

Juulia Joronen

MATKALLA KOHTI HIILINEUTRAALIA KAUPUNKIA

Tampereen kulkutapajakaumatavoitteen
kustannukset ja hyödyt

Johtamisen ja talouden tiedekunta

Pro Gradu -tutkielma

1/2020

TIIVISTELMÄ

Juulia Joronen: Matkalla kohti hiilineutraalia kaupunkia –
Tampereen kulkutapajakaumatavoitteen kustannukset ja hyödyt
Pro Gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Taloustiede
1/2020

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on tutkia liikkumismuotojen kustannuksia ja hyötyjä. Tutkielma on tehty toimeksiantona Tampereen kaupungille. Tampereen kaupunki tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä, minkä johdosta se pyrkii muuttamaan kaupunkilaisten liikkumistottumuksia entistä kestävämpään suuntaan. Tutkielmassani tarkastelen erityisesti autoilun, kävelyn ja pyöräilyn kustannusten ja hyötyjen muutosta, mikäli kulkutapajakauma kehittyisi nykytilasta hiilineutraaliustavoitetta tukevan tavoitteen mukaisesti. Tavoitetilanteessa autoilua saataisiin vähennettyä ja vastaavasti pyöräilyn ja kävelyn kulkutapaosuuksia kasvatettua.

Tutkielmassani perustelen kirjallisuuden avulla, mitkä liikkumismuotojen kustannus- ja hyötyerät ovat olennaisia Tampereen kaupungin kannalta. Lisäksi taustoitan suomalaisten ja tamperelaisten liikkumistottumuksia ja sitä, miten niiden tulisi tulevaisuudessa muuttua, jotta hiilineutraaliustavoite olisi mahdollista saavuttaa. Varsinaisena menetelmänä tutkielmassani käytän kustannus-hyötyanalyysejä. Siinä vertaillaan liikkumismuotojen kustannuksia ja hyötyjä kaupungin, yksilön ja yhteiskunnan näkökulmasta. Kustannus-hyötyanalyysi perustuu yhteiskunnan hyvinvoinnin maksimointiin, mikä sopii usein julkisten hankkeiden arviointiin.

Kustannus-hyötyanalyyseistä selviää, että kulkutapamuutos synnyttää nettohyötyä niin kaupungille, yhteiskunnalle kuin yksilöllekin. Tavoitteen mukaisesti tamperelaiset liikkuisivat vuonna 2030 nykyistä vähemmän autolla. Yksilö hyötyisi kulkutapamuutoksesta eniten, ja suurimmat hyödyt syntyisivät ajoneuvokulujen supistuessa ja terveydentilan parantuessa. Yhteiskunnan kannalta merkittävin hyöty olisi ilmastomuutoksen haitallisten vaikutusten vähentyminen, mikä johtuu kasvihuonekaasupäästöjen pienenemisestä. Myös terveydenhuollon kustannuksissa säästettäisiin. Kaupungille puolestaan hyötyjä syntyisi autoiluun liittyvien investointikustannusten vähentyessä. Kustannus-hyötyanalyyseissä saadut tulokset ovat pääosin yhteneväisiä tutkimani kirjallisuuden kanssa.

Liikkumismuotojen kustannuksia ja hyötyjä on tutkittu jonkin verran Suomessa. Tämä pro gradu -tutkielma poikkeaa edeltävistä tutkimuksista kirjallisuuskatsauksen laajuudessa sekä kustannus-hyötyanalyyseihin sisällytetyissä kustannus- ja hyötyerissä. Lisäksi tutkittavana kohteena on yksittäinen suomalainen kaupunki, jolle ei aiemmin ole tehty liikkumismuotojen kustannus-hyötyanalyysejä. Entistä luotettavamman liikkumismuotojen kustannus-hyötyanalyysin tuloksen saavuttamiseksi vaadittaisiin kuitenkin lisää suomalaista tutkimusta. Tulevaisuudessa myös Tampereen liikkumismuototavoitteen kustannus-hyötyanalyysejä voitaisiin täydentää lisäämällä siihen tarpeellisia kustannuseriä tutkimustiedon karttuessa. Lisäksi liikkumismuotojen osalta joukkoliikenne voitaisiin lisätä analyyseihin.

Avainsanat: kaupunki, liikenne, liikkumismuoto, kasvihuonekaasupäästö, kustannus-hyötyanalyysi

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check –ohjelmalla.

Sisällys

1. JOHDANTO	1
2. KAUPUNGISSA LIIKKUMINEN	4
2.1 Liikkumismuodot ja niiden suosio suomalaisissa kaupungeissa.....	4
2.2 Liikkuminen Tampereella	10
2.3 Toimenpiteet liikkumismuototavoitteen saavuttamiseksi	14
3. KUSTANNUS-HYÖTYANALYYSI	19
3.1 Menetelmä.....	19
3.2 Kustannus-hyötyanalyysi päätöksenteon apuna.....	21
3.3 Diskonttokoron valitseminen	22
4. KUSTANNUS-HYÖTYANALYYSI TAMPEREEN LIIKKUMISMUODOISTA.....	25
4.1 Liikkumismuotojen kustannukset ja hyödyt.....	25
4.2 Kustannusten ja hyötyjen mittaaminen	37
4.3 Kustannus-hyötyanalyysi ja sen tulos	51
4.4 Tulkinta kustannus-hyötyanalyysin tuloksista	57
4.5 Herkkyyshanalyysit.....	60
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	65
LÄHDELUETTELO.....	69
LIITTEET.....	80
LIITE 1. Yksikkökustannusten alkuperä ja määrittely	80
LIITE 2. Liikkumismuotojen suoritteet	84

1. JOHDANTO

Kaupungit ovat vastuussa suuresta osasta maailman kasvihuonekaasupäästöistä (Tampereen kaupunki 2018a:3). Tietoisuus ilmastonmuutoksen haitallisista vaikutuksista ja sen myötä syntyneet kansainväliset ilmastopöytäkirjat ovat alkaneet kuluneella vuosikymmenellä ajaa myös kaupunkien päätöksentekoa siihen suuntaan, että päästöjä saataisiin alennettua ja pahimmat haittavaikutukset vältettäisiin (Avineri, Chatterton & Waygood 2013:127). Jotta muutoksia saataisiin aikaan, on haittavaikutusten alkuperä ja laajuus kuitenkin tiedettävä mahdollisimman tarkasti. Päätöksenteon tueksi tarvitaan myös tietoja muutoksen kustannuksista ja hyödyistä sekä sen saavuttamiseksi tarvittavista toimenpiteistä.

Tampereen kaupunki on yksi niistä kaupungeista, joka pyrkii täyttämään kansainvälisten ilmastopöytäkirjojen ja kestävän kehityksen tavoitteita (Tampereen kaupunki 2018a:3). Tampereen kaupungin strategiaan onkin kirjattu tavoite hiilineutraaliudesta vuoteen 2030 mennessä. Tampere on sitoutunut vähentämään 80 % kasvihuonekaasupäästöistä vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Loput 20 % päästöistä katetaan kompensoimalla, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi hiilinielujen lisäämistä tai päästövähennysten ostamista. (Tampereen kaupunki 2018a:6). Tavoite on kunnianhimoinen, sillä samaan aikaan Tampere tavoittelee jatkuvaa kasvua (Tampereen kaupunki 2017a:18). Kasvava asukasmäärä paitsi kuluttaa enemmän ympäristöä mutta myös lisää tarvetta kehittää kaupungin infrastruktuuria. Siksi kaupunkisuunnittelulla on hiilineutraaliuden tavoittelussa tärkeä rooli.

Erityisesti hiilineutraaliuden tavoitetta varten laaditusta Kestävä Tampere 2030 -ohjelmasuunnitelmasta (2018a:5) käy ilmi, että kasvihuonekaasujen päästövähennysten tulisi ennen kaikkea koskea rakentamista, sähkönkulutusta, lämmitystä ja liikennettä. Tässä pro gradu -tutkielmassa keskityn liikenteen tarkasteluun ja tarkemmin siihen, millaisia kustannuksia ja hyötyjä hiilineutraaliustavoitetta tukevasta liikkumismuotojen kulkutapajakaumasta koituu kaupungille, yksilölle ja laajemmin yhteiskunnalle. Pelkän liikenteen osuus Tampereen kokonaispäästöistä, teollisuus pois lukien, on noin 30 %. (CO₂ -raportti 2019:24). Suurin paine päästöjen vähentämiselle kohdistuu tieliikenteeseen ja erityisesti henkilöautoiluun, joka aiheuttaa lukuisten tutkimusten mukaan eniten päästöjä kaupunkiliikenteessä (esim. Gärling, Hartig, Friman & Redman

2013). Tampereella liki puolet asukkaista liikkuu henkilöautolla vuodenajasta riippumatta (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:9).

Kasvihuonekaasut aiheuttavat ilmastonmuutosta, jolla on kauaskantoiset ja moninaiset vaikutukset elämään maapallolla. Kasvihuonekaasujen lisäksi liikenteen päästöt sisältävät yhdisteitä, jotka ovat ihmiselle ja ympäristölle haitallisia. Autoliikenteen tuottamat ilmansaasteet aiheuttavat kaupunkilaisille terveyshaittoja ja yhteiskunnalle kustannuksia menetettyinä työpäivinä sekä terveydenhuollon kuluina (Kangas, Karppinen, Karvosenoja, Kukkonen, Lanki, Nurmi, Palamarchuk, Paunu, Savolahti, Sofiev & Tiittanen 2018:7). Lisäksi alati kasvavassa kaupungissa autojen vaatiman tilan määrä voi aiheuttaa haasteita kaupunkisuunnittelulle ja asukkaiden viihtyisyydelle (Hynes & Seoighthe 2018).

Tilanteen korjaamiseksi seuraavan 10 vuoden aikana tamperelaisten liikkumista pyritään ohjaamaan yhä enemmän autoilusta joukkoliikenteen käyttöön, pyöräilyyn ja kävelyyn. Joukkoliikenteen matkat korvaavat kaupungissa erityisesti pidempiä matkoja, kun taas pyöräillen ja kävellen kuljetaan pääosin lyhyempiä matkoja. Autoilun kulkutapaosuutta, eli autolla tehtyjen matkojen osuutta kaikista matkoista, pienentämällä on mahdollisuus muun muassa vähentää päästöjen aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia ympäristölle ja terveydelle. Pyöräilyn ja kävelyn kulkutapaosuuksien lisääntyminen kohentaa lisäksi kaupunkilaisten fyysistä kuntoa ja edistää tutkimusten mukaan kaupunkilaisten terveyttä (de Nazelle, Nieuwenhuijsen, Rojas-Rueda & Teixidó 2013 ja Almström, Fosrberg, Johansson, Lövenheim, Markstedt, Schantz, Sommar, Strömgren & Wahlgren 2017).

Tutkielman tavoitteena on tarkastella Tampereen liikkumismuotojen kustannuksia ja hyötyjä niiden kehittyessä tavoitellun kulkutapajakauman mukaisesti. Kulkutapajakaumalla tarkoitetaan kunkin liikkumismuodon osuutta kaikista kaupunkilaisten tietyllä aikavälillä kulkemista matkoista. Pyrkimyksenä on selvittää, mitä kustannuksia ja hyötyjä eri liikkumismuotoihin liittyy ja vertailla niitä nykyisen ja tavoitellun kulkutapajakauman puitteissa. Lopullinen tulos kertoo, tuottaako entistä kestävämpi kulkutapajakauma nettohyötyä vai -kustannusta eri sidosryhmille.

Tutkielmassa keskitytään eritoten autoilun, pyöräilyn ja kävelyn kustannuksiin. Myös joukkoliikenteellä on suuri merkitys liikenteen päästöjen vähentämisessä etenkin pidemmillä matkoilla, mutta joukkoliikenteen tarkastelu jätetään tämän tutkielman

ulkopuolelle. Tulevaisuudessa tämän tutkielman tuloksia voidaan kuitenkin kehittää ottamalla analyysiin mukaan myös joukkoliikenteeseen liittyvät kustannus- ja hyötyerät.

Menetelmänä tutkielmassa käytän kustannus-hyötyanalyysia. Kustannus-hyötyanalyysi on yleisesti päätöksenteon tukena käytetty väline, joka kertoo, tuottaako jokin hanke nettohyötyä yhteiskunnan kannalta (Damart & Roy 2012:206). Tässä tutkielmassa pyrin sisällyttämään analyysiin ne kustannus- ja hyötyerät, joilla on vaikutusta eritoten Tampereen hiilineutraaliustavoitteen kannalta, mutta myös kaupunkilaisten sujuvan ja miellyttävän liikkumisen kannalta. Kasvihuonekaasujen ja ilmansaasteiden kustannukset ovat tärkeä osa tutkielmaa, mutta liikkumismuotojen kustannuksiin ja hyötyihin lukeutuu myös muita yksilön ja yhteiskunnan kannalta merkittäviä kustannuksia ja hyötyjä, joita ei tule sivuuttaa. Esimerkiksi matka-aika ja ajoneuvon käytöstä aiheutuvat kulut muodostavat kustannuksia kaupunkilaisille.

Tutkielma keskittyy Tampereen kulkutapajakaumatavoitteen analysointiin, eikä tarkoituksena ole syventyä toimenpiteisiin, joilla kaupunkilaisten kulkutapoihin voitaisiin vaikuttaa. Toimenpiteitä sivutaan lyhyesti luvussa 2.3. Tutkielman pohjana toimii aiheeseen liittyvä kirjallisuus, ja siinä hyödynnetään lisäksi Tampereen kaupungin kestävän kehityksen yksikössä laadittua liikkumismuotojen tarkasteluun tarkoitettua kustannushyötyanalyysin työkalua, jota tässä työssä tarkennan ja kehitän tarvittavilta osin. Valmiina pro gradu -tutkielmani tuottaa ja täydentää tietoa Tampereen kaupungin tavoitteesta, jonka mukaan Tampere on hiilineutraali kaupunki vuoteen 2030 mennessä.

2. KAUPUNGISSA LIIKKUMINEN

2.1 Liikkumismuodot ja niiden suosio suomalaisissa kaupungeissa

Kaupungeissa liikutaan monella tapaa ja moninaisin syin. Kaupungeissa käydään töissä, tehdään ostoksia ja harrastetaan. Osa asukkaista asuu kaupungin keskustassa, osa taas kauempana sijaitsevilla asuinalueilla. Kaikkia kaupungin asukkaita yhdistää tarve liikkua, mutta liikkumismuodot voivat poiketa suuresti toisistaan riippuen muun muassa välimatkan pituudesta ja matkan syystä. Eniten suomalaisissa kaupungeissa liikutaan autolla, joukkoliikenteellä, pyöräillen ja kävellen. Muita liikkumismuotoja ovat sähköpotkulauta, kevytnelipyörä eli ”mopoautot” sekä kaksipyöräiset moottoripyörät ja mopot. Jätän kuitenkin viimeksi mainittujen tarkastelun tämän tutkielman ulkopuolelle.

Vuonna 2018 tieliikenne aiheutti Suomen kasvihuonekaasupäästöistä 21 %, joista henkilöautojen osuus oli yli puolet (Tilastokeskus 2019a:20). Kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi lähes kaikki moottoriajoneuvot aiheuttavat ilmansaasteita, melua, liikennerruuhkia ja -onnettomuuksia sekä vaativat paljon tilaa kaupungista esimerkiksi parkkipaikkojen muodossa (Greene & Wegener 1997). Tästä syystä Suomessa ja muualla maailmassa halutaan edistää joukkoliikennettä ja aktiivisten liikkumismuotojen, ennen kaikkea pyöräilyn ja kävelyn käyttöä (Hakonen, Hirvonen, Kankaanpää, Onatsu & Turunen 2019:6). Joukkoliikenteellä liikkuminen on kestävämpi kulkutapa kuin henkilöautoilu, koska joukkoliikenteen ajoneuvon kyytiin mahtuu kerralla enemmän matkustajia. Kävely ja pyöräily eivät sen sijaan tuota lainkaan päästöjä, eivät vaadi paljoa tilaa ja ovat myös hyväksi terveydelle. (Masthoff & Woods 2017).

Ensimmäiset henkilöautot otettiin Suomessa käyttöön 1900-luvun alussa (Löyttyniemi 2013). 1960-luvulta lähtien suomalaisten elintaso alkoi nousta, minkä myötä autojen määrä alkoi kasvaa entistä voimakkaammin (Karonen, Kylliäinen, Lahtinen, Mauranen & Männistö 2007:167). 1980-luvun loppuun mennessä auto kuului jo lähes jokaisen perheen elämään (Löyttyniemi 2013). Nykyisin henkilöauto onkin Suomen suosituin liikkumismuoto (ks. Liikenne- ja viestintävirasto 2018b, 2018c, 2018d ja 2018e). Tieliikenteen määrä ja sen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt kasvoivat Suomessa aina vuoteen 2007 asti, mutta kääntyivät sitten laskuun muun muassa autojen energiatehokkuuden ja biopolttoaineiden kehittämisen ansiosta. Tieliikenteen

keskimääräiset päästöt asukasta kohden ovat kuitenkin Suomessa keskimääräistä EU-maata korkeammat muun muassa harvan asutuksen ja pitkien etäisyyksien vuoksi. (Tilastokeskus 2019a:21).

Henkilöauton suosion syynä on paitsi sen kätevyys yksilön kannalta, mutta myös kaupunkipoliittiset päätökset (Andersen, Frank & Schmid 2004 ja Gamble, Gärling, Hagman, Jacobsson Bergstad & Polk 2011). Suomalainen yhteiskunta on viime vuosikymmenten aikana rakennettu palvelemaan autolla kulkemista, minkä vuoksi lähellä palveluita tai työpaikkaa asuminen ei enää ole välttämätöntä. Välimatkat ja siten liikkumisen määrä ovat kasvaneet, mitä suositummaksi auton käyttö on tullut. (Löyttyniemi 2013 ja Davis ym. 2007:24). Vuoden 2006 kansallisen henkilöliikennetutkimuksen mukaan Suomessa keskimääräinen työmatkan pituus on 16 kilometriä, ja suurin osa työmatkoista tehdään autolla (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:43, 55). Vastaavan pituisen matkan kulkemiseen pyörällä tai kävellen vaadittaisiin hyvää fyysistä kuntoa ja enemmän aikaa kuin saman matkan kulkemiseen autolla. Joukkoliikenne voisi vastata pidemmän matkan tarpeisiin paremmin kuin pyörä tai kävely, mutta joustavuudessa se ei usein yllä henkilöauton tasolle.

Yksilön kannalta auton käyttäminen on kätevää paitsi siksi, että kaupunkirakenne on suunniteltu sopivaksi autolla liikkumiseen mutta myös siksi, että autolla liikkumista pidetään yleisesti mukavana liikkumisvälineenä (Gamble, Gärling, Hagman, Jacobsson Bergstad & Polk 2011:33). Autoilua pidetään usein joustavana ja vaivattomana kulkutapana, sillä sen käyttöön eivät vaikuta etukäteen määritetyt aikataulut tai huono sää. Esimerkiksi Suomessa talviaikaan auto voi olla selkeästi houkuttelevampi tapa liikkua kuin esimerkiksi pyöräily (Noel ym. 2018). Autolla liikkumiseen menee usein myös vähemmän aikaa kuin esimerkiksi pyörällä tai bussilla liikkumiseen.

Välineellisten vaikuttimien lisäksi autoiluun liittyy erilaisia tunteellisia vaikuttimia. Muun muassa tunteet vapaudesta tai tilanteen hallinnasta voivat olla monille tärkeitä ajamisessa. (Anable & Gatersleben 2005:176). Lisäksi autoilu voi olla osalle ihmisistä mukava ajanviettotapa ja joillekin jopa statussymboli (Gamble ym. 2011:34). Autoilun huono puoli on Gaterslebenin ja Uzzellin (2007:427–428) mukaan joidenkin autoilijoiden kokemaa liiallista stressiä, jota aiheutuu liikenteen ennalta-arvaamattomuudesta. Auton omistamiseen ja ajamiseen liittyy myös rahallisia kustannuksia, mutta niiden merkitys

autoilua hillitsevänä tekijänä on tilastojen valossa pieni (ks. Liikenne- ja viestintävirasto 2018a).

Auton jälkeen joukkoliikenne on yleisin motorisoitu liikkumismuoto Suomen kaupungeissa. Joukkoliikenteellä, eli bussilla tai raideliikenteellä, tehdään keskimäärin noin 13 % suomalaisten päivittäisistä matkoista (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:14). Joukkoliikenne on tutkimusten mukaan ympäristöystävällisempi tapa liikkua kuin henkilöautolla liikkuminen (esim. Greene & Wegener 1997), ja esimerkiksi yhden raitiovaunun kyytiin mahtuu jopa 150 ihmistä siinä missä autoon mahtuu maksimissaan viisi (Grönlund, Kouko & Tiilikainen 2016:8). Joukkoliikennettä kehittämällä voidaankin kaupungissa saavuttaa liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen alenemista ja ruuhkaisuuden vähenemistä (Tainio & Tuomisto 2005:2). Joukkoliikenteen käyttö on useimmissa suomalaisissa kaupungeissa kuitenkin autoiluun verrattuna suhteellisen vähäistä, ja sen käyttöä tulisikin lisätä, jotta saavutettaisiin yhteiskunnan kannalta optimaalinen tilanne (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:14 ja Tainio & Tuomisto 2005:2).

Yksityisautoilua pidetään usein joukkoliikennettä parempana vaihtoehtona, koska se ei aiheuta välittömiä kustannuksia ja matka-aika koetaan lyhyemmäksi (esim. Borndörfer, Karbstein & Pfetsch 2012:2602). Jos autolla liikkumisen hintaan lasketaan polttoainekulut ja muut auton käyttökulut, tulee autoilu kuitenkin huomattavasti kalliimmaksi kuin joukkoliikenteellä kulkeminen, puhumattakaan pyöräilystä tai kävelystä (Hanhinen 2018). Joukkoliikenteestä tulisikin tehdä entistä houkuttelevampi vaihtoehto eritoten pitkiä matkoja kulkeville autoilijoille, jotta kaupunkilaisten liikkuminen muuttuisi kestävämmäksi.

Viimeisten vuosikymmenten aikana suomalaiset ovat vähentäneet aktiivisten liikkumismuotojen käyttöä muun muassa työmatkoillaan (THL 2019a). Aktiivisten liikkumismuotojen vähentymisen syinä voidaan muun muassa pitää autoilun suosimista, kaupunkirakenteen leviämistä sekä kiireistä ja mukavuudenhaluista elämäntapaa. Pitkien välimatkojen lisäksi huono keli tai liikenteen aiheuttama turvattomuuden tunne voivat saada henkilön valitsemaan esimerkiksi kävelyn tai pyöräilyn sijaan kulkutavakseen auton. (Noel ym. 2018 ja Choi ym. 2019:65).

Ympäristön kannalta kävely on kaikkein paras liikkumismuoto, sillä siihen ei tarvita välineitä eikä se juuri kuluta ympäristöä. Lisäksi käveleminen on hyväksi terveydelle. (Davis ym. 2007:29). Suomalaisten kaupunkien ollessa kooltaan pääosin keskikokoisia

tai pieniä ovat välimatkatkin melko lyhyitä, mikä tekee kävelystä usein luonnollisimman liikkumistavan monelle. Käveleminen onkin Suomessa suhteellisen suosittu liikkumismuoto: vuonna 2016 kaikista kuljetuista matkoista 22 %:ssa pääasiallinen liikkumismuoto oli kävely (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:9). Kansallisen henkilöliikennetutkimuksen (ibid.) mukaan erityisesti tiiviissä kaupungeissa edellytykset kävelyn lisäämiselle ovat hyvät.

Suomalaisille tuttu liikkumisväline, pyörä, rantautui Keski-Euroopasta Suomeen 1800-luvun loppupuolella. Pyöräily saavutti pian hyväksynnän kansan keskuudessa käteväenä liikkumisvälineenä ja olikin vuosikymmeniä kävelyn ja linja-auton lisäksi suosituin liikkumismuoto. Tiemittauksissa 1930-luvulla havaittiin, että jopa kolme neljästä tiellä liikkujasta kulki pyörällä. Varsinainen pyöräilyn aikakausi päättyi kuitenkin 1950-luvun lopulla, kun elintaso nousi ja tavallisille kansalaisille aukeni mahdollisuus hankkia oma auto. (Karonen, Kylliäinen, Lahtinen, Mauranen & Männistö 2007:90, 137, 167). Autoistuminen on jatkunut aina tähän päivään saakka, mutta viimeiset 10 vuotta pyöräilyjen matkojen määrä on pysynyt Suomessa suhteellisen tasaisena sen sijaan, että se olisi jatkanut laskuaan (Liikenne- ja viestintävirasto 2012a:31; 2018a:59). Suomessa vuonna 2016 matkoista kahdeksan prosenttia tehtiin pyörällä (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:9). Tällä hetkellä pyörää käytetään etenkin lyhyempien matkojen liikkumisvälineenä, sillä suomalaisten keskimääräinen pyörällä kulkema matka on vain noin kolme kilometriä. (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:59).

