinkäyttöasteisiin erityyppisillä väylillä. Ne eivät huomioi yksittäisten liittymien välityskykyjä, vaan funktiokuvauksiin liittyy oletus erityyppisten väylien liittymätiheyksistä. Erityyppiset tiet ja kadut ruuhkautuvat erisuuruksilla liikennemäärillä ja jotkin tiet ruuhkautuvat nopeammin kuin toiset. Varsinkin teillä ja kaduilla, joiden vapaa nopeus on suuri, liikennemäärän vähentyminen voi kasvattaa nopeuksia merkittävästi funktioiden taitekohdissa.



Kuva 14. Esimerkkejä autoliikenteen viivytysfunktioista HELMET-mallissa. Kuvassa moottoritien (punainen), maantien (vihreä) ja pääkadun (sininen) viivytysfunktiot. Viivytysfunktiot kuvaavat ajonopeutta tiellä kulkevien autojen määrän funktiona. Tie tai katu alkaa ruuhkautumaan ja ajonopeudet laskemaan jyrkästi kuormituksen kasvaessa. Tarkka ruuhkautumisen kehitys riippuu ominaisuuksista kuten leveydestä, kaistamäärästä ja liittymätiheydestä.

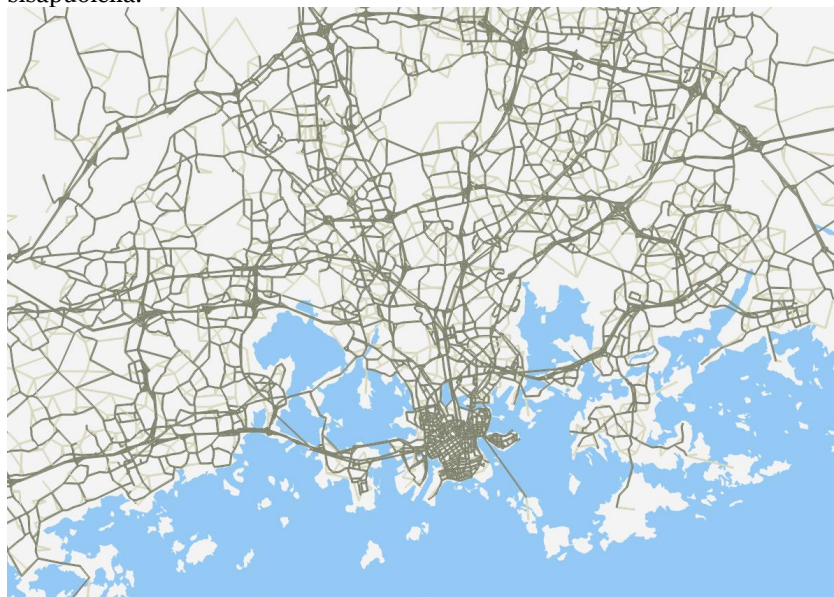
Bussiliikenteen matka-ajat perustuvat HELMET-mallissa tie- ja katuverkon ajonopeuksiin. Autoliikenteen ruuhkautuminen ruuhkauttaa myös bussiliikenteen, ellei käytössä ole joukkoliikennekaistoja. Raideliikenteen nopeudet perustuvat aikatauluihin tai tulevaisuuden suunnitelmiin liikennöinnistä. Aikataulu kuvataan vuorovälin avulla. Joukkoliikenteen linjanvalinta perustuu optimaalisen strategian periaatteeseen, jossa joukkoliikenteen kulkutavakseen valinnut henkilö siirtyy odottamaan kulkuneuvoa asemalle tai pysäkillä, jolta matka-ajan odotusarvo on matalin. Joukkoliikenteen sijoittelu ei tällä hetkellä sisällä kapasiteettirajoitteita, eli matkustajamäärä ei vaikuta joukkoliikenteen matka-aikoihin tai matkustuskokemukseen mallissa.

Verkkojen kuormituksen jälkeen, riippuen ennustetuista määränpää- ja kulkutapavalinnoista, matka-ajat eri alueiden välillä ovat saattaneet muuttua niistä, joilla suuntautuminen ja kulkutavat alun perin ennustettiin. Koska suuntautumismalli ja kulkutapamalli hyödyntävät alueiden välisen liikkumisen helppoutta ja matka-aikojen ennusteiden tekemisessä, HELMET-mallissa on takaisinkytkentä sijoittelun ja suuntautumismallin sekä kulkutapamallin välillä. Lisäksi kulkutapamallilla ja suuntautumismallilla on kytkentä kulkutapamallin logsum-muuttujan kautta. Ennusteita tehdessä, mallit ajetaan tyypillisesti kymmenen kertaa läpi käyttäen edellisen malliajon tuloksia seuraavan lähtötietoina. Tämä tehdään, jotta tulokset suppenisivat kohti yhdyskuntarakenteen määräämää tasapainopistettä.

3.2 Liikennejärjestelmäaineistot

Tutkimuksessa käytetyt liikennejärjestelmäaineistot koostuivat HELMET-mallin lähtötiedoista vuosille 2008, 2012, 2016 ja 2018. Vuosien 2012 ja 2016 välissä HELMET-malliin tehtiin suurempi päivitys, jonka seurauksena vuosien 2008 ja 2012 liikenneverkkokuvaus ja joukkoliikennekuvaus eivät ole yhteensopivia uusimman malliversion kanssa. Tästä johtuen näiden vuosien liikennejärjestelmäaineistot muunnettiin uusimpaan malliversioon sopiviksi.

Liikenneverkkokuvauksen muuntaminen yhteensopivaksi tehtiin siten, että vuoden 2016 liikenneverkkokuvauksesta karsittiin tiehankkeet, jotka oli toteutettu aikaväleillä 2008–2012 ja 2012–2016. Täten voitiin mahdollisimman hyvin varmistua siitä, että käytettävät liikenneverkkokuvaukset olivat vertailukelpoisia tutkimusvuosien välillä. Liikenneverkkokuvauksissa huomioon otetut tieliikenteen hankkeet esitetään luvussa 4.1. **Kuva 15** näyttää HELMET-mallin verkkokuvauksen vuoden 2016 liikenneverkosta Kehä III:n sisäpuolella.



Kuva 15. Kehä III:n sisäpuolinen alue vuoden 2016 verkkokuvauksessa.

Joukkoliikennekuvaukset muunnettiin uusimman malliversion kanssa yhteensopiviksi siten, että vuosien 2008 ja 2012 vanhaan malliversioon tehtyjä joukkoliikennekuvauksia muokattiin uusimpaan HELMET-versioon sopiviksi. Molempien vuosien joukkoliikennekuvaukset muunnettiin uusimpaan versioon saman prosessin avulla. Tästä huolimatta mahdolliset erot joukkoliikennelinjojen kuvaustavassa eri vuosien välillä voivat jäädä kuvauksiin. Todennäköisesti näiden erojen vaikutus tuloksiin on kuitenkin pieni.

HELMET-malli hyödyntää myös maankäyttötietoja, demografiatietoja ja liikkumisen kustannuksia liikenne-ennusteiden tekemiseksi. Näistä tietolajeista uusimman HELMET-version kanssa yhteensopivat tiedot tulevat suoraan HSL:ltä. Näitä tietoja ovat ennustealueiden asukasmäärä, työpaikkamäärät, 2. ja 3. asteen oppilaspaiikkojen määrä, erillispientalojen

osuus, asuinkerrostalojen osuus, asuttujen ruutujen maapinta-ala, ruokakuntien mediaanitulo ja kotitalouksien keskimääräinen koko. Tämän lisäksi HELMET-malli käyttää tietoja joukkoliikenteen ja henkilöautoilun kustannuksista.

3.3 Saavutettavuusaineistot

Tutkimuksen saavutettavuusaineistot tuotettiin HELMET-mallilla. Tutkimuksessa käytettäviä saavutettavuuden mittareita olivat matkan odotettu kuluttajan ylijäämä (logsum-saavutettavuus), joukkoliikenteen matkavastus keskustaan ja joukkoliikenteen matka-aika keskustaan. Erityisesti tutkimuksessa selvitettiin, sopiiko kotiperäisten työmatkojen suuntautumismallin logsum-saavutettavuus asuntojen hintojen selittämiseen. Muita saavutettavuusmittareita käytettiin vertailevina mittareina, jotta saatiin tutkittua millä tavalla kuvattuna saavutettavuus sopii parhaiten asuntojen hintojen kuvaamiseen.

Saavutettavuusmittarit laskettiin asuntojen hinta-aineistoja varten HELMET-mallin aluejaossa, mutta toimistotilojen aineistoluovutusehtojen takia aluejako piti tehdä karkeammaksi toimistotila-analyyseja varten. Alueita yhdisteltiin siten, että ne pysyivät maantieteellisesti yhtenäisinä ja alueiden määrä mahdollisimman suurena luovutusehtojen täyttyessä. Lopullisessa jaossa alueita, joilta löytyviä toimistotilahavaintoja on 77 kappaletta.

HELMET-mallissa kulkutapamallin vaihtoehtojen hyötyfunktiot ovat lineaarisia. Suuntautumismallin hyötyfunktiot ovat puolestaan muotoa $U_i = \beta_L * L_i + \ln(K_i)$, jossa L_i on kulkutapamallin logsum alueelle i ja K_i on alueen i kokotekijä, joka, riippuen matkaryhmästä, koostuu työpaikkojen määrästä, asukkaiden määrästä ja 2.- ja 3. asteen oppilaspaiikkojen määrästä. Suuntautumismallin kokotekijän logaritmoinnista seuraa, että aluejako ei vaikuta suuntautumiseen kokotekijän kautta (Train, 2002).

HELMET-mallin kotiperäisten työmatkojen kulkutapamallin ja suuntautumismallin kertoimet on esitetty taulukossa 1. HELMET-mallissa pääkaupunkiseudulle ja kehyskunnille on estimoitu omat mallinsa. Mallit on estimoitu HSL:n tuottamien henkilöliikennetutkimusten perusteella. Tutkimuksissa satunnaisesti valittuja asukkaita pyydetään merkitsemään kaikki päivänsä matkat matkapäiväkirjaan. Tämän perusteella saadaan kuva asukkaiden liikkumisesta tutkimusalueella. Mallin kertoimet perustuvat siten toteutuneisiin liikkumisvalintoihin.

Taulukko 1. HELMET-mallin kotiperäisten työ- ja opiskelumatkojen kulkutapa- ja suuntautumismallin kertoimet. Muuttujan nimessä sulussa oleva lyhenne kertoo minkä kulkumuodon hyötyfunktiossa muuttuja esiintyy. Lyhenteet ovat PP = polkupyörä, HA = henkilöauto ja JL = joukkoliikenne. (HSL, julkaisematon).

Kerroin	PKS	Kehys
Kulkutapamalli		
Ln(etäisyys+1) (PP)	-2,4597	-2,4751
PP binäärimuuttuja (PP)	1,1692	2,8187
Matka-aika (HA)	-0,0548	-0,0451
Ajokustannukset (HA)	-0,1431	-0,2608
Pysäköintikustannukset (HA)	-0,9203	-1,1539
Autoa per asutokunta (HA)	1,4314	1,1232
HA binäärimuuttuja (HA)	-2,2745	-0,2295
Painotettu kokonaismatka-aika (JL)	-0,0337	-0,023
Kustannukset (JL)	-0,3986	-0,1332
Suuntautumismalli		
Logsum kulkutapamallista	0,94	1,0685
Työpaikat yhteensä + 1	1	1
Oppilaspaikat 2.-3. aste	0,3992	0,1248

Taulukko 1 kertoo, millä muuttujilla HELMET-mallissa ennustetaan päätöksiä kulkutavoista ja määränpäistä. Polkupyörän ja henkilöauton kulkutapakohtaiset vakiot kuvaavat kulkutavan valintaan liittyviä havaitsemattomia tekijöitä. Logittimallien ominaisuuksista johtuen yhden kulkutavan vakio voidaan valita mielivaltaisesti. HELMET-mallissa joukkoliikenteen kulkutapakohtainen vakio on valittu nolllaksi.

Kertoimista nähdään, että polkupyörän kulkutapaosuutta ennustetaan matkan pituudella, jonka kasvaessa polkupyörän kulkutapaosuus laskee. Henkilöauton osuutta ennustetaan matka-ajalla, ajokustannuksilla, pysäköintikustannuksilla ja autoa per asuntokunta -muuttujalla. Kaikkien muuttujien kertoimet ovat odotetun suuntaisia. Henkilöautoilun kulkutapaosuus laskee, kun matka-aika, ajokustannukset tai pysäköintikustannukset kasvavat ja henkilöautoilun kulkutapaosuus kasvaa autonomistuksen kasvaessa. Joukkoliikenteen kulkutapaosuutta puolestaan ennustetaan joukkoliikenteen painotetulla kokonaismatka-ajalla ja matkan kustannuksilla. Molempien muuttujien kertoimet ovat negatiivisia, eli niiden kasvaessa joukkoliikenteen kulkutapaosuus laskee.

Kotiperäisten työmatkojen suuntautumismallissa matkojen määränpäitä ennustetaan kulkutapamallin logsumilla, joka kuvaa kahden alueen välisen liikkumisen helppoutta, sekä työpaikkojen ja oppilaspaikkojen määrällä. Odotetusti mitä helpompaa alueelle on liikkua, sitä todennäköisemmin alue valitaan määränpääksi. Liikkumisen helppouden lisäksi maankäyttö vaikuttaa määränpäävalintoihin siten, että mitä enemmän työpaikkoja tai 2.-3. asteen oppilaspaikkoja alueella on, sitä todennäköisempää on valita alue työmatkan määränpääksi.

Mallin kertoimista voidaan myös johtaa tulkinta logsum-saavutettavuuden muutokselle. Jos työmatkan matka-aika autolla alueparin välillä muuttuu yhdellä minuutilla, tällöin näiden alueiden välisen matkan hyöty muuttuu $-0,0548 * 0,94 = -0,0515$ logsum-pistettä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos yhden logsum-pisteen muutos koostuu vain matka-ajan muutoksesta, kyseisen matka-ajan muutoksen on oltava $1/(-0,0515) = -19,41$ minuuttia. Mallissa yhden logsum-pisteen kasvu saavutettavuudessa vastaa siten autolla tehdyn työmatkan lyhenemistä vajaalla 20 minuutilla.

Kuitenkin saavutettavuuden paraneminen on usein monen tekijän summa. Saavutettavuus voi parantua matka-aikojen lyhentyessä, matkustusmukavuuden kasvaessa, saavutettavien kohteiden muuttaessa lähemmäs tai matkustuskustannusten laskiessa. Tutkimuksessa käytetty logsum-saavutettavuus havaitsee saavutettavuuden paranemisen, kun matka-aika lyhenee, matkan kustannukset pienenevät tai työpaikkojen ja oppilaspaikkojen määrä alueella kasvaa.

Vaikka suuntautumismallin logsum vastaa parhaiten näkemystä saavutettavuuden teoreettisista ominaisuuksista, HELMET-mallin toteuttamistavasta johtuen suuntautumismallin logsumin käytössä asuntojen hintojen tutkimiseen on tiettyjä haasteita. Suurin haasteista johtuu *autoa per asuntokunta* -muuttujasta. Suuntautumismalli ja kulkutavan valintamalli ovat mallissa vahvasti kytköksissä. Suuntautumismalli käyttää kulkutavan

valintamallista saatavaa logsumia, joka kuvaa liikkumisen helppoutta, matkojen määränpäiden ennustamiseen. Kulkutavan valintamallissa auton valitsemisen hyötyyn vaikuttaa *autoa per asuntokunta* -muuttuja. Ennustettu autojen määrä tietyn alueen asuntokunnissa kasvattaa auton kulkutapaosuutta alueella ja siten myös suuntautumismallin käyttämää kulkutapamallin logsumia. Tämä puolestaan kasvattaa suuntautumismallin logsumia ja siten alueen saavutettavuutta.

Todennäköisesti autonomistusasteella ei kuitenkaan ole vaikutusta alueelta liikkumisen helppouteen vaan syy-seuraussuhde on toiseen suuntaan. Alueen saavutettavuusominaisuudet vaikuttavat alueen autonomistusasteeseen. Autonomistusasteen vaikuttaessa suuntautumismallin logsumiin positiivisesti, malli todennäköisesti ennustaa autovaltaisille alueille liian suurta saavutettavuutta.

Autoa per asuntokunta -muuttujan aiheuttamien haasteiden ratkaisemiseksi tutkimuksessa laskettiin logsum-saavutettavuudet siten, että kulkutavan valintamallissa auton hyötyfunktioista poistetaan *autoa per asuntokunta* -muuttuja. Liikennemäärien ennustamisessa kyseinen muuttuja on kuitenkin edelleen mukana. Lisäksi on kokeiltu logsum-saavutettavuuksia, joissa on otettu huomioon vain kestävät kulkutavat liikkumismuotona.

Logsum-saavutettavuudesta on laskettu alueille kaksi versiota. Toinen, työmatkojen saavutettavuus, on laskettu siten, että alue on matkan lähtöpaikka, joten se kertoo, miten helppoa alueelta on saavuttaa työpaikkoja. Toinen versio, työvoiman saavutettavuus, on laskettu pitäen aluetta matkan määränpäänä, jolloin saavutettavuus kertoo, kuinka helppoa alueelle on tehdä työmatka. Tilastollisia tunnuslukuja tuotetusta saavutettavuusaineistosta on esitetty **taulukossa 2**.

Työmatkojen logsum-saavutettavuuden vaihtelu on 5,733 pistettä. Ero vastaa noin 110 minuutin vaihtelua henkilöauton matka-ajassa, jos koko saavutettavuuden vaihtelu johtuisi matka-ajasta. Vastaavasti, jos vaihtelu olisi vain auton matkakustannuksista johtuvaa, vaihtelu olisi noin 42 €. Luonnollisesti kaikki saavutettavuuden vaihtelu ei ole vain matka-ajasta tai kustannuksista johtuvaa, mutta vertailut auttavat ymmärtämään mallinnetun saavutettavuuden eroja pääkaupunkiseudulla.

Suurimman ja pienimmän työvoiman logsum-saavutettavuuden, jota on käytetty toimistotilojen vuokrien tarkasteluissa, välinen ero on 5,526. Työvoiman saavutettavuuden ja työmatkojen saavutettavuuden väliset erot ovat suuruudeltaan siten melko samoja.

Taulukko 2. Tilastollisia tunnuslukuja tuotetuista työmatkojen ja työvoiman logsum-saavutettavuudesta.

	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Mediaani
Työmatkojen logsum-saavutettavuus	6,823	12,556	10,315	10,409
Työvoiman logsum-saavutettavuus	6,416	11,942	10,012	10,121

4. Saavutettavuus ja kiinteistömarkkinat pääkaupunkiseudulla 2008–2016

4.1 Liikennejärjestelmän muutokset

Aikavälillä 2008–2016 pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmään on tehty useita muutoksia ja parannuksia. Tieliikenteen osalta muutokset ovat suureksi osaksi liittymien rakentamisia, väylien perusparannuksia ja kaistojen lisäyksiä. Muutamille alueille on rakennettu myös uusia katu- tai tieyhteyksiä. Joukkoliikenteen osalta suurin muutos on Kehäradan avaaminen liikenteelle vuonna 2005, mikä paransi junayhteyksiä Kehäradan pysäkkien varrella, mutta vähensi vuoroja Espoon suuntaan, sekä Kehäradan avaamiseen liittyvä Vantaan bussilinjastouudistus. Muita suurempia muutoksia joukkoliikenteeseen olivat runkolinjan 560 liikennöinnin aloittaminen, johon liittyi myös Paloheinän joukkoliikennetunnelin käyttöönotto.

Kaikki tutkimuksessa huomioon otetut tieliikenneinvestoinnit on listattu seuraavassa taulukossa:

Taulukko 3. Tutkimuksessa huomioonotetut tieliikenneinvestoinnit.

Paikka	Kuvaus muutoksesta	Ajankohta
Kehä I	Mestarintunneli	2008–2012
Kehä I	Mestarinsolmun eritasoliittymä	2008–2012
Kehä III	Kalliosolan eritasoliittymä	2008–2012
Kehä III	Voutilanpuiston ja Ansatien alikulut	2008–2012
Kehä III	Myllymäen eritasoliittymä	2008–2012
Kehä III	Katuyhteys Martinkyläntielle	2008–2012
Leinelä	Leinelän puistotie	2008–2012
Tikkurila	Valkoisenlähteentie	2008–2012
Pasila	Hakamäentien perusparannus	2008–2012
Länsiväylä	Eritasoliittymiä välillä Kirkkonummi–Kivenlahti	2008–2012
Jätkäsaari	Crusellinsilta	2008–2012
Kehä I	Kivikontien eritasoliittymä	2012–2016
Kehä II	Liittymä Suurpellolle	2012–2016

Kehä III	Kehäradan rautatiesilta	2012–2016
Kehä III	Lisäkaistat välille vt4–vt7	2012–2016
Kehä III	Länsimäentien eritasoliittymä	2012–2016
Kehä III	Porvoonväylän eritasoliittymän lisärampit	2012–2016
Kehä III	Lentoasemantien eritasoliittymän muuntaminen systeemiliittymäksi	2012–2016
Kehä III	Lentoasemantie nelikaistaiseksi välillä Kehä III ja Tikkurilantie	2012–2016
Kehä III	Tikkurilantien jatko Katriinantietä Riipiläntielle	2012–2016
Kehä III	Tikkurilantien ja Lentoasemantien eritasoliittymä	2012–2016
Kehä III	Viidennet kaistat Tuusulanväylän ja Lentoasemantie liittymien väliselle osuudelle	2012–2016
Länsiväylä	Joukkoliikennekaistat välille Espoonlahti - Matinkylä	2012–2016
Länsiväylä	Gräsanlaakson eritasoliittymä	2012–2016
Länsiväylä	Kivenlahti - Kirkkonummi tien parannus	2012–2016
Niittykumpu	Merituulentien lisäkaistat ja joukkoliikennekaistat välille Koivu-Mankkaantie - Kehä II	2012–2016

Suurimmat joukkoliikennemuutokset on listattu seuraavassa taulukossa:

Taulukko 4. Tutkimuksessa huomioonotetut muutokset joukkoliikenteessä.

