

Matemaattiset mallit liikenteen päästöjen vähentämisen tukena

FORS-seminaari

Parempaa ympäristöpäästösentekoa matemaattisilla malleilla

Touko Väänänen, FLOU Oy

21.11.2019

Esityksen sisältö

Liikenteen päästövähennystavoitteet

Mitä on liikenteen suunnittelu?

Mallit arvioiden mahdollistajana

Mallit toimenpiteiden suunnittelun tukena

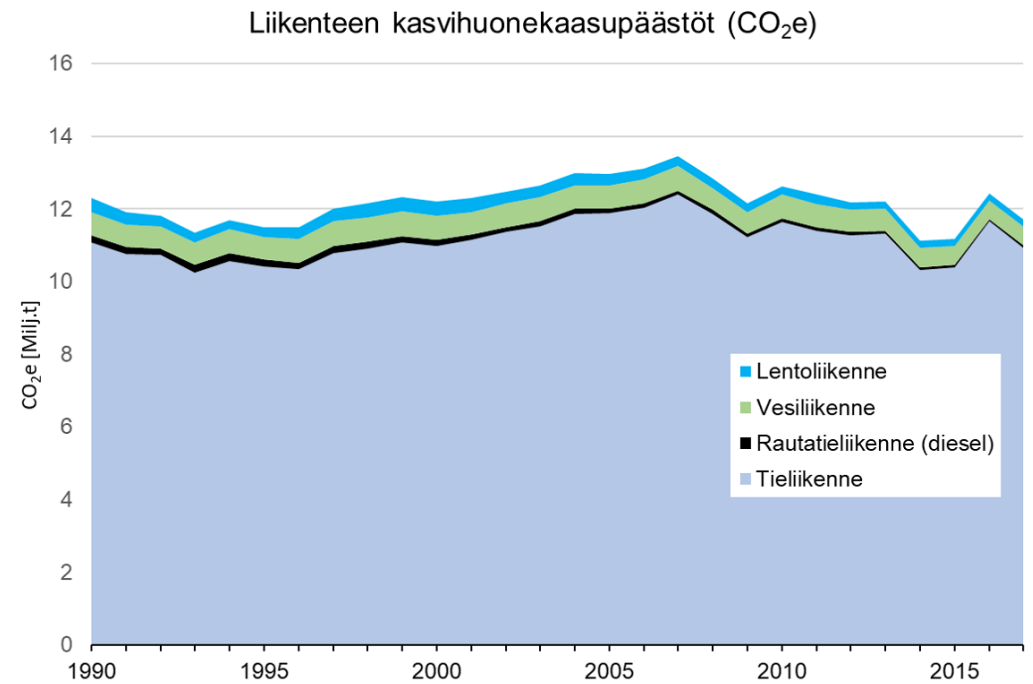
Mallit mittakaavan esilletuojana

Mallit liikenteen päästöjen vähentämisen tukena

Liikenteen päästövähennystavoitteet

Liikenteen päästöt ja vähennystavoitteet

- Liikenne tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä ja lähipäästöjä
- Liikenteen osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä on noin viidennes ja päästökaupan ulkopuolisista päästöistä noin 40 %
- Kasvihuonekaasupäästöjen määrä on pysynyt samoissa lukemissa 1990-luvulta asti
 - Päästöt per kilometri vähentyneet, mutta liikennesuorite (ajon. km/vuosi) on kasvanut
- Ylivoimaisesti suurin osa, noin 11 miljoonaa tonnia CO₂e, liikenteen päästöistä tulee tieliikenteestä
- Suomen tavoite on vähentää liikenteen päästöt puoleen vuoden 2005 tasosta vuoteen 2030 mennessä