1950-luvun jälkeen tapahtunutta pyöräilyn suosion vähenemistä voidaan perustella ihmisten elintason ja siten elämäntyylin muuttumisella sekä autoja suosivalla kaupunkirakenteella (Andresen, Frank & Schmidt 2004 ja Crane 2000). Lisäksi asuinpaikat, palvelut, työt ja vapaa-ajanviettopaikat ovat levittäytyneet yhä laajemmalle alueelle ja niiden saavuttaminen voi usein olla mahdollista vain autolla. Autoille suunniteltu kaupunki-infrastruktuuri vie tilaa muilta käyttötarkoituksilta, kuten viihtyisiltä puistoilta tai kävelykaduilta. Autojen ehdoilla suunniteltu tieverkosto voi tehdä pyöräilystä vaikeaa tai jopa vaarallista, sillä Suomessa pyöräilijöille sattuvista onnettomuuksista yli puolessa osallisena on auto (Liikenneturva 2019c). Autoilun puolesta puhuu kuitenkin se, että matkustaminen varsinkin pidemmällä matkoilla on usein nopeampaa kuin pyöräily, eivätkä keliolosuhteet aina vaikuta ratkaisevasti auton käyttöön. Pyöräily onkin Suomessa paljolti vuodenaikasta riippuvaista, sillä

talvikuukausina sen käyttö supistuu lähes olemattomiin (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:99).

Tanska ja Alankomaat ovat kyenneet esimerkillisesti säilyttämään pyöräilyn tärkeänä osana arkiliikkumista 1900-luvulla tapahtuneesta autoistumisesta huolimatta. Kyseiset maat ovat pyöräilyn suosion säilyttämiseksi paitsi edistäneet pyöräilyn turvallisuutta ja markkinoineet pyöräilyä liikkumisvälineenä mutta myös tehneet yksityisautoilusta hankalampaa ja kalliimpaa kaupunkien keskustoissa. (Buehler & Pucher 2008). Kööpenhaminalaiset kokevatkin pyöräilyn muun muassa nopeana, käteväenä, terveyttä edistävänä ja edullisena liikkumismuotona (City of Copenhagen 2011:5).

Myös Masthoff ja Woods (2017) ovat tutkineet asenteita pyöräilyyn eurooppalaisissa kaupungeissa. Kaupunkilaiset niin Helsingissä, Milanossa kuin Barcelonassakin pitivät kööpenhaminalaisten tapaan pyöräilyä vähemmän stressaavana, edullisempänä, terveellisempänä ja ympäristöystävällisempänä liikkumismuotona autoiluun verrattuna. Pyöräilijät olivat myös suhteessa tyytyväisempiä valitsemaansa kulkutapaan kuin autoilijat. (Masthoff & Woods 2017:217). Liikenneviraston tutkimuksen mukaan pyörä on kaupungissa suhteellisen pitkilläkin matkoilla kilpailukykyinen liikkumismuoto, ja autoilun vähentämiseksi muutoksia tarvittaisiinkin erityisesti kaupunkilaisten asenteisiin ja tottumuksiin (Liikenne- ja viestintävirasto 2012b:19).

Suomessa pyritään seuraamaan muun maailman esimerkkiä lisäämällä pyöräilyä ja matkaketjujen sujuvuutta kaupungeissa. Suomen kunnissa vuonna 2018 toteutetun pyöräilyn olosuhteita koskevan kyselytutkimuksen perusteella varsinkin suurissa ja keskisuurissa kaupungeissa pyöräilyn edistämiseen kiinnitetään aiempaa enemmän huomiota ja positiivisiakin tuloksia pyöräilyolosuhteiden parantamisesta on saatu. (Hakonen ym. 2019:62,78). Tutkimusten valossa pyöräilyyn rohkaiseminen otetaan kaupungeissa hyvin vastaan, kun siitä tehdään muiden muassa kaupunkirakenteen muutoksilla entistä turvallisempaa, nopeampaa ja kätevämpää (Buehler & Pucher 2008).

Pyöräilyn ja kävelyn lisäksi potkulautailu on aktiivinen liikkumismuoto, jonka merkitys saattaa tulevissa kulkutapoja käsittelevissä tutkimuksissa lisääntyä. Potkulaudan osuus suomalaisesta liikkumisesta on toistaiseksi pieni, mutta vuoden 2019 aikana Suomen suurimpiin kaupunkeihin rantautuneet vuokrattavat sähköpotkulaudat ovat saavuttaneet niin suuren suosion (Happo 2019), että niiden merkitys kaupunkiliikenteessä lienee syytä ottaa huomioon. Vaikka sähköpotkulaudat luetaan aktiivisiin liikkumismuotoihin,

voitaisiin vuokratäyttöisiä sähköpotkulautoja pitää myös osana julkista liikennejärjestelmää, sillä ne voivat parantaa joukkoliikenteen yhteyksiä. Bogenbergerin ja Hardtin (2018:161–162) mukaan sähköpotkulaudat voivat nopeuttaa kaupunkilaisten arkiliikkumista varsinkin, jos matkaa joukkoliikennepysäkiltä määränpäähän on paljon. Sähköpotkulaudat voivat myös tuoda helpotusta liikenneruuhkiin ja parkkiongelmiiin sekä vähentää päästöjä ja melua.

Bogenbergerin & Hardtin (2018) sähköpotkulautoja käsittelevä tutkimus sijoittuu Saksaan, jossa sähköpotkulautoja on havaittu käytettävän suurimmaksi osaksi työmatkoihin ja vapaa-ajan matkoihin, jotka yleensä taitetaan autoa käyttäen (Bogenberger & Hardt:162). Toistaiseksi ei kuitenkaan tiedetä tarkkaan, korvaavatko sähköpotkulaudat auton käyttöä myös Suomessa vai toimivatko laudat pikemmin substituutteina kävelylle. Vuokrattavat sähköpotkulaudat ovat saaneet osakseen myös kritiikkiä, sillä ne ovat aiheuttaneet liikenteessä vaaratilanteita (Happo 2019). Suomen osalta käyttöä haittaa lisäksi kylmä ja sateinen sää, joka osan vuodesta estää sähköpotkulautojen turvallisen käytön.

Kaupunkilaisten kulkutapoihin vaikuttaminen voi olla käytännössä haasteellista, sillä valtaosa ihmisistä on uskollisia kulkutavalleen, kun se kerran on todettu sopivaksi. Auton omistajien on todettu pysyvän kulkutavassaan vielä sitkeämmin kuin vaikkapa kävelijöiden ja pyöräilijöiden. Suuria muutoksia liikkumismuodon valinnassa tapahtuukin useimmiten vain elämän muutoksen yhteydessä, esimerkiksi työpaikan vaihtamisen seurauksena. (Chatterjee, Clark & Melia 2016:103). Eniten merkitystä liikkumismuodon valinnassa on Chatterjeen ym. (2016:102) mukaan välimatkan pituudella kodin ja työpaikan välillä. Jos joukkoliikenteen yhteydet ovat helposti saavutettavissa tai pyörätiet kulkevat sujuvasti kodista töihin, on muun kuin autoilun valitseminen todennäköisempää. (Chatterjee ym. 2016:99).

Liikkumismuodon suosioon vaikuttavat kaupungin maanmuodot sekä säätila. Esimerkiksi Tanskassa pyöräily on saavuttanut vankan aseman osaltaan siksi, että maantiede on sille otollinen (Ministry of Foreign Affairs of Denmark 2019). Suomessa puolestaan sääolot vaikuttavat pyöräilijöiden ja kävelijöiden liikkumiseen enemmän kuin muihin kulkutapoihin. Kylmän, tuulisen tai sateisen kelin sattuessa matkustetaan mieluummin autolla tai julkisella kulkuvälineellä. Epäsuotuisat sääolot voivat vaikuttaa

myös joukkoliikenteen aikataulujen luotettavuuteen, mikä osaltaan voi edistää yksityisautoilua varsinkin talviaikaan. (Böcker, Dijst & Prillwitz 2013).

Ruotsissa on tutkittu sääolojen vaikutusta pyöräilyyn, minkä perusteella kesäisin pyöräily on jopa kolme kertaa suosituempaa kuin talvisin. Pyöräilyn jyrkkään vähenemiseen ovat syynä paitsi talviset sääolosuhteet, mutta myös pyöräteiden huono kunto. (Bergström & Magnusson 2003:650). Saman tyyppinen ilmiö on näkyvissä suomalaisissa kaupungeissa, sillä auto on suosituin kulkuväline talvisin (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a:100), jolloin aktiivisilla liikkumismuodoilla kulkeminen koetaan usein hankalaksi. Talviaikaan voitaisiinkin edistää pyöräilyn vaihtamista joukkoliikenteeseen, sillä pyöräilyn ja joukkoliikenteen tiedetään olevan toisilleen osittaisia substituutteja (Ovaska 2019). Tulevissa tutkimuksissa olisikin tarpeen tarkastella myös kulkutapamuutoksia näiden kahden liikkumismuodon välillä.

2.2 Liikkuminen Tampereella

Tampereen kaupungin tavoitteena on lisätä kestävien liikkumismuotojen eli joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn osuutta kulkutapajakaumassa vuoteen 2030 mennessä. *Kulkutapajakauma* kuvaa prosentuaalisesti kullakin liikkumisvälineellä taitettuja matkamääriä. Sen lisäksi kaupungissa autoilevia halutaan kannustaa vähäpäästöisempien autojen käyttöön. (Tampereen kaupunki 2017a:18). Kulkutapamuutoksen avulla Tampereen tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöt olisi tarkoitus saada laskemaan, millä edistetään puolestaan laajempaa hiilineutraaliustavoitetta. Kulkutapajakaumamuutoksen jälkeen kaupunkilaisten liikkuminen olisi paitsi entistä ekologisempaa, mutta myös sujuvampaa ja turvallisempaa riippumatta valitusta liikkumismuodosta. (ibid.).

Tällä hetkellä pääasialliset liikkumismuodot Tampereen sisäisessä liikenteessä ovat kulkutapaosuuksien mukaan henkilöauto, jalankulku, bussi ja pyöräily. Auto on liikkumismuodoista selkeästi suosituin, sillä uusimman henkilöliikennetutkimuksen mukaan vuonna 2016 syksyn arkivuorokautena 44 % matkoista tehtiin autolla. Autoilu oli tutkimuksen mukaan suosituin kulkutapa myös muina vuodenaikoina. Henkilöautoa käytettiin mieluiten työ-, ostos- ja vapaa-ajanmatkoihin. (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:9 ja Tampereen kaupungin sisäiset laskelmat). Pirkanmaalla vuonna 2018

ensimmäistä kertaa rekisteröidyistä autoista noin viisi prosenttia oli joko kaasulla kulkevia autoja tai hybridi- tai sähköautoja. Ekologisempien autojen osuus näyttäisi olevan kasvussa, sillä vastaava lukema vuonna 2017 oli kaksi prosenttia. (Liikenne- ja viestintävirasto 2019a).

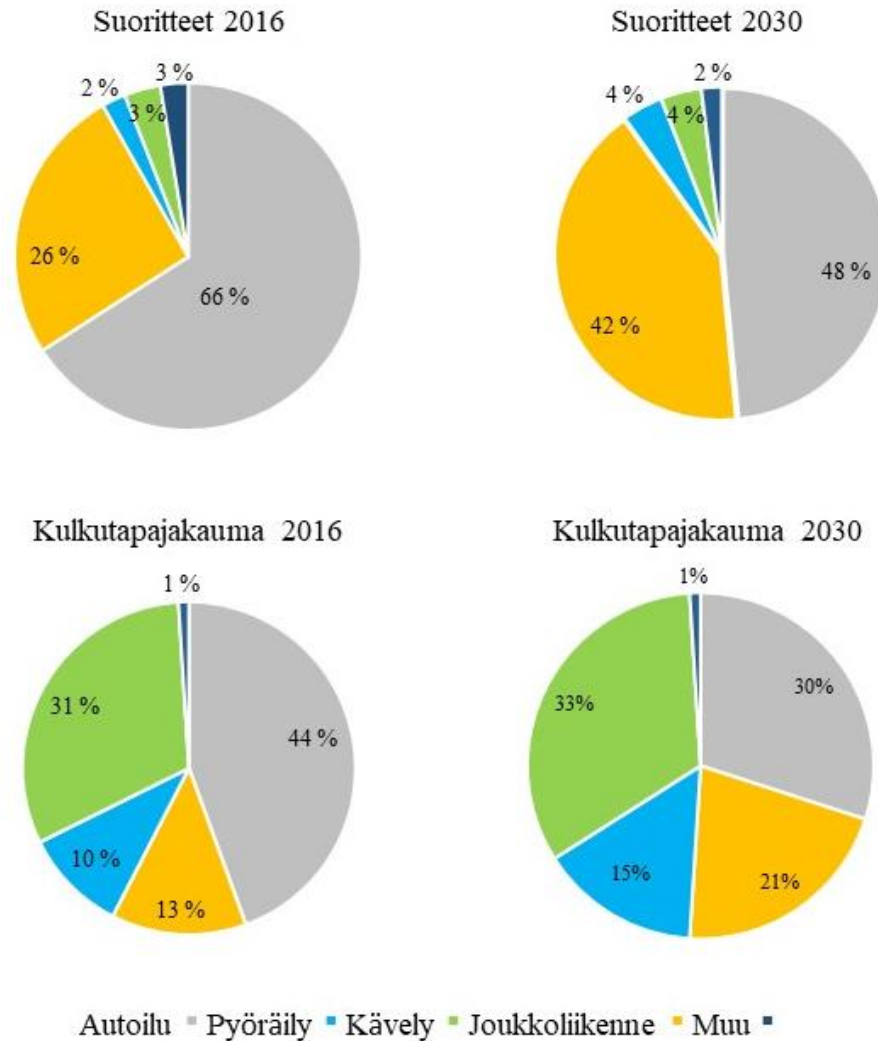
Tamperelaisten syksyn arkipäivinä kulkemista matkoista noin 13 % tehdään joukkoliikenteellä eli bussilla tai raideliikenteellä (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:7 ja Tampereen kaupungin sisäiset laskelmat). Raitiovaunulla liikkuminen ei toistaiseksi sisälly joukkoliikenteen tarkasteluun ja sen suosiota voidaan tässä vaiheessa vain arvioida, sillä liikennöinti aloitetaan vasta vuonna 2021. Raitiovaunu tulee kulkemaan osittain samoja reittejä kuin nykyiset bussit, mikä tukee jo olemassa olevaa joukkoliikenteen infrastruktuuria ja tehostaa kaupunkilaisten liikkumista (Grönlund ym. 2016:7). Tämä saattaa tulevaisuudessa lisätä joukkoliikenteen käyttöä.

Vuoden 2016 Henkilöliikennetutkimuksen mukaan (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:7) tamperelaisten bussin käyttö ei juurikaan vaihtele vuodenajoittain ja painottuu suurimmaksi osaksi arkipäiviin. Suurin osa bussilla tehtävistä matkoista on työ- ja koulumatkoja ja jonkin verran myös vapaa-ajan matkoja. Bussin kulkutapaosuus on kuitenkin suhteellisen alhainen, mikä johtunee yksityisautoilun nopeudesta ja joustavuudesta (Masthoff & Woods 2017:218). Tätä puoltaa vuonna 2014 laadittu kartoitus, jonka mukaan auton kilpailukyky alle 25 minuutin matkoissa koko Tampereen kantakaupungin alueella oli selkeästi parempi kuin joukkoliikenteen (Tampereen kaupunki 2014:16–17).

Aktiivisista liikkumismuodoista kävelyn keskimääräinen osuus tamperelaisten liikkumista matkoista eli kävelyn *kulkutapaosuus* on syksyn arkivuorokautena noin 31 %, mikä on selvästi korkeampi kuin esimerkiksi Tampereen seudun pienemmissä kunnissa (Liikenne- ja viestintävirasto 2018d:3 ja Tampereen kaupungin sisäiset laskelmat). Tampereen ollessa kohtalaisen tiiviisti rakennettu keskikokoinen kaupunki on kävely usein mielekkäin tapa liikkua paikasta toiseen. Tilastojen perusteella näyttäisi siltä, että tamperelainen kulkee jalan silloin kun ei ole kiire, eli pääasiassa vapaa-ajan aktiviteetteihin ja ostoksille. Kävelyn kulkutapaosuus on keskimäärin 30–37 % riippuen vuodenajasta, sillä talvikuukausina kävely korvaa osittain pyöräilyä (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:5–6).

Pyörät ovat kesäisin tuttu näky Tampereen katukuvassa. Pyöräilyn kulkutapaosuus vuoden keskimääräisenä päivänä onkin kesäisin suurimmillaan eli 14 % ja supistuu talvella yhteen prosenttiin. Syksyn arkivuorokautena pyöräilyn kulkutapaosuus on puolestaan 10 % (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:5 ja Tampereen kaupungin sisäiset laskelmat). Aktiiviset liikkumismuodot ovat osittain toistensa substituutteja, eli osa pyöräilijöistä siirtyy kävelemään talvikuukausina. Myös pyöräily ja joukkoliikenne korvaavat toisiaan vuodenaikojen vaihtuessa (Ovaska 2019). Toisaalta, vaikka pyöräilymahdollisuuksia lisättäisiin, osa jalankulkijoista saattaisi siirtyä pyöräilemään, mikä vähentäisi vastaavasti kävellen taitettuja matkoja. Pyöräilyn lisäksi muita vähemmän käytettyjä liikkumismuotoja Tampereella ovat muun muassa erilaiset kaksipyöräiset moottoriajoneuvot sekä vuokrattavat sähköpotkulaudat. Sähköpotkulaudat ovat kuitenkin olleet Tampereella käytössä vasta kesän 2019 ajan, joten niiden kulkutapaosuus kaupunkiliikenteessä on toistaiseksi pieni.

Tampereen kaupunki on arvioinut erikseen jokaiselle kulkutavalle nykytilan suoritteet vuonna 2016 sekä tavoitteet niiden kehittymiselle vuoteen 2030 mennessä. Suoritteella tarkoitetaan kullakin liikkumismuodolla kuljettua matkaa kilometreissä ilmaistuna. Suoritteet on johdettu kulkutapaosuuksista keskimääräisten matkojen pituuksien perusteella. Kuvassa 1 on kuvattu liikkumismuotojen suoritteiden osuudet ja kulkutapajakauma sekä nykytilassa (vuonna 2016) että tavoitetilassa (vuonna 2030). Toistaiseksi uusin tieto kulkutapajakaumasta on Henkilöliikennetutkimuksen Tampereen kaupunkijulkaisusta vuodelta 2016, joka tässä tapauksessa kuvaa nykyhetkeä. Kuvatut suoritteiden osuudet perustuvat vuoden keskimääräisen päivän tilanteeseen. Kulkutapajakaumasta on johdettu Tampereen kaupungin sisäisinä laskelmina syksyn arkipäivän tilannetta kuvaavat luvut, jotta ne olisivat yhteneväiset kaupunkistrategiaan kuuluvan mittariston kanssa. Kaavioita tarkastellessa on lisäksi huomioitava, että tieliikenteen suoritteet lisääntyvät vuosi vuodelta osittain siksi, että Tampereen asukasluku nousee jatkuvasti (Tampereen kaupunki 2019a).



Kuva 1. Yllä: liikkumismuotojen suoritteiden osuudet vuonna 2016 ja vuonna 2030 (tavoite). Alla: kulikutapajakauma vuonna 2016 ja vuonna 2030 (tavoite) (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e ja Tampereen kaupungin sisäiset laskelmat)

Kaupunkilaisten kuljetustapojen pysyessä ennallaan, on autoilun osuus suoritteesta ja kulikutapajakaumasta suuri. Vuoden 2030 tavoitetta kuvaavista kuvioista puolestaan nähdään, miten autoilun määrä on selkeästi vähentynyt. Suurimmaksi osaksi sen kuljetustapaosuutta korvaavat bussi ja raitiovaunu, mutta myös pyöräilyn ja kävelyn osuudet ovat hieman kasvaneet. Autoilun suorite on saatu pienenemään muun muassa tiivistyneen kaupunkirakenteen ansiosta (Tampereen kaupunki 2017a). On huomioitava myös, että autolla kuljetetut välimatkat ovat keskimäärin pidempiä kuin muilla

liikkumismuodoilla (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e), minkä vuoksi suorite saattaa pysyä korkeana, vaikka kulkutapaosuus vähenisi.

2.3 Toimenpiteet liikkumismuototavoitteen saavuttamiseksi

Sekä Tampereen kaupungin hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi että kaupungin viihtyisyyden takaamiseksi on tärkeää, että kaupunkilaiset liikkuvat yhä enemmän kestäväillä liikkumismuodoilla. Halutun kulkutapajakauman saavuttamiseksi kaupunkipoliittisilla päätöksillä toimenpiteistä ja niiden toimeenpanolla on suuri merkitys (Andresen ym. 2011:94). Seuraavaksi esittelen, millaisia toimenpiteitä Tampereen kaupunki on suunnitellut kestävän liikkumisen edistämiseksi. Kuvaan 2 olen havainnollistanut osan suunnitelluista toimenpiteistä. Toimenpiteet perustuvat Euroopan komission Kaupunginjohtajien energia- ja ilmastopimuksen edellyttämään Kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelmaan (Huikuri, Liljeström, Mattinen-Yuryev, Monni, Nieminen & Seppänen 2019), johon Tampereen kaupunki on koonnut toimenpiteitään yleisellä tasolla. Tampereen kaupunginhallitus hyväksyi Kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelman lokakuussa 2019. Toimenpiteet tarkentuvat keväällä 2020 valmistuvassa Kestävä Tampere 2030 -tiekarttatyössä.

Pitkään auton ehdoilla toteutettua kaupunkisuunnittelua voidaan tulevaisuudessa ohjata sellaiseen suuntaan, että autolla liikkumisen tarve vähenee. Samalla pyöräilystä ja kävelystä tulee kaupunkilaisen näkökulmasta houkuttelevampaa kuin oman auton käyttö (Tampereen kaupunki 2018a). Muun muassa kaupungin tiivistämisellä ja sen leviämisen rajoittamisella voidaan koettaa vähentää matkustustarvetta. Tarkoitus on, että matkustustarpeen alentuessa yhä useampi automatka jäisi tekemättä. Tämä edellyttää kuitenkin työpaikkojen ja palveluiden lähekkäistä sijoittumista, jotta mahdollisimman monen olisi mahdollista kulkea välimatkat kävellen tai pyörällä. Tässä tutkielmassa suoritettussa kustannus-hyötyanalyysissä oletetaan kaupunkirakenteen tiivistymisen vähentävän liikkumisen tarvetta vuoteen 2030 mennessä, minkä myötä autoilun suoritteet osittain laskevat.



Kuva 2. Tampereen kaupungin suunnittelema toimenpiteitä kestävä liikunnan edistämiseksi (Huikuri ym. 2019)

Autoilun määrään voidaan lisäksi vaikuttaa korottamalla pysäköintimaksuja, lisäämällä tiettyihin kohtiin kaupungissa tiemaksuja tai vähentämällä parkkitilaa keskustan alueelta (Huikuri ym. 2019). Myös nopeusrajoitusten alentaminen kaupungissa vähentää autoilun houkuttelevuutta (Doherty & Litman 2011:5.1,2). Autoreittien huolellisella suunnittelulla liikenne voidaan ohjata kulkemaan sellaisia reittejä, jotka häiritsevät mahdollisimman vähän kävelijöiden ja pyöräilijöiden turvallista kulkua.

Autoiluun vaikuttavissa toimenpiteissä on otettava huomioon, että autolla liikkuminen on monelle, esimerkiksi Tampereen lähikunnista keskustaan töihin matkustaville, ainoa mahdollinen liikkumisväline. Tampereen lähijunaliikenne lisääntyi lähijunapilotin myötä tämän tutkielman kirjoittamisajankohtana joulukuussa 2019, minkä ansiosta monelle

Tampereen lähikunnista matkustavalle saattaa olla tulevaisuudessa helpompaa matkustaa joukkoliikenteellä esimerkiksi töihin tai harrastuksiin (Tampereen kaupunki 2019b). Siltä osin kun autoa ei pystytä vaihtamaan kestävimpiin liikkumismuotoihin, voi kaupunki koettaa edistää vähäpäästöisempien autojen käyttöä lisäämällä tulevaisuudessa esimerkiksi sähköautojen latauspisteitä (Huikuri ym. 2019).

Matkaketjussa kaupunkilainen liikkuu usealla liikkumismuodolla kulkumatkallaan kodista määränpäähänsä. Ketjuun voi kuulua vaikkapa bussikyty ja kaupunkipyörällä taitettu matka. Ketjuun voi myös kuulua välipysähdys vaikkapa ostosten tekemiseen. (Li, Sun & Wu 2018:3). Toimivat matkaketjut voivat parhaimmillaan kannustaa kaupunkilaisia käyttämään enemmän kestäviä liikkumismuotoja, mikä edesauttaisi liikenteen päästövähennysten saavuttamista. Myös kätevä siirtyminen määränpäähän esimerkiksi liityntäpysäköintipaikoilta tai joukkoliikenteen pysäkeiltä voi vähentää yksityisautoilua keskustassa.