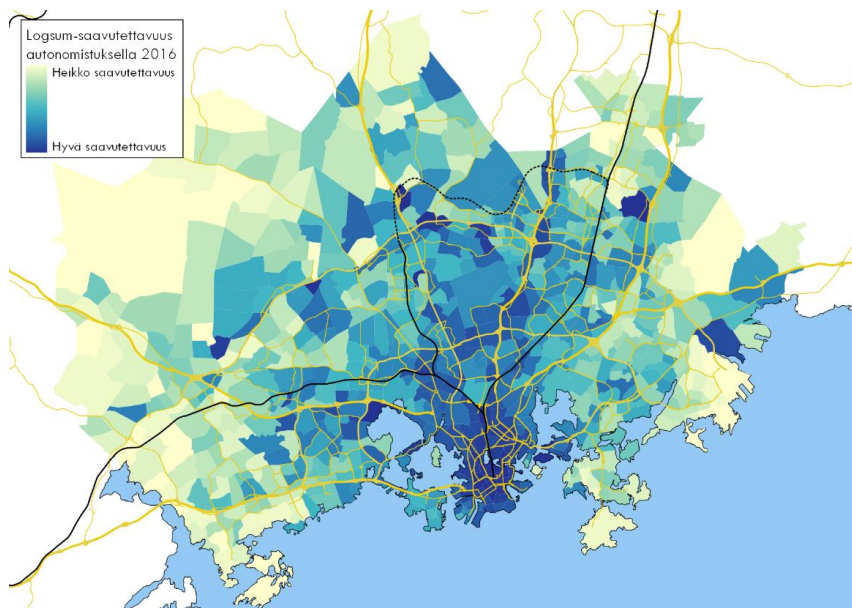
Paikka	Kuvaus muutoksesta	Ajankohta
Helsinki	Raitiolinjan 8 jatko Jätkäsaareen	2012
Helsinki	Raitiolinjan 9 jatko Länsiterminaaliiin	2012
Sipoo	Sipoon bussilinjastouudistus	2014
Helsinki ja Vantaa	Kehärata	2015
Vantaa	Vantaan bussilinjastouudistus	2015
Helsinki ja Espoo	Runkolinja 560	2015
Helsinki	Paloheinän joukkoliikennetunneli	2015

4.2 Saavutettavuus pääkaupunkiseudulla

Saavutettavuutta pääkaupunkiseudulla mallinnettiin HELMET-mallin avulla. Pääasiallisena saavutettavuuden mittarina käytettiin työmatkojen logsum-saavutettavuutta. Saavutettavuutta tarkasteltiin myös muiden mittarien, kuten matka-aika keskustaan joukkoliikenteellä ja joukkoliikenteen matkavastus keskustaan, kautta. Joukkoliikenteen matkavastus eroaa joukkoliikenteen

matka-ajasta siten, että matkavastuksessa odotus- ja kävelyaikaa painotetaan kertoimella 1,5 verrattuna joukkoliikennevälineessä vietettyyn aikaan ja matka-aikaan lisätään käytetystä joukkoliikennevälineestä riippuva vakio.

Saavutettavuus mallinnettiin vuosille 2008, 2012 ja 2016. Lisäksi mallinnettiin tilanne, jossa Länsimetron aiheuttamat joukkoliikennemuutokset ovat voimassa, mutta maankäyttö ei ole muuttunut vuoden 2016 tilanteesta. Tällä pyrittiin saamaan kuvaa suuren joukkoliikenneinvestoinnin aiheuttamista muutoksista logsum-saavutettavuuteen.



Kuva 16. Vuoden 2016 logsum-saavutettavuus, kun logsum-saavutettavuudessa on mukana alueen autonomistusaste.

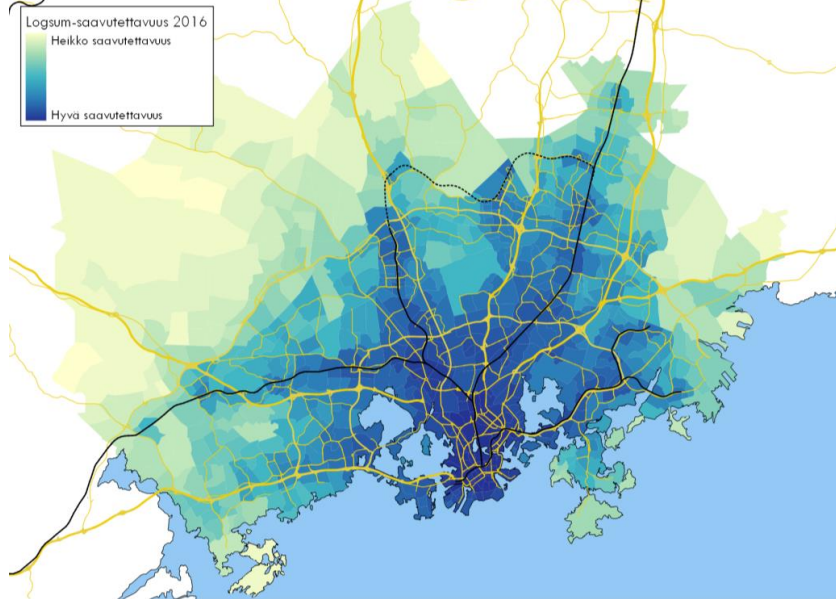
Kuva 16 näyttää pääkaupunkiseudun mallinnetun logsum-saavutettavuuden, kun logsum-saavutettavuudessa on mukana alueen autonomistusaste. Kuvasta näyttäisi siltä, että Helsingin keskusta on laajin hyvän saavutettavuuden alue. Kuitenkin saavutettavuudessa korostuu huomattavasti myös näennäisesti melko satunnaiset alueet ympäri pääkaupunkiseutua. Muun muassa parhaan saavutettavuuden alueita ovat Hakkilan teollisuusalue ja Louhelan itäpuoleinen alue. Koska autonomistuksen mukanaololle ei ole saavutettavuuden kannalta teoreettisia perusteita, laskettiin logsum-saavutettavuus myös siten, että autonomistus on otettu pois saavutettavuuden laskennasta.

Kuva 17 näyttää mallinnetun logsum-saavutettavuuden vuonna 2016 ilman autonomistuksen vaikutusta. Saavutettavuudessa näkyy vyöhykkeisyyttä mentäessä Helsingin keskustasta poispäin siten, että kauempana keskustasta saavutettavuus heikkenee. Malli näyttäisi siten pääosin antavan intuition mukaisia tuloksia pääkaupunkiseudun saavutettavuudesta.

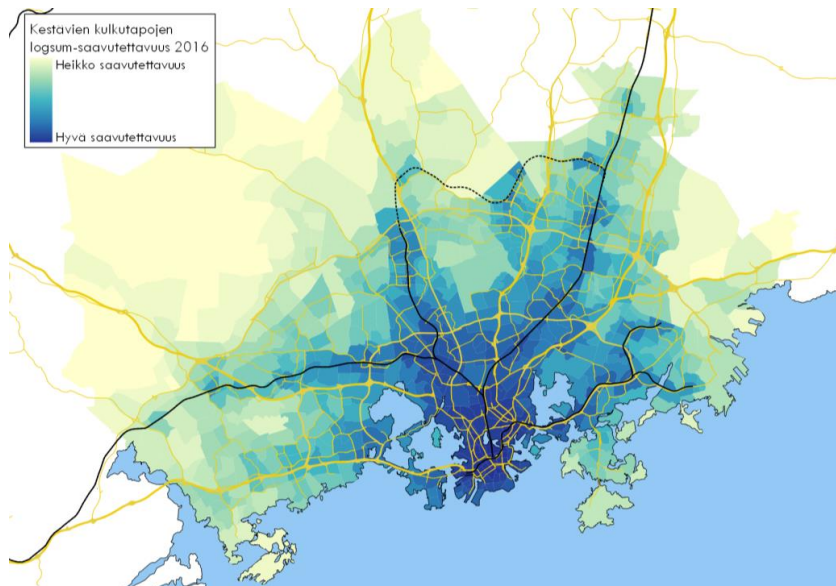
Yleisesti vaikuttaisi siltä, että alueet Helsingin keskustasta pohjoiseen säilyvät pidemmän etäisyyden päähän hyvän saavutettavuuden alueina kuin alueet idässä tai lännessä. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että Helsingin keskusta on pääkaupunkiseutua dominoiva keskus, jonne pääsemisen helppous

määrittää paljon alueen saavutettavuutta. Keskustasta lähtevät junaradat jatkuvat pääasiassa pohjoisen suuntaan ja pohjoisesta on useampia sisääntuloväyliä Helsingin keskustaan kuin idästä tai lännestä.

Kuva 18 näyttää saavutettavuuden kestäväillä kulkutavoilla vuonna 2016. Kuvasta nähdään, että odotetusti saavutettavuus kestäväillä kulkutavoilla on paras päärautatieaseman ympärillä ja heikkenee mentäessä siitä pois päin. Saavutettavuus noudattelee pääpiirteittäin kaikkien kulkutapojen logsum-saavutettavuutta, mutta radanvarret erottuvat selkeämmin muita alueita paremmalla kestävien kulkutapojen saavutettavuudella.



Kuva 17. Saavutettavuus pääkaupunkiseudulla logsum-saavutettavuuden perusteella. Saavutettavuus on paras tummansinisillä alueilla ja heikoin keltaisilla alueilla. Saavutettavuudessa näkyy selkeästi vyöhykkeisyyttä mentäessä Helsingin keskustasta pois päin. Asemanseudut ja merkittävien tieliikenteen sisääntuloväylien varret erottuvat ympäröivistä alueista paremmalla saavutettavuudellaan.

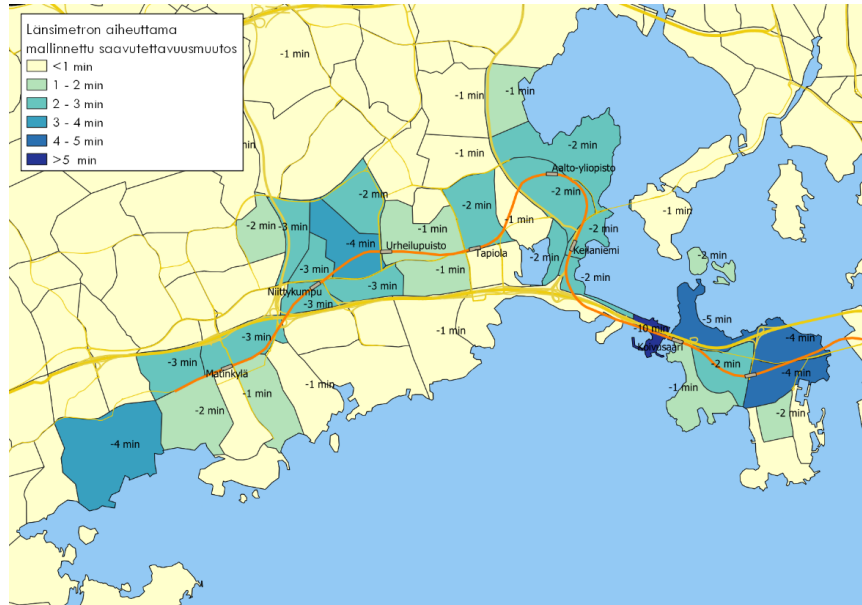


Kuva 18. Pääkaupunkiseudun logsum-saavutettavuus kestäville kulkutavoilla vuonna 2016. Tummansiniset alueet ovat paremmin saavutettavia ja keltaiset heikommin saavutettavia alueita suhteessa muuhun pääkaupunkiseutuun. Kestävien kulkutapojen logsum-saavutettavuus muistuttaa vahvasti kaikkien kulkutapojen logsum-saavutettavuutta. Radanvarret ja metron lähialueet korostuvat kuitenkin vahvemmin kuin kaikkien kulkutapojen logsum-saavutettavuudessa.

Saavutettavuuden muutokset

Kuva 19 näyttää mallinnetun kestävien kulkutapojen logsum-saavutettavuusmuutoksen Länsimetron uusien metroasemien lähistöllä ennen ja jälkeen metron rakentamisen. Saavutettavuuden parannus asemien ympärillä vastaa työmatkan lyhenemistä noin 1–5 minuutilla. Suhteelliset muutokset vaihtelivat 0–3 % välillä. Mallin perusteella suurimmat saavutettavuushyödyt saadaan Tapiolan urheilupuiston, Lauttasaaren ja Matinkylän metroasemien luona.

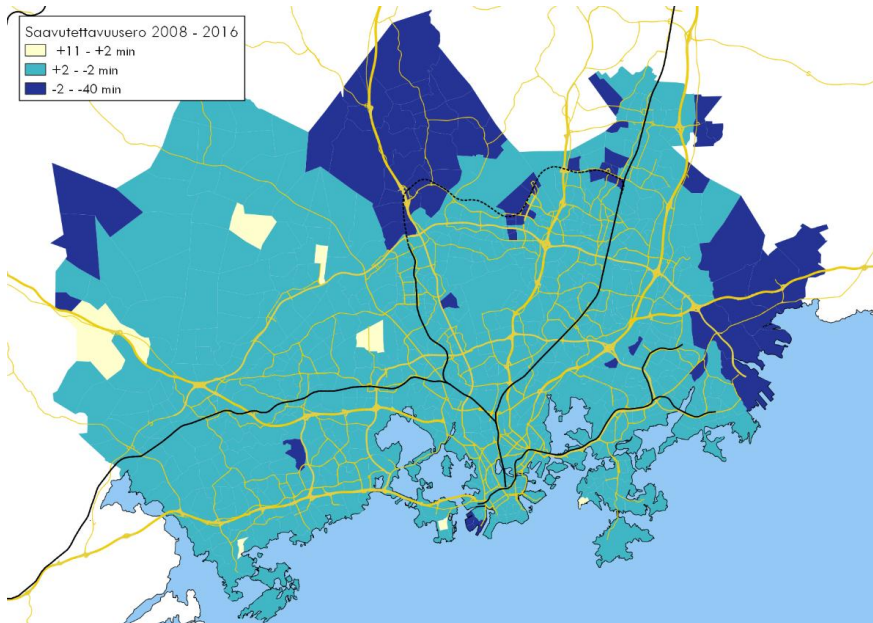
Vertailun perusteella logsum-saavutettavuuden muutokset vaikuttavat melko pieniltä ainakin joukkoliikennemuutoksien seurauksena. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää suurina, kun niitä vertaa RAND Europen tekemiin arvioihin, joiden mukaan muutokset logsum-saavutettavuudessa liikenneinfrastruktuuriparannusten myötä ovat 0–1 % luokkaa. Logsum-saavutettavuuden suhteellisten muutosten vertailuun tulee kuitenkin suhtautua varauksella, sillä logsum-saavutettavuuden absoluuttinen taso voidaan valita vapaasti.



Kuva 19. Länsimetron aiheuttama saavutettavuusmuutos uusien asemien lähistöllä HELMET-mallin kotiperäisten työmatkojen suuntautumismallin logsumin perusteella. Länsimetron tuoma saavutettavuusmuutoksen suuruus asemien lähellä vastaa työmatkan lyhenemistä noin 1–5 minuutilla.

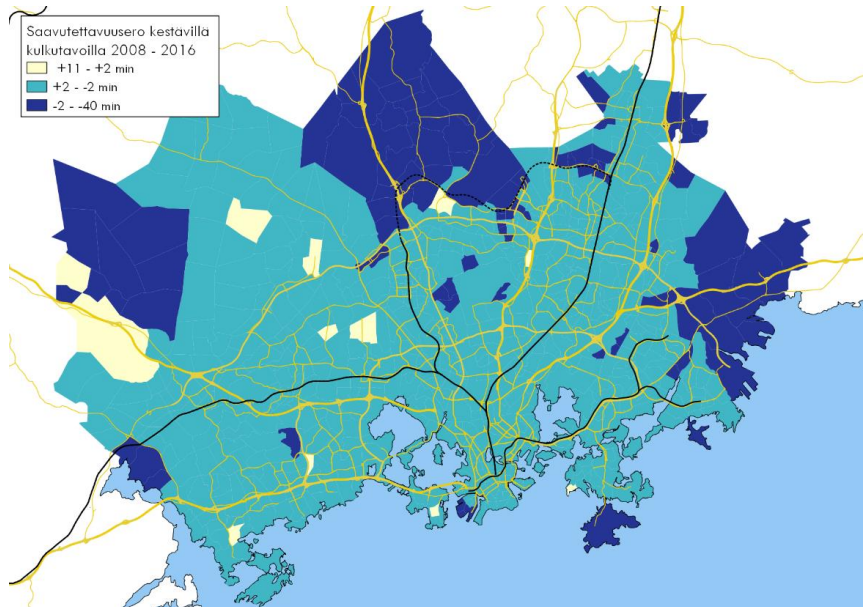
Saavutettavuuden muutokset pääkaupunkiseudulla ovat olleet kohtalaisen vähäisiä vuosien 2008 ja 2016 välillä kaikilla kokeilla mittareilla. Suurimmassa osassa ennustealueista saavutettavuuden muutos vastaa työmatkan pitenemistä tai lyhenemistä alle kahdella minuutilla. Saavutettavuus on parantunut huomattavasti lähinnä Kehäradan asemien ympärillä, Jätkäsaarella ja Itä-Helsingissä. Espoossa lähinnä Suurpellon saavutettavuus on parantunut. Huomattavia heikentymisiä saavutettavuudessa on vain muutamilla alueilla, jotka johtuvat autosaavutettavuuden heikkenemisestä.

Kuva 20 näyttää saavutettavuuden muutoksen HELMET-mallin pääkaupunkiseudun ennustealueilla.



Kuva 20. Saavutettavuusero logsum-saavutettavuuden mukaan pääkaupunkiseudulla vuosien 2008 ja 2016 välillä. Turkooseilla alueilla saavutettavuuden muutos vastaa alle kahden minuutin muutosta työmatkan matka-ajassa, keltaisilla alueilla saavutettavuuden muutos vastaa yli kahden minuutin pitenemistä ja sinisillä alueilla yli kahden minuutin lyhenemistä.

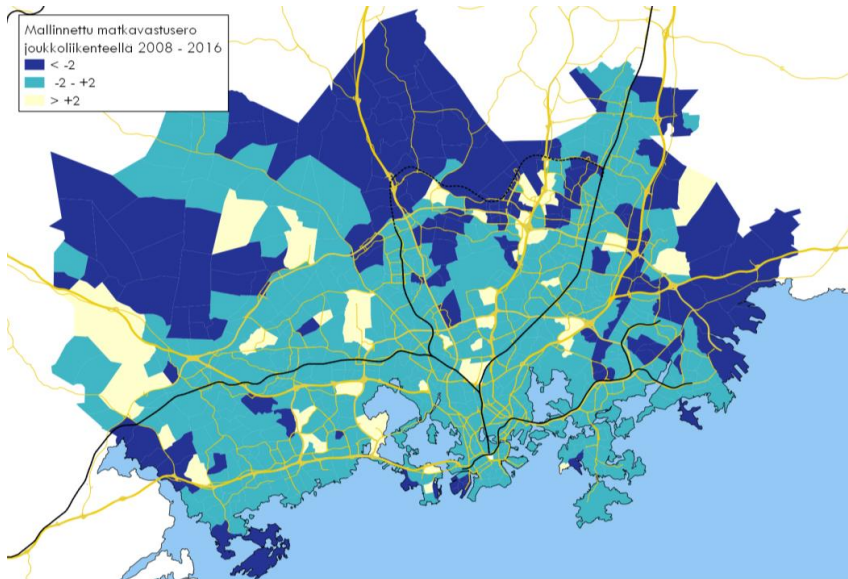
Jos saavutettavuudesta otetaan henkilöauto kulkutapana pois, saavutettavuus on kasvanut hieman suurimmassa osassa pääkaupunkiseutua. Kuitenkin ylivoimaisesti suurimmassa osassa seutua saavutettavuuden muutokset ovat joukkoliikenteen ja pyöräilyn osalta edelleen kahden minuutin sisällä. Saavutettavuus on parantunut yli kaksi minuuttia Kehäradan uusien asemien lähellä, Jätkäsaassa, Santahaminassa, Suurpellossa, Kurttilassa, Nuuksiossa, Länsi-Vantaalla ja Itä-Helsingissä. Yli kahden minuutin heikennyksiä saavutettavuuteen on tapahtunut pienehköillä alueilla Espoossa, Lauttasaassa, Vantaalla ja Laajasalossa. **Kuva 21** näyttää saavutettavuuden muutokset joukkoliikenteellä ja polkupyörällä pääkaupunkiseudulla.