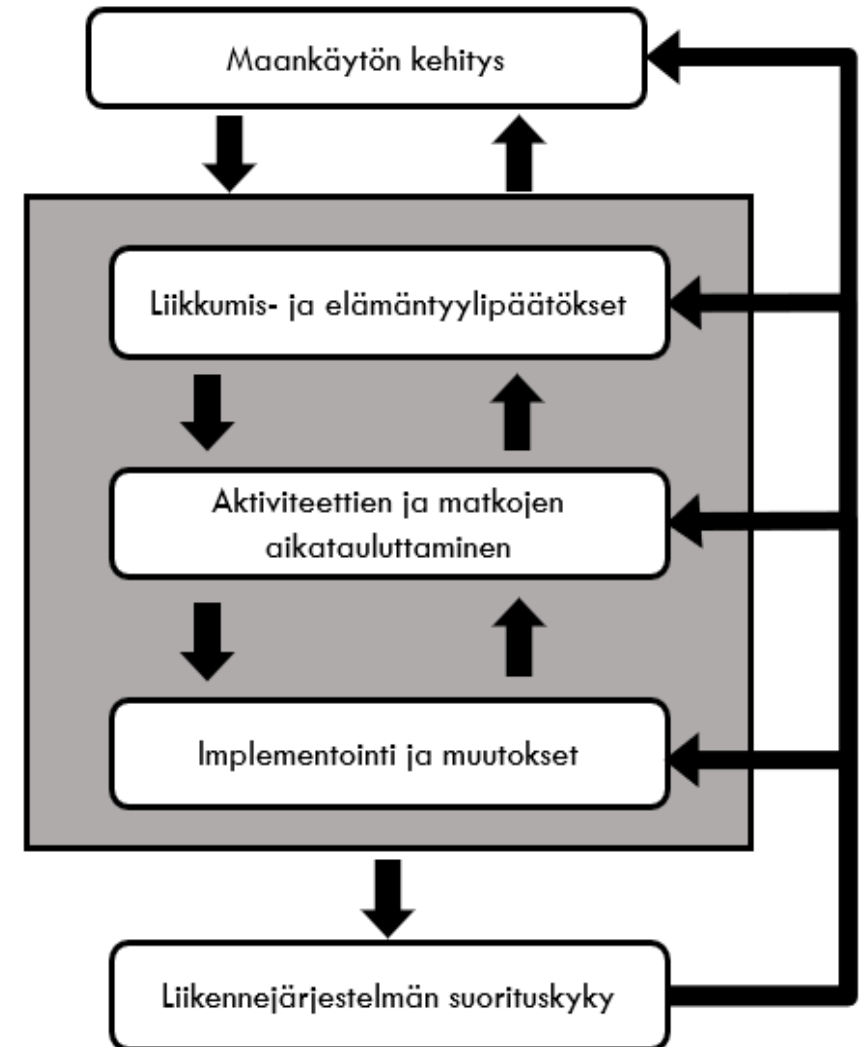
Kuvan lähde:

<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/cd3c06f0-ddc2-4984-840f-c35a98daf01e/liikkuminen-ja-yhdyskuntarakenne.html>

Mitä on liikenteen suunnittelu?

Liikenteen synty

- Pääosin ihmiset eivät liiku vain liikkuaakseen, vaan saavuttaakseen aktiviteetteja ja määränpäitä
- Liikenne syntyy maankäytön, liikennejärjestelmän toimivuuden ja ihmisten eri aikajänteisten päätösten, yhteispelinä
 - Liikenteeseen voidaan vaikuttaa vaikuttamalla johonkin näistä osatekijöistä
- Tavallisesti suunnittelu keskittyy maankäytön ja liikennejärjestelmän toimivuuden kehittämiseen
- Liikenteen ajatellaan tasapainottuvan liikenneverkolle Nashin tasapainomaisen *Wardropin periaatteen* mukaan
 - Kulkuvälineet ja reitit valitaan siten, että yksikään liikkuja voi lyhentää matka-aikaansa valintaansa muuttamalla



Miksi liikennettä suunnitellaan?

Liikenne on elintärkeää nyky-yhteiskunnallemme

- Ihmisten hyvinvointi perustuu pitkälti erikoistuneisiin toimitusketjuihin
- Ihmisten elinpiiri on laajempi, kun liikkuminen on mahdollista

Liikenteellä on runsaasti negatiivisia ulkoisvaikutuksia, joten ilman liikenteen suunnittelua ja ohjausta yhteiskunnan resursseja hukataan

- Ruuhkat
- Lähi- ja ilmastopäästöt
- Onnettomuudet

Liikenne ilmiönä on monimutkainen

- Runsaasti sopeutumismekanismeja muutoksiin
- Esimerkiksi Wardropin periaate johtaa siihen, että ruuhkatuntien matka-aikoja voidaan lyhentää vain julkisen liikenteen yhteyksiä parantamalla

Liikenteen ohjauskeinot

- Strategisella tasolla liikennettä voidaan ohjata vaikuttamalla liikenteen
 - Kysyntään
 - Suuntautumiseen
 - Kulkutapavalintoihin
- Liikenteen ohjaamisen keinoja ovat:
 - Kiellot ja rajoitukset (nopeusrajoitukset, ympäristövyöhykkeet)
 - Maksut (ruuhka, tie, lähipäästö, ilmastopäästö)
 - Liikennehankkeet
 - Maankäytön kehitys