Kaupunkilaisten liikkumisen sujuvoittamiseksi Tampereelle on suunniteltu kaupunkipyöräjärjestelmää, jota testataan jo vuoden 2020 aikana, mutta kokonaisuudessaan järjestelmä otetaan käyttöön vuonna 2021 (Tampereen kaupunki 2017e). Vastaavia järjestelmiä on useissa suurissa ja keskisuurissa Euroopan kaupungeissa, ja ne ovat tuottaneet positiivisia tuloksia myös pyöräilyn lisääntymisestä (Brey ym. 2017). Helsingissä jo käytössä oleva kaupunkipyöräjärjestelmä on ollut erittäin suosittu ja käyttäjämäärät ovat maailmanlaajuisten vertailujen korkeimpia. Helsinkiläiset kokevat kaupunkipyörien nopeuttavan ja helpottavan arkiliikkumista ennen kaikkea toimivien matkaketjujen syntymisen ansiosta. (HSL 2018). Järjestelmä on lisäksi kustannustehokas, sillä se tuottaa nettohyötyä yhteiskunnalle alentuneiden matka-aikojen ja terveyshyötyjen myötä (Grutzdaitis & Tenhula 2017). Kaupunkipyöräjärjestelmän on myös todettu vähentävän liikenteestä aiheutuvia päästöjä (Mi & Zhang 2018:299). Kaupungille se puolestaan kerryttää tuloja käyttömaksujen muodossa (Grutzdaitis & Tenhula 2017).

Kävelyn ja pyöräilyn kulkutapaosuuksien lisäämiseksi olisi olosuhteiden oltava niille otolliset ja kilpailuasetelman oman auton käyttöön nähden suosiollinen. Kaupungin kannalta tämä tarkoittaa muun muassa kävelypainotteisten katujen lisäämistä, pyöräteiden erottamista kävelyteistä ja kävely- ja pyöräverkoston täydentämistä. Myös esimerkiksi reunakiveysten madaltaminen tietyissä kohdin ja erillisten pyöräilybaanujen

rakentaminen saattaa tehdä pyöräilystä turvallisempaa sekä houkuttelevampaa. Pyöräilyn edistämiseksi Tampere suunnittelee parantavansa pyöräteiden talvihoitoa sekä lisäävänsä laadukkaiden pysäköintipaikkojen määrää ympäri kaupunkia. (Huikuri ym. 2019).

Kestävien liikkumismuotojen edistäminen voi olla paitsi aktiivisten liikkumismuotojen edistämistä myös esimerkiksi joukkoliikenteen tarjonnan parantamista ja joukkoliikenteen kaluston vaihtamista ekologisemmaksi. Joukkoliikenne tulee Tampereella muuttumaan vähäpäästöisemmäksi, kun raitiovaunu korvaa osan bussilinjoista. Raitiovaunuun mahtuu useamman bussillisen verran matkustajia, mikä voi vähentää keskustan alueella moottoriajoneuvoliikennettä ja siten melua sekä päästöjä. (Grönlund ym. 2016). Lisäksi uuden EU-säädöksen mukaan bussikalustoa on muutettava vähitellen siten, että käyttöön otetaan vähäpäästöisiä käyttövoimia (Peltola & Vilkuna 2019). Tampereella on tarkoitus myös edesauttaa yhteiskäyttöautopalveluja. Yhteiskäyttöauto mahdollistaa joustavan liikkumisen, mutta saattaa vähentää auton tarpeetonta käyttöä. Yhteiskäyttöauto voi olla esimerkiksi taloyhtiön asukkaille tai yrityksen työntekijöille yhteinen auto, jota kukin saa vuorollaan käyttää.

Kestävien liikkumismuotojen edistämiseksi voitaisiin Tampereella kehittää älykkäitä käyttösovelluksia, jotka kannustavat kaupunkilaisia pyöräilemään tai kävelemään. Esimerkkiä voitaisiin ottaa vaikkapa Lahdesta, jossa on vuoden 2019 aikana kehitetty hanke, jossa kaupunkilaiset saavat käydä eräänlaista päästökauppaa mobiilisovelluksen avulla. Tarkoituksena on kerätä tietoa kaupunkilaisten liikkumisesta ja samalla kannustaa heitä käyttämään kestäviä liikkumismuotoja. Kerätyn tiedon perusteella voidaan myös tulevaisuudessa kehittää erilaisia kestävästä liikkumisesta edistäviä palveluita, kuten älykäs pyörätie. (Lahden kaupunki 2019).

Tampereen kaupungin suunnitelmat kestävästä liikkumisesta toimenpiteistä ovat monipuoliset ja vastaavat tavoitteeseen vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä. Siitä huolimatta toimenpiteiden toimeenpano saattaa olla haasteellista, sillä kaupunkilaiset voivat reagoida muutoksiin odottamattomalla tavalla. Tutkijat ovatkin erimielisiä siitä, kuinka vaikuttavia toimenpiteet kestävästä liikkumisesta edistämiseksi ylipäätään ovat. (Crane 2000).

Chatterjeen ym. (2016:99) mukaan aktiivisen liikkumismuodon valitseminen on epätodennäköisempää, jos välimatka esimerkiksi kodista töihin on yli kolme kilometriä. Myös Liikenneviraston selvityksen (Kallio, Krankka, Lehto & Somerpalo 2015:62)

mukaan suurin potentiaali pyöräilyn lisäämiselle on erityisesti 1—5 kilometrin matkoissa. Lisäksi henkilöliikennetutkimuksesta (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e:3) käy ilmi, että kestävien liikkumismuotojen käyttö on sitä yleisempää mitä lähempänä Tampereen ydinkeskustaa liikutaan, jolloin myös välimatkat ovat lyhyempiä. Vaikuttaisi siis siltä, että kaupunkirakenteen tiivistämisellä ja asumisen ja palveluiden keskittämällä voitaisiin lisätä kävellen ja pyöräillen kulkemista.

Masthoff & Woods (2017:220) ehdottavat ratkaisuksi kestävien liikkumismuotojen lisäämiselle monimuotoliikkumisen edistämistä. Monimuotoliikkumisella tarkoitetaan saman tyyppistä ilmiötä kuin matkaketjuillakin: kaupunkilainen saattaa käyttää vaikkapa työmatkallaan useampaa kulkutapaa. Monimuotoisen liikkumisen avulla esimerkiksi pyöräilystä syntyviä hyötyjä saataisiin lisättyä, vaikka autoa käytettäisiin sen rinnalla. Hieman yllättäen Masthoff & Woods (ibid.) nostavat esiin myös pyöräilytottumusten puuttumisen vaikutuksen pyörän käyttöön liikkumisvälineenä. Pyöräilyn markkinoinnilla ja positiivisen mielikuvan edistämällä voidaankin mahdollisesti rohkaista varsinkin aikuisia nousemaan useammin pyörän selkään (Kallio ym. 2015: 61–62).

Autoilun vähentämisen myötä voidaan paitsi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä mutta myös edistää ihmisten terveyttä. Vähentyneet autojen pakokaasut ja liikenteen melu tekevät kaupunkitilasta myös rauhallisemman ja viihtyisämmän. Ja kun autoilun sijaan siirrytään yhä enemmän käyttämään pyörää ja kulkemaan jalkaisin, sillä saattaa olla positiivisia vaikutuksia kaupunkilaisten fyysiseen ja psyykkiseen hyvinvointiin (Bauman, de Geus, Kohlberger, Krenn, Oja, Reger-Nash & Titze 2011). Esimerkiksi Kööpenhaminassa on saatu positiivisia tuloksia pyöräilyn edistämisestä, mikä osoittaa että oikeilla ja riittäväillä toimenpiteillä on mahdollisuus saada aikaan muutoksia (The City of Copenhagen 2011).

3. KUSTANNUS-HYÖTYANALYYSI

3.1 Menetelmä

Kustannus-hyötyanalyysia käytetään usein julkisten hankkeiden kannattavuutta arvioitaessa. Siinä tarkastellaan sekä rahassa mitattavia kustannuksia että hyötyjä, jotka kohdistuvat eri sidosryhmille sekä laajemmin koko yhteiskunnalle. Kustannus-hyötyanalyysin lähtökohtana on, että hankkeeseen liittyviä kustannuksia ja hyötyjä vertaillaan keskenään ja vaihtoehdoista valitaan se, joka tuottaa eniten hyötyä koko yhteiskunnan näkökulmasta. (Hensher, Mulley & Weisbrod 2016:450). Kustannus-hyötyanalyysi ei siis ota kantaa kustannusten tai hyötyjen jakautumiseen sidosryhmien kesken, sillä se keskittyy yksinomaan kokonaisyödyn maksimoimiseen.

Tässä tutkielmassa tehdyn kustannus-hyötyanalyysin avulla tarkastellaan, millainen on yhteiskunnan kokonaisyöty tai -kustannus, jos kaupunki pääsee kulkutapajakaumatavoitteeseensa autoilun, kävelyn ja pyöräilyn osalta. Toisaalta analyysissä tarkastellaan myös erikseen autoilusta, pyöräilystä ja kävelystä koituvia hyötyjä ja kustannuksia sekä sitä, miten ne jakautuvat yksilön, kaupungin ja yhteiskunnan kesken.

Yksi kustannus-hyötyanalyysin haasteista on kaikkien toimintaan vaikuttavien seikkojen määrittely nykyhetkessä ja tulevaisuudessa, sillä tulevaisuuden ennustamiseen liittyy aina jonkin verran epävarmuutta. (Choi & Gössling 2015:107 ja Barbier & Hanley 2009:1–3). Esimerkiksi tekniikan kehitystä ja sen vaikutusta autojen päästöarvoihin on vaikea arvioida etukäteen. Toisaalta myös esimerkiksi ilmastonmuutoksen kehittymistä on lähes mahdotonta arvioida tarkasti. Tarkastelun yksinkertaistamiseksi tässä tutkielmassa käytettyjen kustannusten ja hyötyjen oletetaan pysyvän muuttumattomina koko tarkastelujakson ajan. Sen sijaan ennustettu väestönkasvu ja tavoiteltu kulkutapaosuuksien muutos kehittyvät tarkasteluvälillä vaikuttaen lopputulokseen.

Toinen kustannus-hyötyanalyysiin liittyvistä ongelmista on rahallisen arvon määrittäminen asioille, joille sellaista ei valmiiksi ole olemassa (Choi & Gössling 2015:107). Esimerkiksi luonnon monimuotoisuudelle tai puhtaalle ilmalle on hankala määrittää taloudellista arvoa, koska niitä ei vaihdeta markkinoilla eikä niille siten muodostu markkina-arvoa. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat kustannukset ovat niin suuret

ja monimuotoiset, että kustannusten rahallinen arvottaminen on hyvin haasteellista. On kuitenkin olemassa useita eri menetelmiä, joilla erilaisille ympäristöhyödykkeille voidaan koettaa määrittää suuntaa antava rahallinen arvo (Barbier & Hanley 2009). *Varjohinta* (*shadow price*) on yleisesti käytetty termi kuvaamaan hintaa, jota ei ole määritelty markkinoilla tai markkinahintaa, joka ei kuvaa hyödykkeen todellista arvoa. Varjohinnan määrittämisellä voidaan korjata markkinoiden epäonnistumisen aiheuttamia vääristymiä hinnoissa. (Glaster & Layard 1994:14). Hiilen yhteiskunnallisen hinnan määrittäminen on hyvä esimerkki pyrkimyksestä korjata hiilidioksidin tuottamisesta aiheutuvaa ympäristöhaittaa.

Liikkumismuotoihin liittyvää kustannus-hyötyanalyysin tutkimusta on tehty laajasti esimerkiksi Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa (esim. Choi ym. 2019, van Essen ym. 2011 ja Doherty & Litman 2011) ja jossain määrin Suomessakin (Gynther, Hippinen, Lovén, Salmi, Soares, Tervonen, Tikka & Torkkeli 2012). Pohjois-Amerikan tai Euroopan mittakaavassa tehdyt tutkimukset eivät kuitenkaan automaattisesti vastaa Tampereen tilannetta. Siksi niissä laskettuja kustannuksia tai hyötyjä ei varauksetta voida siirtää suoraan tähän tutkielmaan.

Kustannus-hyötyanalyysissa voidaan käyttää *Benefits Transfer* -menetelmää, jossa tarkoituksena on muuttaa alkuperäisen tutkimuksen arvoja tutkittavana olevaan kohteeseen paremmin sopiviksi (Brouwer 2000). Menetelmä vaatii onnistuakseen niiden seikkojen tunnistamista, jotka erottavat alkuperäisen tutkimuskohteen nykyisestä. Eroavaisuuksia tarkastelemalla on mahdollista muuttaa alkuperäisiä kustannuksia omaan tutkimuskohteeseen sopivimmiksi. Esimerkiksi ympäristön ominaisuudet tai väestön liikkumistavat voivat poiketa suurestikin vaikkapa suomalaisen ja pohjoisamerikkalaisen kaupungin välillä.

Yksi vaihtoehto on määrittää kustannukset ja hyödyt suoraan tutkimalla tutkimuskohdetta, mutta se on menetelmänä työläs. Tämän tutkimuksen puitteissa käytän kustannuksille ja hyödyille pääosin jo olemassa olevia arvoja ja muokkaan niitä tilanteesta riippuen Tampereelle sopivammiksi. Pyrin tutkielmassani käyttämään ennen kaikkea pohjoismaalaisia tai eurooppalaisia tutkimuksia, jotta tutkimuskohteet vastaisivat mahdollisimman paljon toisiaan. Kustannukset tulee myös muuttaa vertailukelpoisiksi, jotta niitä voidaan käyttää analyysissa. Tässä tutkielmassa käytän *yksikkökustannuksia* –

ja hyötyjä, jotka on ilmaistu liikkumismuotojen vertailuun sopivassa muodossa ”euroa per matkustajakilometri”.

Lopullisissa tuloksissa analysoidaan sitä yhteiskunnan nettohyötyä, joka syntyy Tampereen kaupungin tavoitellun kulkutapajakauman saavuttamisesta. Nettohyötyyn sisältyvät niin nykyhetken kustannukset ja hyödyt kuin tietyn aikavälin tulevaisuuden kustannukset ja hyödyt diskontattuna tähän päivään (Damart & Roy 2009:203). Diskonttokoron määrittäminen on tärkeä osa kustannus-hyötyanalyysia, sillä se voi vaikuttaa merkittävästi koko analyysin lopputulokseen.

3.2 Kustannus-hyötyanalyysi päätöksenteon apuna

Kustannus-hyötyanalyysi voi olla parhaimmillaan päätöksentekoa helpottava työkalu, joka auttaa hahmottamaan projektista saavutettavaa nettohyötyä. Sitä on kuitenkin myös kritisoitu erityisesti sen yksinkertaistavasta luonteesta johtuen. Riskinä on, että analyysi ohjaa päätöksentekoon, joka ei ehkä ole eettisesti kestävä (Damart & Roy 2012:206).

Damartin ja Royn (2012:206) mukaan kustannus-hyötyanalyysin pätevyys voidaan kyseenalaistaa sen *utilitaristisen* lähestymistavan vuoksi. Kustannus-hyötyanalyysia voidaan kutsua utilitaristiseksi työkaluksi, sillä se keskittyy puhtaasti yhteiskunnan maksimihyötyyn. Se ei kerro talouden allokatiivisesta tehokkuudesta eli siitä, jakautuuko hyöty tasaisesti kansalaisten kesken. Liikenneinvestointien yhteydessä voitaisiin ajatella, ettei ole oikeudenmukaista pyöräilijöitä kohtaan, kun heidän maksamallaan veroilla kustannetaan kaupungin autoteiden rakentamista. Tämä tulisi kompensoida pyöräilijöille, jotta saavutetaan todellinen *Pareto-parannus* (Glayster & Layard 1994:6). Pareto-parannuksessa saavutetaan hyötyä ilman, että kukaan joutuu luopumaan sen hetkisestä hyödystään. Kustannus-hyötyanalyysin tulokset voivat siis antaa hyvän osviitan siitä, mihin suuntaan päätöksentekoa tulisi ohjata, mutta tulonjakoa ja oikeudenmukaisuutta sidosryhmien kesken ei silti saisi unohtaa.

Kustannus-hyötyanalyysin tuloksen luotettavuuteen vaikuttaa myös yksikkökustannusten oikea määrittely (Damart & Roy 2009:203). Markkina-arvon määrittäminen niille hyödykkeille, joilla sitä ei ole, voi osoittautua haastavaksi. Esimerkiksi ihmishengen arvo koetaan usein mittaamattomaksi. Silti sen määrittäminen on tärkeä osa kustannus-

hyötyanalyysia, jos ajatellaan esimerkiksi liikenneonnettomuudesta aiheutuvia kustannuksia. Luonnon monimuotoisuuden taloudellinen mittaaminen on myös haastavaa mutta monessa tapauksessa tarpeellista, jotta luonnon monimuotoisuuden vähenemisen vaikutukset voitaisiin ottaa huomioon päätöksenteossa.

Kustannus-hyötyanalyysissa sovelletaan usein muissa tutkimuksissa määriteltyjä yksikkökustannusarvoja, jos käsillä olevasta tutkimuskohteesta ei ole riittävästi tietoa saatavilla. Suoraan muista tutkimuksista otettujen kustannusarvojen hyödyntämiseen on kuitenkin suhtauduttava varauksella, sillä eri alueiden ympäristön tai vaikkapa liikennekulttuurin erilaisuus voi vaikuttaa tuloksiin merkittävästi. Jos vertailu kuitenkin toteutetaan huolellisesti ja keskittyen omaa tutkimuskohdetta muistuttaviin tapauksiin, on kustannuksia mahdollista soveltaa omaan tutkimukseen (Kangas ym. 2018:30–31).

Kustannus-hyötyanalyysin yleinen piirre on, että siinä oletetaan kustannusten ja hyötyjen kasvavan ajassa lineaarisesti (Keating & Keating 2017:75). Esimerkiksi terveyshyötyjen voitaisiin ajatella kasvavan loputtomasti suhteessa päästöjen vähenemiseen. Lisähyöty yhdestä ylimääräisestä yksiköstä eli *rajahyöty*, on kuitenkin aleneva. *Rajakustannus* taas on nouseva. Jos vaikkapa haluttaisiin vähentää ilmastonmuutosta aiheuttavien päästöjen määrää, tulisi ensimmäisen 10%:n vähentäminen todennäköisesti edullisemmaksi kuin sitä seuraavan 10%:n. (ibid.). Kustannusten ja hyötyjen epälineaarisuus olisi otettava huomioon analyysissa, jottei tulevaisuuden vaikutuksia arvioida väärin. Tässä tutkielmassa suoritettavassa kustannus-hyötyanalyysissa kustannukset kuitenkin oletetaan vakioiksi laskelmien helpottamiseksi. Kustannukset muuttuvat ainoastaan suhteessa väkilukuun ja kulkutapajakaumaan. Koska tarkasteltava aikaväli on vain 10 vuotta, kustannusten vakioisuus on kohtuullinen oletus.

3.3 Diskonttokoron valitseminen

Diskonttokorkoa käytetään, kun halutaan muuntaa tulevaisuudessa realisoituvia kustannuksia tai hyötyjä nykyarvoon. Diskonttokoron määrittäminen liittyy pohjimmiltaan siihen, että ihminen on taipuvainen kuluttamaan mieluummin heti kuin siirtämään kulutustaan tulevaisuuteen, minkä vuoksi esimerkiksi hyödykkeiden arvo muuttuu ajan kuluessa. Käytännössä tulevaisuuden kulutus on sitä vähempiarvoista, mitä

pidemmälle ajassa edetään. (Barbier & Hanley: 142–149). Kustannus-hyötyanalyysin laskelmissa käytän seuraavanlaista yleistä diskonttausyhtälöä:

$$\text{nykyarvo } (X_t) = X_t [(1 + i)^{-t}],$$

jossa i = diskonttokorko, t = valitun ajan pituus.

Oikean diskonttokoron määrittäminen on olennaista, jottei tulevaisuuden kustannuksia ja hyötyjä yli- tai aliarvioida. Joskus poliittisten päätösten toteutumiseen liittyy paljon epävarmuutta, jolloin riski voidaan haluta sisäistää diskonttokorkoon. (Damart & Roy 2009 ja Barbier & Hanley 2009). Erityisesti ilmastonmuutuskustannusta arvioitaessa on valitulla aikavälillä ja koron suuruudella merkitystä. Ilmastonmuutoksen vaikutusten odotetaan pahenevan tulevaisuudessa, mikä voisi oikeuttaa käyttämään laskelmissa alhaisempaa diskonttokorkoa. (Arrow, Cline, Maler, Munasinghe, Squitieri & Stiglitz 1995:1). Näin tulevaisuuden kustannuksia ei ainakaan aliarvioitaisi. Taloustieteen näkökulmasta ilmastonmuutoksen torjumiseksi tarvittavan rajakustannuksen tulisi vastata ilmastonmuutoksen tulevaa haittakustannusta nykyhetken arvossa ilmaistuna (Barbier & Hanley:144). Täysin optimaalisen tuloksen saavuttaminen on vain teoriassa mahdollista, mutta tutkimuksissa tulisi pyrkiä mahdollisimman lähelle sitä.

Huttonin (2000:61) mukaan ilmastonmuutuskustannuksen lisäksi terveyshyötyjä tuottavien projektien diskonttokorkoa määritettäessä olisi tärkeää huomioida, että osa hyödyistä realisoituu vasta pitkällä aikavälillä. Jos tamperelaisten aktiivisten liikkumismuotojen käyttö lisääntyy kulkutapajakaumatavoitteen mukaisesti, on mahdollista, että osa terveyshyödyistä realisoituu vasta tavoitevuoden 2030 jälkeen. Tämä olisi hyvä huomioida päätöksenteossa, vaikka en sitä hankalan ennustettavuuden vuoksi voikaan tämän tutkielman kustannus-hyötyanalyysiin liittää.

Sopivan yhteiskunnallisen diskonttokoron suuruudesta ollaan kiistelty kirjallisuudessa läpi kustannus-hyötyanalyysin historian (Arrow ym. 1995:ix). Taulukkoon 1 on koottu esimerkkejä liikenteen kustannus-hyötyanalyysissä käytetyistä diskonttokoroista. Diskonttokoron suuruus on vaihdellut esimerkiksi Ranskassa viimeisten 40 vuoden aikana 4 %:n ja 8 %:n välillä vakiintuen sittemmin neljään prosenttiin (Damart & Roy 2009:203). Elvik (2000:42) puolestaan käyttää kävelijöiden ja pyöräilijöiden liikenneturvallisuutta käsittelevässä tutkimuksessaan 25 vuoden aikahaarukalla

diskonttokorkoa 7 %. Stern Review:n ilmastonmuutoksen taloustiedettä käsittelevässä raportissa vuodelta 2007 suositellaan käytettäväksi 1,4 %:n diskonttokorkoa. Doll ym. (2011) ja Bröcker ym. (2014) käyttävät liikenteen ulkoisia kustannuksia koskevissa raporteissaan diskonttokorkoa 3 %. Schwermer (2012:37) puolestaan suosittelee yleisiä ympäristön haittakustannuksia käsittelevässä tutkimuksessaan käyttämään alle 20 vuoden periodeissa 3 % diskonttokorkoa ja pidempiä ajanjaksoja tarkastellessa 1,5 % korkoa. Nordhaus (2007) taas vastustaa alhaista diskonttokorkoa, sillä tällöin kustannuksista aiheutuisi liian suuri vastuu tämän päivän ihmisille. Esimerkiksi niin sanotun ilmastoverotuksen voimakas lisääminen voisi vaikuttaa negatiivisesti pienempituloisten elämään.

Taulukko 1. Kirjallisuudesta poimittuja kustannus-hyötyanalyysiin suositeltuja diskonttokorkoja

Diskonttokorko	Tutkimus
3 %	Bröcker ym. (2014)
3 %	Schwermer (2012)
3 %	Doll ym. (2011)
1,4 %	Stern Review (2007)
7 %	Elvik (2000)

Kustannus-hyötyanalyysiin valittavan diskonttokoron tulisi siis sopia hyvin sekä tarkasteltavaan aiheeseen että aikavälin pituuteen. Tampereen tapauksessa aikaväli on suhteellisen lyhyt, sillä tarkastelujakso kestää vuodesta 2020 vuoteen 2030, mikä puoltaisi hiukan korkeampaa korkoa kuin 1,5 %. Toisaalta esimerkiksi Elvik käyttää tutkimuksessaan 25 vuoden aikajänteellä 7 %:n diskonttokorkoa, joka on suuri verrattuna muihin vastaaviin tutkimuksiin. Stern Review:n (2007) mukaan taas ilmastonmuutosta koskevissa aiheissa matalampi korko on parempi, ettei tulevaisuuden vaikutuksia aliarvioida. Arrow ym. (1995:x) kuitenkin toteavat, että lyhyemmän aikavälin poliittisissa päätöksissä, kuten Tampereen tapauksessa, diskonttokoron merkitys pienenee. Diskonttokoron määrittämiseen liittyvän haasteellisuuden vuoksi suoritin herkkyyksianalyysin kolmella eri korolla: 1,5 %, 3 % ja 5 %. Herkkyyksianalyysi löytyy luvusta 4.5.