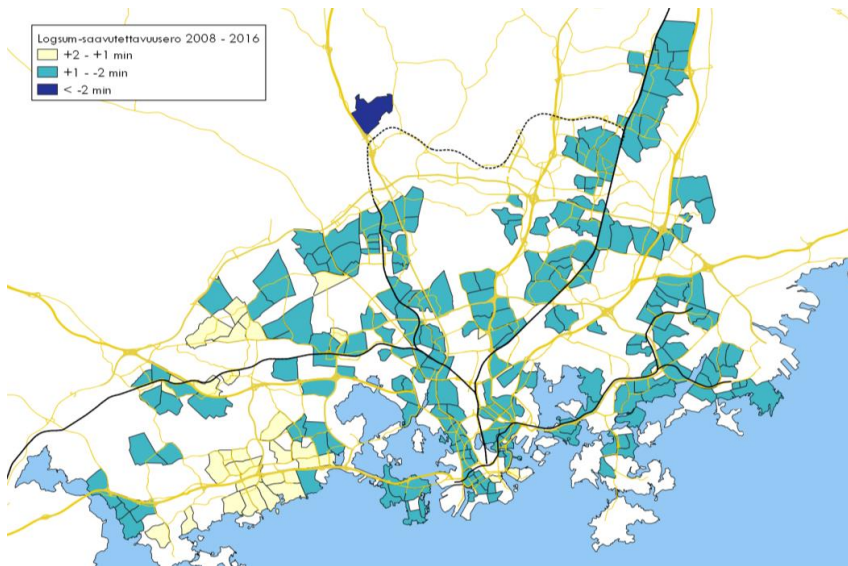
Kuva 21. Saavutettavuusero logsum-saavutettavuuden mukaan vuosien 2008 ja 2016 välillä joukkoliikenteellä ja polkupyörällä. Suurin osa saavutettavuuden muutoksista näillä kulkutavoilla vastaa kahden minuutin kasvua tai vähenemistä työmatkan matka-ajassa.

Joukkoliikenteen matkavastukset keskustaan ovat myös suurimmaksi osaksi muuttuneet alle kaksi minuuttia vuosien 2008 ja 2016 välillä. Yli kahden minuutin pudotuksia matkavastuksessa keskustaan havaitaan samoilla alueilla kuin kestävien kulkutapojen logsum-saavutettavuudessa. Näiden alueiden lisäksi joukkoliikenteen matkavastus keskustaan on laskenut yli kaksi minuuttia alueilla Bodom-järvestä koilliseen, Vantinkorven ympäristössä ja joillain alueilla Helsingin keskuspuiston laidoilla. Muutokset johtuvat Kehäradasta, bussiliikenteen kehittämisestä ja raitiolinjoiden jatkamisesta Jätkäsaareen. Joukkoliikenteen matkavastus keskustaan on kasvanut melko hajanaisesti ympäri pääkaupunkiseutua. **Kuva 22** näyttää matkavastuksen keskustaan muutoksen vuosien 2008 ja 2016 välillä pääkaupunkiseudulla. Jos mittarina käytetään joukkoliikenteen matka-aikaa keskustaan, samat alueet korostuvat kuin käytettäessä joukkoliikenteen matkavastusta.

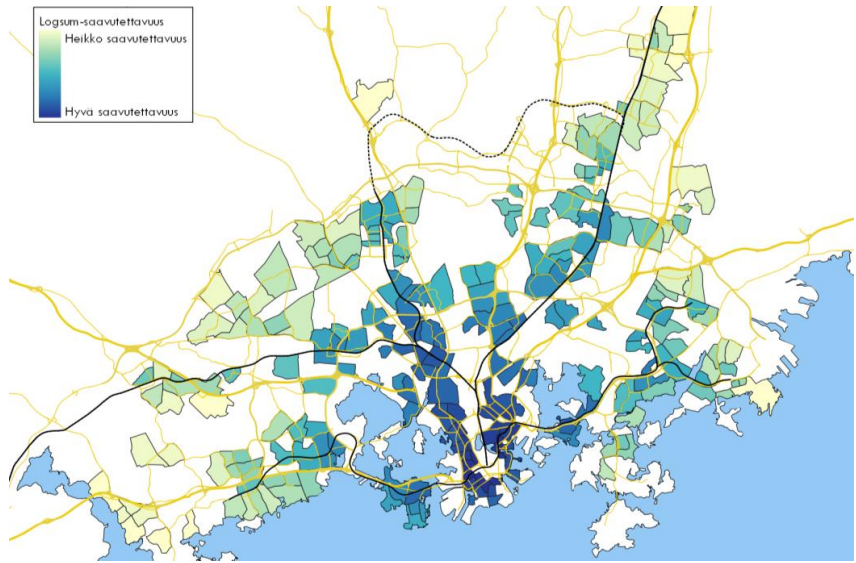
Kun tarkastellaan vain alueita, joilta asuntojen hinta-aineistossa on havaintoja, saavutettavuuden muutokset tyypistyvät suurimmaksi osaksi välille +1 - -2 minuuttia. **Kuva 23** näyttää, että yli kahden minuutin muutoksia logsum-saavutettavuudessa havaitaan vain Vantaan Kivistössä. **Kuva 24** näyttää logsum-saavutettavuuden vaihtelun poikkileikkaustilanteessa, jota lopulta käytettiin saavutettavuuden asuntomarkkinavaikutuksen estimoinneissa.



Kuva 22. Joukkoliikenteen matkavastuksen muutos keskustaan aikavälillä 2008–2016 pääkaupunkiseudulla. Turkoosin värisillä alueilla matkavastus on muuttunut alle kaksi minuuttia, keltaisilla matkavastus on kasvanut yli kaksi minuuttia ja sinisillä matkavastus on laskenut yli kaksi minuuttia.



Kuva 23. Logsum-saavutettavuuden muutos aikavälillä 2008–2016 alueilla, joilla on useampi kuin kymmenen havaintoa asuntojen hinta-aineistossa. Keltaisilla alueilla työmatkasaavutettavuus on heikentynyt 1–2 minuuttia, turkooseilla muuttunut -2 ja +1 minuutin välillä ja sinisellä alueella parantunut yli kaksi minuuttia.

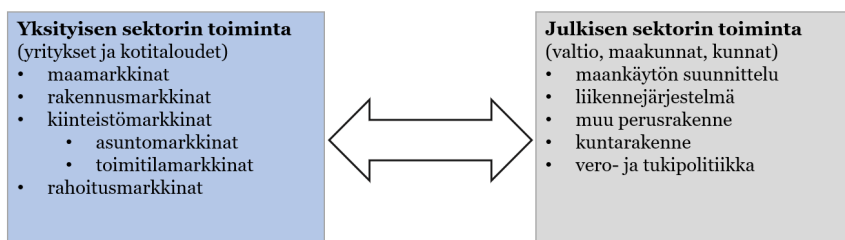


Kuva 24. Vuoden 2018 saavutettavuus alueilla, joilta on useampi kuin kymmenen havaintoa asuntojen hinta-aineistossa. Alueet on väritetty niiden logsum-saavutettavuuden mukaan.

4.3 Maankäyttö ja maankäytön muutos pääkaupunkiseudulla

4.3.1 Taustaa

Vaikka luvussa 2 esitelty kaupunkialueen maankäyttömalli antaa loogisen kuvan kaupunkialueen maan hinnan, rakennustehokkuuden ja eri toimintojen sijoittumisesta, eri kaupunkien toteutuneet maankäytön rakenteet poikkeavat paljon toisistaan. Maankäyttö ja yhdyskuntarakenne muotoutuu pitkän ajan kuluessa dynaamisessa muutosprosessissa maantieteen, yhteiskunnan suunnittelun ja markkinavoimien yhteisvaikutuksesta (Kuva 25). Erityisesti julkisen sektorin instituutiot ja toiminta sekä historiallinen polkuriippuvuus voivat johtaa hyvin erilaisiin kaupunkirakenteisiin samalla kehitystasolla olevissa maissa.



Kuva 25. Yksityinen ja julkinen toiminta maankäytön vaikuttajina.

Alan Bertraudin (Bertraud 2004; Bertraud 2010) vertailevat kaupunkianalyysejä, jotka perustuvat väestötiheyden suhteessa pääkeskuksen etäisyyteen, osoittavat, että Euroopan metropolien toteutuneet yhdyskuntarakenteet poikkeavat toisistaan erittäin paljon. Esimerkiksi Pariisissa ja Barcelonassa on kummassakin vahva, tiivis ja laaja pääkeskusalue, josta etäännyttäessä tiheydet alenevat systemaattisesti. Sen sijaan esimerkiksi Lontoon yhdyskuntarakenteelle on ominaista suuri määrä vahvoja alakeskuksia erittäin laajalla maantieteellisellä alueella, ja vastaavasti pääkeskuksen ja alakeskusten väliset tiheuserot ovat pienemmät kuin Pariisissa ja Barcelonassa. Myös Tukholma erottuu väestömäärään suhteutettuna alueellisesti laajana ja monikeskuksisena kaupunkina. Toimivien kiinteistö- ja maamarkkinoiden puuttuminen vuosikymmenien ajan näkyy Moskovan ja Pietarin kaupunkirakenteessa vielä Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen siten, että maankäytön tiheys nousee keskustaetäisyyden kasvaessa. Syynä on se, että vuosikymmenien ajan uudet alueet sijoitettiin kaupunkirakenteen reunalle ja rakennettiin aikaisempia tehokkaammin, mutta keskustaa ja sitä ympäröiviä alueita ei tiivistetty eikä maankäytön käyttötarkoitusta muutettu.

4.3.2 Helsingin seudun yhdyskuntarakenteen muutos

Helsingin seutu (joka ei sisälly Bertraudin vertailuihin) on laaja ja hajautunut alue. Euroopan ympäristöviraston vertailussa Helsingin seutua pidetään 2000-luvun alun tilanteessa Pohjois- ja Länsi-Euroopan hajautuneimpana kaupunkialueena (EEA 2006). Lönnqvistin ja Laakson (2012) karttaruutuihin perustuvan tarkastelun perusteella Helsingin seudun hajautuneisuus kasvoi

systemaattisesti vuodesta 1980 vuoteen 2010. Kaupunkiseutu laajeni voimakkaasti samalla, kun pääkeskus ja vahvimmatkaan alakeskukset eivät juuri tiivistyneet. Tukholman ja Helsingin seutujen maankäytön suunnittelua ja toteutunutta yhdyskuntarakennetta vertaileissa tutkimuksessa (Söderström ym. 2014) todetaan, että Tukholmassa kaupunkiseudun kasvu on ainakin vuoteen 2010 asti kanavoitu huomattavasti tehokkaammin sisäänpäin kuin Helsingissä, ja Tukholman seudun yhdyskuntarakenteen kehitys on saatu käännettyä tiivistyvään suuntaan.

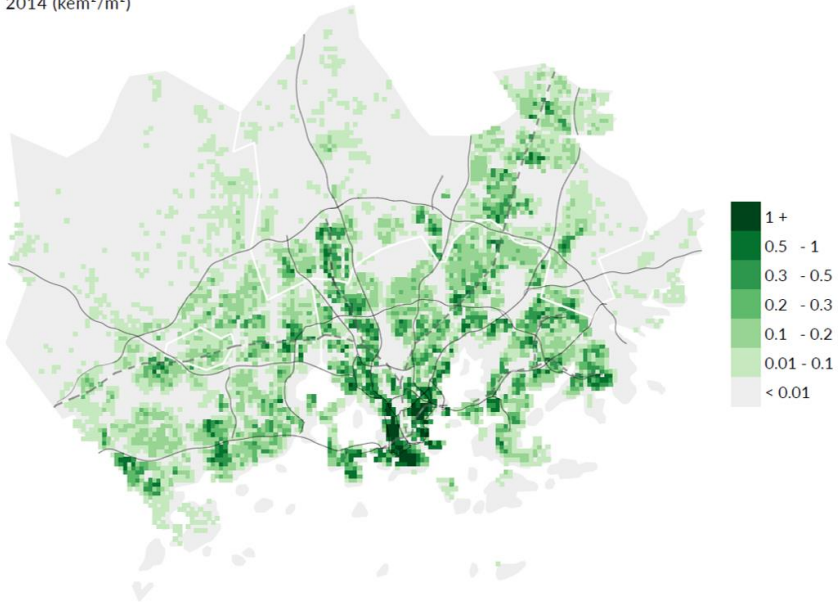
4.3.3 Pääkaupunkiseudun maankäytön ja keskusverkoston kehitys

2010-luvulla Helsingin seudun yhdyskuntarakenne on kääntynyt tiivistyvään suuntaan, sillä sekä asuntotuotanto että toimitilarakentaminen ovat suuntautuneet aikaisempia vuosikymmeniä vahvemmin Helsingin kantakaupunkiin (satama-alueet ja Pasila) sekä seudun raideliikennevyöhykkeiden alue- ja paikalliskeskuksiin, erityisesti Kehäradan vyöhykkeelle Vantaalla sekä Länsimetron vyöhykkeelle Espoossa. Kääntein taustalla on monia tekijöitä (Antikainen ym. 2018; Loikkanen & Laakso 2016): Seudun väestönkasvu kiihtyminen; Kehäradan ja Länsimetron 1. vaiheen toteutuminen; 2000-luvun alun yleiskaavojen uusien projektialueiden käynnistyminen ja talouden taantumien (vuodesta 2009 alkaen) aiheuttama kysynnän heikkeneminen seudun reuna-alueilla.

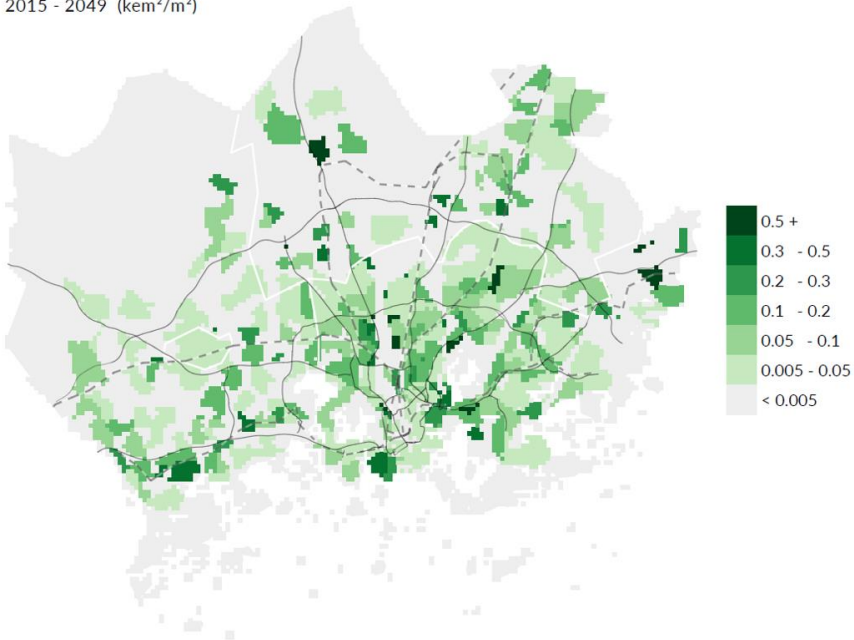
Helsingin ydinkeskusta on seudun suurin ja tiivein palvelu- ja toimistokeskittymä, jota ympäröi kantakaupungin kerrostalovaltainen asumisvyöhyke ja kantakaupungin reunojen vielä jäljellä olevat teollisuus ja varastokeskittymät. Tiivis rakenne jatkuu pääväylien vyöhykkeillä ulospäin pääasiassa asumisvaltaisena. Rakentamisen painopisteen arvioidaan pääkaupunkiseudulla suuntautuvan myös seuraavina vuosikymmeninä raideliikennevyöhykkeille, kuten asuinrakennuskannan aluetehokkuutta vuonna 2014 sekä ennakoitua muutosta aikavälillä 2015–2049 esittävä kuva 26 osoittaa.

Seudun keskusverkoston arvioidaan vahvistuvan erityisesti raideliikennevyöhykkeen alakeskusten kasvaessa (Kuva 27). Ennustetun asukasmäärän muutoksen suhteen aineistoissa erottuvat erityisesti Raide-Jokerin vyöhyke ja raskaan raideliikenteen (juna ja metro) asemanseudut. Työpaikkaennusteissa korostuu erityisesti Helsingin ydinkeskusta sekä Raide-Jokerin vyöhyke.

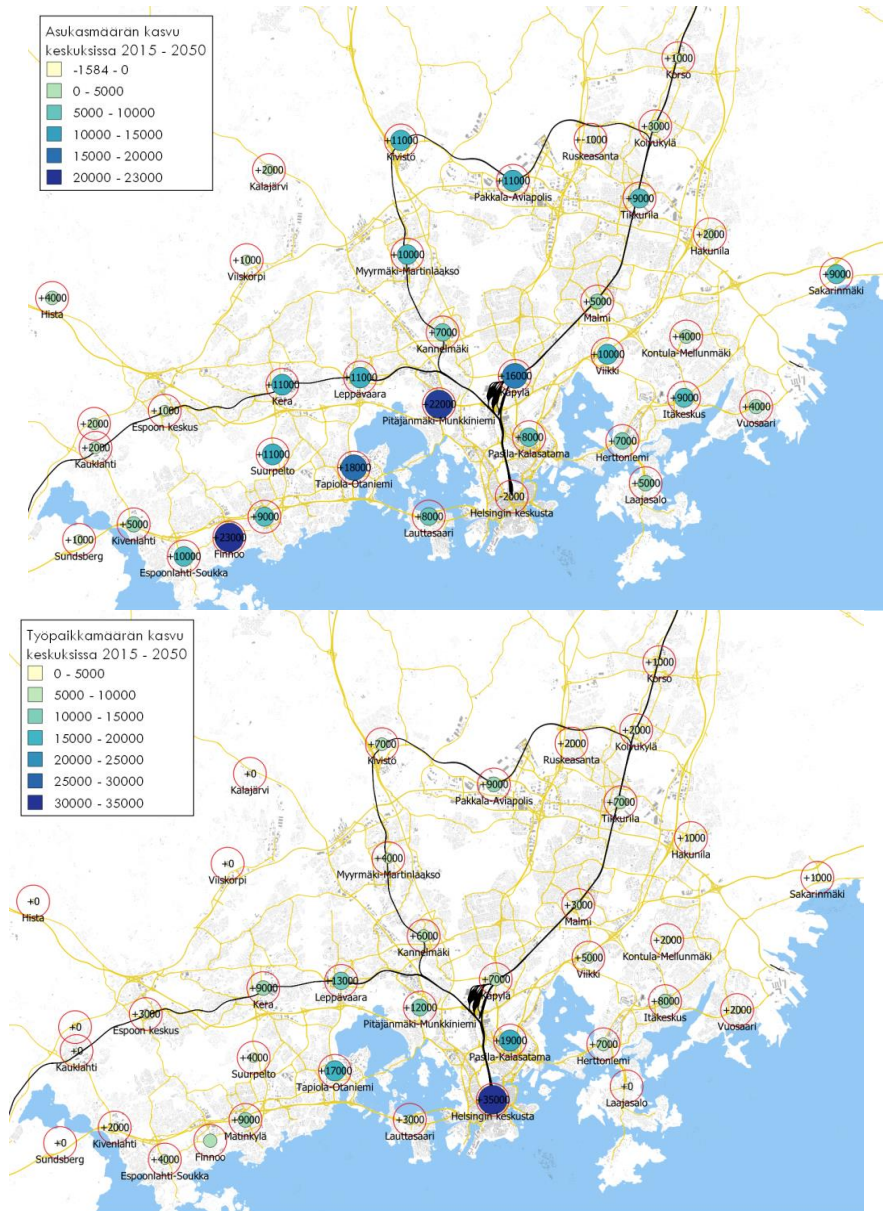
Asuinrakennusten aluetehokkuus
2014 (kem²/m²)



Asumisen aluetehokkuuden kasvu
2015 - 2049 (kem²/m²)



Kuva 26. Asumisen aluetehokkuus pääkaupunkiseudulla vuonna 2014 ja muutos vuosina 2015–2049 (Laakso ym. 2016).



Kuva 27. Asukas- ja työpaikkamäärien ennustettu kehitys vuosina 2015–2050 pääkaupunkiseudun aluekeskuksissa. (Kuvissa on esitetty seudulle ennustettu asukas- ja työpaikkamäärien kasvu 1,5 kilometrin säteellä (punaisella ympyröity alue) keskusten keskustoista.). (HSL 2017.)

5. Empiirisen tutkimuksen toteuttaminen ja tulokset

5.1 Empiirinen strategia

Tutkimuksemme tarkoituksena on selvittää empiirisesti, kuinka saavutettavuus vaikuttaa asuntojen hintoihin ja toisaalta toimitilojen vuokriin hedonisten hinta- ja vuokramallien avulla. Kuten aikaisemmin hedonista hintamalla käsittelevässä luvussa 2 todetaan, yksittäisen asunnon tai toimitilan ominaisuuden, tässä saavutettavuuden vaikutuksen identifioiminen empiirisestä aineistosta ei ole kuitenkaan suoraviivaista. Asuntojen hintoihin ja toimitilojen vuokriin vaikuttaa lukuisia asunnon ja toimitilan sekä näiden sijainnin määräämän naapuruston ominaisuuksia, josta asunnon ostajat ovat valmiita maksamaan. Tutkija ei voi havaita kaikkia asuntojen hintoihin ja toimitilojen vuokriin vaikuttavia tekijöitä, ja havaitsemattomat laatutekijät voivat aiheuttaa sen, että saavutettavuuden hintavaikutuksen estimaatti on harhainen. Uskottava saavutettavuuden ja asuntojen hintojen tai toimitilojen välinen kausaalivaikutus vaatisi uskottavan identifikaatiostrategian käyttämisen, jonka avulla asuntojen havaitsemattomat ominaisuudet voidaan kontrolloida.