Mallit arvioiden mahdollistajana

Ruuhkahuipun siirtymisen analyysi

Haaste

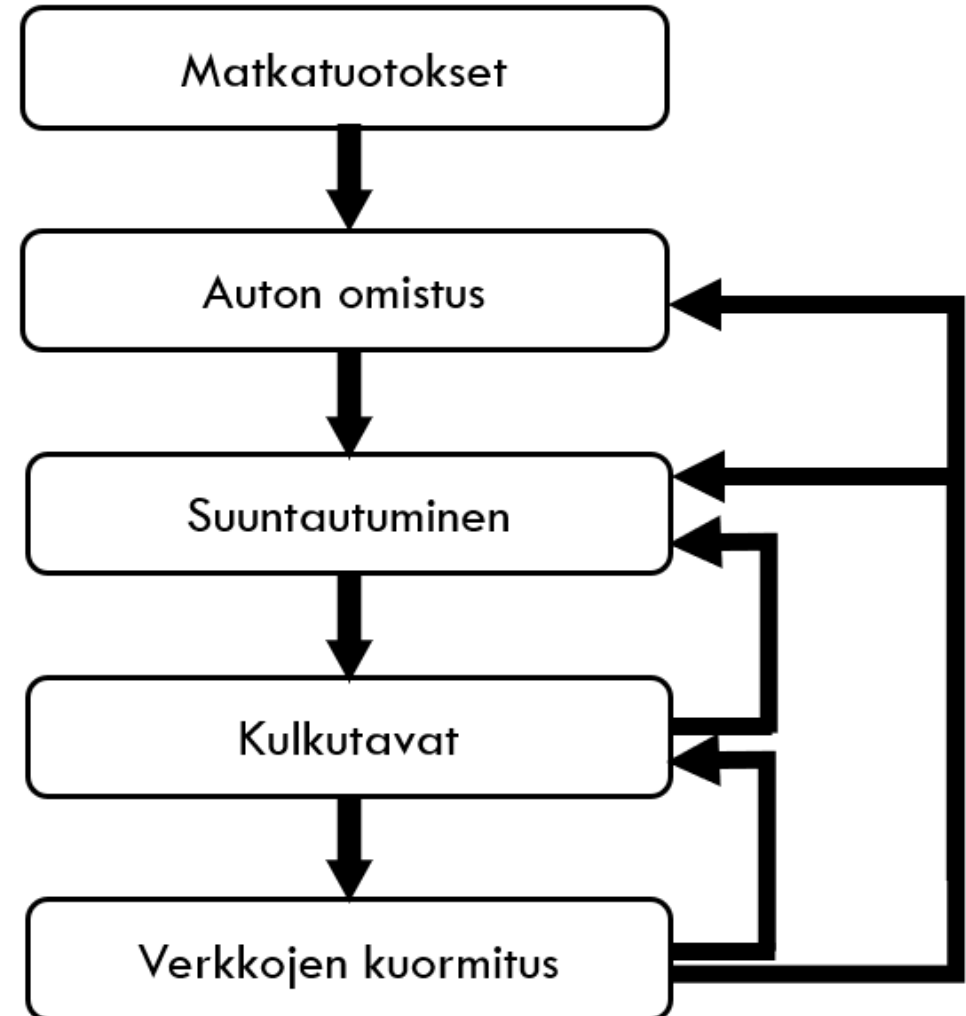
Helsingin yleiskaavassa on suunniteltu säteittäisväylien bulevardisointia. Kyseessä on niin radikaali muutos, että se saattaa vaikuttaa liikkumispäätöksiin, jotka eivät yleensä muutu. Tässä tapauksessa tutkittiin mahdollista ihmisten lähtöaikojen muuttumista bulevardisoinnin yhteydessä.

Tausta

Liikennejärjestelmän muutoksia tutkitaan Helsingin seudun liikennemallilla (HELMET). Kyseinen malli on niin kutsuttu neliporrasmalli, joka ennustaa liikennettä neljässä vaiheessa:

1. Matkojen määrä
2. Matkojen määränpää
3. Kulutavat
4. Reitit

Lisäksi mallissa on mukana auton omistuksen apumalli. Malli ei kuitenkaan ota dynaamisesti huomioon lähtöajan valintaa.