4. KUSTANNUS-HYÖTYANALYYSI TAMPEREEN LIKKUMISMUODOISTA

4.1 Liikkumismuotojen kustannukset ja hyödyt

Kaupunkilaisten liikkumiseen liittyy moninainen joukko erilaisia kustannuksia ja hyötyjä. Tulevassa luvussa olenkin pyrkinyt erittelemään ne kustannuserät, jotka ovat erityisen tarpeellisia Tampereen kaupungin liikkumismuotojen kustannus-hyötyanalyysin kannalta. Liikkumisesta aiheutuu eri sidosryhmille suoria kustannuksia ja hyötyjä sekä lisäksi sellaisia epäsuoria kustannuksia ja hyötyjä, joiden vaikutuksia on vaikeampi arvioida. Suoria kustannuksia ovat esimerkiksi liikkumisvälineiden hankinta ja huolto. Myös kaupungin toimet liikenneinfrastruktuurin rakentamiseksi ja ylläpitämiseksi ovat suoria kustannuksia. Toisaalta motorisoidut ajoneuvot aiheuttavat epäsuoria kustannuksia muun muassa ilmansaasteiden ja kasvihuonekaasujen aiheuttamien terveyshaittojen tai ilmastonmuutoksen muodossa. Eri liikkumismuotojen kustannukset ja hyödyt poikkeavat myös paljon toisistaan. Autoilusta koituu huomattavasti enemmän kustannuksia kuin vaikkapa kävelystä, sillä kävelyyn ei tarvita välineitä eikä se juuri kuormita ympäristöä. Erilaiset liikenteestä koituvat vaikutukset ovat usein monimutkaisia ja jossain määrin myös hankalasti arvioitavia.

Liikkumismuotojen kustannukset voidaan jakaa sen perusteella, mille taholle kustannukset kohdistuvat. Jako tehdään useimmiten yksilön ja yhteiskunnan välille eli kyse on yksityisistä tai ulkoisista kustannuksista. Tämän tutkielman kannalta on tarpeellista ottaa kolmantena tahona tarkasteluun mukaan kaupunki, joka ei aivan kuvaa koko yhteiskuntaa, muttei yksilöäkään. Yhteiskunta käsittää tässä tapauksessa kaupunkia suuremman ihmismäärän tai alueen, jota ei kustannuksesta riippuen aina voida tarkasti määrittää. Joissain tapauksissa yhteiskunta voi kuvata Suomea, mutta esimerkiksi ilmastonmuutoksen vaikutuksia tarkastellessa on yhteiskunta käsitteenä maarajat ylittävä. Kaupungilla puolestaan tarkoitetaan Tampereen kaupungin taloutta.

Yhteiskunnalle koituu kustannuksia, kun jonkin toiminnan *negatiivisia ulkoisvaikutuksia* ei pystytä sisäistämään. Negatiivinen ulkoisvaikutus syntyy, kun jokin toiminta aiheuttaa haittaa toisille ilman, että toiminnan aiheuttajat joutuvat vastuuseen. Negatiivisesta ulkoisvaikutuksesta aiheutuu siis yhteiskunnalle ja usein myös yksilölle

hyvinvointitappio tai -kustannus. Esimerkiksi autoliikenteestä syntyvät kasvihuonekaasupäästöt edistävät ilmastonmuutosta, jolloin yksilön toiminnasta koituu kustannus koko yhteiskunnalle ilmastonmuutosten vaikutusten muodossa. Toinen esimerkki yhteiskunnalle koituvasta kustannuksesta on hyvinvointivaltion terveydenhuoltojärjestelmä: ihmisten omista toimista riippumatta heille tarjotaan sairastuessa hoitoa, jonka yhteiskunta maksaa.

Ulkoisvaikutus voi olla myös positiivinen, jolloin jotain yksityisesti tuotettua asiaa ei hyödynnetä tarpeeksi, jotta päästäisiin yhteiskunnan optimitasolle. Esimerkiksi kaupungin viheralueiden lisääminen parantaa kaupungissa viihtyvän eliöstön elinpiiriä, mutta toisaalta lisää samalla lähistöllä asuvien ihmisten hyvinvointia, houkuttelee matkailijoita ja säätelee hulevesien tasoa. Ulkoisvaikutus tulisi pyrkiä sisäistämään esimerkiksi tukimaksuin tai veroin riippuen siitä, onko vaikutus negatiivinen vai positiivinen.

Taulukkoon 2 on koottu eri liikkumismuotojen tärkeimpiä kustannuksia ja -hyötyjä. Taulukossa on lisäksi huomioitu tiedon saatavuus kunkin arvon kohdalla sekä kustannuksen tai hyödyn kohdistuminen yksilölle, yhteiskunnalle tai kaupungille. Oleellisten arvojen valintaan vaikuttaa se, löytyykö tietystä arvosta riittävästi luotettavaa kirjallisuutta, jotta tuloksia pystyttäisiin hyödyntämään tässä tutkielmassa. Kustannusten ja hyötyjen valinta on näin ollen tärkeä osa kustannus-hyötyanalyysia ja vaikuttaa merkittävästi lopulliseen lopputulokseen. Esimerkiksi päästökustannukset koskien ilmastonmuutosta sekä ilman ja ympäristön saastumista ovat herättäneet tutkijoiden keskuudessa viime aikoina entistä enemmän kiinnostusta ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta löytyykin suhteellisen paljon (esim. Anton, Bickel, Carmighelet, van Donselaar, Enei, Hämekoski, Leone, Otterström, Schmid & Tervonen 2003 ja Mandell 2011). Myös terveyshyötyjä on tutkittu suhteellisen laajasti (esim. de Nazelle ym. 2013 ja Badland, Donovan, Genter & Petrenas 2008). Turvattomuuden tunteesta aiheutuva kustannus ja brändihyöty sen sijaan ovat hyvin vähän tutkittuja.

Taulukko 2. Liikkumismuotojen kustannuksia ja hyötyjä (mukaillen Choi ym. 2019:71)

Kustannus/hyöty	Tiedon saatavuus	Kohdentuminen
Ilmastonmuutos	xx	Yhteiskunta
Ilman ja ympäristön saastuminen	xx	Yhteiskunta
Liikenneinfrastruktuuriin investoiminen	xx	Kaupunki
Liikenneinfrastruktuurin kunnossapito	xx	Kaupunki
Ajoneuvo	xx	Yksilö
Onnettomuudet	x	Yhteiskunta
Melu	x	Yhteiskunta
Matka-aika	x	Yksilö
Terveysvaikutukset	x	Yksilö ja yhteiskunta
Brändiarvo ja turismi	-	Kaupunki
Koettu turvallisuus	-	Yksilö

Merkinnät: xx hyvin saatavissa, x saatavissa, - huonosti saatavissa

Ilmastonmuutuskustannus

Yhteiskunnan kannalta tärkeä kustannus on *ilmastonmuutuskustannus*. Kaupunkiliikenne tuottaa valtavan määrän kasvihuonekaasuja, jotka edistävät ilmastonmuutosta (Musso & Verner 2013). Kävely ja pyöräily oletetaan tässä tutkielmassa täysin päästöttömiksi eli ilmastonmuutoksesta aiheutuvat kustannukset ovat yksin autoilun aiheuttamia (Choi ym. 2019:71). Autojen pakokaasujen mukana ilmaan joutuviin kasvihuonekaasuihin luetaan yleisimmin hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O) sekä otsoni (O₃) (CO₂-raportti 2019:9 ja Doherty & Litman 2011:5.10,2). Tarkasteluissa korostetaan usein hiilidioksidia, koska sen osuus kasvihuonekaasupäästöistä on huomattavasti suurempi

kuin esimerkiksi metaanin ja dityppioksidin. Laskelmiin ei tässä tutkielmassa sisällytetä HFC- ja PFC-yhdisteitä eikä rikkiheksafluoridia (SF₆), jotka ovat niin sanottuja fluorattuja kasvihuonekaasuja (CO₂-raportti 2019:9).

Ilmastonmuutosta edistävät kasvihuonekaasut käsitetään tässä tutkielmassa erityisesti henkilöautoliikenteen aiheuttamana negatiivisena ulkoisvaikutuksena. Autoilijat eivät siis maksa yhteiskunnalle aiheuttamastansa vahingosta ja autoa käytetäänkin enemmän kuin olisi yhteiskunnan kannalta optimaalista. Ilmastonmuutos aiheuttaa täten kaikille maapallon asukkaille korvaamattomia kustannuksia esimerkiksi menetettyjen satojen, muuttuvien sääolojen tai vähenevän biodiversiteetin muodossa. Lisäksi kasvihuonekaasuihin luettavalla otsonilla sekä dityppioksidilla on todettu olevan terveydelle haitallisia vaikutuksia. (Gynther ym. 2012:35).

Suomen sisällä 21 % kaikista tuotetuista kasvihuonekaasuista on lähtöisin liikenteestä, mistä yli 90 % muodostuu pelkästään tieliikenteestä (Tilastokeskus 2019a:20). Liikenne on myös kaikkein nopeimmin kasvava päästölähde auto- ja lentoliikenteen lisääntyessä jatkuvasti. (Stern 2007:356). Tampereen tieliikennepäästöt ovat hieman korkeammat kuin Suomessa keskimäärin, sillä vuonna 2017 tieliikenne tuotti 26 % koko kaupungin kasvihuonekaasupäästöistä. Lukema on ollut laskussa aina 1990-luvulta lähtien, mutta Tampereen hiilineutraaliustavoitteeseen pääseminen vaatii edelleen tieliikenteen päästöjen huomattavaa vähentämistä (CO₂-raportti 2019:24).

Ilmansaastekustannus

Ilmastonmuutuskustannuksen lisäksi *ilmansaastekustannus* on yksi tieliikenteen aiheuttamista merkittävimmistä kustannuksista (Doll, van Essen, Maibach, Otten, Schreyer, Schroten, Sutter & Zandonella 2011). Kävely ja pyöräily oletetaan täysin päästöttömiksi (Choi ym. 2019:71). Autoliikenteen pakokaasuista ilmaan ja ympäristöön joutuvat typen oksidit (NO_x) ja pienhiukkaset (PM_{2.5}) sekä vähemmissä määrin myös rikin oksidit (SO_x) ovat ympäristölle ja ihmisille haitallisia yhdisteitä (esim. Doherty & Litman 2011:5.10,2). Pienhiukkaseksi lasketaan hiukkaset, jotka ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometriä (Kangas ym. 2018:10). Ilmansaasteet voivat vaikuttaa paitsi satoihin, mutta myös metsien kuntoon esimerkiksi happamoittavien sateiden muodossa. Kaupungissa ilmansaasteet voivat aiheuttaa rakennusten rappeutumista ja

likaantumista. (Gynther ym. 2012:46). Ilmansaastekustannuksessa ei oteta huomioon kasvihuonekaasuja.

Ilmansaasteet ovat yksi ihmisten terveydelle vahingollisimmista ympäristöhaitoista, sillä ne aiheuttavat maailmanlaajuisesti jopa yhden kuoleman kuudesta tapauksesta (The Lancet Comissions 2017). Suomessa pienhiukkasten (PM_{2,5}) on arvioitu aiheuttavan noin 1600 ennen aikaista kuolemaa vuodessa (Asikainen, Hänninen, Korhonen, Lehtomäki & Rumrich 2016:10). Ilmansaasteista aiheutuvat sairaudet voivat myös vähentää työkykyä ja kuormittavat Suomen kaltaisissa hyvinvointivaltioissa terveydenhuoltoa (The Lancet Comissions 2017:462,486). Erityisesti pienhiukkasten on todettu aiheuttavan pidemmän altistumisen seurauksena muun muassa astmaa, keuhkohtaumatautia ja sepelvaltimotautia (Kangas ym. 2018:12). Katupölyn mukana ilmaan kulkeutuu pienhiukkasia huomattavasti karkeampia hiukkasia (PM₁₀), joilla on todettu olevan saman tyyppisiä terveydelle haitallisia vaikutuksia kuin pienemmilläkin hiukkasilla.

Ilmansaasteista erityisen vaarallisia ovat liikenteen tuottamat päästöt, koska ne siirtyvät suoraan kävelijöiden ja pyöräilijöiden hengitysteihin liikkumisen tapahtuessa samalla tasolla. Lisäksi kaupunkien liikennemäärät kasvavat jatkuvasti asukasmäärien noustessa, mikä osaltaan lisää ilmansaasteiden määrää ja niiden haitallisia vaikutuksia. Tampereella vuonna 2013 hieman yli 20 % asukkaista altistui liiallisille typen oksideille ja noin 12 % altistui suhteellisen korkeille katupölypitoisuuksille. Suurimman osan ajasta Tampereen ydinkeskustan ilmanlaatu on kuitenkin vähintään tyydyttävää. (Tampereen kaupunki 2013). Ilmansaasteiden lisäksi liikenteestä aiheutuu ympäristövaikutuksia esimerkiksi jätteiden muodossa (Gynther ym. 2012:4), mutta niiden tarkasteleminen jää tämän tutkielman ulkopuolelle.

Infrastruktuurin investointi- ja kunnossapitokustannus

Kaupungille koituu liikenteestä kustannuksia *infrastruktuurin investointikustannusten* muodossa. Tampere on halukas investoimaan tulevaisuudessa kestävämpään liikkumiseen, mikä sisältää esimerkiksi julkisen liikenteen tehostamista, kävely- ja pyöräteiden lisäämistä ja pyrkimystä vähentää autoilua keskusta-alueella. Vaikka investoinnit tehtäisiinkin ympäristön suojelun ja liikenteen sujuvuuden lähtökohdista, on niiden oltava myös taloudellisesti kannattavia pitkällä aikavälillä. Investointipäätöstä tehdessä olisi siis otettava huomioon niin projektin aikana kuin sitä ennen ja sen jälkeen

aiheutuvat kustannukset. (Chen, Lee & Yang 2016:1155). Pitkän aikavälin suunnitelmaa luodessa tulisi investointien kustannusten määrittelyssä myös ottaa huomioon, ovatko kustannukset kiinteät vai lisääntyvätkö ne esimerkiksi liikennemäärien kasvaessa. (CE Delft & Ecorys Transport 2005:33–35). Tässä tutkielmassa investointikustannukset kuvaavat tällä hetkellä tavanomaisia kunkin liikkumismuodon infrastruktuurin ylläpitämiseen tarvittavia panostuksia ja niiden oletetaan muuttuvan väkimäärän ja kulkutapaosuuden vaihdellessa.

Kaupungille kohdistuvat investointikustannusten lisäksi liikenneinfrastruktuurin kunnossapitoon liittyvät kustannukset. Niihin luetaan muun muassa teiden korjaamisprojektit, teiden merkkaukset ja puhtaanapito (Doherty & Litman 2011:5.6). Auto- ja rekkaliikenne aiheuttaa kaupungeissa teiden suurimman kulumisen. Kävelijöiden ja pyöräilijöiden aiheuttama liikenneinfrastruktuurin kulumisen kustannus on vain 5 % moottoriajoneuvoliikenteen aiheuttamasta kustannuksesta (Doherty & Litman 2011:5.6,25). Kuitenkin esimerkiksi Tampereen tapauksessa infrastruktuurin kunnossapidon yksikkökustannuksesta muodostuu autoilua suurempi arvo kävelijöille ja pyöräilijöille, koska niiden suoritteet ovat autoilua pienemmät. Liikenneinfrastruktuurin kunnossapitokustannus oletetaan investointikustannuksen tapaan väkimäärän ja kulkutapaosuuden noustessa lineaarisesti kasvavaksi.

Liikenneinfrastruktuurin kehittämisestä syntyy varsinaisten kustannusten lisäksi *epäsuoria* kustannuksia, joita voidaan kuvailla myös ulkoisvaikutuksena. Esimerkiksi kestävämmän liikenneinfrastruktuurin rakentaminen ja ylläpito aiheuttavat itsessään kasvihuonepäästöjä. Liikenneinfrastruktuurin tarpeeseen käytettävä maa-alue voi myös pahimmillaan tuhota maisemaa tai ekosysteemejä. (Barbier & Hanley 2009: 285–288). Ihanteellisessa tilanteessa liikenneinvestoinnissa olisikin huomioitava tuotetun infrastruktuurin koko elinkaari ja sen aikana aiheutuneet kustannukset aina valmistuksesta sen kierrätykseen tai hävitykseen saakka. (Bröcker ym. 2014:62 ja Choi, Dekker, Gössling & Metzler 2019).

On pantava merkille, että liikenneinfrastruktuurin rakentaminen aiheuttaa nykyiselläänkin päästöjä ja autojen vaatima maa-alue on huomattavasti suurempi kuin kävelijöiden ja pyöräilijöiden reitteihin tarvittava maa-alue. Yhteiskunnan kannalta investoinnit kestävämpään liikenneinfrastruktuuriin lienevätkin aina kannattavia, jos yksityisautoilun negatiivisia ulkoisvaikutuksia saadaan samalla poistettua. Tämän

tutkielman puitteissa ei epäsuorien kustannusten sisällyttäminen laskelmiin kuitenkaan ole mahdollista niiden määrittämiseen liittyvän epävarmuuden vuoksi.

Ajoneuvokustannus

Auton käyttökustannuksia ovat muun muassa hankintakustannus, polttoaine- tai sähkökustannus, huollot, katsastukset, vakuutusmaksut sekä erilaiset verot. (Liikenne- ja viestintävirasto 2019c). *Ajoneuvokustannus* muodostuu pääasiassa yksilölle koituvista kustannuksista. Moottoriajoneuvojen tapauksessa kustannukset voivat olla huomattavat ja tutkimusten mukaan autoton kotitalous voikin säästää useita satoja, jopa tuhansia, euroja vuodessa verrattuna autolliseen kotitalouteen. Tämä edellyttää kuitenkin, että kaupungissa on toimivat kävely- ja pyöräilyverkot ja joukkoliikenne. Autoilun kustannukset ovat lisäksi kaupungissa suuremmat kuin taajaman ulkopuolella muun muassa alhaisempien nopeusrajoitusten vuoksi. (Doherty & Litman 2011: 5.1,2).

Hybridiautoilla voidaan saavuttaa säästöjä ajoneuvon käyttökustannuksissa eritoten kaupunkiajossa, sillä hybridiautot kuluttavat vähemmän polttoainetta verrattuna tavallisiin diesel- tai bensiiniautoihin (Doherty & Litman 2011:5.1,10). Hybridiautossa on sekä polttomoottori että sähkömoottori, minkä ansiosta myös ajoneuvon tuottamia päästöjä saadaan vähennettyä (Motiva Oy 2019b). Sähköautot puolestaan ovat ajaessa täysin päästöttömiä, mutta vaativat toimiakseen sähköä sekä aika ajoin uuden akun, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia sekä taloudellisessa että ekologisessa mielessä (Doherty & Litman 2011:5.1,10).

Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) arvion mukaan hybridi- ja sähköautojen käyttö tulee Suomessa yksilön kannalta kalliimmaksi kuin perinteisten autojen käyttö, ellei ajokilometrejä kerry vuodessa yli 30 000 km (Liikenne- ja viestintävirasto 2019c). Tamperelainen autoilija ajaa keskimäärin 7500 km vuodessa (Liikenne- ja viestintävirasto 2018d:10), minkä perusteella nykytilanteessa hybridi- tai sähköauton omistaminen ei ole tamperelaiselle taloudellisesti kannattavaa. VTT:n laskelmassa ei kuitenkaan otettu kantaa hyötyihin, joita esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen tai meluhaitan pieneneminen tuottavat yhteiskunnalle hybridi- ja sähköautojen ollessa lähes päästöttömiä ja äänettämiä (Motiva Oy 2019b). Lisäksi, jos sähköauton ostamista tuetaan hankintatuella, laskevat sähköauton kokonaiskulut jopa alemmaksi kuin perinteisen auton. Tutkimuksen mukaan myös esimerkiksi maakaasua

polttoaineenaan käyttävät autot tulevat kuluttajalle suhteellisen edulliseksi suuremmilla ajomäärillä. (Liikenne- ja viestintävirasto 2019c). Toisen tutkimuksen mukaan taas sähköautojen käyttökulut ovat kehitymässä bensiinimoottorista autoa pienemmiksi, mikä saattaa edistää sähköautojen lisääntymistä liikenteessä (Jääskeläinen, Lohko-Soner & Särkijärvi 2018:87).

Jotta ekologisemmat autot valloittaisivat tieliikenteen, tulisi tulevaisuudessa hybridi- ja sähköautojen hankintahintaa madaltaa esimerkiksi tukimaksuin sekä kotilatausmahdollisuuksia parantaa (Jääskeläinen ym. 2018: 82). Lisäksi on huomioitava, että uusien ekologisten liikkumisvälineiden tuottaminen aiheuttaa itsessään jonkin verran päästöjä, vaikka ne olisivatkin käyttöikänsä aikana päästöttömiä. VTT:n tutkijan Juhani Laurikon mukaan (Toivonen 2019) vähäpäästöisen auton valmistamisessa syntyneet kasvihuonekaasupäästöt ovat kuitenkin vain murto-osa auton sen eliniän aikana tuottamista päästöistä.

Moottoriajoneuvojen lisäksi myös pyörällä kulkeminen aiheuttaa jonkin verran suoria kustannuksia. Pyörän hankintahinta ja huoltokustannukset aiheuttavat pyöräilyyn liittyvät suurimmat rahalliset menoerät, jotka kuitenkin ovat hyvin pieniä verrattuna esimerkiksi auton omistajalta vaadittuihin maksuihin (Doherty & Litman 2011:5.1, 11).

Onnettomuuskustannus

Liikenneonnettomuudet aiheuttavat paitsi kärsimystä uhrille ja hänen läheisilleen, mutta myös usein mittavia terveydenhuollon kustannuksia yhteiskunnalle (Alvær, Bjørnskau, Elvik, Sælensminde, Schistad, Veisten & Ytterstad 2007:1163). Liikenneonnettomuudet ovat myös kansanterveyden kannalta merkittävä huolenaihe, sillä ne ovat toiseksi merkittävin kuolinsyy 15–24 -vuotiaissa nuorissa (Tainio & Tuomisto 2005:2). Yli 60 % tieliikenneonnettomuuksissa kuolleista on autoilijoita tai auton kyydissä matkustavia (Liikenneturva 2019a). Myös pyöräilijöiden ja kävelijöiden kuolemantapauksissa yli puolessa tapauksista syynä on yhteentörmäys auton kanssa (Liikenneturva 2019b ja Liikenneturva 2019c).

Elvik (2000) toteaa tutkimuksessaan, että tieliikenneonnettomuuksia voidaan vähentää esimerkiksi rakentamalla kävelijöille ja pyöräilijöille erillisiä tienylityspaikkoja. Boogard, de Hartog, Hoek ja Nijland (2010) ovat tutkineet vakavien

liikenneonnettomuuksien lisääntymistä, kun vaihdetaan kulkutapaa autosta pyöräilyyn. Tutkimuksen mukaan alle 50-vuotiaiden henkilöiden onnettomuudet jopa vähenisivät, jos he vaihtaisivat autosta pyöräilyyn. Yli 50-vuotiailla vaikutus taas oli päinvastainen. Keskimääräinen onnettomuusluku ei siis heidän mukaansa muuttuisi kulkutapaa vaihtamalla. Helsingin kaupungin (2014:13) laatiman raportin mukaan pyöräonnettomuudet sen sijaan kasvavat, kun pyöräilyn kulkutapaosuutta lisätään. Onnettomuuksien lisääntyminen kulkutapaa vaihdettaessa voi riippua kuitenkin paljon muun muassa olemassa olevasta infrastruktuurista ja sen tasosta.

Onnettomuuksien pelko aiheuttaa yksilöissä *turvattomuuden tunnetta*. Turvattomuuden tunnetta voivat aiheuttaa etenkin pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden keskuudessa myös liikenteestä aiheutuvat ilmansaasteet ja niiden terveyshaitat, liikennemelu sekä pyörän varastamisen pelko. (Choi ym. 2019:71 ja Elvik 2000). Turvattomuuden tunne on hyvin hankalasti rahassa mitattava kustannus eikä sitä juuri ole tutkittu, minkä vuoksi joudun jättämään sen pois tässä kustannus-hyötyanalyysistä. Turvattomuuden tunteesta aiheutuvan kustannuksen merkitystä kaupunkisuunnittelun kannalta ei silti tule väheksyä, ja tulevaisuudessa tutkimuksissa sen merkitystä voitaisiinkin nostaa esiin.