Saavutettavuuden hintavaikutuksia tarkastellaankin usein yksittäisten liikennehankkeiden aiheuttamien hintavaikutusten kautta. Tyypillinen lähestymistapa liikennehankkeiden vaikutusten arviointiin on nk. difference-in-difference-estimaattori (ks. esim. Harjunen 2018), jonka identifikaatio perustuu hankkeiden vaikutusalueella olevien kiinteistöjen ja vaikutusalueen ulkopuolella sijaitsevien kohteiden hintakehityksen vertaamiseen. Lähestymistapa on sopiva silloin kun vaikutusalueen ulkopuolisten kiinteistöjen arvojen voidaan perustellusti olettaa olevan täysin riippumattomia liikennehankkeesta, ja jos tutkimuksen kohteena on nimenomaan vaikutusalueella tapahtuvat välittömät vaikutukset. Menetelmän haasteena on, että etenkin suuren mittakaavan liikennehankkeidenkohdalla oletus vaikutusten täydellisestä rajautumisesta voi olla perusteeton, sillä näillä on tyypillisesti vaikutuksia koko liikennejärjestelmään ja liikennehankkeilla voi olla voimakkaitakin syrjäyttämisaikutuksia.

Pilottitutkimuksemme tarkoituksena on hahmotella yleisempää saavutettavuuden ja sekä asuntojen hintojen ja toimitilojen vuokrien välistä yhteyttä yksittäisen hankkeen vaikutusten sijaan. Tästä johtuen ensisijainen tutkimusstrategiamme olisi ollut käyttää yleisesti saavutettavuuden muutoksia (aikavariaatiota) identifikaation perustana. Jotta ominaisuuden tai sen

muutoksen voidaan uskottavasti perustella vaikuttavan asunnon hintaan, sen muutoksen tulee olla markkinatoimijan havaittavissa ja merkityksellinen. Kuten luvun 4 kuvista 20, 21 ja 22 havaitaan, aikavälillä 2008–2018 tapahtuneet saavutettavuusmuutokset pääkaupunkiseudulla ovat olleet erittäin pieniä. Alueilla, joilta oli käytävissä asuntojen hinta-aineistoja, keskimääräiset muutokset olivat matka-ajoiksi muunnettuna suuruusluokaltaan kymmeniä sekunteja, ja suurimmatkin muutokset ainoastaan 1,5–2 minuuttia. Tällaisten muutosten vaikutukset asuntoihin hintoihin voivat enimmilläänkin olla niin pieniä, ettei niitä voida havaita tilastollisesti luotettavasti. Tästä syystä saavutettavuuden muutoksiin perustuva identifikaatiostrategia ei ole aineistossamme mahdollinen, vaan vaikutuksia joudutaan estimoimaan poikkileikkausaineistossa.

Käyttämämme estimointimenetelmä perustuu siihen, että yritämme estimoida mahdollisimman uskottavasti, kuinka saavutettavuuden spatiaalinen variaatio kapitalisoituu asuntojen hintoihin ja toimistojen vuokriin poikkileikkausaineistossa. Toisin sanoen pyrimme kontrolloimaan estimoinneissa mahdollisimman hyvin asuntojen ja niiden naapurustojen ominaisuudet, jonka jälkeen saavutettavuuden estimointikerroin paljastaa saavutettavuuden kapitalisoitumisen asuntojen hintoihin ja toimitilojen vuokriin. Samankaltaista lähestymistapaa on käytetty useissa liikenneinvestointien ja saavutettavuuden hintavaikutuksia selvittävässä kaupunkitaloustieteellisissä tutkimuksissa (mm. Baum-Snow & Kahn 2000; Bowes & Ihlanfeldt 2001).

Pelkän saavutettavuuden variaation käyttäminen kapitalisoitumisen tutkimisessa on kuitenkin ongelmallista saavutettavuuden todellisen kausaalivaikutuksen selvittämiseksi. Pahin ongelma piilee siinä, että pelkkää poikkileikkausaineistoa käyttävän estimoinnin johdosta meidän on vaikea erottaa, mikä osa eri sijaintien hintaeroista johtuu saavutettavuudesta ja mikä osa muista sijainnin määrittämisestä havaitsemattomista ominaisuuksista. Estimoidamme saavutettavuuden pääomittuminen ei siis ole saavutettavuuden täydellinen kausaalivaikutus vaan pikemminkin korrelaatio. Lisäksi poikkileikkausaineistojen käyttöön liittyy aina se riski, että vaikutuksen suuruus on ajassa vaihteleva, esimerkiksi talouden syklin tai muun tekijän vuoksi, jolloin yksittäisen poikkileikkauksen perusteella saadut tulokset eivät ole yleistettävissä muihin ajan hetkiin. Tässä tutkimuksessa olemme estimoineet asuntojen hintavaikutukset varsinaisen tutkimusaineistomme lisäksi toisessa poikkileikkauksessa.

Koska hankkeemme tavoitteena ei ole tuottaa yksittäistä piste-estimaattia siitä, kuinka saavutettavuus vaikuttaa kiinteistöjen hintoihin ja vuokriin vaan tuottaa ymmärrystä ilmiön mallintamisesta ja siihen liittyvistä haasteista, empiirisessä osiossa estimoidaan useita malleja. Tämän lisäksi arvioimme kvantitatiivisesti, kuinka paljon malleissa tulisi olla harhaa, jotta tuloksemme asuntojen hintojen ja toimitilojen vuokrien ja saavutettavuuden välisestä korrelaatiosta ei ole enää tilastollisesti merkitsevä. Tarkastelemalla, kuinka erot mallispesifikaatioissa vaikuttavat tuloksiin konkretisoidaan niitä tekijöitä, joihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota, jos odotettuja

kiinteistömarkkinavaikutuksia halutaan hyödyntää liikennejärjestelmäsuunnittelussa tai sen rahoituksessa.

5.2 Saavutettavuuden vaikutus asuntojen hintoihin

5.2.1 Mallien täsmentäminen ja käytetyt aineistot

Empiiriset analyysimme saavutettavuuden kapitalisoitumisesta asuntojen hintoihin perustuvat toteutuneisiin asuntokauppoihin pääkaupunkiseudulla aikavälillä 2016–2017. Aineisto kerätään kiinteistövälittäjien toimesta ja aineistoa muokkaa ja hallinnoi kiinteistövälittäjien keskusliitto (KVKL). KVKL:oon kuulumattomien kiinteistövälittäjien välittämät asunnot tai yksityishenkilöiden suorat asuntokaupat eivät ole edustettuna käytetyssä aineistossa, joten kyseessä on otos kaikista asuntokaupoista. Asuntomarkkina-aineistossa on mukana asuntojen myyntihinta ja myyntiajankohta, asunnon tarkka sijainti sekä paljon asuntojen ominaisuuksia, joita käytetään analyyseissä kontrollimuuttujina. Aineistosta on poistettu jakauman molemmista päistä 1 % epäluotettavina havaintona. Lisäksi estimoinneissa käytetään tietoja naapurustojen ominaisuuksista ja asukasrakenteesta, joiden tarkoituksena on kontrolloida asunnon sijainnin määrittämiä ominaisuuksia. Nämä asuntojen ja toimitilojen naapurustoihin liittyvät ominaisuudet on laskettu Tilastokeskuksen Ruututietokannasta vuodelta 2018¹. Tämä aineisto sisältää suuren joukon alueiden rakennuskantaa, työpaikkojen määriä sekä väestön sosioekonomista asemaa kuvaavia tunnuslukuja.

Empiirinen asuntomarkkinoiden hedoninen hintamallimme pyrkii osoittamaan saavutettavuuden ja asuntojen hintojen välisen yhteyden. Tämän selvittämiseksi estimoimme malleja, joissa asuntojen hintojen logaritmia selitetään saavutettavuudella sekä lukuisilla asuntojen ja niiden naapurustojen ominaisuuksilla:

$$\text{Log}(\text{Hinta}_{itsnk}) = \alpha + \beta * \text{saavutettavuus}_s + \partial AO_i + \mu SO_s + \theta NO_n + \gamma_t + \tau_k + \epsilon_{itsnk}$$

Mallispesifikaatiossamme selitettävä muuttuja $\text{Log}(\text{Hinta}_{itsnk})$ on asunnon i myyntihinta myyntihetkellä t , joka sijaitsee sijoittelualueella s , lähinaapurustossa n , kunnassa k . Vektorit AO_i , SO_s ja NO_n sisältävät havaitsemamme asuntojen ominaisuudet, sijoittelualueiden ominaisuudet ja lähinaapurustojen ominaisuudet, joita käytetään malliimme kontrollimuuttujina. γ_t kuvaa vuosittaisia kiinteistä vaikutuksia ja τ_k kuntakohtaisia kiinteitä vaikutuksia. ϵ_{itsnk} kuvaa mallin virhetermiä, joka on klusteroitu sijoittelualueittain.²

Asuntojen ominaisuuksista kontrolloimme asunnon hoitovastikkeen suuruuden, pinta-alan, iän, sijaintikerroksen, rakennuksen korkeuden, talotyypin, kunnan sekä saunan ja parvekkeen olemassaolon. Sijoittelualueen ja lähinaapurustojen ominaisuuksista kontrolloimme väestön sosioekonomista asemaa kuvaavat kotitalouksien keskitulot, korkeakoulutettujen osuuden sekä

¹ Ruututietokanta 2018

² Lähinaapurustona käytetään ruututietokannan aluejakoa, eli 250x250m ruutuja.

työttömien määrän. Lisäksi kontrolloimme lähinaapuruston palveluja kuvaavan palvelualojen työpaikkojen määrän sekä väestöiheyttä kuvaavan väkimäärän.

Malleissa on lisäksi käytetty kuntakohtaisia kiinteitä vaikutuksia ja vuosittaisia kiinteitä vaikutuksia. Vuosittaisen kiinteät vaikutukset kontrolloivat yleisen hintatason kehityksen. Kuntakohtaisten kiinteiden vaikutusten sisällyttäminen asuntojen hintamalleihin on tyypillistä, sillä kunnilla on ominaisuuksia, joiden voidaan ajatella kapitalisoituvan kiinteistöjen hintoihin. Tyypillisiä esimerkkejä näistä ovat kunnallisveroprosentti, kiinteistövero ja kunnan imago. Tämän tutkimuksen näkökulmasta kuntakohtaisiin kiinteisiin vaikutuksiin liittyy kuitenkin riski siitä, että ne ovat osin päällekkäisiä saavutettavuusmuuttujamme kanssa. Esimerkiksi joukkoliikenteen lippujen hinnat ovat tällainen yhteinen tekijä.

Kiinteiden vaikutuksien sisällyttäminen malliin vaikuttaa muuttujien arvoon poistamalla kustakin havainnosta kiinteän vaikutuksen eli havaintoalueen keskiarvon. Käytännössä estimaattori suhteuttaa saavutettavuusmuuttujan kiinteään vaikutukseen, ja estimoitu keskimääräinen efekti (kerroin) mittaa kuinka paljon poikkeama keskiarvosta vaikuttaa hintaan. Jos mallissa ei olisi kiinteitä vaikutuksia, keskimääräinen vaikutus muodostuu niin, että vaikutus mittaa absoluuttisten arvojen vaikutusta. Näin ollen kiinteät vaikutukset muuttavat tuloksia ja niiden tulkintaa. Tästä syystä malliin sisällytetyt kiinteät vaikutukset tulee aina raportoida ja perustella. Kiinteiden vaikutusten merkitykseen on palattu alaluvussa 5.2.4.

Käyttämämme kokonaisaineiston tunnusluvut ja aineiston jakautuminen kunnittain ja havaintovuosittain on koottu **taulukkoon 5**.

Taulukko 5. Estimointiaineiston tunnusluvut.

HAVAINTOJEN KOKONAISMÄÄRÄ		22 111	
Helsinki	13 499	v. vuosi 2016	10 900
Espoo	4 573	v. vuosi 2017	11 211
Vantaa	3 925		
Kauniaisten	164		

Muuttuja	keskiarvo	keskihajonta	Muuttuja	keskiarvo	keskihajonta
ASUNTO			SAAVUTETTAVUUS		
velan myyntihinta	267 783	150 144	työmatka logsum 2018 (HELMET)	11.55	0.46
neliöhinta	4 088	1 551	matka-aika keskustaan 2016 (HELMET)	42.0	14.3
pinta-ala	69.6	36.3	matka-aika keskustaan 2018 (Metropacess)	39.4	13.1
ikä	45.1	26.0			
hoitavastike (€/m ²)	3.8	1.5			
sijaintikerros	2.6	1.7			
rakennuksen kerrokset	4.2	2.3			
talotyyppi			NAAPURUSTO (sijoittelualue)		
kerrostalo	78 %		kotilouksien keskitulot (€)	45 551	15 427
rivitalo	18 %		korkeakoulutettujen osuus	0.36	0.13
omakotitalo	5 %		työttömien osuus	0.06	0.02
kunto			LÄHINAAPURUSTO (250m x 250m ruudut)		
huono	3 %		kotilouksien mediaanitulot	38 114	13 732
tyydyttävä	33 %		korkeakoulutettujen osuus	0.37	0.14
hyvä	61 %		työttömien osuus	0.06	0.03
erinomainen	2 %		palvelutyöpaikkojen määrä	170	370
tunteimaton	1 %		väkiluku	631	515
sauna	35 %				
parveke	39 %				

Huomioita: Aineistosta on poistettu 1% neliöhintajakauan molemmista päistä outlierinä. Aineistosta on poistettu sellaiset havainnot, joiden kontrollimuuttujissa on puutteita.

5.2.2 Estimointitulokset, asuntojen hinnat

Taulukko 6 kuvaa päämallien estimointituloksia. Saavutettavuutena näissä malleissa käytetään HELMET-mallin sijoittelualuetasolla mitattua työmatkasaavutettavuuden logsum-muuttujaa, josta on poistettu saavutettavuuden sekoittava autonomistus³. Tämä saavutettavuusmuuttuja kuvaa sijainnin tarjoamaa hyötyä työmatkaliikenteellä mitattuna, suhteessa kaupunkirakenteeseen pääkaupunkiseudulla. Malleissa lisätään selittäviä muuttujia vasemmalta oikealla siirryttäessä siten, että mallissa (1) kontrolloidaan vain asuntojen ominaisuudet, mallissa (2) asuntojen sekä niiden sijoittelualueiden ominaisuudet ja mallissa (3), asuntojen, sijoittelualueiden sekä lähinaapurustojen ominaisuudet. Kontrollien ryhmittäinen lisääminen antaa osviittaa siitä, kuinka paljon asuntojen havaituissa tekijöissä on valikoitumista suhteessa saavutettavuuteen. Lisäksi malleista on raportoitu mallien selitysasteet⁴, havaintojen lukumäärä sekä keskivirheiden laskennassa käytettyjen klustereiden määrä eli estimoinneissa mukana olevien sijoittelualueiden lukumäärä.

Taulukko 6. Asuntomarkkinamallien päätulokset

Selitettävä muuttuja: ln(velaton hinta)	(1)	(2)	(3)
Työmatka logsum	0.456*** [0.038]	0.186*** [0.024]	0.144*** [0.024]
Asunnon ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä
Sijoittelualueen ominaisuudet	ei	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	ei	ei	kyllä
Selitysaste	0.79	0.88	0.89
Havaintojen lukumäärä	22 111	22 111	22 111
Klustereiden lukumäärä	603	603	603

Huomioita: Asuntojen hinnat vuosilta 2016-2017. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Asunnon ominaisuudet: log(pinta-ala), ikä, ikä², rivitalodummy, omakotitalodummy, kuntoa kuvaavat dummyt, saunadummy, parvekedummy, sijaintikerros ja kerrosten lukumäärä. Sijoittelualueen ominaisuudet: keskitulot, korkeakoulutettujen osuus ja työttömien osuus. Lähinaapuruston ominaisuudet: log(mediaanitulot), korkeakoulutettujen osuus, työttömien osuus, palvelutyöpaikkojen määrä, asukkaiden määrä. Kaikissa malleissa on käytetty kiinteitä kuntavaikutuksia ja kiinteitä vuosivaikutuksia.

Taulukon 6 estimointitulosten perusteella työmatkojen logsum-muuttujan ja asuntojen hintojen välillä on positiivinen korrelaatio. Mallin semilogaritmisien muodon takia saavutettavuuden estimointikerroin voidaan tulkita approksimaatioina siitä, kuinka monta prosenttia asunnon hinta muuttuu, kun työmatkasaavutettavuuden logsum, eli työmatkasaavutettavuuden hyöty kasvaa yhdellä yksiköllä. Tarkka vaikutus saadaan ottamalla eksponenttifunktio

³ Käytetyn saavutettavuusmuuttujan perustelut löytyvät luvusta 2. Alkuperäisellä HELMET-mallin työmatkasaavutettavuuden logsum-muuttujalla estimoitujen mallien tulokset on raportoitu liitteessä 1.

⁴ Mallin selitysaste kertoo kuinka suuren osan selitettävän muuttujan vaihtelusta kaikki mallin selittävät muuttujat selittävät yhdessä. Toisin sanoen tämä kuvaa sitä, kuinka hyvin selittävät muuttujat kuvaavat selitettävää ilmiötä.

saavutettavuuden kertoimesta ja vähentämällä tästä yksi. Parhaassa mallissa (3), jossa on kontrolloitu kaikki havaitut asuntojen ja asuinalueiden ominaisuudet saavutettavuuden estimaatti saa arvon 0,144, joka on tilastollisesti merkitsevä 1 % tasolla, eli erittäin merkitsevä. Parhaassa mallissa yhden yksikön kasvu työmatkasaavutettavuuden hyödyssä nostaa asunnon arvoa keskimäärin noin 15,5 prosenttia.

Huomionarvoista estimointituloksissa kuitenkin on, että saavutettavuuden kerroin pienenee merkittävästi, kun kontrollimuuttujia lisätään. Tämä tarkoittaa sitä, että käytetyissä kontrollimuuttujissa on valikoitumista suhteessa saavutettavuuteen. Esimerkiksi on todennäköistä, että hyvän saavutettavuuden alueilla sijaitsee enemmän palveluita tai asunnot ovat parempikuntoisia. Asuntojen ominaisuuksien valikoituneisuus herättää huolen siitä, että myös havaitsemattomat asuntojen ominaisuudet saattavat olla valikoituneita saavutettavuuden suhteen. Mikäli havaitsemattomissa ominaisuuksissa on valikoitumista, näiden ominaisuuksien hintavaikutus sisältyy saavutettavuuden kertoimeen eikä saavutettavuuden kertoimesta voida tehdä harhatonta kausaalipäätelmää saavutettavuuden ja asuntojen hintojen välillä malliimme perusteella.

5.2.3 Tulosten robustisuus: valikoituminen

Estimointimenetelmämme ei poista mahdollisuutta, että paremman saavutettavuuden alueiden asunnot ovat havaitsemattomien ominaisuuksien suhteen erilaisia kuin huonomman saavutettavuuden alueiden asunnot. Tällöin saavutettavuuden estimaatti ei olisikaan puhdas saavutettavuuden vaikutus, vaan heijastelisi myös näin havaitsemattomien ominaisuuksien vaikutuksia. Pyrimme estimoinneissa huomioimaan mahdollisimman hyvin erilaisia asuntojen ja naapurustojen ominaisuuksia, jotka vaikuttavat asuntojen hintoihin, jotta havaitsemattomien tekijöiden vaikutus olisi mahdollisimman pieni ja estimoinnemme saavutettavuuden kerroin olisi mahdollisimman lähellä todellista kausaalivaikutusta. Vaikka mallimme sisältää lukuisan määrän kontrollimuuttujia ja mallimme näyttäisi selittävän hyvin asuntojen hintojen vaihtelua, mahdollista harhan suuruutta on kuitenkin hyvä arvioida systemaattisesti, jotta tulokset olisivat uskottavampia. Arvioimme mahdollista valikoitumista ja estimointiharhan suuruutta kvantitatiivisesti seuraten taloustieteellistä tutkimuskirjallisuutta (ks. esim. Oster 2019).

Valikoitumisharhaan liittyvä robustisuustarkastelumme perustuu ns. suhteellisen valikoitumisen oletukseen. Toisin sanoen oletamme, että valikoituminen havaituissa kontrollimuuttujissa kertoo jotain havaitsemattomien ominaisuuksien valikoitumisesta. Tämä valikoitumisen astetta voidaan kuvata symbolilla δ . Kun havaitsemattomilla ominaisuuksilla ei ole vaikutusta kiinnostuksen päävaikutukseen, $\delta = 0$. Jos ne taas ovat yhtä valikoituneita kuin havaitut kontrollit, $\delta = 1$. Mikäli valitut asuntojen ja naapurustojen ominaisuuksia kuvaavat kontrollimuuttujat olisi valittu satunnaisesti arpomalla kaikista mahdollisista ominaisuuksista, tällöin havaitsemattomat ominaisuudet olisivat keskimäärin yhtä lailla valikoituneita kuin käytetyt kontrollit, $\delta = 1$. Käytännössä olemme kuitenkin valinneet

malleihin nimenomaan sellaisia ominaisuuksia, jotka selittävät asuntojen hintoja hyvin ja saattavat olla valikoituneita sijainnin suhteen. Näin ollen on todennäköistä, että valikoituminen havaitsemattomissa muuttujissa ei ole yhtä suurta kuin käytetyissä kontrollimuuttujissa. Valikoitumisasteen arvoa δ ei voida estimoida, mutta voimme kokeilla kuinka valikoitumisasteen muuttaminen vaikuttaisi estimoiduun saavutettavuuden kertoimeen.