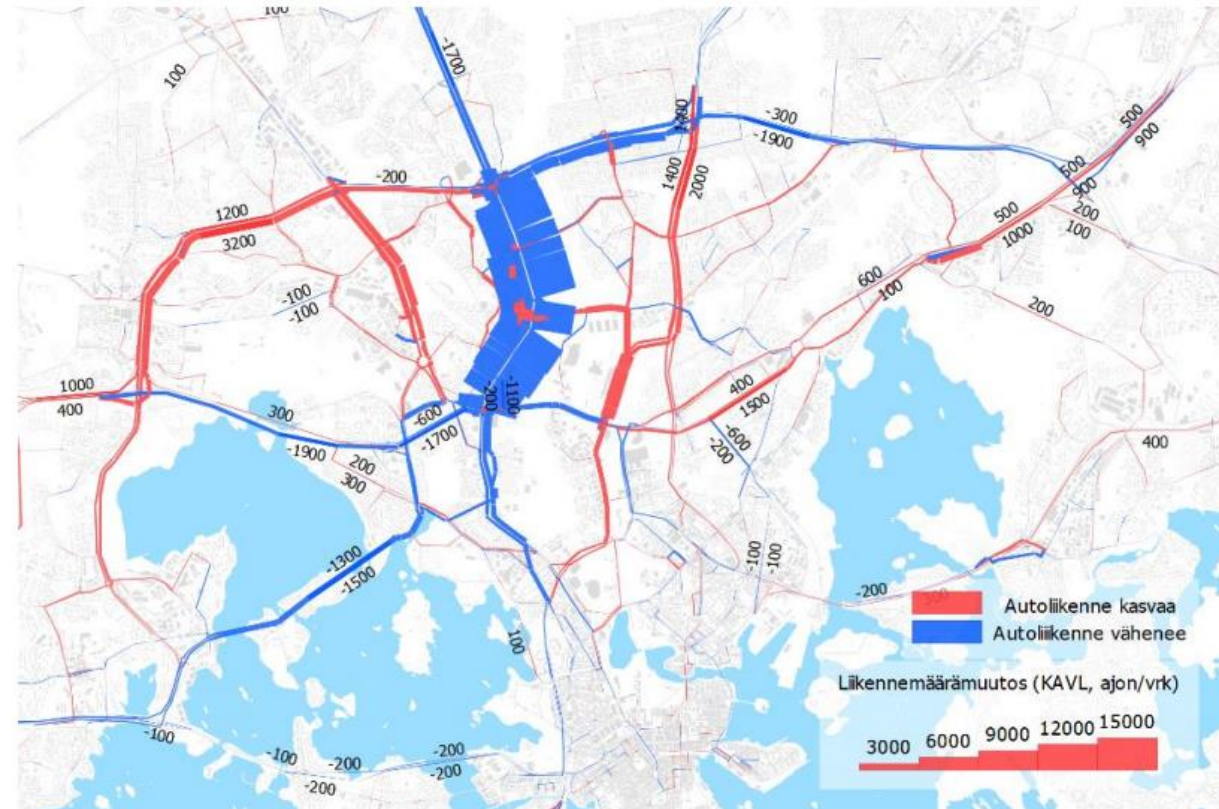
Ruuhkahuipun siirtymisen analyysi

Ratkaisu

Työssä tarkasteltiin Hämeenlinnanväylän bulevardisointia pienentämällä väylän kapasiteettia mallissa.

Ruuhkahuipun siirtymää arvioitiin muuttamalla ruuhkatunnin osuutta koko päivän matkoista. Mallinnusten kautta kävi ilmi, että mitä enemmän seudulla on liikennettä, sitä vähemmän bulevardisoitua väylää käytetään.

Tämä johtuu siitä, että liikennejärjestelmän muutoksen seurauksena liikkujat muuttavat kulkutapojaan, määränpaitään ja reittejään.