Melukustannus

Liikennemelulla on paitsi vaikutusta ihmisten hyvinvointiin ja mielentilaan, mutta välillisesti myös esimerkiksi asuntojen hintoihin (Doherty & Litman 2011:5.11,2). Kaupunkiliikenteen melu voi aiheuttaa ihmiselle vakavia terveysvaikutuksia, jotka pohjautuvat lisääntyneeseen stressiin. Päivittäisen stressin ja ärsyyntyneisyyden lisäksi melun aiheuttamia oireita ovat kasvanut verenpaine ja jopa sydäninfarkti. (Bröcker, Cox, Dehnen, Gibson, Holtkamp, Meier, Korzhenevych & Varma 2014:49). Tampereella merkittävin meluhaitta aiheutuu tie- ja katuliikenteestä ja keskimäärin noin 15 % tamperelaisista altistuu yli 55 dB:n liikennemelulle (Tampereen kaupunki 2017c). Meluoireet ovat kuitenkin hyvin erilaisia eri ihmisillä, eikä esimerkiksi stressioireiden alkuperää voida aina jäljittää liikennemelun aiheuttamaksi.

Aikakustannus

Matka-aika on yksilön kannalta varsin merkittävä tekijä valittaessa kulkutapaa. Paikasta toiseen liikkumiseen kuluva-aikaa voidaan kutsua *vaihtoehtoiskustannukseksi*, sillä se on menetettyä aikaa jostain muusta aktiviteetista, kuten työstä tai vapaa-ajasta. Autolla kuljettaessa aikakustannus on yleensä kaikkein pienin kuljettua kilometriä kohden. Joukkoliikenteen aikakustannus on usein hieman suurempi kuin yksityisautoilun, mutta tämä riippuu täysin tilanteesta. Pyöräilyn ja kävelyn aikakustannukset ovat suurimmat. (Elvik 2000). Aikakustannuksia vertailtaessa on kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi hyvin vilkkaassa ja tiiviissä kaupungissa kävelyn aikakustannus saattaa olla jopa yhtä suuri tai pienempi kuin autoilun. Lisäksi autolla kuljettaessa parkkipaikan etsiminen ja ruuhkassa seisominen voivat kasvattaa matka-aikaa niin, että käveleminen on järkevämpi valinta.

Erään selvityksen mukaan Tampere oli vuonna 2014 maailman sujuvin kaupunki autoilun kannalta, kun sitä mitattiin liikenteessä tehtyjen pysähdysten perusteella (Thorpe 2015). Viime vuosina Tampereen liikennettä ovat kuitenkin vaikeuttaneet muun muassa ratikan rakennusprojekti sekä muut mittavat rakennushankkeet (Hyry 2017). Automatkojen sujuvuus ja nopeus ovat kaupunkilaisten kannalta merkittäviä seikkoja, mutta niiden liiallinen korostaminen kaupungin puolelta saattaa viedä huomiota pois muilta tarpeilta, kuten kaupungissa kävelevien viihtyvyydestä tai turvallisuudesta.

Matka-aikaan linkitetään joskus myös matka-ajan epävarmuus tai luotettavuus. Mikäli matka-ajassa on paljon ennalta-arvaamatonta vaihtelua, kuten pysähdyksiä tai ruuhkapaikkoja, vaikuttaa se suoraan matka-ajan kustannukseen. Toisaalta yksilön kannalta ennalta-arvaamattomuudella voi olla merkitystä myös itse liikkumismuodon valinnassa. (Carrion & Levinson 2012:725). Matka-ajan mitoittamisessa voi olla myös kulttuurien ja maiden välillä suuria eroja, mikä taas vaikuttaa eri tutkimuksissa määriteltyjen aikakustannusten vertailukelpoisuuteen (Baumstark & Boiteux 2001:36). Esimerkiksi eteläisessä Euroopassa aikatauluihin suhtaudutaan usein hieman rennommin kuin vaikkapa Pohjoismaissa. Tässä tutkimuksessa käytän suomalaisia aikakustannusten arvoja, jotta ne vastaisivat mahdollisimman hyvin tamperelaisen henkilön matka-ajan kustannusta.

Terveyshyödyt

Kuluttavan valinnalla on merkitystä myös terveyden kannalta. Aktiivisten liikkumismuotojen ja julkisen liikenteen edistämällä on tutkimusten mukaan positiivisia terveysvaikutuksia paitsi ilmansaasteiden vähenemisen vuoksi, mutta myös fyysisen aktiivisuuden lisääntymisen vuoksi (de Nazelle, Nieuwenhuijsen, Rojas-Rueda & Teixidó 2013 ja Almström, Fosberg, Johansson, Lövenheim, Markstedt, Schantz, Sommar, Strömgren & Wahlgren 2017:62). Pelkästään auton omistaminen vaikuttaa ihmisten liikkumisen määrään, sillä autottomat ihmiset liikkuvat tuplasti enemmän kuin auton omistajat (Davis, Fergusson & Valsecchi 2007:31). Pyöräilyä ja kävelyä lisäämällä ja vastaavasti autoilua vähentämällä voidaan saavuttaa merkittäviä terveyshyötyjä (esim. Doherty & Litman 2011:5.3).

Suomalaisten yleistynyt liikkumattomuus on riski terveydelle (THL 2019a). Nykyihmisen energiankulutuksen väheneminen johtuu pitkälti arkiliikunnan vähenemisestä, sillä työ- ja vapaa-ajanmatkat kuljetaan pääosin autolla (Davis, Fergusson & Valsecchi 2007:26). Myös töissä ja kotona pääosin istutaan (THL 2019a). Liikkumattomuutta voidaan pitää syynä noin kolmasosalle kuolemista, koska se on riskitekijä useille vakaville sairauksille, kuten sydän- ja verisuonitaudeille ja tyypin kaksi diabetekselle.

Suomessa liikkumattomuus aiheuttaa kustannuksia yhteiskunnalle muun muassa lisääntyneiden terveydenhuollon kulujen muodossa ja välillisesti menetettyjen työpanosten muodossa. Yhteensä liikkumattomuuden on arvioitu tuottavan suomalaiselle yhteiskunnalle laskentatavasta riippuen vuosittain 3–7 miljardin euron kustannukset (Kolu & Vasankari 2018:1). Pienikin fyysisen aktiivisuuden lisääminen voi vähentää riskiä sairastua sydän- ja verisuonitauteihin tai tyypin 2 diabetekseen. Vakavien sairauksien välttämisen lisäksi fyysisen aktiivisuuden lisääminen tietävästi parantaa yksilön yleistä elämänlaatua. (Blair & Powell 1994).

Pidemmällä aikavälillä fyysisen aktiivisuuden lisääntyminen ja terveyden kohentuminen voivat vaikuttaa positiivisesti työssä käyvien tuottavuuteen ja edelleen kaupungin talouteen ja elinvoimaisuuteen (Hutton 2000 & Saelensminde 2004 ja Badland ym. 2008). Sairaalakäyntien vähentyessä pienenisivät myös terveydenhuollon kustannukset (Alvæ ym. 2007:1168). Työkykyisten elinvuosien lisääntyminen taas on paitsi yksilön elämänlaadulle merkittävää, mutta myös lisää valtion verotuloja. Toisen näkökulman

mukaan työkykyisten elinvuosien lisääntyminen tarkoittaa yhteiskunnalle lisääntyneitä kustannuksia sosiaalivakuutusten maksamisen muodossa (Choi & Gössling 2015:110). Muita negatiivisia vaikutuksia aktiivisten liikkumismuotojen lisäämisellä ei juuri ole, jollei oteta lukuun mahdollista liikenneonnettomuuksien lisääntymistä (Boogard ym. 2010).

Brändihyöty

Kaupunki voi aktiivisia liikkumismuotoja edistämällä saavuttaa *brändihyötyä* (The City of Copenhagen 2009:7). Näin aktiivisia liikkumismuotoja edistämällä kaupunki voi lisätä luotettavuuttaan ja vahvistaa kuvaa siitä, että se huolehtii asukkaidensa hyvinvoinnista (Gössling 2013:202). Tutkimastani kirjallisuudesta ainoastaan Choi ja Gössling (2015) ja Choi ym. (2019) ovat laatineet pyöräilyn edistämisestä syntyvälle brändiarvolle yksikkökustannuksen. Heidän kustannuksensa pohjautuvat Kööpenhaminan kaupungin (City of Copenhagen 2009:5) laatimiin laskelmiin. Kööpenhamina on tunnettu pyöräilykulttuuristaan ja tavoittelee muun muassa ”Maailman parhaan pyöräilykaupungin” -titteliä (The City of Copenhagen 2009:2). Sen vuoksi tanskalaisen yksikkökustannuksen käyttö Tampereen kaupungin kohdalla ei välttämättä kuvaa todellisuutta oikein, ja jätin brändiarvon pois kustannus-hyötyanalyysistä. Muita tutkimuksia brändihyödyn yksikköarvoista ei toistaiseksi löydy.

Lähivuosina Tampereen liikenneinfrastruktuurissa ja kaupunkilaisten kulkutavoissa tapahtuvat muutokset voivat nostaa brändihyödyn entistä tärkeämpään osaan. Esimerkiksi kesällä 2019 yleistyneet vuokrasähköpotkulaudat voivat parantaa kaupungin imagoa. Sähköpotkulaudat on omaksuttu osaksi keskustassa liikkumista, ja ne voivat myös helpottaa turisteja liikkumaan paikasta toiseen keskusta-alueella. Myös raitiovaunu ja kaupunkipyörät tulevat luomaan Tampereesta entistä elinvoimaisemman ja urbaanimman kuvan ulkopaikkakuntalaisille ja matkailijoille (Grönlund ym. 2016:58). Tampereen kaupungin suosio matkailijoiden keskuudessa on noususuhdanteinen (Tilastokeskus 2019b), joten tulevissa tutkimuksissa eri liikkumismuotojen brändihyödyn lisääminen analyysiin olisi mielestäni tarpeellista.

4.2 Kustannusten ja hyötyjen mittaaminen

Liikkumismuotojen kustannuksien ja hyötyjen mittaaminen on monin tavoin haasteellista, sillä useaan kustannus- tai hyötyerään liittyy epäsuoria vaikutuksia. Esimerkiksi ilmastonmuutoksen tai ilmansaasteiden täydellisiä vaikutuksia ympäristöön ja ihmisiin voi olla haasteellista arvioida. Sen lisäksi vaikkapa terveys- ja onnettomuuskustannuksen ollessa kysymyksessä, voi vaikeuksia syntyä ihmiselämän rahallisesta arvottamisesta, mikä taas yksilön näkökulmasta on korvaamaton määre. Kustannus-hyötyanalyysin kannalta on kuitenkin olennaista, että tällaisillekin seikoille kyetään arvioimaan jonkinlainen hinta. Lopullinen tulos onkin suuntaa antava arvio hyötyjen ja kustannusten tasapainosta perustuen parhaaseen mahdolliseen tietoon.

Tieliikenteen kustannusten yksikköarvoja on määritetty kirjallisuudessa jonkin verran. Niissä on keskitytty erityisesti autojen ja jonkin verran myös joukkoliikenteen kustannuksiin. Suomalaisista tutkimuksista esimerkiksi Ristikallio ja Tervonen (2010) ovat määrittäneet Liikennevirastolle tuotetussa raportissaan autolle ja joukkoliikenteelle yksikkökustannuksia, jotka koskevat ajoneuvon käyttöä, onnettomuuksia, matka-aikaa, melua ja päästöjä. Päästöjen osalta Ristikallion ja Tervosen tutkimus jää kuitenkin suppeaksi, eikä siinä esimerkiksi erotella ilmansaasteita ja kasvihuonekaasupäästöjä. Ristikallion ja Tervosen tutkimusta hyödynnetään myös Helsingin kaupungin (2014) pyöräilyn hyötyjä ja kustannuksia koskevassa raportissa, joka on osin toiminut tämän tutkimuksen taustalähteenä. Muilta osin autoilun yksikkökustannuksien määrittämiseen on tässä tutkielmassa käytetty Tampereen sisäisiä tietoja, liikenneviraston laskelmia ja Choi ym. (2019) tutkimuksessa annettuja arvoja.

Pyöräilyn ja kävelyn yksikkökustannukset ovat jääneet tutkimuksissa vähemmälle huomiolle ja suomalaisessa tutkimuksessa niitä ei ole sivuttu juuri lainkaan. Tässä tutkimuksessa pyöräilyn ja kävelyn yksikkökustannuksissa on hyödynnetty Helsingin kaupungin (2014) raporttia, Choi ym. (2019) tutkimusta sekä Tampereen kaupungin omia tietoja ja laskelmia.

Tutkielmassa suoritettavan kustannus-hyötyanalyysin kannalta on välttämätöntä, että kustannukset ovat vertailukelpoisia. Kukin kustannus ja hyöty tulee ilmaista samassa yksikössä, eli tässä tapauksessa muodossa ”euroa per matkustajakilometri”. Nämä yksikkökustannukset kuvaavat usein tietyn ihmisryhmän keskiarvoja, jotka eivät siis

kerro yksittäisten ihmisten preferensseistä. Yksikkökustannuksista voidaan kuitenkin johtaa laajempaa ryhmää koskevia laskelmia, jotka antavat kohtalaisen hyvän kuvan yhteiskunnan kokonaishyödyistä. Seuraavaksi kuvailen, miten auton, pyöräilyn ja kävelyn yksikkökustannuksia voidaan mitata ja millaisia arvoja niille on kirjallisuudessa esitetty. Yksityiskohtaisempaa tietoa yksikkökustannusten alkuperästä löytyy liitteestä 1.

Ilmastonmuutuskustannus ja hiilen yhteiskunnallinen hinta

Ilmastonmuutuskustannusta voidaan koettaa mitata sen aiheuttamien haittojen kautta eli *haittakustannusten* avulla (Gynther ym. 2012:15). Haittakustannusten käyttö voi olla kuitenkin käytännön kannalta haasteellista, sillä ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat valtavan moninaiset ja myös monessa mielessä epävarmat. Joidenkin tutkimusten mukaan yhteiskunnan kannalta parempi tapa mitata ilmastonmuutoksen kustannuksia ovat *ilmastonmuutoksen torjuntaan vaadittavien toimenpiteiden kustannukset* (esim. Doll ym. 2011:44 ja Anton ym. 2003:44). Menetelmässä lasketaan pienin mahdollinen kustannus, jolla saadaan tietty kasvihuonekaasupäästöjen vähennys tehtyä. Useissa tutkimuksissa torjunnan toimenpidekustannusten laskemista pidetään parempana lähestymistapana kuin haittavaikutuksiin pohjautuvaa kustannusten laskemista, koska ensin mainitussa kustannuksia ei niin helposti aliarvioida. Siitä huolimatta myös torjunnan toimenpidekustannusten määrittämiseen sisältyy paljon epävarmuutta. (Doll ym. 2011: 44,48). Esimerkkejä torjunnan toimenpidekustannusten soveltamisesta liike-elämässä ovat päästökauppa ja hiilivero. (Gynther ym. 2012:66,70).

Suuri osa liikkumismuotojen kustannuksiin ja hyötyihin liittyvistä tutkimuksista mittaa ilmastonmuutuskustannusta hiilidioksidipäästöjen avulla (esim. Choi & Gössling 2015, Choi ym. 2019 ja Gynther ym. 2012). Doll ym. (2011:42) suosittelevat pelkkien hiilidioksidipäästöjen hinnan arvioimisen lisäksi ottamaan huomioon myös muut autoilusta koituvat kasvihuonekaasupäästöt, kuten dityppioksidin ja metaanin, ja muuntamaan ne hiilidioksidiekvivalenttisarvoiksi. Hiilidioksidin merkitys yhdessä hiilidioksidiekvivalenttitonnissa on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin dityppioksidin ja metaanin, sillä hiilidioksidin syntyminen on suoraan yhteydessä fossiilisten polttoaineiden polttamiseen (Danish Ministry of Transport 2004:30). Useissa tutkimuksissa käytetäänkin ilmastonmuutuskustannuksen arvioimiseksi ainoastaan hiilidioksidipäästöjä hiilidioksidiekvivalenttipäästöjen sijaan.

Hiilidioksidin yhteiskunnallisen hinnan tai toisin sanoen *hiilen yhteiskunnallisen hinnan* oikea määrittäminen on noussut esiin erityisesti viime vuosina, kun globaaleista ilmastotavoitteista on käyty yhä enemmän keskustelua (Poussa 2019). Hiilen yhteiskunnallinen hinta tarkoittaa käytännössä hintaa, joka asetetaan yhdelle tonnille hiilidioksidipäästöjä. Hiilen yhteiskunnallisen hinnan optimaalisella määrittämisellä voidaan koettaa ohjata eri maiden tuotantoa vähäpäästöisempään suuntaan.

Hiilidioksidin yhteiskunnallista hintaa on koettu joissain tutkimuksissa kuvata päästölupien hinnoilla (esim. Bickel & Friedrich 2005). *Päästökauppa* on ”toimintaa, jossa teollisuusyritys ostaa toiselta, kiintiönsä alittavalta yritykseltä oikeuksia päästöihin” (Työ- ja elinkeinoministeriö). Päästölupia on markkinoilla rajallinen määrä, joista yritykset käyvät kauppaa. Näin päästöjä vähennetään siellä, missä se on halvinta. Kasvihuonekaasujen vaikutusten ollessa koko maapallolle yhteiset, ei päästövähennysten sijainnilla ole teoriassa merkitystä. Järjestelmää pidetään kustannustehokkaana, koska yritykset voivat kaupata päästölupia eteenpäin tilanteessa, jossa päästöjä on vähennetty riittävästi. Esimerkiksi hiiliveron tapauksessa tällaista vaihtoehtoa ei ole. (Zhang 1998:3–4).

Päästökauppa voi olla ongelmallinen olosuhteissa, joissa päästöjä pitäisi vähentää nopeassa ajassa entistä enemmän. Kun päästölupia on markkinoilla tietty määrä, voidaan ajautua tilanteeseen, jossa yhden maan päästövähennykset mahdollistavat vastaavasti toisen maan suuremmat päästöt. Myös päästöluvan hinta on ajoittain esimerkiksi Euroopassa painunut liian alhaalle, koska päästölupia on päästetty markkinoille liian suuri määrä. (Poussa 2019). Globaalien ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi tulisi päästölupia olla markkinoilla tarpeeksi vähän, jotta niiden hinta nousisi yhteiskunnan kannalta optimaaliselle tasolle. Lisäksi talouden nousu- ja laskukaudet vaikuttavat suoraan päästölupien hintaan (Kakkonen 2013:4). Päästökaupan perusteella määräytyvän hiilidioksidin markkinahinta on jäänyt poikkeuksetta yhteiskunnalle koituvaa kustannusta alhaisemmaksi ja on siten epäonnistunut ulkoisvaikutusten sisäistämisessä (Poussa 2019 ja OECD 2018:40–41).

Vuosien 2018 ja 2019 aikana hiilidioksidin päästökauppahinta on noussut Euroopassa historiallisen korkealle, sillä se on ajoittain lähestynyt kolmeakymmentä euroa hiilidioksiditonnia kohden (Markets Insider 2019). Tämä on saanut aikaan sen, että uusiutuvan energian käyttö tuotantolaitoksissa alkaa olla edullisempi vaihtoehto kuin

esimerkiksi kivihiili ja turve (Koistinen 2019). OECD:n (2018) mukaan Suomessa hiilidioksidin tehokas hinnoittelu toteutuu kohtalaisesti, sillä yli 40 % kaikista hiilidioksidipäästöistä hinnoitellaan yli 30 euroa per hiilidioksiditonni. OECD:n käyttämä alataso hiilidioksiditonnin hinnalle on 30 euroa ja ylempi taso puolestaan 60 euroa. Vaikka Suomessa tieliikennesektori olisikin kansainvälisten standardien mukaan onnistunut hiilidioksidin hinnoittelussa, se ei kuitenkaan ole merkittävästi vaikuttanut tieliikenteen suoritteisiin, sillä ne ovat pysyneet viimeiset 10 vuotta lähes samalla tasolla (Liikenne- ja viestintävirasto 2019b:7). Ilmastonmuutoksen kustannuksia arvottavissa tutkimuksissa olisikin suotavaa käyttää hiilidioksidin hinnan määrittämisessä hiilen yhteiskunnallista hintaa päästökauppahinnan sijaan (Choi & Gössling 2015:111).

Päästökaupan lisäksi hiilidioksidin hintaa voidaan koettaa määrittää *hiiliveron* avulla. Hiiliveron optimaalinen määrittäminen kansallisella tasolla on kuitenkin hankalaa ja aiheuttaa lisäksi sen, että energian hinta helposti vaihtelee maiden välillä. (Zhang 1998:3). Sekä hiiliveron että päästökaupan määrittäminen liittyvät kiinteästi kansalliseen ja kansainväliseen politiikkaan (Stern 2007:469), mikä voi vaikuttaa hinnoittelun tehokkuuteen. Poliitiikan ensisijaisena intressinä on ilmastonmuutoksen torjumisen sijaan usein esimerkiksi kansantuotteen kasvattaminen, mikä voi vaikuttaa vääristävästi hiilidioksidin hintaan sekä hiiliveron ja päästökaupan käyttöön hiilen yhteiskunnallisen hinnan mittarina. Valitettavasti hiilen yhteiskunnallisen hinnan määrittämiselle ei ole olemassa yhtä parasta keinoa, joten tarkasteluissa on tyydyttävä saatavilla oleviin arvioihin.

Ilmastonmuutuskustannuksen määrittämiseksi on tarpeellista tutkia kirjallisuudesta, miten hiilen yhteiskunnallista hintaa on mitattu ja millaisia hintoja hiilidioksiditonnille ehdotetaan. Taulukkoon 3 on listattu joidenkin tutkimusten antamia arvoja hiilidioksiditonnille tai hiilidioksidiekvivalentitonnille. Taulukon arvot on muutettu alkuperäisistä arvoista vastaamaan vuoden 2018 euroja käyttäen kuluttajahintaindeksiä vuodelta 2005.

Taulukko 3. Hiilidioksiditonnin hintoja

Lähde	Hiilidioksiditonnin hinta (€ ₂₀₁₈)
Bröcker ym. (2014:56)	100 €/CO ₂ -tonni
Brander, Kuik & Tol (2009:1400)	157 €/CO ₂ -ekv.tonni
Bak ym. (2008:80)	78,9 €/CO ₂ -tonni
Bickel & Friedrich (2005:197)	116 €/CO ₂ -tonni

Bröcker ym. (2014:56) mukaan on suositeltavaa käyttää sellaista hiilidioksiditonnin hintaa, joka vastaa toimia, joilla ilmastonlämpeneminen pysäytettäisiin kahteen celsiusasteeseen. Ilmastonlämpenemisen rajoittaminen kahteen celsiusasteeseen on ollut Pariisin ilmastopöytäkirjan sitoutumisen jälkeen Euroopan Unionin jäsenmaiden sekä pitkälti muidenkin maailman valtioiden yhteinen tavoite (UNFCCC 2019). Sitten IPCC:n (2018) julkaiseman raportin myötä tavoitetta on kuitenkin kiristetty 1,5:teen celsiusasteeseen. Raportin mukaan kahden asteen skenaariossa haitalliset vaikutukset maapallolle ovat huomattavasti laajemmat kuin 1,5:n asteen skenaariossa (IPCC 2018).

Bickelin ja Friedrichin tutkimuksessa (2005) esitetty arvio perustuu tavoitteeseen, jossa ilmastonlämpeneminen rajoitettaisiin kahteen celsiusasteeseen. He esittävät tutkimuksessaan lisäksi vuoden 2005 päästökaupaan perustuvan arvon, joka jää niinkin alhaiseksi kuin 19 euroa/CO₂-tonni (Bickel & Friedrich 2005:197). Bak ym. (2008) tutkimuksen arvo perustuu ilmastonmuutoksen torjunnan toimenpidekustannuksiin, jossa on otettu huomioon Euroopan Unionin lyhyemmän aikavälin (10–20 vuotta) ilmastopoliittiset tavoitteet. Edellisten perusteella on selvää, että Bickelin ja Friedrichin (2005) päästökaupan perusteella tehty arvio on matalampi kuin muut torjunnan toimenpiteisiin pohjautuvat hinta-arviot keskimäärin. Brander ym. (2009) ovat puolestaan määritelleet hiilidioksidin hinnan taulukon 3 muita arvoja korkeammaksi. Brander ym. (2009) arvo poikkeaa muista tutkimuksista myös siinä mielessä, että kustannuksessa on otettu huomioon hiilidioksidin lisäksi muitakin kasvihuonekaasupäästöjä.