Taulukko 7 kuvaa saavutettavuuden harhatonta vaikutusta asuntojen hintoihin eri havaitsemattomien tekijöiden valikoitumisasteilla. Käytämme harhan arvioinnissa **taulukon 6** parasta malliamme (3), jossa on kontrolloitu eniten asuntojen ominaisuuksia. Tällöin ilman havaitsemattomien tekijöiden valikoitumista, $\delta = 0$, estimaatti saa arvon 0,144. Mikäli valikoituminen havaitsemattomissa tekijöissä olisi yhtä suurta kuin havaituissa tekijöissä, $\delta = 1$, saavutettavuuden estimaatti on nolla. Kuten edellä mainittiin, valikoituminen havaitsemattomissa tekijöissä tuskin on yhtä suurta kuin käytetyissä kontrollimuuttujissa. Vaikka havaitsemattomien tekijöiden valikoituminen olisi 60 % käytettyjen kontrollien valikoitumisesta, saavutettavuuden hyödyn kasvaminen yhdellä vastaisi edelleen yli 9 prosentin hintavaikutusta.

Taulukko 7. Estimointiharhan suuruus havaitsemattomien tekijöiden eri valikoitumisasteilla

<i>estimaatti</i>	δ
0.144	0
0.130	0.2
0.113	0.4
0.090	0.6
0.056	0.8
0.005	1

5.2.4 Tulosten robustisuus: heterogeeniset vaikutukset

Estimointiemme päätulokset osoittavat, että saavutettavuuden ja asuntojen hintojen välillä on positiivinen korrelaatio, ja hintavaikutus on selvästi positiivinen, mikäli valikoituminen havaituissa tekijöissä ei ole suurta. Päätulosten hintamallissa saavutettavuuden vaikutus arvioidaan yhdellä muuttujalla, jonka estimaatti kuvaa tutkitun tekijän keskimääräistä vaikutusta hintoihin tutkimusaineistossa.

Keskimääräinen vaikutus on asuntomarkkinan toiminnan ymmärtämisen näkökulmasta mielenkiintoinen tekijä. Sen sijaan, jos hintavaikutusten analyysin tavoitteena on ennakoida tai analysoida erilaisten yksittäisten toimenpiteiden (esim. liikennehanke) vaikutuksia asuntojen hintoihin, liittyy keskimääräisen hintavaikutuksen hyödyntämiseen päätöksenteon tukena haasteita. Ensinnäkin, sen lisäksi että asuntojen ominaisuuksissa on todennäköistä saavutettavuuden kanssa korreloitunutta valikoitumista, on todennäköistä, että myös asukkaat, joilla on erilaiset asumispreferenssit, valikoituvat erilaisten saavutettavuuden alueille. Intuitiivisesti on selvää, että huonon saavutettavuuden alueilla yksilöt todennäköisesti pitävät muita asioita

saavutettavuutta tärkeämpinä, jolloin kysyntä saavutettavuuden suhteen ei ole yhtä suurta kuin hyvän saavutettavuuden alueilla. Tämä johtaa siihen, että saavutettavuuden estimaatissa voidaan olettaa olevan vaihtelua eli heterogeenisuutta.

Havainnollistaaksemme heterogeenisuutta saavutettavuuden vaikutuksen analyysissä toistimme analyysimme jakamalla havaintoaineistomme keskimääräistä parempien saavutettavuusalueisiin ja keskimääräistä huonompiin saavutettavuusalueisiin, ja estimoimalla päämallimme näillä osa-aineistoilla. Näiden mallien estimointitulokset on esitetty **taulukossa 8**.

Taulukko 8. Asuntomarkkinamallien tulokset saavutettavuuden osa-aineistoilla.

<i>Selitettävä muuttuja: ln(velaton hinta)</i>		
<i>Estimoineissa käytetty osa-aineisto:</i>	<i>Keskimääräistä huonomman saavutettavuuden alueet</i>	<i>Keskimääräistä paremman saavutettavuuden alueet</i>
	(1)	(2)
Työmatka logsum	0.055* [0.029]	0.294*** [0.047]
Asunnon ominaisuudet	kyllä	kyllä
Sijoittelualueen ominaisuudet	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	kyllä	kyllä
Selitysaste	0.89	0.90
Havaintojen lukumäärä	11 868	10 243
Klustereiden lukumäärä	414	189

Huomioita: Asuntojen hinnat vuosilta 2016-2017. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Asunnon ominaisuudet: log(pinta-ala), ikä, ikä², rivitalodummy, omakotitalodummy, kuntoa kuvaavat dummyt, saunadummy, parvekedummy, sijaintikerros ja kerros ten lukumäärä. Sijoittelualueen ominaisuudet: laskeut, korkeakoulutettujen osuus ja työttömien osuus. Lähinaapuruston ominaisuudet: log(medijaanitulot), korkeakoulutettujen osuus, työttömien osuus, palvelutyöpaikkojen määrä, asukkaiden määrä. Kaikissa malleissa on käytetty kiinteitä kuntavaikutuksia ja kiinteitä vuosivaikutuksia.

Päätuloksissa esitettyjen tulosten mukaan saavutettavuuden hyödyn kasvaessa yhdellä yksiköllä asuntojen hinnat nousevat 15,4 prosenttia. **Taulukon 8** estimointituloksista havaitaan, että saavutettavuus saa paljon suuremman painoarvon nimenomaan hyvän saavutettavuuden alueilla. Yhden yksikön kasvu saavuttavuuden hyödyssä nostaa asuntojen hintoja näillä alueilla keskimäärin 31 prosenttia, ja estimaatti on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Vastaavasti keskimääräistä heikomman saavutettavuuden alueilla yhden yksikön muutos saavutettavuuden hyödyssä johtaa vain 7,1 prosentin hinnan nousuun. Lisäksi estimaatti näillä alueilla on tilastollisesti merkitsevä vain 10 % tasolla. Tulokset havainnollistavat hyvin heterogeenisten vaikutusten problematiikkaa.

Toisena haasteena keskimääräisen piste-estimaatin hyödyntämisessä on se, että käytetyn tutkimusaineiston rakenne ja malliin sisällytetyt kiinteät vaikutukset vaikuttavat siihen, miten keskimääräinen estimaatti muodostuu. Yllä esitetyissä malleissa estimaatti muodostuu suhteessa kussakin kunnassa havaittuun keskimääräiseen saavutettavuuteen. Jos kiinteä vaikutus poistetaan tai kiinteän vaikutuksen spatiaalinen taso muuttuu, myös estimaatti muuttuu. Havainnollistamme vaikutusta esittämällä **taulukossa 9** estimointitulokset mallista ilman kuntatason kiinteitä vaikutuksia

Taulukko 9. Asuntomarkkinamallien tulokset ilman kuntatason kiinteitä vaikutuksia.

Seitettävä muuttuja: ln(velaton hinta)	(1)	(2)	(3)
Työmatka logsum	0.480*** [0.031]	0.264*** [0.023]	0.233*** [0.023]
Asunnon ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä
Sijoittelalueen ominaisuudet	ei	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	ei	ei	kyllä
Selitysaste	0.76	0.88	0.88
Havaintojen lukumäärä	22 111	22 111	22 111
Klustereiden lukumäärä	603	603	603

Huomioita: Asuntojen hinnat vuosilta 2016-2017. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Asunnon ominaisuudet: log(pinta-ala), ikä, ikä², rivitalodummy, omakotitalodummy, kuntoa kuvaavat dummyt, saunadummy, parvekedummy, sijaintikerros ja kerrosten lukumäärä. Sijoittelalueen ominaisuudet: keskitulot, korkeakoulutettujen osuus ja työttömien osuus. Lähinaapuruston ominaisuudet: log(mediaanitulot), korkeakoulutettujen osuus, työttömien osuus, palvelutyöpaikkojen määrä, asukkaiden määrä. Kaikissa malleissa on käytetty kiinteitä kuntavaikutuksia ja kiinteitä vuosivaikutuksia.

Kuten taulukosta nähdään, kiinteiden vaikutusten poistaminen muuttaa tuloksia merkittävästi. Tulosten mukaan saavutettavuuden hyödyn kasvaessa yhdellä yksiköllä asuntojen hinnat kasvavat 26,2 prosenttia. Vaikutus on huomattavasti suurempi kuin pääestimointituloksissa. Vaikka osa tästä vaikutuksesta voi johtua siitä, että aiemmat kuntatason kiinteät vaikutukset olivat korreloituneita saavutettavuusmuuttujan kanssa (esim. matkalippujen hinnoittelun osalta), ja siten liudensivat vaikutusta, on todennäköistä, että suuri osa vaikutuksesta on seurausta aineiston rakenteesta. Aineiston havainnoista suuri osa luonnollisesti keskittyy korkean saavutettavuuden alueille, kuten Helsingin kantakaupunkiin, sillä yhdyskuntarakenne on näillä alueilla tiiviimpi ja suurempi osa potentiaalisista kaupan kohteista sijaitsevat näillä alueilla. Kun kiinteät vaikutukset on poistettu mallista, tämä rakenteellinen ero korostuu. Siksi hyvän saavutettavuuden alueet, joilla saavutettavuutta myös arvostetaan enemmän, saavat suuremman painoarvon, ja estimaatti on korkeampi.

On syytä huomata, että ei ole yhtä ainoaa oikeaa tapaa sisällyttää kiinteitä vaikutuksia, vaan kukin ratkaisu on valinta, joka vaikuttaa tuloksiin. Etenkin silloin, kun estimointituloksia halutaan hyödyntää liikennehankkeiden arvioinneissa, on tärkeää pohtia, millä tavalla skaalautuvaa vaikutusta halutaan tutkia ja perustella valinnat selkeästi.

Saavutettavuuden arvostus voi myös vaihdella ajassa: Kuluttajien preferenssit, muu liikennepolitiikka, demografinen kehitys ja markkinoiden suhdanteet voivat vaikuttaa siihen, miten kuluttajat haluavat asua ja millaisia asuinalueen ominaisuuksia arvostetaan. **Taulukossa 10** kuvataan päätulostemme mukaiset tulokset silloin, jos aineistona on käytetty vuosien 2016–2017 havaintojen sijaan asuntokauppa ja saavutettavuushavaintoja vuosilta 2011–2012. Oheisessa havainnollistuksessa tulosten vaihtelu yli ajan vaikuttaa olevan pientä, eivätkä kertoimet poikkeaa toisistaan merkittävästi. Aikaetäisyys poikkileikkausten välillä on kuitenkin melko lyhyt, joten tulos on odotettu sillä

talouden syklissä tai pääkaupunkiseudun asuntomarkkinassa ei tänä aikana ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Taulukko 10. Asuntomarkkinamallien tulokset, kun havaintoaineistona ovat vuodet 2011–2012.

Selitettävä muuttuja: ln(velaton hinta)	(1)	(2)	(3)
Työmatka logsum	0.404*** [0.035]	0.162*** [0.023]	0.125*** [0.022]
Asunnon ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä
Sijoittelalueen ominaisuudet	ei	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	ei	ei	kyllä
Selitysaste	0.83	0.90	0.91
Havaintojen lukumäärä	25 356	25 356	25 356
Klustereiden lukumäärä	599	599	599

Huomioita: Asuntojen hinnat vuosilta 2011-2012. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Asunnon ominaisuudet: log(pinta-ala), ikä, ikä², rivitalodummy, omakotitalodummy, kuntoa kuvaavat dummyt, saunadummy, parvekedummy, sijaintikerros ja kerrosten lukumäärä. Sijoittelalueen ominaisuudet: keskitulot, korkeakoulutettujen osuus ja työttömien osuus. Lähinaapuruston ominaisuudet: log(mediaanitulot), korkeakoulutettujen osuus, työttömien osuus, palvelutyöpaikkojen määrä, asukkaiden määrä. Kaikissa malleissa on käytetty kiinteitä kuntavakutuksia ja kiinteitä vuosivaikutuksia.

5.2.5 Tulosten robustisuus: käytetty saavutettavuusmuuttuja

Pääestimoinneissa käytetyn työpaikkasaavutettavuuden hyötyä kuvaavaan logsum-saavutettavuusmuuttujaan liittyy kaksi merkittävää haastetta. Ensinnäkin, työpaikkasaavutettavuuden hyötyä kuvaavan logsum-saavutettavuusmuuttujan tulkinta on hyvin moniulotteinen. Koska muuttuja huomioi matkustusmahdollisuuksien ja matka-aikojen lisäksi myös olemassa olevaan kaupunkirakenteen, se mittaa saavutettavuutta liikennejärjestelmän ja maankäytön kokonaisuutena, kuten on teoreettisesti perusteltua. Käytännössä tämä kuitenkin tekee mittarissa tapahtuvien muutosten ja niiden vaikutusten konkretisoinnin melko monimutkaiseksi: Periaatteessa saavutettavuuden parantuminen tämän muuttujan perusteella voi tarkoittaa pelkästään ympäröivän kaupunkirakenteen kehitystä ilman liikennöimisaikojen tai kulkutapavalintojen muutosta. Lisäksi yhden yksikön muutos muuttujassa voi tapahtua useassa eri dimensiossa (esimerkiksi 19,4 minuuttia matka-ajassa tai 7,43 euroa matkakustannuksessa) tai – mitä todennäköisimmin – näiden yhdistelmänä, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja kommunikointia sidosryhmille.

Toinen merkittävä haaste on se, että työpaikkasaavutettavuuden hyötyä kuvaavaan logsum-saavutettavuusmuuttuja on mallinnettu (estimoitu), ei havaittu muuttuja. Näin ollen logsum-saavutettavuusmuuttujan ja todellisen (havaitun) saavutettavuusmuuttujan välillä voi olla eroja. Koska ainoastaan todellisen (havaitun tai rationaalisesti odotetun) saavutettavuuden voidaan ajatella kapitalisoituvan asuntojen hintoihin, estimoitujen muuttujien käytössä tulee kiinnittää myös huomiota siihen, että saadut logsum-muuttujan arvot ovat realistisia.

Tästä syystä haluamme testata tulostemme robustisuutta myös käytettävän saavutettavuusmuuttujan suhteen. Olemme käyttäneet näissä robustisuustarkasteluissa huomattavasti yksinkertaisempaa ja helpommin lähestyttävää saavutettavuusmuuttujaa, eli kahteen eri lähteeseen perustuvia matka-aikoja Helsingin keskustaan joukkoliikenteellä ruuhka-aikaan. Ensimmäinen keskustan matka-aikaa kuvaava muuttuja on johdettu HELMET mallista päämallien työmatkasaavutettavuuden logsum-saavutettavuuden tapaan. Toinen keskustan matka-aikaa kuvaava muuttuja on johdettu sijoittelualueille Helsingin yliopiston tuottaman METROPACCESS-aineiston perusteella (MetropAccess & BusFaster 2014)⁵.

Taulukko 11 esittää estimointituloksia edellä kuvatuilla vaihtoehtoisilla saavutettavuuden mittareilla. Malleihin lisätään kontrollimuuttujia vasemmalta oikealle siirryttäessä kuten päämalleissakin valikoitumisen osoittamiseksi. Mallit (1) – (3) kuvaavat HELMET-mallista saadun keskustasaavutettavuuden hintavaikutusta ja mallit (4) – (6) MetropAccess-aineiston keskustasaavutettavuutta. Tuloksista voidaan havaita, että ne ovat hyvin samansuuntaisia kuin pääestimoinneissa. Estimaatit saavat käänteisen etumerkin päämalleihin verrattuna, koska työmatkasaavutettavuuden logsum-saavutettavuus kuvasi saavutettavuuden hyötyä, jonka kasvu on positiivinen asia, kun taas matka-ajan kasvu heikentää saavutettavuutta.

Taulukko 11. Asuntomarkkinamallien tulokset vaihtoehtoisilla saavutettavuuden mittareilla.

Selittävä muuttuja: ln(velaton hinta)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Logaritmoitu matka-aika keskustaan, joukkoliikenteellä (HELMET)	-0.494*** [0.041]	-0.237*** [0.023]	-0.204*** [0.025]			
Logaritmoitu matka-aika keskustaan, joukkoliikenteellä (METROPACCESS)				-0.550*** [0.056]	-0.258*** [0.031]	-0.214*** [0.031]
Asunnon ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Sijoittelualan ominaisuudet	ei	kyllä	kyllä	ei	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	ei	ei	kyllä	ei	ei	kyllä
Selitysaste	0.78	0.89	0.89	0.78	0.88	0.89
Havaintojen lukumäärä	22 111	22 111	22 111	22 111	22 111	22 111
Klustereiden lukumäärä	603	603	603	603	603	603

Huomioita: Asuntojen hinnat vuosilta 2016-2017. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Asunnon ominaisuudet: log(pinta-ala), ikä, ikä², rivitalodummy, omakotitalodummy, kuntoa kuvaavat dummyt, sauna dummy, parvekedummy, sijaintikerros ja kerrosten lukumäärä. Sijoittelualan ominaisuudet: keskitulot, korkeakoulutettujen osuus ja työttömien osuus. Lähinaapuruston ominaisuudet: log(mediaaritulo), korkeakoulutettujen osuus, työttömien osuus, palvelutyöpaikkojen määrä, asukkaiden määrä. Kaikissa malleissa on käytetty kiinteitä kuntavaikutuksia ja kiinteitä vuosivaikutuksia.

Edellä estimoiduissa malleissa myös saavutettavuus on logaritmoitu asuntojen hintojen tapaan, jolloin estimaatin kerroin saa ns. joustotulkinnan.

⁵ MetropAccess-aineisto sisältää matka-ajat keskustaan 250x250m ruuduissa. HELMET-mallin saavutettavuusmuuttujat on mitattu suuremmalla sijoittelualueella, joten olemme muodostaneet MetropAccess-saavutettavuuden sijoittelualueiden sisään jäävien ruutujen summana. Ruudun on katsottu kuuluvan siihen sijoittelualueeseen, jossa sen keskipiste sijaitsee.

Saavutettavuuden painoarvo pienenee näissäkin malleissa sitä mukaa, kun niihin lisätään selitettäviä muuttujia. Lisäksi huomioitavaa on, että eri lähteistä tuotetut saavutettavuutta kuvaavat keskustan matka-aikamuuttujat tuottavat lähes identtiset tulokset, mikä tukee oletusta siitä, että HELMET-mallin saavutettavuusmittarit kuvaavat saavutettavuutta, ainakin liikennejärjestelmän osalta, hyvin. Joustotulkinnan mukaisesti molempien saavutettavuusmuuttujien parhaiden mallien (3) ja (6) mukaan asuntojen hinnat laskevat reilun kaksi prosenttia, kun keskustasaavutettavuus heikkenee 10 prosenttia. Näidenkin tulosten tulkinnassa tulee kuitenkin olla varovainen, koska tulos voi olla harhainen asuntojen havaitsemattomien ominaisuuksien takia.

Se, että keskustasaavutettavuus toimii hyvänä mittarina kokonaissaavutettavuudelle pääkaupunkiseudulla, ei sinänsä ole yllättävää. Pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmää on historiallisesti kehitetty vahvasti säteittäisiin, Helsingin keskustaan johtaviin hankkeisiin nojaten. Alueelliset osakeskukset (esim. Leppävaara, Matinkylä, Pasila) ovat sijoittuneet näiden säteiden varrelle, jolloin saavutettavuus osakeskuksiin korreloi vahvasti keskustasaavutettavuuden kanssa. Lisäksi Helsingin keskusta on edelleen huomattava työpaikkakeskittymä. Samaa korrelaatiota ei välttämättä voida olettaa löytyvän kaupungeista, jotka ovat selvästi monikeskustaisia tai joiden liikennejärjestelmän rakenne on erilainen.

5.3 Saavutettavuuden vaikutus toimistojen vuokriin

Suuri osa saavutettavuuden kiinteistömarkkinavaikutuksia tarkastelevasta kirjallisuudesta keskittyy asuntomarkkinoilla havaittuihin vaikutuksiin. Tämä on luonnollista seurausta siitä, että asuntomarkkinoita kuvaavat aineistot ovat kansainvälisesti paremmin kehittyneitä ja kattavampia, ja asuntomarkkinoilla vaihdettavat hyödykkeet usein toimitilamarkkinoiden kohteita homogeenisempia. Siten uskottavan kausaali vaikutuksen identifiointi on helpompaa.

Tässä tutkimuksessa toissijaisena tavoitteena haluttiin arvioida mahdollisuuksia tarkastella saavutettavuuden vaikutuksia toimistomarkkinoilla suomalaisen datainfrastruktuurin asettamissa reunaehdoissa. Tutkimusaineiston luovutukseen liittyvien transaktiokustannusten vuoksi toimistomarkkinan analyysi tässä tutkimuksessa on huomattavasti yleisempi kuin asuntomarkkinalla, ja keskittyy replikoimaan asuntojen hinnoista tehdyn analyysin toimistomarkkinalle.