Mallit toimenpiteiden suunnittelun tukena

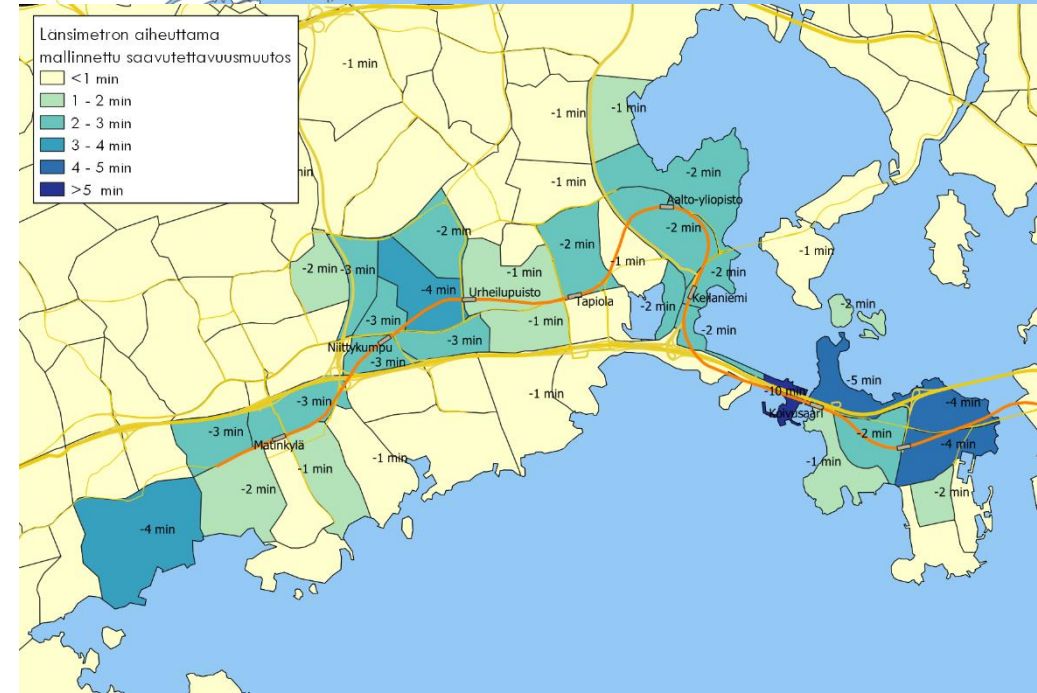
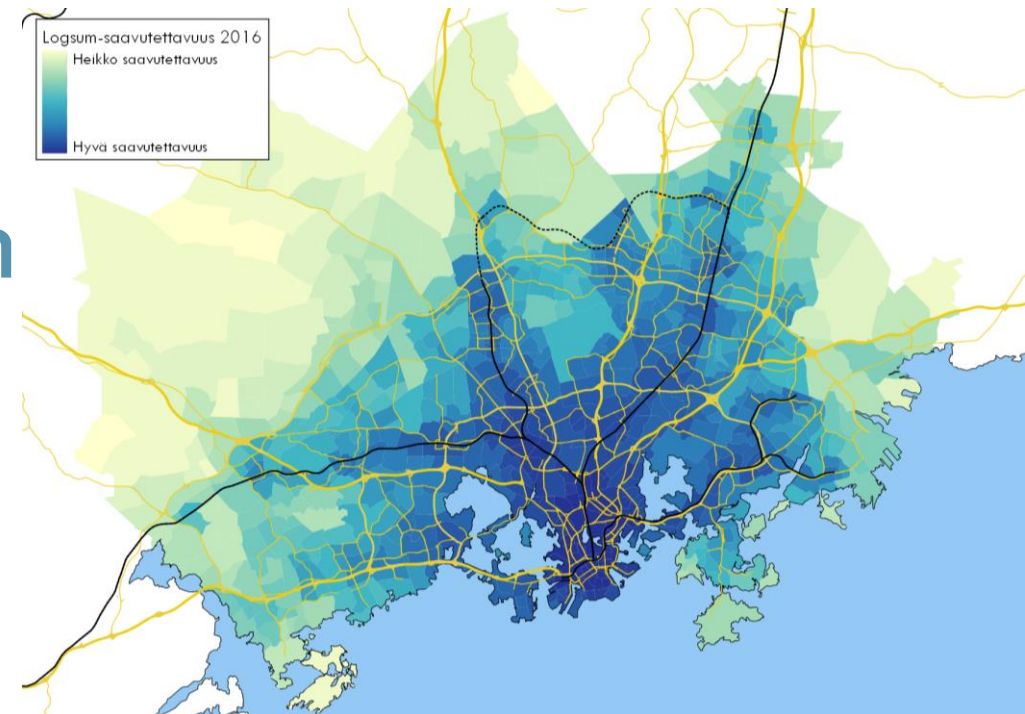
Matka-aikasäästöjen siirtyminen asuntojen hintoihin

Haaste

Saavutettavuus on monipuolinen ilmiö, johon vaikuttaa niin liikennejärjestelmä kuin maankäyttö. Lisäksi maankäytön ja liikennejärjestelmän välillä on takaisinkytkentä, joka näyttäytyy esimerkiksi maan ja kiinteistöjen arvon kautta. Liikennehankkeilla voi siten olla vaikutuksia muun muassa alueiden eriarvoistumiseen ja eriytymiseen.