Vaikka hiilidioksiditonnin hinnasta ei olla yksimielisiä, useimmissa tutkimuksissa ollaan kuitenkin samaa mieltä siitä, että hiilidioksiditonnin arvo kasvaa mitä pidemmälle tulevaisuuteen mennään (esim. Brander ym. 2009:1400 ja Doll ym. 2011:49). Toisin

sanoen ilmastonmuutoksen torjuminen käy sitä kalliimmaksi mitä pidemmälle ilmastonmuutos etenee. Useimpien lähteiden mukaan hiilidioksiditonin arvostus riippuu myös pitkälti siitä, kuinka tiukat ilmastotavoitteet halutaan asettaa (esim. IMF 2019:8–11). Tutkielman kirjoittamishetkellä marraskuussa 2019 Euroopan sisäinen päästökauppahinta oli noin 25 euroa (Markets Insider 2019) ja EU:n määräämä sakko kaikista luvattomista päästöistä 100 euroa/hiilidioksiditonni (ICAP 2019:5). Hiilidioksiditonin todellinen, päästökauppaan perustuva hinta on siis huomattavasti alempi kuin mikään edeltävissä tutkimuksissa ehdotetuista torjunnan toimenpidekustannuksiin perustuvista arvoista.

Kirjallisuudesta löytyy jonkin verran arvoja varsinaiselle ilmastonmuutoksen yksikkökustannukselle, mutta suurin osa tutkimuksista on valitettavasti yli viisi vuotta vanhoja. Tässä tutkielmassa esiin nostetut ilmastonmuutoksen yksikkökustannukset on esitetty kootusti taulukossa 4. Ne pohjautuvat suurimmaksi osaksi taulukon 3 hiilidioksidin yhteiskunnallisiin hintoihin. Usea eurooppalainen tutkimus pohjautuu samaan Brander ym. (2009:1400) tutkimuksesta saatuun hiilidioksidin hintaan 157 €/CO₂-ekvivalenttitonni.

Taulukko 4. Kirjallisuudessa esitetyjä ilmastonmuutoksen yksikkökustannuksia

€ ₂₀₁₈ /pkm	Vuosi	Lähde
0,0111	2017	Choi ym. (2019)
0,0123	2011	Doherty & Litman (2011)
0,0177	2010	Bröcker ym. (2014)
0,0032	2010	Bak ym. (2008:85)
0,0056	2008	Choi & Gössling (2015:111)
0,0195	2008	Doll ym. (2011)

Doll ym. (2011:49) ovat käyttäneet tutkimuksessaan Brander ym. (2009) määrittämää hiilidioksidin hintaa ja estimoineet siitä ilmastonmuutostaloudelle sekä alemman että ylemmän arvon, jotka kuvaavat uhkaavampaa ja lievempää skenaariota ilmastonmuutoksen vaikutuksista. Koska tutkimus on yli kymmenen vuotta vanha ja

ilmastotavoitteet ovat sittemmin kiristyneet, nostan tämän tutkielman yhteydessä esille ylempään arvon.

Bröcker ym. (2014) pohjaavat ilmastomuutoksen yksikkökustannuksensa arvioon, jossa hiilidioksidin hinta on 100 euroa tonnilta. Becker ym. (2012) tutkimus puolestaan käyttää laskelmiensa pohjana Doll ym. (2011) tapaan Brander ym. (2009:1400) määrittämää hiilidioksidiekvivalenttitonnin arvoa. Becker ym. ovat kuitenkin muuntaneet arvoa Doll ym. (2011) tutkimukseen verrattuna suuremmaksi, jotta tulevien vuosien päästövähennykset olisivat voimakkaampia. Tutkimuksessa perustellaan suurempaa kustannusarvoa sillä, että mittavien ”vihreiden hankkeiden”, kuten esimerkiksi uuden kestävämmän liikennejärjestelmän, investointipäätökset tehdään vuosikymmeniä etukäteen. Käytännössä mitä suuremmaksi ilmastomuutoksen kustannus arvioidaan, sitä kannattavamaksi ympäristöystävällinen hanke tulee. Ilmastomuutuskustannuksen aliarvioiminen johtaa mitä todennäköisimmin siihen, että ilmastomuutoksen torjumisen toimenpiteet muuttuvat yhä kalliimmiksi ja vaikeammiksi toteuttaa. Becker ym. (2012) tutkimustuloksissa ei ole kuitenkaan laskettu yksikkökustannusta tämän tutkielman analyysiin sopivassa muodossa, joten joudun jättämään sen pois varsinaisesta analyysistä. Sen tarkasteleminen tässä kohtaa Doll ym. tutkimuksen rinnalla on kuitenkin tarpeellista, koska Becker ym. tutkimuksessa ilmastomuutuskustannusta haluttiin korottaa alkuperäisestä ilmastomuutoksen vaikutusten aliarvioimisen ehkäisemiseksi. Tällainen lähestymistapa voisi olla hyödyllinen tulevissa analyyseissa, kun ilmastomuutoksen torjumiseksi vaaditaan yhä suurempia ja nopeampia toimia.

Choi ja Gössling (2015) ovat määritelleet ilmastomuutokselle yksikkökustannuksen, joka perustuu Euroopan Unionin päästökaupassa muodostuneeseen hiilidioksiditonin markkinahintaan ja kööpenhaminalaisten polttoaineenkulutukseen. Vuonna 2009 hiilidioksidin markkinahinta Euroopassa oli vain yhdeksän euroa tonnilta, minkä vuoksi Choin ja Gösslingin määrittelemä yksikkökustannuksen arvo on hieman pienempi kuin suurin osa muista taulukossa 5 näkyvistä arvoista. Bak ym. (2008) määrittelemä ilmastomuutoksen yksikkökustannus on taulukon pienin, sillä hiilidioksiditonin arvo johon se pohjautuu (Bak ym. 2008:80), on myös suhteellisen alhainen verrattuna muihin taulukossa 3 esitettyihin arvoihin.

Choi, Gössling, Dekker ja Metzler (2019) ovat tutkimuksessaan määritelleet ilmastomuutuskustannuksen hiilidioksidiekvivalenttitonnin hinnan mukaan. He

käyttävät yksikkökustannuksensa pohjana jo edellä mainittua Bröcker ym. (2014) tutkimusta ja Dohertyn ja Litmanin (2011) tutkimusta. Dohertyn ja Litmanin (2011:5.10,22) ilmastonmuutoksen yksikkökustannus perustuu pohjoisamerikkalaisiin lähtöarvoihin, siinä missä muut vertailussa mukana olevat kustannukset perustuvat eurooppalaisiin arvoihin. Ilmastonmuutoskustannuksen vertailu eri alueiden ja maiden välillä on kuitenkin suhteellisen vaivatonta, koska ilmakehässä olevan hiilidioksidin määrä on kaikkialla maailmassa sama (Doll ym. 2011:41). Dohertyn ja Litmanin (2011) tutkimuksen luotettavuuden kannalta olennaisempaa onkin se, että heidän käyttämänsä hiilidioksidiekvivalenttitonnin hinta perustuu ilmastonmuutoksen haittakustannukseen, mikä jälleen erottaa tutkimuksen muista edellä käsitellyistä tutkimuksista. Tämä eroavaisuus laskentatavassa ei kuitenkaan näytä vaikuttaneen merkittävästi lopulliseen yksikkökustannukseen, sillä se ei juurikaan poikkea muiden tutkimusten arvoista.

Ilmastonmuutoksen vaikutusten aliarvioimisen välttämiseksi valitsin kustannus-hyötyanalyysissa käytettäväksi vertailujen suurimman ilmastonmuutoksen yksikkökustannuksen Doll ym. (2011) tutkimuksesta. Yksikköarvon valinnan vaikutusta tuloksiin tutkin herkkyyssanalyysissa luvussa 4.5.

Ilmansaastekustannus

Bröcker ym. (2014:27) mukaan viime vuosina yleistynyt tapa mitata liikenteestä koituvia ilmansaastekustannuksia on niin kutsuttu *haittavaikutusmenetelmä*. Menetelmässä tarkoituksena on mitata tarkasti ne vaikutukset, joita esimerkiksi ilmansaasteilla on ihmisten terveyteen, ympäristöön tai talouteen. Euroopan komission johdolla toteutettu ExternE-projekti on kehittänyt haittavaikutusmenetelmään pohjautuvan metodin, *vaikutuspolkumenetelmän*, jossa määritetään mahdollisimman yksityiskohtaisesti ilmansaasteiden lähde, levittyminen, haittavaikutukset ja taloudelliset tappiot. Yhteyksiä eri tekijöiden välillä kuvataan altistus-vaikutusfunktioilla, jotka helpottavat myös taloudellista arvottamista (Gynther ym. 2012:13).

Vaikka vaikutuspolkumenetelmä koettaakin ottaa huomioon päästöjen koko vaikutusreitit, on sitä silti kritisoitu liiallisesta yksinkertaistamisesta. Päästöillä on nimittäin menetelmässä ainoastaan yksi vaikutusreitti, kun taas tosielämässä vaikutusreittejä voi olla useampia. (Bröcker ym. 2014:28). Useissa tutkimuksissa ollaan samaa mieltä siitä, ettei päästöjen altistus-vaikutusfunktioita voida aina pitää lineaarisina

(esim. Gynther ym. 2012 ja Anton ym. 2003). Liikenteen päästöillä on hyvin erilaisia vaikutuksia niin viljelykasveihin, rakennettuun ympäristöön kuin ihmisten terveyteenkin. Lisäksi vaikutukset eivät ole yksiselitteisesti negatiivisia, sillä esimerkiksi jotkin viljelykasvit voivat hyötyä joidenkin kemikaalien lisääntymisestä maaperässä. (Anton ym. 2003:9).

Huolimatta vaikutuspolkumenetelmään kohdistuvasta kritiikistä, useimmissa tutkielmaani sisällytettyjen autojen aiheuttamien ilmansaasteiden yksikkökustannusten lähteissä on käytetty vaikutuspolkumenetelmää sen ollessa toistaiseksi paras havaittu tapa laskea ilmansaastekustannuksia. Taulukkoon 5 on koottu eri tutkimuksissa määritettyjä ilmansaasteiden yksikkökustannuksia.

Taulukko 5. Kirjallisuudessa esitetyjä yksikkökustannuksia ilmansaasteille

€ ₂₀₁₈ /pkm	Vuosi	Lähde
0,0071	2017	Choi ym. (2019:71)
0,0090	2012	Helsingin kaupunki (2014:17)
0,0124	2010	Bröcker ym. (2014:39)
0,0045	2008	Choi & Gössling (2015:111)
0,0008	1998	Anton ym. (2003:39)

Bröcker ym. (2014) Euroopan komissiolle laaditussa raportissa on laskettu liikenteen ulkoiskustannuksia eri kustannusmuuttujille. Tutkimuksessa määritellyt autoilun yksikköilmansaastekustannukset ovat Euroopan Unionin jäsenmaiden keskiarvoja, ja ne on jaoteltu ajoneuvojen Euro-päästöluokitusten 1–6 mukaan. Euro-päästöluokitukset ovat Euroopan Unionin määrittämiä ajoneuvojen päästörajoja, joilla koitetaan suojella kansalaisia päästöjen aiheuttamilta haitoilta (Motiva Oy 2019a). Bröcker ym. (2014:39) ilmansaastekustannuksessa on huomioitu PM_{2.5}, SO₂ ja NMVOC-yhdisteet (haihtuvat orgaaniset yhdisteet, pois lukien metaani).

Bröcker ym. (2014) tutkimuksesta johtamani ilmansaasteen yksikkökustannus ottaa huomioon uudempien autojen lisäksi erittäin vanhat ajoneuvot ja niiden päästövaikutukset, mikä saattaa antaa nykyisellään liian negatiivisen kuvan autoilun

päästöistä. Ilmansaastekustannusta ei tule yliarvioida varsinkin, jos autokannan tulevina vuosina korvaavat ekologisemmat autot (Liikenne- ja viestintävirasto 2019a).

Myös Anton ym. (2003) käyttävät tutkimuksessaan vaikutuspolkumenetelmää. Tutkimuksessa on esitetty ilmansaasteen rajakustannus Helsingin kaupunkialueella liikkuvalla henkilöautolle. Mukaan on laskettu SO_2 , NO_x , O_3 , $\text{PM}_{2,5}$ ja NMVOC. Kustannus on määritelty vain Euro-päästoluokkien 2 ja 3 osalta, joten, on mahdollista, että ilmansaastekustannus olisi uudemmilla ajoneuvoilla hieman pienempi. Tutkimuksessa on lisäksi laskettu ilmansaastekustannus moottorin esilämmittämisestä talvella. Suomen osalta moottorin esilämmityksestä aiheutuvat kustannukset voisi olla tarpeellista ottaa huomioon auton ollessa talvisin suomalaisten eniten käyttämä liikkumisväline (Liikenne- ja viestintävirasto 2018a). Päätin kuitenkin jättää Anton ym. (2003) määrittämän yksikkökustannuksen pois varsinaisesta analyysistä, koska se pohjautuu yli 10 vuotta vahaan tietoon ja on huomattavasti muita yksikköarvoja pienempi.

Choi ja Gössling (2015) ovat tutkineet autoilusta syntyvien ilmansaasteiden yksikkökustannuksia Kööpenhaminassa. Autoilun yhteiskunnallisessa ilmansaastekustannuksessa otettiin huomioon $\text{PM}_{2,5}$, NO_x , SO_2 ja HC (hiilivedyt), joista on laskettu keskimääräinen ilmansaastekustannus. Tutkimus ei ota kantaa siihen, mihin Euro-päästoluokkaan mitattavien autojen päästöt kuuluvat.

Choi ym. (2019) tuoreessa tutkimuksessa määriteltiin autoilun, kävelyn ja pyöräilyn yksikkökustannuksia Euroopan Unionin jäsenmaille. Tutkimuksessa autoilun yksikköilmansaastekustannus ottaa huomioon seuraavat yhdisteet: CO (hiilimonoksidi), NO_x , $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} , SO_x , O_3 ja VOC (haihtuvat orgaaniset yhdisteet). Tässäkään tutkimuksessa ei oteta kantaa siihen, mihin Euro-päästoluokkaan mitattavien autojen päästöt kuuluvat.

Helsingin kaupunki (2014:17) on määrittänyt yksikkökustannuksen ilmansaasteille pohjautuen VTT:n LIPASTO-laskelmajärjestelmän kevyen ajoneuvon päästöihin. Yksikkökustannuksessa on huomioitu NO_x , SO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ sekä CO_2 . Yksikkökustannuksen arvo on suhteellisen matala, vaikka se ottaakin huomioon myös hiilidioksidin vaikutukset ympäristölle. Helsingin kaupungin (2014) määrittämän ilmansaastekustannuksen käyttäminen olisi sopivaa, koska Helsinki muistuttaa jossain määrin kooltaan ja autokannaltaan Tamperetta. Kustannuksen käyttäminen aiheuttaisi kuitenkin

päällekkäisyyttä ilmastonmuutuskustannuksen kanssa, minkä vuoksi se ei sovi tämän tutkielman tarpeisiin.

Taulukko 6. Eri tutkimusten ilmansaastekustannuksissa huomioidut yhdisteet

Choi ym. (2019)	Helsingin kaupunki (2014)	Bröcker ym. (2014)	Choi & Gössling (2015)	Anton ym. (2003)
CO				
NO _x	NO _x		NO _x	NO _x
SO _x	SO ₂	SO ₂	SO ₂	SO ₂
O ₃				O ₃
PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}	PM _{2.5}
PM ₁₀				
VOC				
	CO ₂			
		NMVOC		NMVOC

Kuten taulukosta 6 käy ilmi, päästöjen yksikkökustannuksia käsittelevissä tutkimuksissa on käytetty hieman erilaisia päästöjen yhdistelmiä, mikä voi vaikuttaa tulosten vertailukelpoisuuteen. Lisäksi yksikkökustannusten arvoihin vaikuttaa päästöille altistuvien ihmisten lukumäärä eli toisin sanoen tutkimusjoukon koko. Kolmas ilmansaastekustannuksen arvoon vaikuttava asia ihmiselämän arvon määrittäminen. (Doherty & Litman 2011:5.10,9). Ihmiselämän ja terveen elämän arvon määrittäystä pohditiin lisäksi terveys- ja onnettomuuskustannusten yhteydessä. Joissain tutkimuksissa erotellut euro-päästöluokitukset eivät tämän tutkielman osalta juuri vaikuta lopputulokseen, sillä olen laskenut keskimääräiset arvot niistä tutkimuksista, joissa luokat oli eroteltu (ks. Liite 1). Tulevaisuudessa, jos päästöluokitukset kiristyvät ja sähkökäyttöisten tai vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien autojen käyttö lisääntyy, voi olla tarpeen määrittää ilmansaastekustannus uudelleen.

Tätä tutkimusta varten valitsin ilmansaastetta kuvaavaksi yksikköarvoksi Choi ym. (2019) määrittämän arvon. Siihen ei ole sisällytetty kasvihuonekaasuja ja se on vertailluista arvoista tuorein. Yksikkökustannuksen vaikutuksesta tuloksiin on lisää tietoa herkkyysanalyysissä luvussa 4.5.

Investointi- ja kunnossapitokustannus

Tämän tutkielman puitteissa Tampereen kaupungin investointi- ja kunnossapitokustannusten oletetaan muuttuvan lineaarisesti suhteessa liikkumismuotojen suoritteisiin, jotka ovat riippuvaisia asukasmäärästä ja kulkutapajakaumasta. Kävelyyn, pyöräilyyn ja autoiluun liittyvien investointien ja kunnostuksen yksikkökustannukset on laskettu käyttäen Tampereen kaupungin sisäistä tietoa ja asiantuntijoiden laskelmia.

Ajoneuvokustannus

Ajoneuvokustannus on suhteellisen helposti määritettävissä oleva yksityinen kustannus, sillä se perustuu olemassa oleviin tietoihin autojen osto- ja käyttökuluista. Tätä tutkielmaa varten auton ajoneuvokustannus on määritetty käyttäen VTT:n laskelmia auton käyttökuluista (Liikenne- ja viestintävirasto 2019c). Eri automerkkien ja -mallien täydellinen vertailu on kuitenkin vaikeaa, sillä niiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan paljon. Mielenkiintoista onkin, miten yhä enemmän markkinoita valtaavat ekologisemmat autot muuttavat ajoneuvokustannusta tulevaisuudessa.

Kustannus-hyötyanalyysissä käytettävä pyörän ajoneuvokustannus on johdettu suoraan Helsingin kaupungin (2014:16) laatimasta pyöräilyn kustannuksia ja hyötyjä käsittelevästä raportista.

Melukustannus

Autoilusta syntyvän melun yksikkökustannuksen laskeminen on haastavaa, sillä sen laskemiseksi on tiedettävä melulle altistuvien ihmisten lukumäärä sekä ajankohdat melun syntymiselle. (Choi & Gössling 2015:111). Valtioneuvoksen antaman päätöksen (993/1992) mukaan asuinalueella sallittu äänentaso on 55 dB, mutta käytännössä on vaikeaa tietää asuinalueen äänentasoja, jos niitä ei mitata jatkuvasti. Joissain tutkimuksissa on eroteltu päivä- ja yöliikenteen melukustannukset toisistaan (Anton ym. 2003:43 ja Doll ym. 2011:54), mikä on järkevää, sillä meluksi laskettavan äänentason desibeliraja on yöllä pienempi.

Eri tutkimuksissa saadut yksikköarvot melukustannukselle poikkeavat toisistaan hyvin paljon, mikä lienee osoitus kustannuksen määrittämisen haasteellisuudesta. Käytän

laskelmissani Helsingin kaupungin määrittelemää arvoa autosta aiheutuvalle melukustannukselle (Helsingin kaupunki 2014:18). Helsingin kaupungin arvo on johdettu Bak ym. (2008:61) tutkimuksesta, joka ottaa huomioon melun stressihaitat ja muut terveysvaikutukset, kuten verenpaineennousun ja hormonaaliset muutokset. Melukustannus koituu siis tässä tarkastelussa ainoastaan yhteiskunnalle eikä esimerkiksi pyöräilijöiden ja kävelijöiden yksityistä kustannusta melusta aiheutuvista haitoista tarkastella erikseen.

Aikakustannus

Matka-aikaa ja sen kustannusta on tutkittu suhteellisen paljon, mutta varsinaisia matka-ajan yksikkökustannuksia ei kirjallisuudessa juuri ole määritelty. Eurooppalaisista tutkimuksista Choi ym. (2019), Choi ja Gössling (2015) ja Elvik (2000) ovat tutkineet matka-ajan yksikkökustannuksia. Aikaa voidaan koettaa mitata terveyskustannuksen tapaan maksuhalukkuusperusteisesti. Maksuhalukkuuteen matka-ajasta vaikuttavat kuitenkin kulttuuri ja sosiodemografiset tekijät, kuten varakkuus (Choi & Gössling 2015:109), minkä vuoksi aikakustannus on myös hyvin subjektiivinen ja yksilöiden välillä vaihteleva käsite. Aikakustannuksen mittaamisesta ollaankin tutkijoiden keskuudessa montaa mieltä sen vaikean määriteltävyyden vuoksi. Tässä tutkielmassa käytän Helsingin kaupungin (2014:16) raportoimaa aikakustannuksen yksikköarvoa, joka perustuu Tervosen ja Ristikartanon (2010:10) laskemiin matkakustannuksen yksikköarvoihin.

Terveys- ja onnettomuuskustannus

Terveysvaikutuksien arvottaminen on hankalaa, sillä esimerkiksi päästöjen terveysvaikutukset eivät aina ole *suoria*. Suoria, helposti laskettavia kustannuksia ovat esimerkiksi sairaudesta tai vammasta aiheutuneet hoito-, lääke-, ja kuljetuskulut. Huomattavasti vaikeampaa on laskea, mikä on esimerkiksi menetetyn työpanoksen arvo tai subjektiivinen arvo elämänlaadun heikkenemiselle. Lisäksi yhteiskunnan näkökulmasta esimerkiksi ilmansaasteista sairastuneiden astmapotilaiden tai onnettomuudessa loukkaantuneiden hoitoon käytetyt varat oltaisiin voitu käyttää tuottavammin jossain muualla. (Hutton 2000). Epäsuorien kustannusten laskemiseen

käytetään usein menetelmää, jossa arvioidaan ihmisen maksuhalukkuutta kärsimyksen välttämiseksi. Tähän viitataan englanniksi termillä *willingness-to-pay WTP* (Bickel & Friedrich 2005:22).

Onnettomuuskustannuksia mitattaessa useat tutkimukset käyttävät mittareinaan *elämän tilastollista arvoa (the value of statistical life)* tai *yhden elinvuoden arvoa (the value of a life year VOLY)*. Elämän tilastollinen arvo kuvaa sitä hyvinvoinnin menetystä, joka syntyy useita kymmeniä vuosia ennenaikaisesta kuolemasta (Gynther ym. 2012:52). Elämän tilastollisesta arvosta on olemassa useita arvioita, mutta Gyntherin ym. (2012:53) mukaan eurooppalaisissa tutkimuksissa skaala on ollut 2,9 –3,9 miljoonaa euroa. Myös Bickelin ja Friedrichin (2005:43) mukaan Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa yleisesti käytetyt arvot ovat yhden ja viiden miljoonan euron väliltä.

Onnettomuuksien yksikkökustannukset kävelyille, pyöräilylle ja autolle on tässä tutkimuksessa laskettu käyttäen Tampereen kaupungin Liikenneonnettomuusraporttia vuodelta 2017 ja Tampereen kaupungin sisäisiä laskelmia. Yksikkökustannuksessa on käytetty Liikenne- ja viestintäviraston määrittelemää vältetyn kuoleman arvoa 2,04 miljoonaa euroa. Yksikkökustannukseen on lisäksi sisällytetty tuotannon menetykset ja esimerkiksi vammautumisesta johtuva inhimillisen hyvinvoinnin menetys.

Eurooppalaisissa tutkimuksissa on määritelty hyvin vähän yksikkökustannuksia aktiivisten liikkumismuotojen lisääntyneestä käytöstä syntyville terveysvaikutuksille. Käytän tutkielmassani Choi ym. (2019:71) määrittämää terveyshyötyjen yksikkökustannusta kävelijöille ja pyöräilijöille. Heidän laatimansa yksikkökustannus pohjautuu alun perin Dohertyn ja Litmanin (2011) tutkimukseen ja Tanskan liikennetilastokeskuksen laskelmiin.

Choi ym. (2019) määrittelemä terveyshyödyn yksikkökustannus muodostuu ennen kaikkea pyöräilyn ja kävelyn positiivista terveysvaikutuksista esimerkiksi vähentyneen ylipainon ja sydän- ja verisuonitautien muodossa. Hyötyä syntyy yksilölle kohentuneen fyysisen kunnon sekä parantuneen elämänlaadun muodossa ja yhteiskunnalle vähentyneiden terveyspalveluiden tarpeen muodossa. Toisaalta yhteiskunnan osalta terveyshyödyn arvoa pienentää hieman pidentyneiden elinikien myötä lisääntyneet eläkemaksut. (Choi ym. 2019). Choi ym. (2019) eivät erittele tutkimuksessaan, onko yksikkökustannuksessa otettu huomioon aktiivisten liikkumismuotojen lisäämiä työkykyisiä elinvuosia ja niiden vaikutusta yhteiskunnan kokonaistuottavuuteen.