5.3.1 Mallien täsmentäminen ja käytetyt aineistot

Analyysimme saavutettavuuden kapitalisoitumisesta toimistojen vuokriin perustuu KTI:n ylläpitämään toimitilojen vuokra-aineistoon. KTI kerää vuokra-aineistonsa ammattimaisilta kiinteistösijoittajilta. Aineisto sisältää kaksi osa-aineistoa: voimassaolevat sopimukset ja uudet sopimukset. Tässä tutkimuksessa hyödynnetään ainoastaan toimitilojen uusien sopimusten aineistoa, koska tämä aineisto heijastaa parhaiten markkinan tutkimushetken

arvostuksia. Aineistoon sisältyy uudet vuokrasopimukset, jotka on solmittu vuosina 2016–2018.

Tarkastelemme saavutettavuuden ja toimistojen vuokrien välistä yhteyttä estimoimalla malleja, joissa toimistojen vuokria selitetään saavutettavuudella sekä toimitilojen ja niiden lähinaapurustojen ominaisuuksilla:

$$\text{Log}(\text{Vuokra}_{itsn}) = \alpha + \beta * \text{saavutettavuus}_s + \partial AO_i + \theta NO_n + \gamma_t + \epsilon_{itsn} \quad (2)$$

Mallispesifikaatiossamme selitettävä muuttuja on kuukausivuokran luonnollinen logaritmi toimistolle i , joka sijaitsee sijoittelualueella s ja lähinaapurustossa n hetkellä t . Vektorit AO_i ja NO_n sisältävät toimiston havaitut ominaisuudet ja lähinaapurustojen (250m x 250m ruudut) ominaisuudet, joita käytetään malliemme kontrollimuuttujia. γ_t kuvaa vuosittaisia kiinteitä vaikutuksia. ϵ_{itsn} kuvaa mallin virhetermiä, joka on klusteroitu sijoittelualueittain.

Saavutettavuusmuuttujana näissä malleissa käytetään työvoiman saatavuutta kuvaavaa logsum-muuttujaa, joka kertoo kuinka helposti työvoima voi liikkua toimipaikan sijaintiin. Nämä mallit kertovat siitä, kuinka tärkeää työvoiman saavutettavuus on toimistojen vuokrien taustalla. Lisäksi estimoimme malleja, joissa saavutettavuutena käytetään työmatka-saavutettavuuden logsum-muuttujaa, joka kertoo muiden yritysten ja yhteistyökumppaneiden saavutettavuuden vaikutuksista.

Toimistojen ominaisuuksista kontrollimuuttujina käytetään toimiston pinta-alaa, toimistorakennuksen käyttöastetta ja rakennusvuosikymmentä. Lisäksi malleissa on kaksi dummy-muuttujaa, joiden avulla kuvataan sijaitsemista business parkissa sekä vuoden 2000 jälkeen tehtyä peruskorjausta. Lisäksi kontrolloimme toimiston lähinaapuruston (250mx250m ruutu) työpaikkojen kokonaisu määrän, palvelutyöpaikkojen määrän, sekä toimistojen käyttöasteen. Malleissa on käytetty vuosikohtaisia kiinteitä vaikutuksia yleisen vuokratason huomioimiseksi. Toisin kuin asuntojen hintamallissa, toimistomallissa ei käytetä kuntatason kiinteitä vaikutuksia. Käyttämämme kokonaisaineiston tunnusluvut on koottu **taulukkoon 12**.

Taulukko 12. Toimistoaineiston tunnusluvut.

HAVAINTOJEN KOKONAISMÄÄRÄ		
Helsinki		4 660
Espoo		3 258
Vantaa		870
		532
2015		1 082
2016		1 256
2017		1 240
2018		1 082
Muuttuja	keskiarvo	keskihajonta
<u>SAAVUTETTAVUUS</u>		
työmatka logsum 2018 (HELMET)	11.90	0.45
matka-aika keskustaan 2016 (HELMET)	31.4	17.6
matka-aika keskustaan 2018 (Metropaccess)	30.4	14.1
<u>ASUNTO</u>		
vuokra	7 391	17 327
neliövuokra	19.0	8.8
pinta-ala	398.4	977.5
käyttöaste	0.23	0.30
<i>rakennusvuosikymmen</i>		
< 1970		30 %
1970-1979		9 %
1980-1989		12 %
1990-1999		11 %
2000 - 2009		14 %
> 2010		3 %
e <i>i</i> tiedossa		21 %
sijainti business parkissa		9 %
perusparannus 2000 luvulla		6 %
toistaiseksi voimassa oleva sopimus		60 %
<u>LÄHINAAPURUSTO (250mx250m ruudut)</u>		
työpaikkojen määrä	1 303	1 215
paalvelualueiden työpaikkojen määrä	1 215	1 185
KTI datan toimitilojen käyttöaste	0.29	0.31

5.3.2 Estimointitulokset, toimistojen vuokrat

Saavutettavuuden ja toimistovuokrien välistä suhdetta kuvaavat estimointitulokset on esitetty **taulukossa 13**. Malleissa (1) ja (2) saavutettavuuden mittarina toimii työvoimasaavutettavuutta kuvaava logsum ja malleissa (3) ja (4) työpaikkasaavutettavuutta kuvaava logsum. Malleissa (1) ja (3) kontrollimuuttujina on toimistojen ominaisuudet ja malleissa (2) ja (4) näiden lisäksi lähinaapuruston ominaisuudet.

Tuloksia tarkastellessa huomio kiinnittyy välittömästi muutamaan seikkaan. Ensinnäkin mallien selityksaste on huomattavasti matalampi kuin asuntojen hintoja koskevissa malleissa. Tämä on seurausta siitä, että vaikka käyttämämme vuokratietokanta sisältää monia tiloja kuvaavia muuttujia, toimistomarkkina on erittäin heterogeeninen, eikä hintamallimme huomioi useita vuokriin vaikuttavia tekijöitä, kuten esimerkiksi toimistotilatyyppiä (avotila/yksittäiset työhuoneet).

Toisena, työvoimasaavutettavuuden vaikutus vuokriin malleissa (1) ja (2) on huomattavasti korkea. Mallissa (1), jossa lähinaapuruston ominaisuuksia ei ole kontrolloitu, kerroin on 0,86 ja tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kun malliin lisätään lähinaapurustomuuttujat, efekti pienenee huomattavasti, eikä ole enää tilastollisesti merkitsevä.

Työpaikkasaavutettavuuden kertoimet ovat myös huomattavan korkeita. Lähinaapuruston ominaisuudet kontrolloivassa mallissa kerroin on 0,50, eli yhden yksikön kasvu saavutettavuuden hyödyssä nostaa toimistojen vuokria näillä alueilla keskimäärin 65 prosenttia. Keskiarvot ovat edelleen melko suuria, mutta kuitenkin huomattavasti pienempiä kuin työvoimasaavutettavuutta hyödyntävässä mallissa. Tiivistettynä tulokset kuvaavat sitä, että yrityksen arvostavat muiden yritysten ja palveluiden läheisyyttä. Lisäksi työpaikkasaavutuksen suhteellinen vaikutus on huomattavasti suurempaa toimistomarkkinalla kuin asuntomarkkinoilla.

Taulukko 13. Toimistomarkkinamallien päätulokset.

Seitettävä muuttuja: ln(kuukausivuokra)	(1)	(2)	(3)	(4)
Työvoimasaavutettavuutta kuvaava logsum	0.855*** [0.172]	0.299 [0.240]	-	-
Työpaikkasaavutettavuutta kuvaava logsum	-	-	0.931*** [0.121]	0.502*** [0.152]
Toimitilan ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	ei	kyllä	ei	kyllä
Selityksaste	0.48	0.51	0.50	0.52
Havaintojen lukumäärä	4 660	4 660	4 660	4 660
Klustereiden lukumäärä	229	229	229	229

Huomioita: Toimitilojen vuokrat vuosilta 2015-2018. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Toimitilojen ominaisuudet: pinta ala, pinta ala², toimitilarakennuksen käyttöaste, rakennusvuosikymmentä kuvaavat dummyt, business park -dummy, toistaiseksi voimassaolevaa sopimusta kuvaava -dummy sekä perusparannus 2000-luvulla -dummy. Lähinaapuruston ominaisuudet: työpaikkojen kokonaismäärä, palvelutyöpaikkojen määrä sekä KTI:n aineistossa olevien toimitilojen käyttöaste lähinaapurustossa. Lisäksi malleissa on käytetty vuosikohtaisia kiinteitä vaikutuksia.

5.3.3 Tulosten robustisuus: heterogeeniset vaikutukset

Kuten asuntojen hintoja tarkastelevassa osiossa, tarkastelemme vaikutusten heterogeenisuutta jakamalla aineiston kahteen osaan saavutettavuusmuuttujan arvon perusteella.

Kuten päätuloksissa, työvoimasaavutettavuutta kuvaava logsum-muuttuja ei saa tilastollisesti merkitsevää kerrointa kummassakaan aineistossa. Työpaikkasaavutettavuuden kerroin ei ole merkitsevä silloin, jos toimisto sijaitsee keskimääräistä huonomman saavutettavuuden alueella, mutta keskimääräistä paremman saavutettavuuden alueilla kerroin on huomattavan korkea ja tilastollisesti erittäin merkitsevä. Tulos on intuitiivinen, sillä keskeinen sijainti on eri tavoin merkityksellistä erilaisille yrityksille, mikä heijastuu yritysten sijoittumis päätöksiin sekä vuokranmaksuhalukkuuteen.

Taulukko 14. Toimitilamarkkinamallien tulokset saavutettavuuden osa-aineistoilla.

Selitettyä muuttuja: ln(kuukausivuokra)				
<i>Estimoinneissa käytetty osa-aineisto:</i>	<i>Keskimääräistä huonomman saavutettavuuden alueet</i>	<i>Keskimääräistä paremman saavutettavuuden alueet</i>	<i>Keskimääräistä huonomman saavutettavuuden alueet</i>	<i>Keskimääräistä paremman saavutettavuuden alueet</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
Työvoimasaavutettavuutta kuvaava logsum	0.192 [0.241]	-0.006 [1.290]	-	-
Työpaikkasaavutettavuutta kuvaava logsum	-	-	0.255 [0.203]	1.713*** [0.563]
Toimitilan ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Selitysaste	0.54	0.49	0.59	0.50
Havaintojen lukumäärä	2 294	2 366	2 182	2 478
Klustereiden lukumäärä	159	70	165	64

Huomioita: Tietä tilojen vuokrat vuosilta 2015-2018. Keskitiheet klusteroitu sijoitteluseurueiden tasolla. Estimointi on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Toimitilojen ominaisuudet: pinta ala, pinta ala * 2, toimitilarakennuksen käyttöaste, rakennusvuosikymmentä kuvaavat dummyt, business park -dummy, toimitilaisi voimassa olevaa sopimusta kuvaava -dummy sekä perusrakennus 2000-luvulla -dummy. Lähinaapuruston ominaisuudet: työpaikkojen kokonaismäärä, palvelutyöpaikkojen määrä sekä KTI:n aineistossa olevien toimitilojen käyttöaste lähinaapurustossa. Lisäksi mallissa on käytetty vuosikohtaisia kiinteitä vaikutuksia.

5.3.4 Tulosten robustisuus: käytetty saavutettavuusmuuttuja

Tarkastelemme seuraavaksi tulosten robustisuutta käytetyn saavutettavuusmuuttujan osalta. Tulokset ovat samankaltaiset kuin työpaikkasaavutettavuuden osalta, mikä selittyy keskustasaavutettavuuden ja työpaikkasaavutettavuuden korrelaatiolla.

Taulukko 15. Toimitilamarkkinamallien tulokset vaihtoehtoisilla saavutettavuuden mittareilla.

Selitettävä muuttuja: ln(kuukausivuokra)	(1)	(2)	(3)	(4)
Logaritmoitu matka-aika keskustaan, julkisella liikenteellä (HELMET)	-0.626*** [0.121]	-0.379*** [0.109]	-	-
Logaritmoitu matka-aika keskustaan, julkisella liikenteellä (METROPACCESS)	-	-	-0.793*** [0.095]	-0.336** [0.169]
Toimitilan ominaisuudet	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Lähinaapuruston ominaisuudet	ei	kyllä	ei	kyllä
Selitysaste	0.51	0.52	0.50	0.51
Havaintojen lukumäärä	4 660	4 660	4 496	4 496
Sijoittelualueiden lukumäärä	229	229	224	224

Huomioita: Toimitilojen vuokrat vuosilta 2015-2018. Estimaatti on tilastollisesti merkitsevä *** 1% tasolla ** 5% tasolla * 10% tasolla. Toimitilojen ominaisuudet: pinta ala, pinta ala², toimitilarakennuksen käyttöaste, rakennusvuosikymmentä kuvaavat dummyt, business park -dummy, toistaiseksi voimassa olevaa sopimusta kuvaava -dummy sekä perusparannus 2000-luvulla -dummy. Lähinaapuruston ominaisuudet: työpaikkojen kokonaismäärä, palvelutyöpaikkojen määrä sekä KTI:n aineistossa olevien toimitilojen käyttöaste lähinaapurustossa. Lisäksi malleissa on käytetty vuosikohtaisia kiinteitä vaikutuksia.

6. Tulokset

Tutkimuksen empiirisessä osiossa tarkasteltiin saavutettavuuden vaikutusta asuntojen hintoihin ja toimistojen vuokriin pääkaupunkiseudulla. Alkuperäisenä tavoitteena oli perustaa vaikutusten identifikaatio saavutettavuuden muutoksille eri vuosien välillä, mutta hankkeessa kehitettyjen saavutettavuusaineistojen perusteella havaittiin, että saavutettavuusmuutokset alueella ovat tarkastellulla aikavälillä olleet liian pieniä kiinteistömarkkinavaikutusten tarkasteluun. Tästä syystä vaikutuksia päätettiin estimoida poikkileikkausaineistosta.

Hankkeessa hyödynnetty saavutettavuusmuuttuja kuvaa saavutettavuutta liikennejärjestelmän ja maankäytön yhteisvaikutuksena. Käytetyssä muuttujassa maankäyttöä on kuvattu työpaikkojen ja oppilaspaiikkojen määrän avulla. Muuttuja on siten teoreettisesti eheä ja sen voidaan ajatella kuvaavan saavutettavuuden ilmiötä kokonaisvaltaiseksi. Käytännössä käytetty saavutettavuusmuuttuja on kuitenkin hankala, sillä saatuja tuloksia on hankala yhteismitallistaa ja kommunikoida. Lisäksi, koska muuttuja on usean tekijän monimutkainen yhdistelmä, sen todenmukaisuutta on vaikea arvioida.

Empiiriset tulokset ovat teoreettisen viitekehyksen ja sen perusteella muodostettujen oletusten mukaisia: Tulokset osoittavat positiivisen korrelaation saavutettavuuden ja asuntojen hintojen ja toimistojen vuokrien välillä. Korrelaatio on huomattavasti voimakkaampi toimistomarkkinoilla. Käytetty identifikaatiostrategia ei kuitenkin mahdollista kausaalipäätelmän tekemistä, sillä mallissa voi edelleen olla sellaisia havaitsemattomia tekijöitä, jotka aiheuttavat harhaa saavutettavuuden estimaattiin.

Saavutettavuuden ja hintojen ja vuokrien suhde havaittiin hankkeessa erittäin heterogeeniseksi. Alueilla, joilla saavutettavuus on hyvä, myös sen hintavaikutus on korkea, kun taas alueilla, joilla saavutettavuus on keskimääräistä huonompi, on hintavaikutus huomattavasti vaatimattomampi. Tässä tutkimuksessa heterogeenisuutta tarkasteltiin ainoastaan saavutettavuusindikaattorin eri tasoissa, mutta tulevaisuuden tutkimuksessa ja tuloksia hyödynnettäessä on syytä huomioida, että osamarkkinoitumista voi tapahtua monessa muussakin ulottuvuudessa, esim. talotyypeittäin tai sosioekonomisiin ominaisuuksiin perustuen. Koska liikennejärjestelmä todennäköisesti vaikuttaa asukkaiden alueelliseen valikoitumiseen, ja jos nämä tekijät korreloivat sosioekonomisten muuttujien kanssa, tulisi liikennejärjestelmähankkeiden yhteydessä kiinnittää huomiota myös segregaatioprosessien käynnistymiseen ja kiihtymiseen liittyviin riskeihin. Valikoitumisen ja heterogeenisten preferenssien prosessien ja mekanismien

parempi ymmärrys on edellytys liikennehankkeiden vaikutusten kattavalle arvioinnille.

Vaikutusten heterogeenisuuden ollessa suurta ei tutkimuksessa havaittua keskimääräistä vaikutusta tule hyödyntää käytännön vaikutusten arvioinnissa tai hankesuunnittelussa. Ilmiön tutkimisen ja ymmärtämisen haasteena tulee todennäköisesti aina olemaan se, että kaikki liikennehankkeet ovat erilaisia, ja siten niiden vaikutuksen kiinteistömarkkinaan tulevat myös vaihtelevaan. On epätodennäköistä, että voitaisiin ikinä löytää yhtä oikeaa saavutettavuuden hintavaikutusta, jota suunnittelussa voitaisiin hyödyntää. Siksi tavoiteltavana voidaankin pitää tilannetta, joissa erillisistä liikennehankkeiden vaikutuksista tehdään systemaattisesti analyyseja. Kertyvä tieto, vaikkei tulekaan tuottamaan yhtä viisasten kiveä yhdestä vaikutuskertoimesta, tulee tuottamaan ymmärrystä siitä, millaisilla vaihteluväleillä vaikutusta havaitaan ja miten erilaiset hankkeeseen ja sen toteutusalueeseen vaikuttavat seikat vaikuttavat kertoimen suuruuteen. Kertyvä tieto tukee siten suunnittelua ja vaikutusanalyysejä.

Kiinteistöaloudellisten vaikutusten sisällyttämiseen erilaisiin hyötyjä maksaa-malleihin tulee suhtautua varauksella. Vaikka hankkeiden liikenteellisiä vaikutuksia voidaan laskea ja arvioida, niiden yhteyttä kiinteistömarkkinamuutoksiin ei kyetä luotettavasti laskemaan. Lisäksi vaikutusten heterogeenisuus ja se, että parhaissakaan identifikaatiostrategioissa ei todennäköisesti pystytä eristämään liikennehankkeen vaikutuksia kaikista muista kiinteistömarkkinoiden muutoksissa, tarkoittaa, että analyysejen tuloksia voidaan käyttää neuvottelun ja suunnittelun tukena, mutta ei perusteina. Jos kiinteistönomistajille kertyviä hyötyjä halutaan kerätä hankkeen rahoittajalle, kiinteistöveroon perustuva mekanismi on todennäköisesti oikeudenmukaisin, sillä verotuksessa relevanttia ei ole se miksi arvo nousee (liikennehanke, sen aiheuttamat muut muutokset markkinoissa tai joku muu syy), vaan saatu hyöty.

6.1 Arvio tietojen laadusta ja käyttökelpoisuudesta sekä tietopohjan täydentämisen tarpeesta

6.1.1 Liikennemalliaineistot

Liikennemalliaineistot ovat monelta osin hyvälaatuisia ja tarkkoja tutkimusten toteuttamiseen mikroaineistoilla. Liikenneverkko on kuvattu hyvin tarkasti ja joukkoliikennelinjasto pysäkkien tarkkuudella. Ainoastaan mallin aluejakoa (matkojen lähtö- ja määränpäiden kuvausta) voitaisiin vielä tarkentaa. Tällä hetkellä matkat lähtevät ja saapuvat tietylle ennustealueelle määrättyyn pisteeseen, joka ei välttämättä kuvaa mitään varsinaista määränpäättä, johon oikeasti matkustetaan. Riippuen ennustealueen koosta, matkan lähtö- tai määränpää voi olla satojakin metrejä kauempana kuin matkan oikea määränpää. Kuvaustapa on sopiva strategisen tason arviointeihin, mutta saavutettavuusvaikutusten kohdistumisen resoluutio jää epätarkaksi, eivätkä joukkoliikenteen eri kulkutapojen ominaispiirteet kuvaudu oikein. Käsiteltäessä mikrotason aineistoja, kuten asuntoja, merkittäviä eroja

asuntojen saavutettavuudessa saattaa jäädä huomiotta ennustealueiden koon takia.

Eri väylätyyppien ja joukkoliikennepalvelujen viivytysfunktiot on estimoitu havaintoaineistojen perusteella osana HSL:n HELMET-mallin kehittämistä. Viivytysfunktioiden avulla tuotettujen matka-aikojen käyttöön osana tutkimuksen lähtöaineistoja liittyy epävarmuuksia siltä osin, tuottaako kuvaus todellisuutta vastaavan matka-ajan. Parempi tapa olisi käyttää alueparien välillä toteutuneita todellisia matka-aikoja, mutta aineistoa ei ole saatavilla.

Menneiden vuosien liikenneverkkokuvausten tuottaminen on myös huomattavan työlästä. Tutkimuksessa käytetyn HELMET-mallin tapa kuvata liikenneverkkoa oli muuttunut vuonna 2017, minkä seurauksena vanhoja aineistoja ei voitu käyttää sellaisenaan. Uusimpaan HELMET-mallin versioon sopivat aineistot täytyi tuottaa muuntamalla vanhan kuvaustavan aineistot sopiviksi uuteen malliversioon. Vaikka osan tästä prosessista pystyi automatisoimaan, varsinkin joukkoliikenneverkon kuvauksen muuntaminen vaati paljon aikaa vievää työtä.