Tausta

Suomessa käydään aktiivisesti keskustelua liikenneinfrastruktuurin ja siihen perustuvan saavutettavuuden taloudellisista vaikutuksista eri näkökulmista. 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.



Matka-aikasäästöjen siirtyminen asuntojen hintoihin

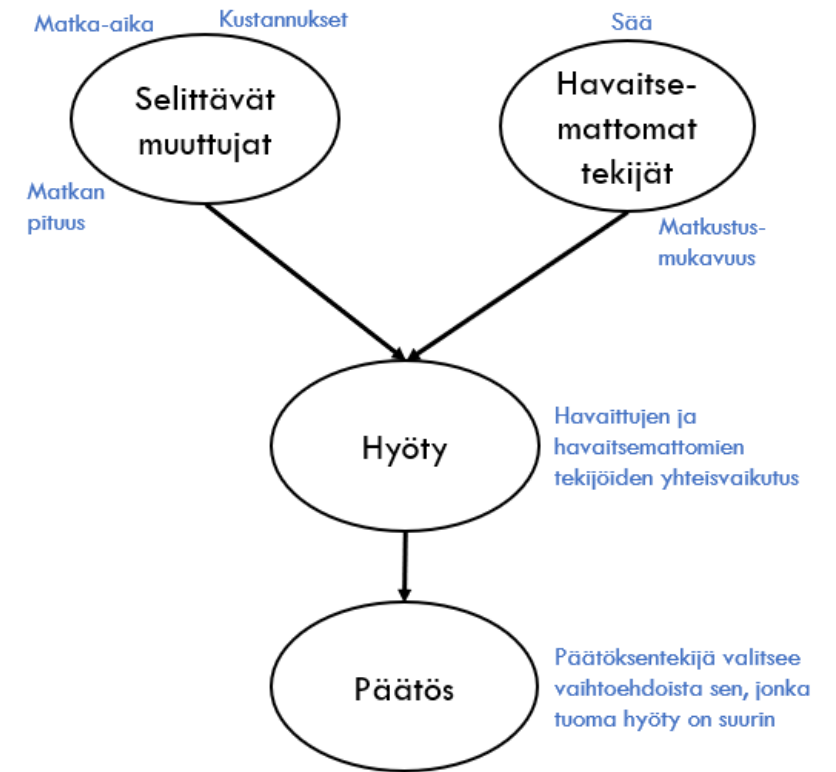
Ratkaisu

Saavutettavuuden ja maan arvon välistä suhdetta pääkaupunkiseudulla selvitettiin empiirisellä tutkimuksella. Saavutettavuutta mallinnettiin HELMET-mallin suuntautumismallin avulla.

Suuntautumismalli ennustaa alueiden maankäytön ja alueiden välisen liikkumisen helppouden perusteella mitkä ovat tietyltä alueelta lähtevien matkojen määränpää. Mallin avulla voi arvioida myös määränpään valinnasta koituvaa keskimääräistä hyötyä, mikä tässä tapauksessa tulkitaan saavutettavuudeksi.

Työmatkan lyhenemisen 20 minuutilla todettiin kasvattavan asuntojen hintoja keskimäärin 15,4 %. Koeasetelmasta johtuen oikea saavutettavuuden vaikutus on todennäköisesti pienempi.

Puhuttaessa ilmastotoimien oikeudenmukaisuudesta, niiden vaikutus saavutettavuuteen ja asuntojen hintoihin tarjoaa tärkeän yhdyskuntarakenteellisen näkökulman.



Seitettävä 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
Sijoittelualan 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. Sijoittelualan 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.