Choi ym. (2019) ovat erotelleet tutkimuksissaan yksikkökustannukset terveydelle ja pidentyneelle eliniälle. Tämä on perusteltua sikäli, että yhteiskunnalle pidentynyt elinikä aiheuttaa pääasiassa kustannuksia lisääntyneiden eläkemaksujen ja terveyspalveluiden käytön muodossa. Yksilön kannalta positiiviset terveysvaikutukset, kuten ylipainon välttämisestä syntyvät hyödyt, itsessään ovat pidemmän eliniän lähteitä, joten terveyshyödyt ja pidentyneestä eliniästä saavutetut hyödyt saattavat olla osittain päällekkäisiä. Sen vuoksi olen tässä tutkielmassa yhdistänyt pidentyneen elinajan sekä terveysvaikutusten yksikkökustannukset samaksi terveyshyötyjä kuvaavaksi yksikköarvoksi.

4.3 Kustannus-hyötyanalyysi ja sen tulos

Taustaoletukset ja laskelmat

Suoritin kustannus-hyötyanalyysin käyttäen pohjanani Tampereen kaupungin kestävän kehityksen yksikössä laadittua Excel-työkalua. Sovelsin työkalua tämän tutkielman tarpeisiin tarkentamalla joidenkin yksikkökustannusten arvoja ja erottelemalla tarkastelussa ilmastonmuutos- ja ilmansaastekustannuksen toisistaan. Infrastruktuuriin investoinnin kustannus, infrastruktuurin kunnossapitokustannus, onnettomuuskustannus, ajoneuvokustannus ja aikakustannus ovat peräisin kestävän kehityksen yksikön alkuperäisistä laskelmista. Tarkemmat tiedot eri yksikkökustannusten lähteistä löytyvät taulukosta 7.

Taulukko 7. Kustannus-hyötyanalyysiin sisällytettyjen yksikkökustannusten alkuperä

Kustannus/hyöty	Lähde
Ilmastonmuutos	Doll ym. (2011)
Ilmansaasteet	Choi ym. (2019)
Infrastruktuuriin investointi	Tampereen kaupunki, sisäinen tieto
Infrastruktuurin kunnossapito	Tampereen kaupunki, sisäinen tieto
Ajoneuvon käyttö	Liikenne- ja viestintävirasto (2019c) Helsingin kaupunki 2014 [Tervonen ym. 2010]
Onnettomuus	Helsingin kaupunki (2014) [Ristikartano & Tervonen (2010)] Tampereen kaupunki (2017f) Tampereen sisäinen tieto
Melu	Helsingin kaupunki 2014 [Bak ym. 2008]
Matka-aika	Helsingin kaupunki (2014) [Ristikartano & Tervonen (2010)]
Terveys	Choi ym. (2019)

Yksikkökustannukset on kuvattu taulukossa 8. Yksikkökustannus ilmaistaan muodossa euroa per matkustajakilometri, jolloin suoritteen eli kuljettujen kilometrien suuruus vaikuttaa suoraan yksikkökustannuksen suuruuteen. On siis huomioitava, että yksikkökustannus ei automaattisesti kerro kunkin kustannuserän suuruudesta, sillä esimerkiksi autoilun infrastruktuuriin kuluvat investointikulut ovat todellisuudessa suuremmat kuin kävelyn tai pyöräilyn. Yksikkökustannus on kuitenkin autolle pienempi, koska auton suoritteet ovat paljon kävelyä tai pyöräilyä suuremmat.

Nykytilassa suoritteet kasvavat vuosittain ainoastaan sen mukaan, miten väestön ennustetaan kasvavan. Tavoitetilassa puolestaan suoritteet muuttuvat niin väestön kuin muuttuvan kulkutapajakauman mukaisesti. Toisistaan eroavien suoritteiden avulla oli mahdollista laskea 10 vuoden aikana muodostuvat kustannukset ja hyödyt sekä tämän hetkessä kulkutapajakaumassa että tavoitetilassa. Kustannus-hyötyanalyysissä käytetyistä suoritteista löytyy yksityiskohtaisempaa tietoa liitteestä 2.

Taulukko 8. Kustannus-hyötyanalyysiin sisällytetyt yksikkökustannukset (e/pkm)

Kustannus/hyöty	Autoilu			Pyöräily			Kävely		
	Kaupunki	Yhteiskunta	Yksilö	Kaupunki	Yhteiskunta	Yksilö	Kaupunki	Yhteiskunta	Yksilö
Ilmastonmuutos	0,012								
Ilmansaaste	0,007								
Infrastruktuuriin investointi	0,010			0,027			0,021		
Infrastruktuurin kunnossapito	0,003			0,019			0,015		
Ajoneuvon käyttö			0,289			0,052			
Onnettomuus		0,006			0,088			0,060	
Melu		0,008							
Matka-aika			0,198			0,618			1,832
Terveys					-0,188	-0,459		-0,376	-0,918

Diskonttasin vuosittaiset kustannukset vuoteen 2020 käyttämällä diskonttokorkoa 3 %. Vertailemalla tavoitetilan ja nykytilan kustannuksia sain muodostettua nettokustannukset kustannusmuuttujittain. Nettokustannuksista – tai tässä tapauksessa nettohyödyistä – oli mahdollista myös laskea kokonaisnettohyöty ja tarkastella sen jakautumista kaupungille, yhteiskunnalle ja yksilölle. Nettonykyarvo kustannuksille ja hyödyille on laskettu seuraavanlaisella laskukaavalla:

$$\text{nettonykyarvo} = [(a \times \text{suorite}_t) / (1+i)^{(T-2020)}] - (a \times \text{suorite}_n) / (1+i)^{(T-2020)},$$

jossa a = yksikkökustannus tai -hyöty

suorite_t = suorite tavoitetilassa

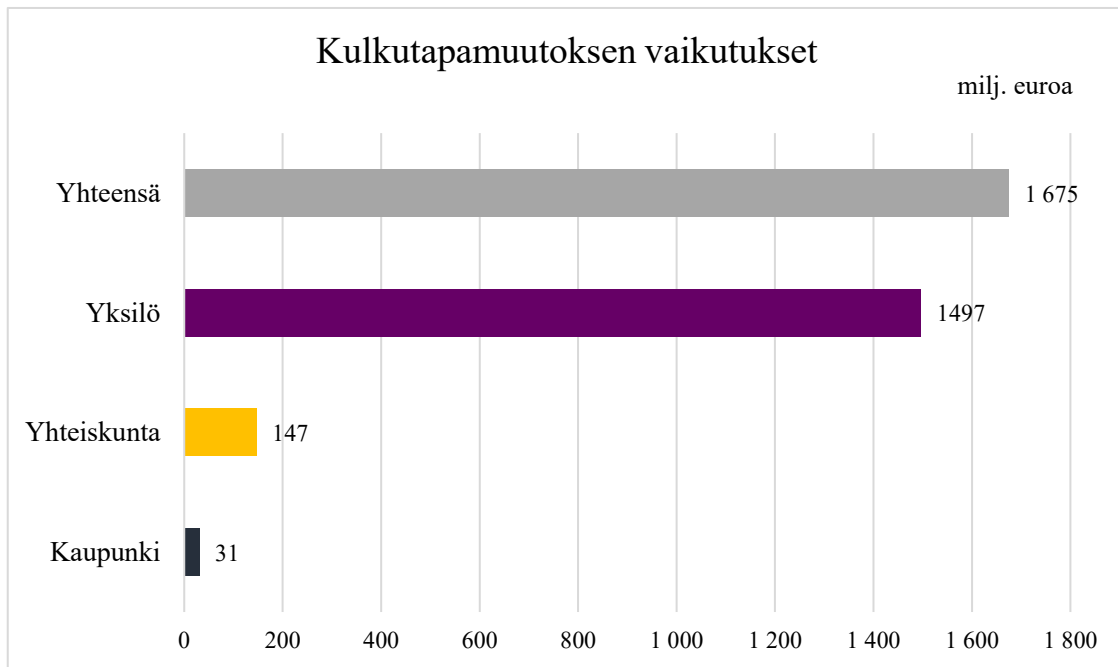
suorite_n = suorite nykytilassa

i = diskonttokorko

T = tarkasteluvuosi

Tulokset

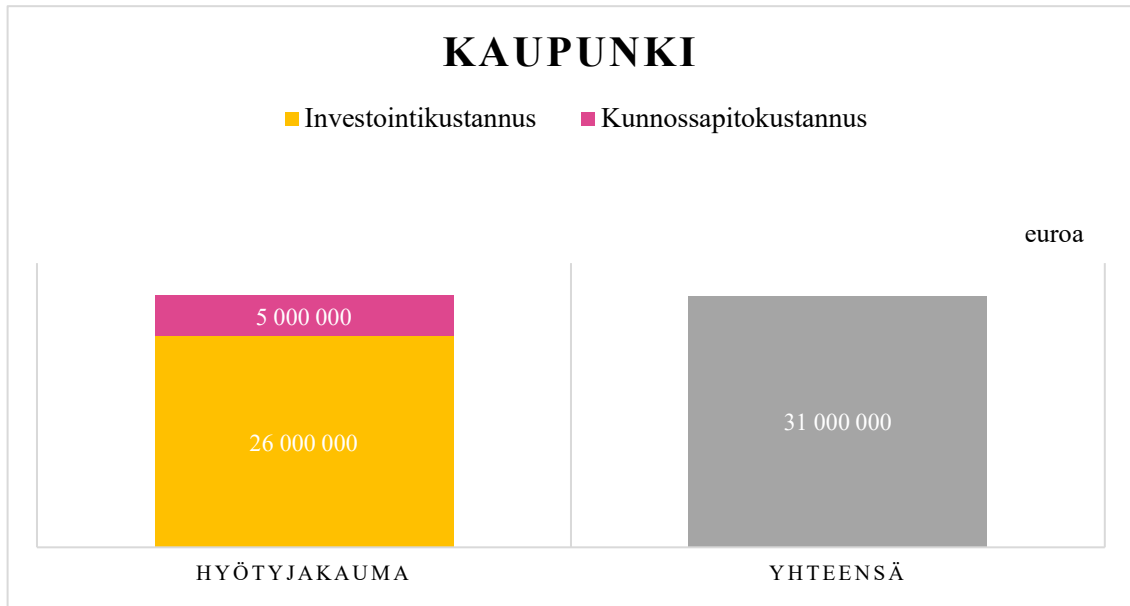
Kustannus-hyötyanalyysin tuloksesta selviää, että kulkutapajakauman muutos synnyttäisi useiden miljoonien eurojen nettohyödyn niin kaupungille, yhteiskunnalle kuin yksilöllekin. Kulkutapamuutoksen vaikutukset havainnollistuvat kuvassa 3. Kokonaisuudessaan kulkutapajakauman muutoksella saavutettaisiin yhteensä liki 1680 miljoonan euron hyöty. Tästä noin 1500 miljoonaa kohdistuisi yksilölle, 150 miljoonaa yhteiskunnalle ja 30 miljardia kaupungille. Kaikissa liikkumismuotoihin liittyvissä kustannuserissä saavutettaisiin säästöjä, kun verrataan tämän hetkistä ja tavoitteen mukaista kulkutapajakaamaa.



Kuva 3. Kulkutapajakauman muutos synnyttää nettohyötyä yksilölle, yhteiskunnalle ja kaupungille

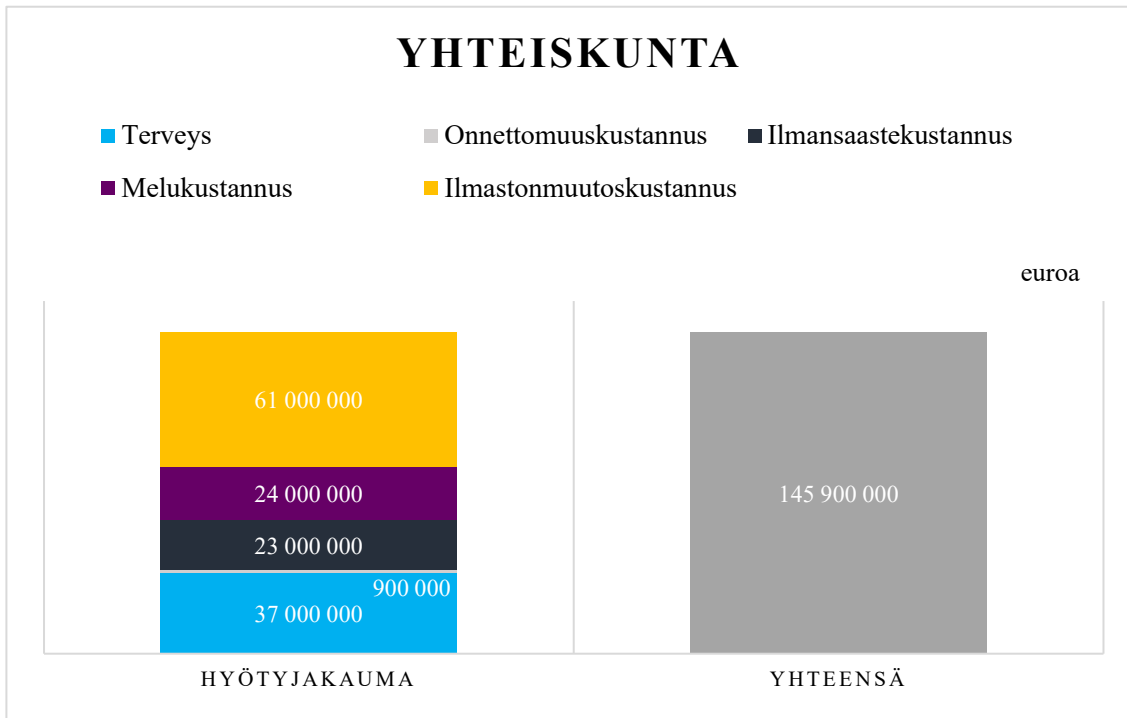
Kaupungin kannalta kulkutapajakauman muutos tarkoittaisi vähentyneitä menoja autoiluun liittyvän infrastruktuurin investoinneissa ja kunnossapidossa. On lisäksi huomionarvoista, että kävelyn ja pyöräilyn suoritteiden jatkuvasta kasvusta huolimatta niiden infrastruktuuriin kuluvat investointi- ja ylläpitokustannukset eivät tavoitetilassa ylittäisi autoilun vähenemisellä saavutettuja säästöjä. Kuvassa 4 on kuvattu kaupungille kokonaisuudessaan syntyvä nettohyöty sekä erikseen investointi- ja kunnossapitokustannuksista syntyvät hyödyt. Aktiivisia liikkumismuotoja edistämällä

kaupunki voisi saavuttaa yhteensä yli 30:n miljoonan euron hyödyn tarkastellulla aikavälillä.



Kuva 4. Kaupungin hyötyjakauma ja kokonaisnettohyöty kulkutapamuutoksen jälkeen

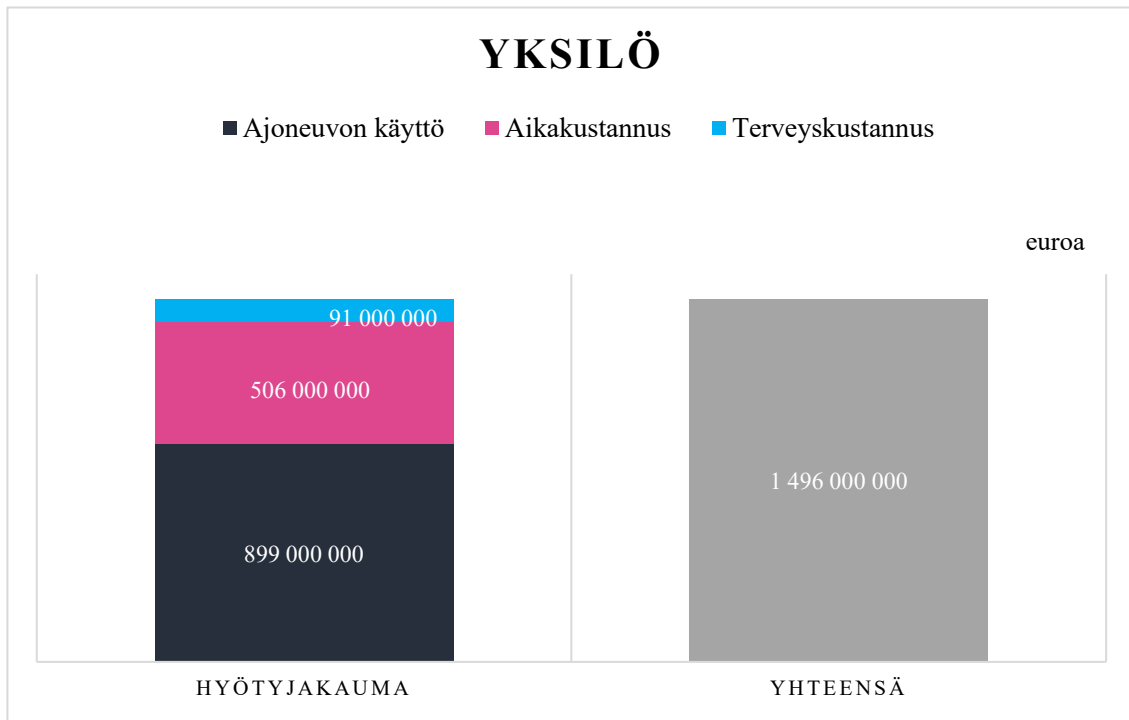
Yhteiskunnan kannalta kulkutapajakauman muutos jakautuu terveystalouteen, onnettomuuskustannukseen, melukustannukseen, ilmansaastekustannukseen ja ilmastonmuutokseen. Kuvassa 5 on kuvattu kustakin kustannuserästä muodostuva hyöty sekä yhteiskunnan nettohyöty kokonaisuudessaan. Yhteiskunnan kokonaisnettohyöty olisi kustannus-hyötyanalyysin perusteella lähes 146 miljoonaa euroa tarkastellulla aikavälillä. Merkittävimmät hyödyt syntyisivät ilmastonmuutoksesta, joka pienenee autoilun vähenemisen vuoksi. Terveystalouden kuluissa saavutetut säästöt olisivat myös mittavia. Lisäksi ilmansaastekustannus ja melukustannus pienenevät, kun autoilusta siirryttäisiin yhä enemmän liikkumaan pyörällä ja jalkaisin.



Kuva 5. Yhteiskunnan hyötyjakauma ja kokonaisnettohyöty kulkutapamuutoksen jälkeen

€Yksilön kokonaisnettohyöty olisi noin 1,5 miljardia euroa, ja se olisi selkeästi suurempi kuin yhteiskunnan ja kaupungin saavuttamat kokonaisnettohyödyt. Kuvassa 6 on havainnollistettu yksilölle kohdistuvia kustannuseriä. Yksilön kannalta eniten säästöjä kulkutapamuutoksen jälkeen realisoituisi auton käyttöön liittyvissä kuluissa. Terveysyötyjä puolestaan syntyisi, kun siirryttäisiin liikkumaan enemmän aktiivisilla liikkumismuodoilla: fyysisen kunnan kohentuminen vähentäisi kaupunkilaisten sairastamista ja parantaisi elämän laatua. Edeltävät tulokset ovat kirjallisuuden kanssa yhteneväisiä (ks. esim Doherty & Litman 2011).

Hieman yllättävä tulos on, että analyysin perusteella yksilön matkustamiseen käyttämä aika pienenesi, kun siirrytään yhä enemmän kulkemaan jalkaisin ja pyöräilemään. Tavallisesti pyöräilyn ja kävelyn aikakustannukset ovat autoilua suuremmat (Elvik 2000 ja Noland & Kunreuther 1995). Tässä tapauksessa alentunutta aikakustannusta selittääkin kaupungin tiivistyminen, välimatkojen lyhentyminen ja siten liikkumiseen käytetyn ajan väheneminen. Tampereen kaupungin tavoitteena on siis paitsi siirtää autoillen kuljettuja kilometrejä pyöräilyyn ja kävelyyn, mutta myös vähentää kuljettujen kilometrien yhteismäärää.



Kuva 6. Yksilön hyötyjakauma ja kokonaisnettohyöty kulkutapamuutoksen jälkeen

4.4 Tulkinta kustannus-hyötyanalyysin tuloksista

Tulokset vahvistavat kirjallisuudessakin esitettyjä havaintoja siitä, että kaupunkilaisten kulkutavan vaihtuminen yhä enemmän autoilusta pyöräilyyn ja kävelyyn tulisi yhteiskunnalle kannattavamaksi kuin tämän hetkisessä kulkutapajakaumassa pysyminen. Täysin uusi löydös on, että myös Tampereen kaupungin olisi mahdollista saavuttaa huomattavaa hyötyä tavoitellessaan hiilineutraaliutta. Autoilun vähenemisestä saavutettavat säästöt investointi- ja kunnossapitokustannuksissa antaisivat mahdollisesti sijaa esimerkiksi uusille investoinneille kestävämpiin liikkumismuotoihin, kuten pyöräilyyn, kävelyyn ja joukkoliikenteeseen. Toisaalta analyysistä pois jätetyt joukkoliikenteen kustannuserät olisivat voineet muuttaa nettohyötyä tai -kustannusta huomattavasti. Tampereelle rakenteilla olevan ratikan kustannukset ovat merkittävät ja tulevaisuudessa myös bussikalustoa on uusittava vähäpäästöisemmillä ajoneuvoilla EU:n puhtaiden ajoneuvojen -direktiivin astuttua vastikään voimaan (Peltola & Vilkuna 2019).

Tampereen hiilineutraaliustavoitteen ja myös yhteiskunnan kannalta merkittävä tulos on autoilun vähenemisellä saavutettava ilmastonmuutuskustannuksen pieneneminen noin 60 miljoonalla eurolla. Se tarkoittaa, että ilmastonmuutoksesta koituvia haittoja saataisiin vähennettyä tarkasteltavalla aikavälillä rahamääräisesti 60 miljoonalla eurolla. Summa on huomattava ja kertoo epäilemättä kaupunkiliikenteen merkityksestä ilmastonmuutoksen hillinnässä. Kulikutapamuutoksella vaikuttaisi siis olevan mahdollista osin hillitä ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Vaikka tuloksen taustalla määriteltyihin yksikkökustannuksiin liittyikin epävarmuutta, on lopputulos hyvin samansuuntainen viime aikaisten raporttien kanssa (esim. Halonen, Laine, Sjöblom & Vanhanen 2018).

Aktiivisia liikkumismuotoja edistämällä terveydenhuollon kustannuksissa on mahdollista säästää miljoonia euroja ja samalla kaupunkilaisten työkyky paranisi. Työssäkäyvät veronmaksajat taas ovat hyvinvointivaltion toiminnan kannalta välttämättömiä. Sen sijaan tulosten perusteella onnettomuuskustannuksen väheneminen tämän hetkiseen tilanteeseen verrattuna on osittain ristiriitaista, sillä tutkimusten mukaan pyöräilyn lisääntyessä pyöräilyonnettomuuksien määrä ja niihin liittyvät kustannukset hieman kasvaisivat (Boogard ym. 2010 ja Helsingin kaupunki 2014:13). Tampereen tapauksessa autoilun suoritteet kuitenkin laskisivat niin paljon, että auto-onnettomuuksien vähenemisen seurauksena kaikkien liikkumismuotojen onnettomuuksia kuvastava kustannus olisi negatiivinen eli syntyisi hyötyä.

Hieman yllättävä tulos on, että yhteiskunta saavuttaisi lähes yhtä suuren hyödyn melusaasteen ja ilmansaasteiden vähenemisestä. Melun merkitystä harvemmin korostetaan julkisessa keskustelussa, vaikka sen negatiiviset vaikutukset etenkin ihmisten terveydelle ovat useiden tutkimusten mukaan kiistattomat (esim. Bröcker ym. 2014:49). Melun negatiivisista terveysvaikutuksista aiheutuu yhteiskunnalle terveydenhoitokuluja, jotka tavoitteen mukaisessa kulikutapajakaumassa vähentyisivät.

Autoilun vähentyessä yhteiskunnalle kohdistuva onnettomuuskustannus odotetusti pienenesi, kun kuolemantapaukset ja loukkaantumiset vähenivät. Yksilön näkökulmasta kävelyn ja pyöräilyn onnettomuuskustannukset puolestaan hieman kasvaisivat, koska niiden kulutapaosuuksien lisääntyessä lisääntyisivät myös samalla jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden onnettomuudet (Helsingin kaupunki 2014:13–14). Toisaalta noin puolessa pyöräilyyn ja kävelyyn liittyvistä onnettomuuksista on osallisena auto, minkä perusteella onnettomuudet voisivat myös hieman vähentyä autoilun suosion heiketessä

(Liikenneturva 2019b ja Liikenneturva 2019c ja Badland ym. 2008). Kokonaisuudessaan tavoitetilassa kuitenkin säästettäisiin onnettomuuksiin liittyvissä kustannuksissa.