6.1.2 Saavutettavuusaineistot

Saavutettavuusaineistot tutkimukseen tuotettiin HELMET-mallilla. HELMET-mallista saatiin saavutettavuusaineistot mallin ennustealueiden tasolla, jotka vaihtelevat suuruudessaan 0,04 ja 19 neliökilometrin välillä. Ennustealueet ovat pienempiä tiheään asutuilla alueilla ja suurempia harvaan asutuilla alueilla. Ennustealueiden koon takia huomattavaakin saavutettavuuden vaihtelua ennustealueen sisällä voi jäädä huomiotta, etenkin kun käsitellään mikroaineistoja, kuten asuntoaineistoja. Ennustealueet koettiin kuitenkin tarpeeksi tarkoin, että tutkimus pystyttiin toteuttamaan.

Malliaineistojen mukaan saavutettavuudessa ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuosien 2008–2016 välillä muuta kuin Helsingin itäosissa entisessä Sipoossa, Kehäradan asemien ympärillä, Suurpellossa ja Jätkäsaarella. Alueet ovat suurimmaksi osaksi uusia asuinalueita ja siten niiltä ei ole juurikaan asuntokaupahavaintoja käytettävissä olevassa aineistossa. Suurimmassa osassa pääkaupunkiseutua saavutettavuuden muutos vastaa ± 2 minuutin muutosta työmatkan pituudessa. Tämän arvellaan johtuvan siitä, ettei rakennetulla kaupunkiseudulla juurikaan ole mahdollista tehdä sellaisia liikenneinvestointeja, jotka parantaisivat saavutettavuutta huomattavasti. Liikenneinvestoinnit keskittyvät kapasiteetin kasvattamiseen, jotta ruuhkautuminen ei lisääntyisi maankäytön ja liikenteen määrän kasvaessa. Saavutettavuuden ajallisen vaihtelun todettiin olevan niin pientä, ettei sen avulla voida arvioida saavutettavuuden vaikutusta asuntojen hintoihin.

Saavutettavuuden laskemisessa HELMET-mallilla on haasteena, että kulkutavan valintamallissa auton valintaan vaikuttaa alueen ennustettu autonomistusaste. Vaikka alueen autonomistusaste varmasti korreloi auton kulkutapaosuuteen alueella, alueen autonomistusaste tuskin vaikuttaa kenenkään päätökseen valita auto kulkutavakseen matkalle. Autonomistuksen ollessa mukana logsum-saavutettavuudessa, useiden alueiden saavutettavuus ei

ollut uskottavalla tasolla. Tutkimuksessa tämä ratkaistiin jättämällä pois autonomistusaste logsum-saavutettavuuden laskennasta.

Valtakunnallisiin liikennehankkeiden arviointeihin tarvitaan kulkutapojen ja yhdyskuntarakenteen kannalta neutraali saavutettavuusmittari, jotta alueiden erilaisia liikennejärjestelmiä ja yhdyskuntarakenteita voidaan käsitellä mahdollisimman yhtenäisesti. Esimerkiksi kaupunkiseuduilla toimiva *matka-aika keskustaan* ei todennäköisesti toimi alueilla, joilla ei ole selkeää keskustaa, jonka merkitys matkojen määränpäänä olisi dominoiva. Mittari myös systemaattisesti suosii säteittäissuuntaisia hankkeita ja on käytettävissä hankalasti valtakunnallisten, useita kaupunkeja yhdistävien, yhteyksien arviointeihin. Tässä tutkimuksessa logsum-saavutettavuus on osoittautunut hyväksi saavutettavuuden mittariksi ainakin asuntojen hintojen ja toimistotilojen vuokrien selittäjänä. Logsum-saavutettavuuden heikkoutena on kuitenkin tulkinnan ja kommunikoinnin haasteet. Logsum-saavutettavuus yhteismitallistaa monia saavutettavuuteen vaikuttavia asioita, kuten matka-ajat, asiointipaikkojen läheisyyden ja matkakustannukset. Tämä aiheuttaa haasteita logsum-saavutettavuuden merkityksen kommunikoimisessa sidosryhmille.

6.1.3 Liikennemallit

Liikennemallien kehittämisessä ensisijaisena tarkoituksena on ollut kehittää työkalu liikenne- ja matkustajamäärien ennustamiseen mahdollisimman tarkasti. Tavoite on luonnollinen, sillä liikennemalleja käytetään suurimmaksi osaksi liikennehankkeiden arviointiin, jossa tärkeänä osana on ennustaa miten käytetyt reitit ja eri kulkutapojen osuudet muuttuvat hankkeen seurauksena. Mallien tuottaminen vain tähän tarkoitukseen voi kuitenkin johtaa siihen, että niitä on hankalaa hyödyntää muihin mahdollisiin käyttötarkoituksiin, kuten saavutettavuuden arviointiin. Näin voi käydä erityisesti, jos mallit rakennetaan korrelaatioiden, eikä teoreettisesti pätevämpien vaikutusten varaan.

Asuntomarkkina-analyyysien kannalta luonteva suunta liikennemallien kehittämiseen on parantaa niiden maantieteellistä tarkkuutta. Tämä voidaan toteuttaa tihentämällä aluejakoa. Perinteisesti käytössä olevista liikennemalleista poikkeavat aktiviteettipohjaiset liikenne-ennustemallit käsittelevät luonnostaan liikennettä yksilötasolla. Valtakunnallisella tasolla, jotta hankearviointi tapahtuisi yhtenäisellä ja vertailtavalla tavalla, tarvittaisiin yhtenäinen valtakunnallinen liikennemallijärjestelmä, jonka avulla valtakunnalliset hankkeet ja mahdollisesti myös kaupunkien omat hankkeet voitaisiin arvioida.

6.1.4 Asuntojen hinta-aineistot

Tutkimuksessa hyödynnettyä Kiinteistövälittäjien Keskusliiton tuottama asuntojen kauppahinta-aineistoa on hyödynnetty myös aiemmin akateemisessa tutkimuksessa. Aineisto on lähtökohtaisesti luotettavaa ja kattaa koko Suomen asuntomarkkinat hyvin. Aineistoon sisältyvät kaikki kiinteistönvälittäjien välityksellä tehdyt asuntokaupat Suomessa, noin 70% kaikista tehdyistä asuntokaupoista. KVKL:n aineisto sisältää perustiedot kaupan kohteesta ja sen

sijainnista, kauppahinnan ja kauppa-ajankohdan. Etenkin asuinkerrostalojen osalta perustiedot ovat riittävät. Omakotitalomuotoiset kohteet ovat huomattavasti heterogeenisempia ominaisuuksiltaan ja kunnoltaan, ja aineisto voidaan nähdä omakotitalomuotoisten kohteiden osalta haastavana. Näiden tekijöiden puuttuminen näkyy hintamalleissa pienempinä selitysasteina ja korkeampina keskivirheinä. Lisäksi ne saattavat johtaa harhaisiin tuloksiin, jos havaitsemattomat muuttujat ovat korreloituneita tutkimuksen kohteena olevan muuttujan kanssa. On kuitenkin todettava, että omakotitalomuotoistenkin kauppojen osalta KVKL-aineisto on kansainvälisesti korkeatasoinen.

KVKL aineiston oikeudet omistaa Kiinteistöväälittäjien Keskusliitto. Aineiston hyödyntäminen tutkimuskäyttöön edellyttää sopimusta KVKL:n kanssa. KVKL on lähtökohtaisesti tutkimusmyönteinen ja aineiston hankkiminen yliopistojen, tutkimuslaitosten ja julkisten toimijoiden tutkimuskäyttöön on onnistunut hyvin. KVKL ei kuitenkaan luovuta aineistoa kaupallisille toimijoille, edes tutkimuskäyttöön. Tämä voi aiheuttaa haasteita nykykäytäntöjen mukaisissa tilanteissa, joissa liikennejärjestelmämallien kehitystä ja niiden vaikutusten arviontia ulkoistetaan yksityisille toimijoille, sillä yksittäisillä toimijoilla ei ole mahdollisuutta hyödyntää aineistoa. Jos kauppahinta-aineistoja siis halutaan hyödyntää erilaisissa hankearviointissa tai hankesuunnitelmissa, voisi merkittävien tilaajatahojen olla mielekästä neuvotella KVKL:n kanssa aineiston hyödyntämismahdollisuuksista alihankintatilanteissa. Suomessa ei tällä hetkellä ole olemassa muita, vastaavanlaatuisia mikroaineistoja, joilla kauppahinta-analyysejä voitaisiin tehdä.

6.1.5 Toimistojen vuokra-aineistot

KTI kerää ja tuottaa tilastoja toimistojen vuokrasta. KTI:n vuokra-aineistoon sisältyvät ammattimaisten kiinteistösijoittajien omistamien kohteiden vuokrasopimukset, ja niiden voidaan katsoa kuvaavaan hyvin ammattimaisen toimistomarkkinan kehitystä.

KTI suhtautuu positiivisesti aineistojen hyödyntämiseen tutkimuskäytössä ja pyrkii edistämään sitä omilla toimillaan. Aineiston hyödyntämiseen liittyy kuitenkin muutamia merkittäviä haasteita: Kiinteistösijoittajien ja KTI:n välinen sopimus määrittää, että kohteiden sijainti voidaan ilmoittaa vain sellaisella yksikkötasolla, jolla on vähintään kolmen eri omistajan vuokrasopimuksia. Sopimusehdon taustalla on tavoite siitä, että yksittäisten markkinatoimijoiden tuottamaa aineistoa ei voida tunnistaa. Tutkimuksen näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että pienin maantieteellinen taso, jolla sijaintia tai siihen liittyviä muuttujia voidaan kontrolloida, määrittyy toimitilamarkkinan alueellisen tiheyden ja omistuksen hajautumisen mukaan. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa hyödynnettyjä liikennealueita jouduttiin yhdistelemään, jotta tämä kolmen omistajan sääntö saatiin täytettyä. Tutkimuksessa hyödynnettyjen liikennealueiden määrä tippui asuntomarkkinoiden 264 liikennealueesta 78 liikennealueeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tarkastelun kohteena olevat liikennealueet ovat pinta-alaltaan suurempia ja saavutettavuutensa näkökulmasta heterogeenisempia, vaikeuttaen tarkkojen estimaattien muodostamista. Koska toimitilavuokrat

ovat erityisen herkkiä sijainnin osalta, ongelma on merkittävä ja asettaa merkittäviä haasteita saavutettavuusinvestointien vaikutusten arviointiin toimitilamarkkinoilla.

Käyttöön liittyvät rajoitteet tarkoittavat myös sitä, että jokaista tutkimusta varten KTI:ssä joudutaan tekemään aineiston käsittelyä, jossa muodostetaan sopivat maantieteelliset alueet ja varmistetaan aineiston luovutuskelpoisuus. Tämä työ vaikeuttaa ja hidastaa aineiston hyödyntämistä ja aiheuttaa merkittäviä transaktiokustannuksia. Lisäksi on syytä huomata, että sopimusehtojen mukaan KTI ei voi luovuttaa toimitilavuokra-aineistoja, vaan ainoastaan sallia niiden käytön. Tämä voi johtaa haasteisiin, jos tutkimus edellyttää eri aineistojen yhdistämistä ja kuhunkin aineistoon liittyy vastaavia ehtoja.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin vain toimistojen vuokra-aineistoja Pääkaupunkiseudulla. Aineiston hyödyntämisen haasteiden voidaan olevan vielä suurempia liiketilojen osalta ja siirryttäessä pois suurimmista kaupungeista.

6.1.6 Asuntojen vuokra-aineistot

Tutkimuksen edetessä pohdittiin myös asuntojen vuokrien ja saavutettavuuden yhteyden tutkimista. Tämä osuus hankkeesta jätettiin toteuttamatta, sillä olemassa olevat asuntojen vuokra-aineistot sisältävät merkittäviä haasteita.

Käytännössä potentiaalisia vuokra-aineistoja voidaan tunnistaa kolme: Tilastokeskuksen vuokra-aineisto, KTI:n asuntojen vuokra-aineisto sekä erilaiset Internet-pohjaiset asuntojen vuokrapyyntihinta-aineistot. Tilastokeskuksen aineisto perustuu asumistukea saavien henkilöiden antamien henkilöiden vuokratietoihin ja kyselyihin. Aineisto ei siis kuvaa koko vuokramarkkinaa, ja sen keräämistä vuoksi aineistosta puuttuu merkittäviä asunnon ominaistietoja. KTI:n asuntojen vuokra-aineisto perustuu suurimpien kiinteistösijoittajien asuntosijoitussalkkuihin sisältyvistä vuokrasopimuksista. Aineisto on lähtökohtaisesti korkealaatuista, mutta koska Suomessa on lukumääräisesti vähän suuria asuntosijoittajia ja kohteet ovat klusteroituneet maantieteellisesti omistajille, aineiston luovutusehdot rajoittavat mikroaineistojen hyödyntämistä merkittävästi (ks. tarkempi kuvaus luovutusehdoista toimitilojen vuokra-aineistojen alaluvusta). Lisäksi aineisto sisältää ainoastaan ammattimaisten kiinteistösijoittajien omistamat kohteet, eikä siksi edusta vuokramarkkinaa kattavasti. Kohteissa voidaan olettaa olevan valikoitumista ainakin maantieteellisen sijainnin (keskittyminen suuriin kaupunkeihin) ja laadun osalta. Internet-pohjaiset vuokrapyyntihinta-aineistot (esim. Etuovi ja Oikotie) ovat lähtökohtaisesti melko kattavia, mutta niiden muodostamista ei ole suunniteltu tutkimuksen näkökulmasta, ja siksi niihin sisältyy joitakin rakenteellisia haasteita (esim. saman asunnon vuokraus voidaan tehdä samaa ilmoitusta hyödyntäen, jolloin ilmoituksen jättöpäivän ja poistumispäivän välinen aika ei välttämättä kuvaa markkinointiaikaa). Aineistosta ei myöskään voida tietää, onko sovittu vuokra sama kuin

pyyntivuokra tai onko kohdetta ylipäättänsä saatu vuokrattua vai onko ilmoitus poistettu muista syistä.

Kattavat ja luotettavat asuntojen vuokra-aineistot toisivat merkittävää lisäarvoa aihealueella tehtävälle tutkimukselle. Saavuttavuusinvestointien vaikutukset vuokramarkkinan voivat olla monimuotoisempia kuin omistusasuntomarkkinalla, ja näiden ilmiöiden tutkiminen on tällä hetkellä vain rajallisesti mahdollista. Olemassa olevien aineistojen yhdistäminen ja niiden mahdollistama aineistotriangulaatio voisi olla ratkaisu haasteeseen, mutta tällä hetkellä etenkin TILastokeskuksen ja KTI:n aineistojen tiukat luovutusehdot tekevät yhdistämisestä käytännössä mahdotonta. Lisäksi GPRS-regulaation myötä vuokra-aineistojen tarkkojen osoitteiden säilyttäminen ja luovutus on erittäin rajoitettua, mikä edelleen vaikeuttaa aineistojen yhdistämistä.

7. Vastaukset tutkimuskysymyksiin tutkimuksen pohjalta

7.1 Millä periaatteilla strategisen tason liikennejärjestelmäsuunnittelussa tulisi arvioida kiinteistömarkkinoihin kohdistuvia vaikutuksia?

Tässä tutkimuksessa on arvioitu saavutettavuuden kytkentöjä asuntojen hintoihin ja vuokriin sekä toimistotilojen vuokriin.

Välttämätön edellytys liikennehankkeen kiinteistömarkkinoille kohdistuville vaikutuksille on se, että se parantaa saavutettavuutta ja sitä kautta vähentää liikkumis- ja kuljetuskustannuksia. Mahdolliset vaikutukset asuntojen, toimitilojen ja edelleen maan hintoihin perustuvat lähtökohtaisesti hyötyjen kapitalisoitumiseen maan arvoon. Kiinteistömarkkinoiden mahdollisia hintavaikutuksia ei voida pitää liikenneinvestoinnin yhteiskuntataloudellisena hyötynä käyttäjähöyryjen lisäksi, vaan toisena näkökulmana ja indikaattorityyppinä käyttäjähöyryjen rinnalla. Hintavaikutusten laskeminen hankkeen hyödyksi käyttäjähöyryjen lisäksi johtaisi hyötyjen kaksinkertaiseen laskentaan.

Kuitenkin saavutettavuuden sekä kiinteistömarkkinoiden ja yleisemmin yhdyskuntarakenteen välisten vaikutussuhteiden tutkimus on tärkeää ja tutkimustulokset tuottavat hyödyllistä informaatiota sekä liikennehankkeiden että niihin kytkeytyvän maankäytön kehittämisen päätöksentekoa varten. Parantuvan saavutettavuuden seurauksena paikallisesti nousevat hinnat toimivat indikaattorina kysynnän kasvusta ja markkinoiden osoittamasta paineesta kaavoittaa ja rakentaa lisää ja tehokkaammin näihin sijainteihin. Kaupunkien kannalta lisäkaavoitus sekä kaupungin omistamien tonttien luovutus parantuneen saavutettavuuden sijainneissa mahdollistaa tulovirran, joka perustuu kaavoitetun maan myyntiin, yksityisen maan maankäyttösopimuskorvauksiin sekä kiinteistöveroihin. Näillä tuloilla kaupungit voivat osittain tai kokonaan rahoittaa liikenneinvestointeja omalta osaltaan.

Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutuksen näkökulmasta on tärkeää tunnistaa liikenneinvestointien keskeinen rooli kaupunkiseutujen yhdyskuntarakenteen kehittämisessä. Parantunut saavutettavuus sekä toiminnallisesti hyvät liikennehankkeet luovat edellytyksiä tiiviin ja toimivan yhdyskuntarakenteen suunnittelulle ja toteuttamiselle. Liikenteellisesti tärkeiden keskustien tiivistäminen ja kasvattaminen lisää osaltaan myös

saavutettavuutta, koska liikkujia tuodaan tiivistämisen myötä lähemmäs toisiaan.

Kuten luvussa 2 todettiin, liikennehankkeet eivät johda automaattisesti merkittäviin muutoksiin maankäytössä ja sitä kautta syntyviin taloudellisiin vaikutuksiin. Vaikutusten edellytyksenä on, että maankäyttö ja aluetalous pystyvät hyödyntämään liikennehankkeen kautta syntyvät saavutettavuusedut. Tämän lisäksi suunnittelujärjestelmän ja poliittisen päätöksenteon pitää mahdollistaa muutoksia, jotka luovat edellytykset vaikutusten realisoitumiselle. Tämän mukaisesti liikennehankkeella yksistään, ilman maankäytön kehittämiseen kohdistuvaa kysyntää tai ilman maankäytön kehittämisen taloudellisia, institutionaalisia ja poliittisia edellytyksiä, saattaa olla vain vähäinen vaikutus maankäyttöön ja aluetalouteen. Jos kaavoitus ei mahdollista maankäytön tehostamista ja maankäytön muuttumista, vaan ”jäädättää” aikaisemman maankäytön, vaikutukset maankäyttöön ja aluetalouteen jäävät vajavaisiksi.

Jos liikennehankkeiden aiheuttamia kiinteistömarkkinavaikutuksia ja niiden hyötyjä halutaan tehokkaasti ja oikeudenmukaisesti jakaa investoinnin toteuttavalle taholle, lupaavin väylä vaikuttaisi olevan kiinteistöveron kehittämisessä. Myös uudentyypiset rahoitusmallit, kuten kiinteistökehittämistä ja infrastruktuurin rakentamista yhdistävät hankeyhtiömallit voivat toimia tapana hyödyntää liikennehankkeiden kiinteistömarkkinahyötyjä liikenneinvestointien rahoittamisessa.

7.2 Miten kiinteistömarkkinavaikutuksia tulisi käsitellä osana liikennehankkeiden arviointia?

Kiinteistöjen hinnan nousun ottaminen mukaan tarkoittaisi hyötyjen laskemista kahteen kertaan. Nykyisellään liikennehankkeiden aiheuttamia kiinteistömarkkinavaikutuksia ei tule ottaa huomioon hankkeiden hyötyjä ja haittoja arviotaessa. Liikennehankkeet muuttavat alueiden saavutettavuutta ja siten sekä niihin kohdistuvien että niistä lähtevien matkojen ajallisia ja rahallisia kustannuksia. Teoria ennustaa, että nämä suorat hyödyt siirtyvät maan arvoon, joka nousee tai laskee liikkumiskustannuksien muutoksen verran. Maan arvon muutos on siten vaihtoehtoinen tapa kuvata liikennehankkeen aiheuttamia liikkumiskustannusten muutoksia. Matka-aikasäästöjen kapitalisoituminen kiinteistöjen hintaan toisaalta tarkoittaa sitä, että vaihtoehtona matka-aikojen lyhenemisen arvioinnille voidaan arvioida kiinteistöjen arvonnousua.

Liikennehankkeiden rahoitukseen ja rahoitusneuvotteluihin osallistuu tavoitteiltaan ja velvollisuuksiltaan erilaisia tahoja. Kiinteistömarkkinavaikutusten arvioinnista voi olla hyötyä muissa arvioinneissa ja suunnitteluprosesseissa. Näitä prosesseja ovat:

- Kaavoitukseen liittyvä vaikutusarviointi
- Sosiaalisten vaikutusten arviointi (esim. segregatio)
- Päätöksenteon ja neuvottelun tukena eri osapuolien välisissä rahoitusneuvotteluissa.