Mallit mittakaavan esilletuojana

Jaettujen kyytien potentiaali Helsingin seudulla



Haaste

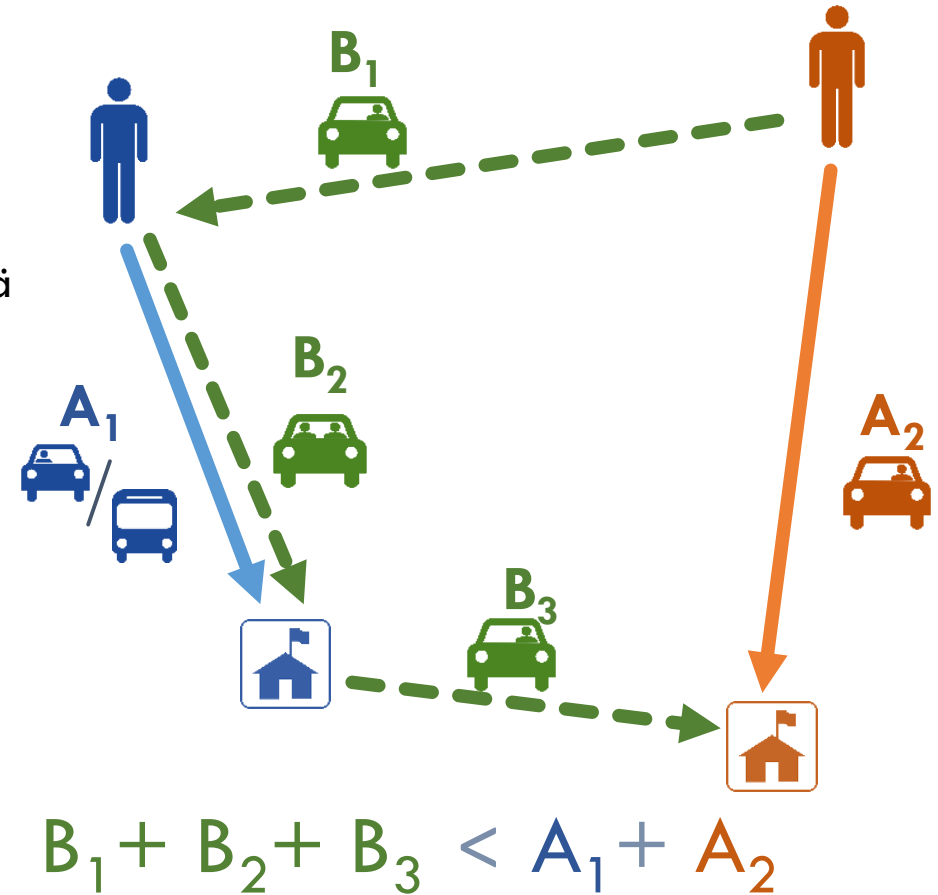
Liikkumisesta palveluna on puhuttu paljon, mutta erilaisten liikkumispalvelujen vaikutuksista tiedetään vähän, eikä niitä ole helppoa mallintaa perinteisillä liikenteen mallintamisen menetelmillä

Ratkaisu

Tarkasteltiin ruuhkatuntina kyytien jakamisen potentiaalia Helsingin seudulla. Liikenteen pohjakysyntä saadaan HELMET-mallista.

Malli vertailee tietyssä aikaikkunassa tehtyjen matkojen aika- ja rahallista kustannusta. Jos kahden matkan yhteenlaskettu kustannus ($A_1 + A_2$) on suurempi kuin jaetun matkan ($B_1 + B_2 + B_3$) kustannus, matka on mahdollista yhdistää.

Potentiaalin arvioimiseksi matkoja yhdistetään suurimmasta kustannusten erotuksesta alkaen, kunnes kaikki mahdolliset yhdistettävät matkat on yhdistetty.