Käytössä olevaa budjettiin perustuvaa rahoitusmallia varten on syytä asettaa hankkeet järjestykseen toteuttamisen kiireellisyyden mukaan. Hankkeiden vertailu edellyttää systemaattista arviointitapaa.

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että suuremman saavutettavuuden alueilla saavutettavuuden vaikutus asuntojen hintoihin on suurempi kuin pienemmän saavutettavuuden alueilla. Tämä voi tarkoittaa sitä, että samansuuruinen saavutettavuuden paraneminen on yhteiskunnalle arvokkaampaa alueella, jolla on jo valmiiksi hyvä saavutettavuus. Tämä viittaa siihen, että yhteiskuntataloudellisten laskelmien yksikkökustannuksissa tulisi huomioida ajan arvojen variaatiot yksilöiden välillä, kun liikennehankkeiden hyötyjä arvioidaan syntyvien aikasäästöjen kautta.

7.3 Mitkä edellytykset liikennejärjestelmän kiinteistömarkkinavaikutusten arvioinnille ovat Suomessa?

Edellytykset liikennejärjestelmän kiinteistömarkkinavaikutusten kvantitatiiviselle arvioinnille Suomessa ovat tällä hetkellä heikot. Aiheesta ei vielä ole riittävästi tietämystä, jotta vaikutusarviointiin voitaisiin viedä suosituksia tai menetelmiä kiinteistömarkkinavaikutusten käsittelemiseen. Tämä tutkimus ei onnistunut estimoimaan luotettavaa kausaali vaikutusta saavutettavuuden muutosten ja asuntojen hintojen tai toimistojen vuokrien välille. Lisäksi tutkimuksessa käytetty saavutettavuusmittari on tällä hetkellä saatavissa vain Helsingin seudulle, joten arvioiden tekeminen täsmälleen samoin menetelmin ei tällä hetkellä onnistu muualla Suomessa.

Käytetty saavutettavuusmittari on tuotettu HELMET-mallilla. Mallin maantieteellinen tarkkuus sopii kohtuullisesti alueiden saavutettavuusmuutoksien arviointiin koko alueen tasolla, mutta tarkkuus on liian karkea yksittäisten talojen tai tonttien saavutettavuusmuutosten arviointiin ja mahdollisesti joukkoliikenteen eri kulkutapojen välisten vaikutusten arviointiin. Raskaan raideliikenteen saavutettavuusvaikutus on suuri ja kohdistuu bussiliikennettä pistemäisemmin, joten väljä aluejako hankaloittaa hankkeen vaikutusten arviointia.

Mahdollisuudet liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutusten tutkimukselle ovat kuitenkin hyvät. Asuntojen hinta-aineisto on Suomessa kattavaa koko maan tasolla ja Suomesta löytyy asiantuntemusta niin teoreettiseen kuin empiiriseen liikenteen ja kiinteistömarkkinoiden tutkimukseen. Alalla on kuitenkin runsaasti tutkittavaa ja eteneminen vaatii panostuksia niin perus- kuin soveltavampaankin tutkimukseen.

Liikennejärjestelmän, saavutettavuuden ja kiinteistömarkkinoiden välisten yhteyksien analyysi on tässä tutkimuksessa keskittynyt saavutettavuuden sekä asuntojen ja toimitilojen hintojen välisiin vaikutussuhteisiin. Tätä tutkimuslinjaa on perusteltua jatkaa, sillä hintavaikutukset ovat keskeinen väline ymmärryksen lisäämiselle liikennejärjestelmän ja yhdyskuntarakenteen välisistä yhteyksistä. Tästä näkökulmasta on perusteltua panostaa mm. liikennehankkeiden sekä yhdyskuntarakenteen pitkän aikavälin kehitystä

analysoiviin tapaustutkimuksiin ja jälkiarviointeihin. Muita tärkeitä tutkimusteemoja ovat mm.

- Liikennehankkeiden ja saavutettavuusmuutosten vaikutusten kohdentuminen eri väestöryhmiin: Miten saavutettavuuden muutosten hyödyt ja mahdollisten hintavaikutusten (asuntojen hinnat ja vuokrat) kustannukset ja hyödyt kohdistuvat eri kotitalous- ja asukasryhmiin mm. Iän, tulotason, koulutustason suhteen?
- Liikennehankkeiden ja saavutettavuusmuutosten vaikutusten kohdentuminen eri tyyppisiin yrityksiin: Miten saavutettavuuden muutosten hyödyt ja mahdollisten hintavaikutusten (mm. toimitilojen vuokrat) kustannukset ja hyödyt kohdistuvat eri toimialojen ja eri kokoluokkien yrityksiin?
- Syrjäytymisvaikutukset: Kun kysyntä lisääntyy paremman saavutettavuuden sijainneissa, mitä tapahtuu niissä sijainneissa, joissa saavutettavuus ei muutu tai heikkenee.

7.4 Miten tietopohjaa tulisi kehittää?

Tutkimuksen pohjalta keskeistä olisi ymmärtää paremmin liikennejärjestelmän ja maankäytön vuorovaikutusmekanismeja.

Liikennehankkeiden, maankäytön ja kiinteistömarkkinoiden muodostama järjestelmä on monimutkainen: vaikutukset voi olla useisiin suuntiin, ne voivat olla toisiaan voimistavia tai heikentäviä ja ne voivat vaikuttaa eri toimijoihin eri tavoin. Vuorovaikutuksen ymmärtäminen edellyttää myös eri kulkutapojen ominaisuuksien ja erojen ymmärtämistä, jonka avulla eri kulkutapojen vaikutuksia saavutettavuuteen kyetään ennakoimaan.

Ymmärrystä erilaisten vaikutusten ja mekanismien heterogeenisuudesta ja heterogeenisista vaikutuksista toimijoihin tarvitaan lisää. On todennäköistä, että erilaiset kotitaloudet ja erilaiset yritykset kokevat, arvostavat ja hyödyntävät saavutettavuutta eri tavoin. Esimerkiksi saavutettavuus työssäkäyvälle voi olla erilaista kuin saavutettavuus eläkeläiselle, työttömälle tai lapselle. Kiinteistömarkkinalla huomio kohdistuu usein liikennehankkeesta hyötyvien alueiden arvonnousuun, mutta myös mahdollisia syrjäytymisvaikutuksia ja niiden sosioekonomista kohdentumista tulisi ymmärtää paremmin. Näiden asioiden, sekä niihin mahdollisesti liittyvien polkuriippuvuuksista seuraavien riskien tunnistaminen ja huomioon ottaminen on selkeä edellytys kestävästä yhdyskuntarakenteen suunnittelulle.

Tästä syystä tutkimusta tulisi kohdistaa eri tekijöiden välisten vaikutuskanavien, niiden vaikutusten kohdentumisen sekä niiden ohjaamisen ja hallinnan mahdollisuuksiin.

Tietoaineistoja voidaan kehittää niin saavutettavuuden, asuntojen vuokratietojen ja toimistojen tietojen suhteen. Saavutettavuusaineistoja tulisi kehittää luomalla työkalu, jolla saavutettavuuksia voidaan laskea koko Suomen alueelle. Vaihtoehtoisesti on tutkittava mahdollisten muiden sopivien ja yleiskäyttöisten saavutettavuusmittarien käyttökelpoisuutta liikennehankkeiden kiinteistömarkkinavaikutusten arviointiin. Keskustasaavutettavuuteen perustuvat mittarit eivät kuitenkaan kaikilta osin palvele suunnittelun tarkoituksia, sillä niihin sisältyy oletus monosentrisestä kaupunkirakenteesta eivätkä ne ole helposti hyödynnettävissä kaupunkien

välischen liikenehankkeiden arviointiin. Kaupunkiseutujen sisällä keskustasaavutettavuus systemaattisesti suosii säteittäisyhteyksiä parantavia hankkeita. Saavutettavuusmittarien kehitystyössä tulee huomioida ainakin liikennemäärien ennustamiseen liittyvät tarpeet, hankearviointien tarpeet ja laajempien taloudellisten vaikutusten arviointien tarpeet, jotta samoja menetelmiä voidaan hyödyntää eri arviointien lähtötietojen tuotannossa. Lisäksi tulee huomioida mittarien soveltuvuus erilaisille alueille, jotka eroavat toisistaan käytettävissä olevien kulkumuotojen ja yhdyskuntarakenteen osalta. Vaikka tiheällä kaupunkiseudulla kiinteistömarkkinan muutokset korreloisivat joukko liikennesaavutettavuuden kanssa, ei kytkeä ole yleistettävissä valtakunnallisesti, sillä eri kulkumuodot vaikuttavat saavutettavuuteen eri tavoin erilaisilla käyttäjämäärillä. Tässä työssä tunnistetuista saavutettavuuden mittareista vain logsum-saavutettavuus kykenee kuvaamaan saavutettavuutta kulkumuotoneutraalisti ja erilaiset maankäytön painopisteet huomioon ottaen.

Suomessa ei tällä hetkellä ole tietokantaa, jossa olisi edustava otos asuntojen vuokrista. Tästä syystä asuntojen vuokramarkkinoiden empiirinen tutkimus on erittäin haastavaa. Nykyiset asuntojen vuokra-aineistot kerätään toimijoilta, jotka eivät edusta kuin tiettyä osaa vuokramarkkinoista, kuten tuensaajilta. Erilaisten aineistojen yhdisteleminen voisi olla osaratkaisu haasteeseen, mutta nykyiset aineistojen luovutusehdot eivät mahdollista niiden yhdistämistä muihin aineistoihin.

Toimistojen vuokra-aineistoista on KTI:llä kattava ja hyvä tietokanta. Kuitenkin aineistojen saaminen tarvittavassa tarkkuustasossa edes tutkimuskäyttöön on erittäin haastavaa. Haasteet johtuvat vuokranantajien kanssa tehdyistä aineistojen luovutussopimuksista. Sopimuksia tulisi kehittää siten, että aineistojen luovuttaminen tutkimuskäyttöön olisi mahdollista tarkimmalla mahdollisella tarkkuustasolla.

7.5 Mitkä ovat keskeiset seuraavat jatkotutkimusta vaativat asiat?

Jatkotutkimusta tulisi kohdistaa eri tekijöiden välischen vaikutuskanavien, niiden vaikutusten kohdentumisen sekä niiden ohjaamisen ja hallinnan mahdollisuuksiin. Tutkimusryhmä nostaa esille neljä keskeistä jatkotutkimusaluetta:

1. Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutusmekanismit ja vaikutusten suuruudet.
2. Tulosten yleistettävyys muille kaupunkiseuduille ja maaseudulle.
3. Saavutettavuuden kiinteistömarkkinavaikutuksen heterogeenisuus ja sen syyt.
4. Saavutettavuuden vaikutus asuntojen vuokriin.

Tehty tutkimus on hyvä askel eteenpäin liikenteen ja kiinteistömarkkinoiden välischen yhteyden selvittämiseksi Suomessa. Tutkimuksen perusteella on selvää, että eri hankkeiden vaikutukset eroavat toisistaan ja riippuvat hankkeen liikenteellisistä ominaisuuksista, sekä vaikutusalueen maankäytöstä. Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutusmekanismeja tulisikin tutkia tarkemmin. Liikenehankkeiden vaikutuksien arviointia tukisi parhaiten

merkittävien hankkeiden systemaattiset jälkianalyysit. Analyyseissa tulisi ottaa suorien, liikennealueelle kohdistuvien vaikutusten lisäksi huomioon mahdolliset muille alueille kohdistuvat syrjäytymisvaikutukset, kun alueiden suhteelliset saavutettavuudet muuttuvat ja toiminnot vaihtavat paikkaa alueelta toiselle. Huolellisilla koeasetelmilla toteutetut tutkimukset antaisivat realistisempia arvioita kausaalivaikutuksen todennäköisistä vaihteluväleistä ja tukisivat suunnittelussa tarvittavien arvioiden laadintaa.

Tämä tutkimus koski pääkaupunkiseutua, asuntojen hintoja ja toimistojen vuokria. Kiinnostava tutkimuskysymys onkin vaikutusten yleistyminen muille kaupunkiseuduille ja maaseudulle: Onko saavutettavuuden vaikutus muilla alueilla sama kuin pääkaupunkiseudulla vai vaihtelee saavutettavuuden vaikutus asuntojen hintoihin ja toimistotilojen vuokriin eri puolella Suomea?

Tutkimuksessa saavutettavuuden vaikutuksessa havaittiin huomattavaa heterogeenisuutta. Tutkimusta tulisi kohdentaa tämän heterogeenisuuden syihin, mekanismeihin ja seurauksiin: Mitä saavutettavuus on erilaisille käyttäjille? Mikä on tärkeää? Miten saavutettavuus vaikuttaa ihmisten käyttäytymiseen? Mitkä ovat liikennehankkeiden tulonjako- ja sosiaaliset vaikutukset ja voidaan niitä ohjata? Lisäksi saavutettavuusmuutokset vaikuttavat todennäköisesti eri tavoin eri toimialojen yrityksiin ja eri kokoisiin yrityksiin. Näiden vaikutusten tutkiminen toisi tietoa erilaisten yritysten saavutettavuustarpeista ja niihin vastaamisesta.

Saavutettavuuden vaikutusta asuntojen vuokriin ei saatu tutkittua. Asuntojen vuokrien voidaan ajatella seuraavan tarkemmin alueen sen hetkistä saavutettavuutta, sillä omistusasuntojen hinnat ennakoivat myös tulevia saavutettavuusmuutoksia, mitä asuntojen vuokrat eivät välttämättä ennakoit. Empiiristä tutkimusta aiheesta on Suomessa niukasti.

Lähdeluettelo

Acheampong, R. A. & Silva, E. A. (2015). Land use-transportation interaction modeling: A review of the literature and future research directions. *The Journal of Transport and Land Use*. 11-38.

Ahlfeldt, G. and Nitsch, V. and Wendland, N. (2016). Ease vs. noise: on the conflicting effects of transportation infrastructure. CESifo Working Paper Series 6058. CESifo Group Munich, Munich, Germany.

Alonso, W. (1964). *Location and Land Use*. Harvard University Press.

Bannister, D. & Berechman, J. (2003). *Transport Investment and Economic Development*, Routledge.

Batty, M. (2009). Accessibility: in search of a unified theory [Editorial]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 191 - 194.

Baum-Snow, N. and Kahn M. E. (2000). The Effects of New Public Projects to Expand Urban Rail Transit. *Journal of Public Economics* 50(1), 1-25.

Beckman, M.J. & Thisse, J.F. (1986). *The Location of Production Activities*. Kirjassa *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 1. North_Holland.

Bertaud, A. (2004). The spatial organization of cities: Deliberate outcome or unforeseen consequence?.

Bertraud, A. (2010). *Land Markets, Government Interventions, and Housing Affordability*. Wolfensohn Center For Development at Brookings.

Billings, S. B. (2011). Estimating the value of new transit option. *Regional Science and Urban Economics* 41(6), 525-536.

Boisjoly, G. & El-Geneidy, A. (2017). How to get there? A critical assessment of accessibility objectives and indicators in metropolitan transportation plans. *Transport Policy*, 38–50.

Bowes, D. R. and Ihlanfeldt, K. R. (2001). Identifying the Impacts of Rail Transit Stations on Residential Property Values. *Journal of Urban Economics* 77(2), 241-263.

Bowman, J. L. & Ben-Akiva, M. (1996). *Activity Based Travel Forecasting*.

Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis*. New York Dordrecht Heidelberg London: Springer.

Chin, S. and Kahn, M. E. and Hyungsik R. M. (2017). Estimating the Gains from New Rail Transit Investment: A Machine Learning Tree Approach. NBER Working Paper No. 23326.

Fujita, M. (1989). *Urban Economic Theory*. Cambridge University Press

Geurs, K. T. & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 127 - 140.

Gibbons, S. and Machin, S. (2005). Valuing rail access using transport innovations. *Journal of Urban Economics* 57(1), 148-169.

Hanson, S. (2004). *The Context of Urban Travel, Concepts and Recent Trends*. Teoksessa S. Hanson & G. Giuliano, *The Geography of Urban Transportation* (ss. 3 - 29). New York: The Guilford Press.

- Harjunen, O. (2018). Metro Investment and the Housing Market Anticipation Effect, Helsingin tietokeskuksen työpapereita 2018:2. Helsinki.
- Harvio, S. & Hynynen, A. & Kolehmainen, J. & Laakso, S. & Lehto, V. & Matikka, J. (2016). Asemanseutujen kehittämiskonseptit ja investointimallit. Sweco & Kaupunkitutkimus TA.
- Holden, D. J. (1989). Wardrop's third principle. Urban Traffic Congestion and Traffic Policy, 239 - 262.
- HSL. (julkaisematon). Henkilöliikennemallit (HELMET 3.0). Helsinki: HSL.
- HSL. (2011). Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010. Helsinki: HSL.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in the regional science? Ninth European Congress of the Regional Science Association (ss. 7 - 21). Papers of the Regional Science Association
- Jääskeläinen, M, & Harjunen, O. & Laakso, S. & Niemelä, J. & Ronikonmäki, N-M. & Vuorio, L. (2019). MALPAKKA 2.0. Saavutettavuuden ja maankäytön tehokkuuden välinen yhteys Helsingin seudulla. HSL, MAL 2019.
- Laakso, S. & Kostianen, E. & Metsäranta, H. (2016). Liikennehankkeiden laajemmat taloudelliset vaikutukset. Kansantaloudellinen aikakauskirja – 112. vsk. – 4/2016.
- Laakso, S. (1997). Asuntojen hinnat ja asuntojen ominaisuuksien kysyntä pääkaupunkiseudun asuntomarkkinoilla. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos.
- Laakso, S., & Loikkanen, H. A. (2004). Kaupunkitalous: johdatus kaupungistumiseen, kaupunkien maankäyttöön sekä yritysten ja kotitalouksien sijoittumiseen. Gaudeamus.
- Law, S.;Penn, A.;Karimi, K.;&Shen, Y. (2017). The Economic Value of Spatial Network Accessibility for UK Cities: A comparative analysis using the hedonic price approach. Proceedings of the 11th Space Syntax Symposium. Lisbon.
- Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohje, Liikenneviraston ohjeita 14/2011.
- Litman, T. (2018). Evaluating Accessibility for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute.
- Loikkanen, H.A. & Laakso, S. (2016). Tiivistävä kaupunkikehitys – Tuottavuuden ja hyvinvoinnin kasvun perusta. Tehokkaan tuotannon tutkimussäätiö.
- Lopez, E. (2005). Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments - an accessibility approach. 45th Congress of European Regional Science Association: "Land Use and Water Management in a Sustainable Network Society. Amsterdam: European Regional Science Association.
- Manaugh, K.;Badami, M. G.;&El-Geneidy, A. M. (2015). Integrating social equity into urban transportation planning: A critical evaluation of equity objectives and measures in transportation plans in North America. Transport Policy, 167 - 176.
- MetropAccess & BusFaster (2014). Saavutettavuuslaskentaa joukkoliikenteen näkökulmasta: MetropAccess-Reititin. Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen laitos & BusFaster Oy, <https://blogs.helsinki.fi/saavutettavuus/tyokaluja/metropaccess-reititin/>
- Moilanen, P. (2012). Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutus kaupunkialueella. Kirjassa Loikkanen, H.A. & Laakso, S. & Susiluoto, I. (toim.) Metropolialueen talous. Helsingin kaupunki tietokeskus ja Kaupunkitutkimus ja metropolipolitiikka -ohjelma.
- Oster, E. (2019), Unobservable Selection and Coefficient Stability: Theory and Validation. Journal of Business & Economic Statistics, 37(2), s. 187-204.

- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy* 82: 34-55.
- Sheppard, S. (1999). Hedonic Analysis in Housing Markets. *Kirjassa Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 3. North_Holland.*
- Somerpalo, S. & Haapamäki, T. (2018). Maankäyttö hankearvioinnissa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 01/2018.
- Tenkanen, H. (2017). Capturing time in space: Dynamic analysis of accessibility and mobility to support spatial planning with open data and tools. Helsinki: Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen osasto.
- Train, K. E. (2002). *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Valli, R. & Byring, B. & Laakso, S. & Leskinen, T. & Teerihalmes, T. (2010). Raideliikenteen hyödyt. Helsingin seudun liikenne HSL.
- van Essen, M., Thomas, T., van Berkum, E., Chorus, C. (2015). From user equilibrium to system optimum: a literature review on the role of travel information, bounded rationality and non-selfish behaviour at the network and individual levels. *Transport Reviews*, 36 (4), 527 - 548.
- Venables, A.J., Laird, J., Overman, H. (2014). Transport investment and economic performance: Implications for project appraisal. UK Department for Transport tilaama.
- Wardrop, J. G. (1952). Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 1 (3), 325 - 362.
- World Bank (2009): Reshaping Economic Geography. World development report 2009.
- Xiao, Y.; Orford, S. & Webster, C. (2016a). Urban configuration, accessibility and property prices: a case study of Cardiff, Wales. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 108 - 129.
- Xiao, Y.; Webster, C. & Orford, S. (2016b). Can street segments indexed for accessibility form the basis for housing market delineation? *Housing studies*.

ISBN 978-952-60-3819-3 (pdf)
ISSN 1799-4888 (pdf)

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Rakennetun ympäristön laitos
www.aalto.fi

**KAUPPA +
TALOUS**

**TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
DISSERTATIONS**