Jaettujen kyytien potentiaali Helsingin seudulla

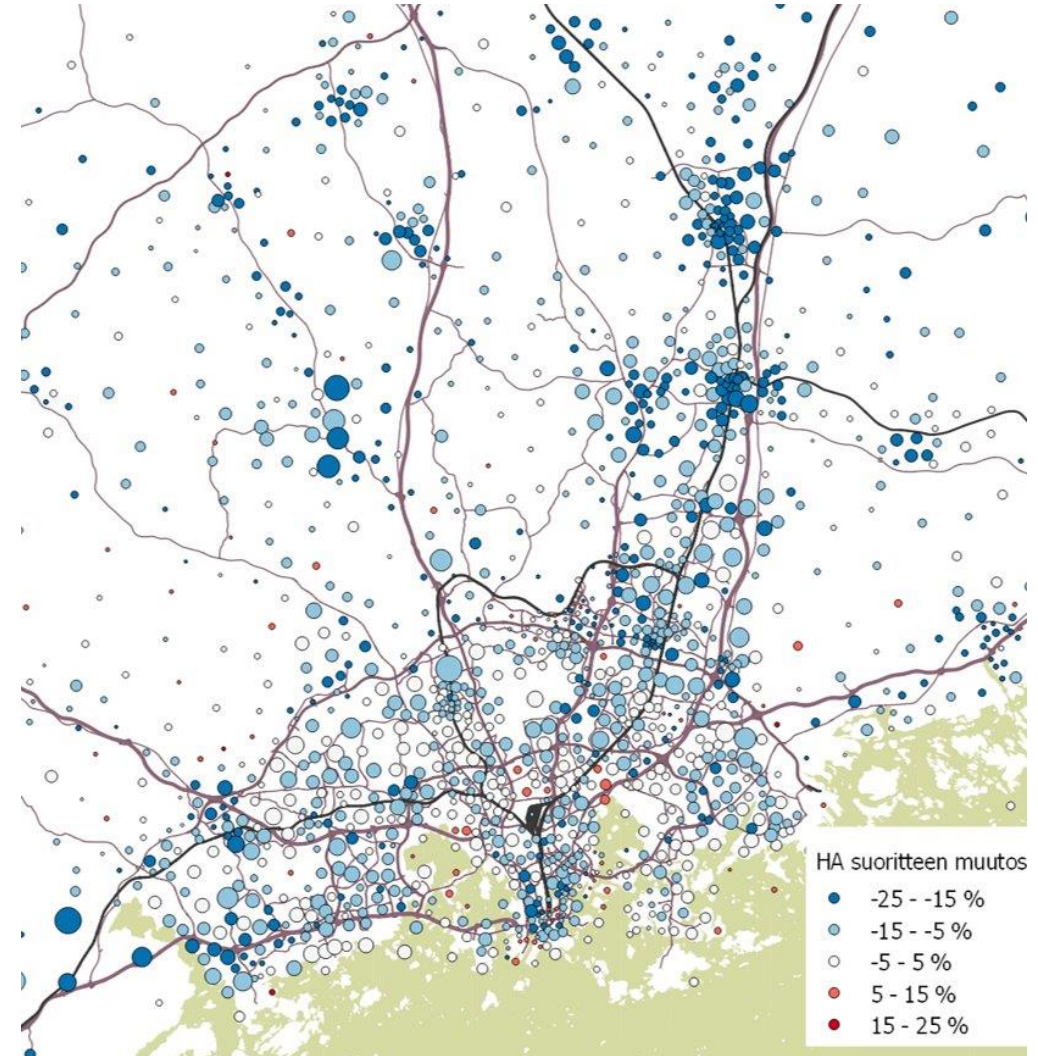


Tulokset

Jaetut kyydit sopivat parhaiten työmatkoille, jotka ovat usein toistuvia ja keskipitkiä matkoja. Näillä matkoilla säästetyn matkan pituus korvaa noutamisesta ja loppumatkasta koituvan lisäkustannuksen. Suurimmat hyödyt jaetuista kyydeistä syntyy Kehä III:n ulkopuolisissa alakeskuksissa.

Pääkaupunkiseudulla potentiaalinen ajosuoritteen vähenemä on 11 % tai 528 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuodessa. Keskimääräiset autojen ilmastopäästöt ovat 152 g/km, joten potentiaalinen ilmastopäästöjen vähennys on noin 0,08 miljoonaa tonnia CO₂e vuodessa.

Päästövähennykset vastaavat siten noin promillea vuosittaisista Suomen tieliikenteen päästöistä, jotka ovat noin 11 miljoonaa tonnia CO₂e vuodessa.



Mallit liikenteen päästöjen vähentämisen tukena

Mallit liikenteen päästöjen vähentämisen tukena



Mallien avulla mahdollistetaan arviot erilaisten toimenpiteiden vaikutuksista liikenteeseen ja siten liikenteen päästöihin.



Mallien avulla voidaan tukea ympäristöpäätöksentekoa tarjoamalla tutkittua vaikutustietoa liikennetoimenpiteiden monipuolisista vaikutuksista yhteiskuntaan.



Mallien avulla voidaan luoda ymmärrystä vaadittavasta mittakaavasta ja valittujen keinojen riittävydestä. Päästöjen vähennystavoitteet ovat erittäin kunnianhimoisia ja niiden saavuttamiseksi tarvitaan huomattava määrä toimenpiteitä kaikkialla Suomessa.

Kiitos!



Touko Väänänen, Data Scientist

touko.vaananen@flou.io

Tel. +358 44 977 5875

<http://www.flou.io>

FLOU

Pohjoisranta 14

00170 Helsinki

Finland