Keskimääräiselle kaupunkilaiselle autoilun vähentäminen pienentäisi ajoneuvon käyttöön liittyviä kustannuksia. Tässä tutkielmassa laskettu ajoneuvon käyttöön liittyvä kustannussäästö saattaa olla jopa arvioitu hieman matalaksi siinä tapauksessa, että esimerkiksi polttoaineveroa nostetaan. Käyttökustannusta saattaa tulevaisuudessa nostaa myös Tampereen kaupunkialueella mahdollisesti käyttöön otettavat tiemaksut tai entisestään korotetut parkkimaksut. Auton käyttöä perustellaankin usein taloudellisuuden sijaan sen kätevyydellä ja nopeudella (Anable & Gatersleben 2005). Tämän tutkielman tulosten perusteella näyttäisi kuitenkin siltä, että vuonna 2030 Tampereella ei matka-ajassa enää voida säästää autolla liikkumalla. Päinvastoin kaupunkirakenteen tiivistyessä kävelystä ja pyöräilystä tulisi yhä kilpailukykyisemmät liikuntamuodot myös ajan käytön suhteen. On kuitenkin todettava, että kulkutapamuutos autoilusta aktiivisiin liikkumismuotoihin ei itsessään pienennä aikakustannusta, vaan se syntyisi tässä tapauksessa kokonaan liikkumisen tarpeen kokonaislaatuudesta vähenemisestä. Tilanteessa, jossa kaupunkirakenne säilyisi ennallaan, olisi yksilön aikakustannuksen suureneminen todennäköistä.

Tulosten perusteella kaupunkilaisten terveys kohentuisi, kun siirryttäisiin autoilun sijaan kävelemään ja pyöräilemään. Badland ym. (2008:34) mukaan aktiiviset liikkumismuodot voivat vähentää sydän- ja verisuonitautien, masennuksen, tiettyjen syöpien ja tyypin kaksi diabeteksen syntymistä. Kaikki edellä mainitut luetaan Suomessa kroonisiksi kansantaudeiksi (THL 2019b). Aktiivisia liikkumismuotoja lisäämällä voitaisiin siis vähentää inhimillistä kärsimystä sekä lisätä toimintakykyisiä elinvuosia kohtalaisen yksinkertaisella ja edullisella tavalla, sillä lähes kaikilla kaupunkilaisilla on mahdollisuus valita edes osalle matkoistaan autolla liikkumisen sijaan pyöräily tai kävely. Myös julkisen terveydenhuoltojärjestelmän säästöt fyysisen aktiivisuuden lisäämisestä olisivat mittavat. Yhteiskunnan kustantamia terveydenhuollon kuluja pienentäisi lisäksi ilmansaasteista aiheutuvien haitallisten oireiden väheneminen, kun kaupunki-ilma puhdistuisi autojen pakokaasuista.

Kustannus-hyötyanalyysin tulos osoittaa, että kulkutapamuutoksen onnistuessa tulokset olisivat yksinomaan positiivisia. On kuitenkin muistettava, että yksikkökustannusten ja

diskonttokoron määrittämiseen liittyy jonkin verran epävarmuutta, mikä täytyy ottaa huomioon tuloksia tulkitessa.

4.5 Herkkyysanalyysit

Kustannus-hyötyanalyysin tulosten luotettavuus on paljolti riippuvainen käytettyjen yksikkökustannusten ja diskonttokoron arvoista. Herkkyysanalyysin avulla voidaan arvioida, kuinka paljon tiettyjen arvojen tai diskonttokoron muuttaminen vaikuttaa lopulliseen tulokseen. Tämän tutkielman kannalta ilmastonmuutoksen taloudellisen arvon määrittämisellä on tärkeä merkitys, koska se liittyy olennaisesti hiilineutraaliuden tavoitteeseen. Tutkinkin seuraavaksi miten kustannus-hyötyanalyysin lopputulos muuttuu, kun käytetään vaihtoehtoisia kirjallisuudessa esitettyjä yksikkökustannuksia ilmastonmuutokselle. Sen lisäksi suoritin herkkyysanalyysin ilmansaastekustannukselle, jolle on kirjallisuudessa esitetty useampia erilaisia arvoja. Ilmastonmuutoksen ja ilmansaasteiden kustannusten yksikköarvojen lisäksi tutkin kolmen vaihtoehtoisen diskonttokoron vaikutusta koko kustannus-hyötyanalyysin lopputulokseen.

Herkkyysanalyysi ilmastonmuutuskustannukselle

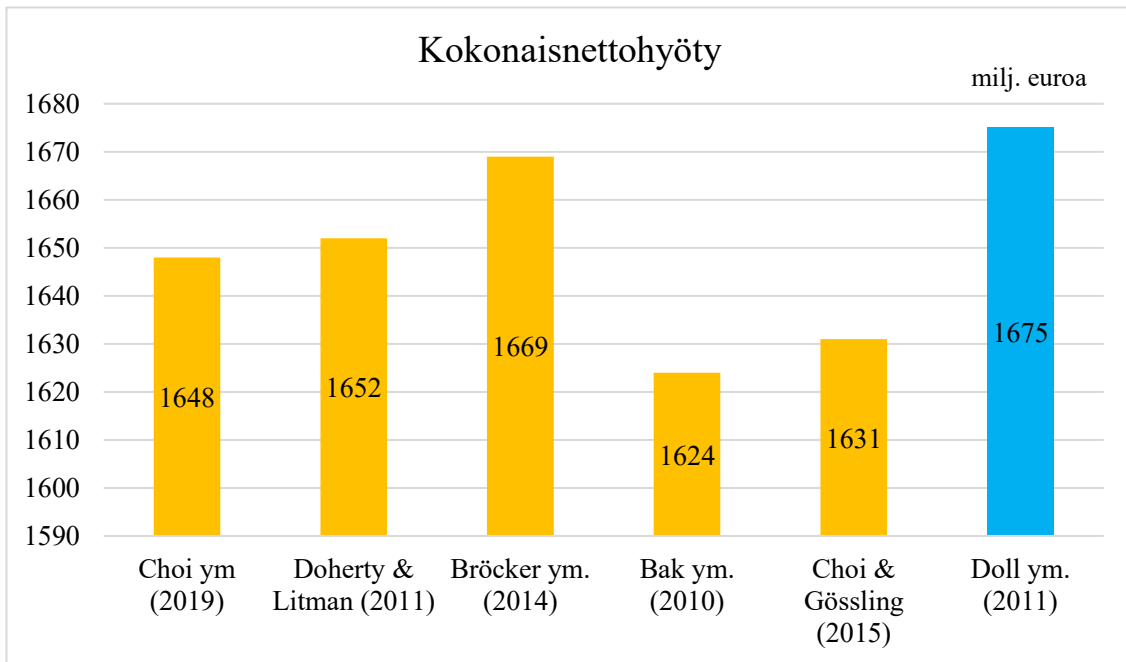
Ilmastonmuutoksesta aiheutuvien kustannusten määrittäminen on äärimmäisen haasteellinen tehtävä, minkä vuoksi on tarpeellista tarkastella, paljonko epävarmuutta ilmastonmuutoksen yksikkökustannus tuo kustannus-hyötyanalyysin tulokseen. Ilmastonmuutuskustannus kohdistuu yhteiskunnalle, joten sen muuttaminen ei vaikuta kaupungin tai yksilön nettohyötyyn. Taulukkoon 4 on koottu tässä tutkielmassa vertaillut yksikkökustannukset, jotka sisällytin myös herkkyysanalyysiin (ks. myös luku 4.2). Varsinaisessa kustannus-hyötyanalyysissä käytin Doll ym. (2011) määrittämää yksikkökustannusta.

Taulukko 4. Kirjallisuudessa esitettyjä ilmastonmuutoksen yksikkökustannuksia

€ ₂₀₁₈ /pkm	Vuosi	Lähde
0,0111	2017	Choi ym. (2019)
0,0123	2011	Doherty & Litman (2011)
0,0177	2010	Bröcker ym. (2014)
0,0032	2010	Bak ym. (2008:85)
0,0056	2008	Choi & Gössling (2015:111)
0,0195	2008	Doll ym. (2011)

Herkkyyksanalyysistä ilmenee, että varsinkin taulukon suurimpia ja pienimpiä, eli Doll ym. (2011) ja Bak ym. (2008) sekä Choin ja Gösslingin (2015) yksikkökustannuksia vertailtaessa yhteiskunnan nettohyödyt poikkeavat toisistaan. Eron suuruus ei silti vaikuta merkittävästi analyysistä tehtäviin yleisiin päätelmiin kulkutapajakauman muuttumisen vaikutuksista. Ilmastonmuutostekustannuksen vaikutusten aliarviointi voisi kuitenkin olla yhteiskunnan pidemmän aikavälin hyvinvoinnin kannalta haitallista, sillä ilmastonmuutoksen torjuminen tulee päivä päivältä kalliimmaksi (Halonen ym. 2018). Esimerkiksi Choi & Gösslingin (2015) yksikkökustannuksen pohjana ollut hiilidioksidin yhteiskunnallinen hinta oli päästökaupan perusteella määritetty ja siten hyvin matala.

Kuvassa 7 on havainnollistettu kokonaisnettohyödyn suuruus kunkin taulukon 4 yksikkökustannuksen kohdalla, *ceteris paribus*. Tämän tutkielman kustannus-hyötyanalyysissä saatu tulos on merkitty kuvaan sinisellä. Vertailun perusteella ei synny ratkaisevia eroja eri yksikköarvoilla saatujen kokonaisnettohyötyjen välille, sillä ne sijoittuvat kaikki 1600 ja 1700 miljoonan euron välille. Tulosten tulkinnan kannalta ei siis tässä tapauksessa ole erityisen merkittävää, mitä yksikkökustannusta kustannus-hyötyanalyysissä käytetään. Sen sijaan mahdollisia pidemmän aikavälin tarkasteluita ajatellen ilmastonmuutoksen yksikkökustannuksen valinnalla on enemmän merkitystä, sillä ilmastonmuutoksen torjunnan oletetaan käyvän tulevaisuudessa yhä kalliimmaksi. Sen vuoksi vertailun suurimman eli Doll ym. (2011) yksikkökustannuksen käyttö analyysissä on perusteltua.



Kuva 7. Kokonaisnettohyöty kutakin ilmastonmuutosteknologian yksikköarvoa käyttäen

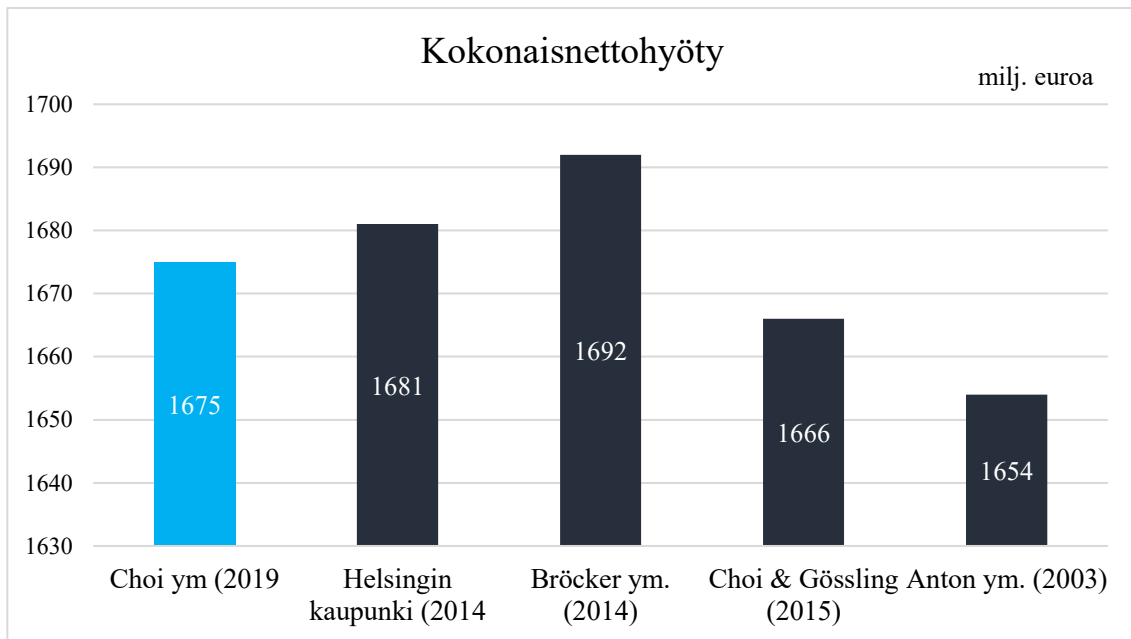
Herkkyyshanalyysi ilmansaastekustannukselle

Eri tutkimuksissa määritellyissä ilmansaastekustannuksista löytyy eroja, minkä vuoksi suoritin herkkyyshanalyysin myös ilmansaastekustannukselle. Taulukossa 5 on kuvattu kirjallisuudessa esitettyjä arvoja ilmansaastekustannukselle (ks. myös luku 4.2). Erot saattavat johtua muun muassa kustannuksissa huomioituista erilaisista yhdisteistä, kunkin tutkimusjoukon koosta ja erilaisista autojen päästöluokituksista. Kustannus-
hyötyanalyysissä käytin Choi ym. (2019) määrittämää yksikkökustannuksen arvoa.

Taulukko 5. Kirjallisuudessa esitettyjä yksikkökustannuksia ilmansaasteille

€ ₂₀₁₈ /pkm	Vuosi	Lähde
0,0071	2017	Choi ym. (2019:71)
0,0090	2012	Helsingin kaupunki (2014:17)
0,0124	2010	Bröcker ym. (2014:39)
0,0045	2008	Choi & Gössling (2015:111)
0,0008	1998	Anton ym. (2003:39)

Kuvassa 8 on kuvattu kokonaisnettohyödyn muutos, kun analyysissä käytetään taulukon 5 vaihtoehtoisia yksikkökustannuksia, *ceteris paribus*. Tämän tutkielman kustannus-hyötyanalyysissä saatu tulos on merkitty kuvaan sinisellä. Analyysiin valitun Choi ym. (2019) tutkimuksen arvolla määritetty kokonaisnettohyöty näyttäisi olevan suurempi kuin vaikkapa Anton ym. (2003) tutkimuksen arvolla saatu kokonaisnettohyöty ja vastaavasti jonkin verran pienempi kuin Bröcker ym. (2014) tutkimuksen arvolla saatu hyöty.



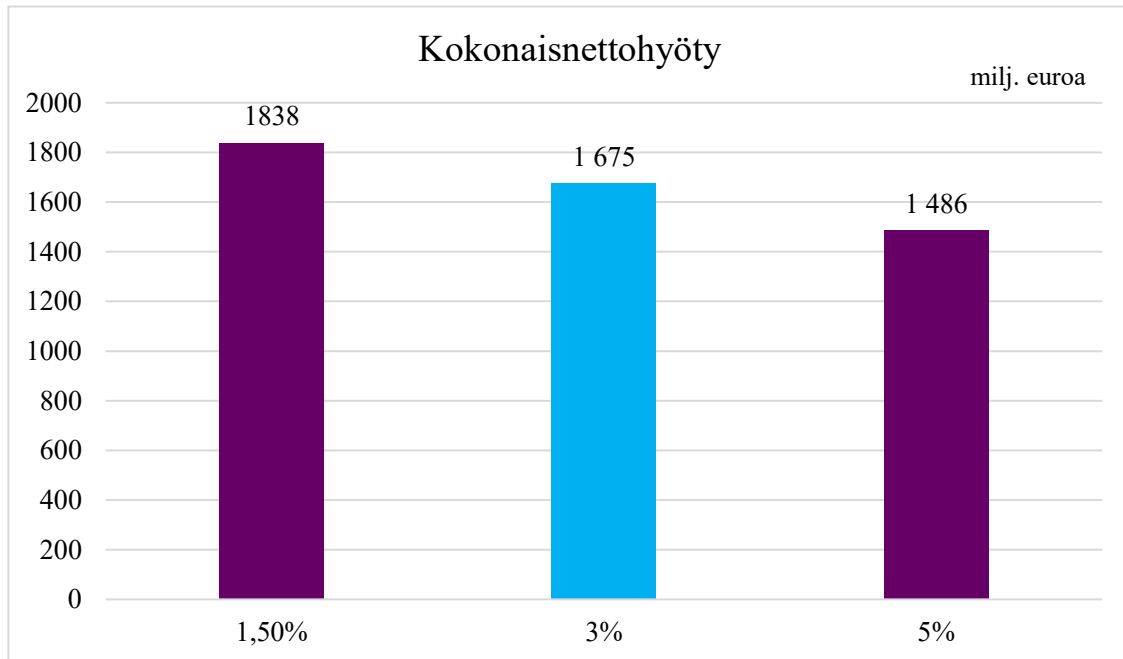
Kuva 8. Kokonaisnettohyöty kutakin ilmansaastekustannuksen yksikköarvoa käyttäen

Kaikilla herkkyysoanalyysiin sisällytetyillä arvoilla saatu kokonaisnettohyöty sijoittuu 1600 ja 1700 miljoonan euron välille, eikä näin ollen yksikkökustannuksen valinnalla ole suurta merkitystä tulosten tulkinnan kannalta.

Herkkyysoanalyysi diskonttokorolle

Testasin diskonttokoron merkityksen kustannus-hyötyanalyysin lopputulokseen kolmella eri korkovaihtoehdolla, jotka olivat 1,5 %, 3 % ja 5 %. Analyysistä käy ilmi, että kulutapajakaumamuutoksesta koituvat nettohyödyt pienenevät, mitä suuremmaksi diskonttokorko muuttuu. Mitä suurempi korko on, sitä pienemmäksi siis tulevaisuuden

kustannukset ja hyödyt arvotetaan nykyhetkessä. Tämän tutkielman puitteissa koron merkitys kuitenkin on suhteellisen pieni, koska tarkasteltava aikajänne on vain 10 vuotta.



Kuva 9. Kokonaisnettohyöty vaihteoisia diskonttokorkoja käyttäen

Testauksessa käytetyillä kolmella eri diskonttokoroilla saadut nettohyödyt poikkeavat toisistaan. Eroja on havainnollistettu kuvassa 9. Tämän tutkielman kustannus-hyötyanalyysissä saatu tulos on merkitty kuvaan sinisellä. Erot tuloksissa eivät muuta merkittävästi analyysistä tehtäviä yleisiä johtopäätöksiä, joten perustelen diskonttokoron valinnan kirjallisuuteen pohjaten. Schwermer (2012:37) suosittaa käyttämään alle 20 vuoden pituisten ajanjaksojen tarkasteluissa diskonttokorkoa 3 %. Myös Bröcker ym. (2014) ja Doll ym. (2011) ovat tutkimuksissaan käyttäneet diskonttokorkoa 3 %. Näihin perusteluihin tukeutuen käytin kustannus-hyötyanalyysissä diskonttokorkoa 3%.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tampereen kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Tärkeä osa kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksistä kohdistuu tieliikenteeseen, minkä ympärille myös tämä pro gradu -tutkielma muotoutui. Tutkielman päämääränä oli kuvailla ja määrittää Tampereen kaupungin liikkumismuotojen kulkutapatavoitteen kannalta tärkeimmät kustannukset ja hyödyt sekä suorittaa niiden perusteella kustannus-hyötyanalyysi, joka kuvaa kulkutapatavoitteen tuottamia nettohyötyjä eri sidosryhmille. Eri sidosryhmät olivat tämän tutkielman tapauksessa kaupunki, yhteiskunta ja yksilö. Tutkielma perustui kirjallisuuteen ja Tampereen kaupungin sisäisiin tietoihin ja laskelmiin.

Liikenteen kustannuksia ja hyötyjä on tutkittu varsinkin Euroopassa suhteellisen laajasti ja etenkin ilmastonmuutoksen ja ilmansaasteiden aiheuttamat haittavaikutukset ovat saaneet viime vuosina tutkijoilta enenevässä määrin huomiota. Eri tutkimuksissa määritellyt yksikköarvot eri kustannuksille ja hyödyille kuitenkin poikkeavat suhteellisen paljon toisistaan, mikä kertoo lisätutkimuksen tarpeesta. Euroopassa on tutkittu kustannusten ja hyötyjen lisäksi myös kestäviä liikkumismuotoja edistävien toimenpiteiden vaikutuksia. Useat eurooppalaiset kaupungit ovatkin pyrkineet ja pyrkivät tulevaisuudessa lisäämään esimerkiksi pyörällä kuljettuja matkoja.

Eurooppalaisten tutkimusten määrittämät yksikköarvot liikkumismuotojen kustannuksille ja hyödyille eivät aina anna Suomen ja Tampereen kannalta todenmukaista kuvaa, koska suomalainen kulttuuri ja sääolot eivät välttämättä vastaa tutkimusten alkuperäisiä. Tutkielmassa olenkin käyttänyt mahdollisuuksien mukaan suomalaista alkuperää olevia yksikkökustannuksia. Suomessa on tutkittu jonkin verran ilmansaasteiden ja kasvihuonekaasupäästöjen haittavaikutuksia sekä liikkumismuotojen terveysvaikutuksia. Kaiken kaikkiaan suomalaiseen ympäristöön perustuvia liikkumismuotojen yksikkökustannuksia on kuitenkin määritetty valitettavan vähän, mikä tuleekin ottaa huomioon myös tämän tutkielman tuloksia tulkitessa.

Kustannus-hyötyanalyysi voi parhaimmillaan tuottaa havainnollistavaa materiaalia päätöksenteon avuksi, kun johonkin hankkeeseen liittyvät kustannukset ja hyödyt ovat epäsuoria ja niiden mittaaminen haastavaa. Menetelmän avulla voidaan osoittaa selkeästi,

onko hanke taloudellisesti ja sosiaalisesti kannattava. Hyvin monitahoisten asioiden ja ilmiöiden, kuten ilmastonmuutoksen yksinkertaistaminen saattaa kuitenkin vaikuttaa kustannus-hyötyanalyysin luotettavuuteen. Lopputuloksen luotettavuuteen vaikuttaa lisäksi se, onko analyysiin sisälletty kaikki oleelliset kustannus- ja hyötyerät. Tässä tutkielmassa jouduin jättämään joitain mielestäni tärkeitä kustannuksia ja hyötyjä pois tarkastelusta, koska niistä ei toistaiseksi löydy riittävästi tutkimustietoa. Brändihyöty ja turvattomuuden tunnetta kuvaava kustannus voitaisiin liittää analyysiin, mikäli uusia päteviä tutkimuksia ilmenee. Yksikkökustannuksiin liittyvän epävarmuuden lisäksi myös valittu diskonttokorko voi vaikuttaa tulosten oikeellisuuteen.

Tutkielmassa suoritettun kustannus-hyötyanalyysin perusteella kaupunkilaisten kulkutapojen muuttuminen yhä enemmän autoilusta kävelyyn ja pyöräilyyn tuottaisi selkeitä hyötyjä kaikille tarkastelluille osapuolille. Yksilö hyötyisi kulkutapamuutoksesta pienenevien ajoneuvokustannusten ja kohentuneen terveydentilan muodoissa. Hyötyjen saavuttamiseksi tulisi hyödyt myös markkinoida kaupunkilaisille niin, että kulkutavan muuttaminen vaikuttaisi heistä houkuttelevalta. Yksilön näkökulmasta kulkutavan vaihtaminen ilmastonmuutoksen vuoksi voi tuntua hankalalta, sillä ilmastonmuutos ja kasvihuonekaasupäästöt ovat käsitteinä jossain määrin vaikeasti hahmotettavia. Sen sijaan kollektiivisen muutoksen autoilusta aktiivisiin liikkumismuotoihin voisi kenties saada aikaan korostamalla yksilön arjessa saavuttamia kustannussäästöjä sekä liikunnallisen ja terveemmän elämän iloja. Kulkutapamuutoksen onnistuneen toimeenpanon kannalta on siis tärkeää, että jokainen kaupunkilainen kokee myös itse hyötyvänsä tekemästään muutoksesta.

Hiilineutraaliustavoitteen kannalta merkittävä tulos on, että autojen kasvihuonekaasupäästöjen vähentyessä yhteiskunnan hyöty siitä olisi kymmenien miljoonien eurojen arvoinen. Aktiivisten liikkumismuotojen aikaansaama kaupunkilaisten terveyden kohentuminen puolestaan vähentäisi suuressa määrin terveydenhuollon kuluja ja lisäksi parantaisi ihmisten elämänlaatua ja työkykyä. Samaan aikaan Tampereen kaupunki hyötyisi, kun autoiluun vaadittavan infrastruktuurin rakentaminen ja kunnossapito vaatisi vähenevässä määrin panostuksia. Tällaisten tietojen esittäminen erityisesti päätöksentekijöille saattaisi vauhdittaa kalliiden ja pitkäaikaisten hiilineutraaliutta edistävien ratkaisujen tekemistä.

Tampereen kaupunki on laatinut kattavan toimenpidesuunnitelman, jonka avulla pyritään vaikuttamaan kaupunkilaisten liikkumiseen ja siten minimoimaan liikenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Kymmenen vuoden aikajänne toimenpiteiden toimeenpanolle ja tulosten saavuttamiselle on kuitenkin kohtalaisen lyhyt aikaväli tehdä sellaisia suuria muutoksia, jotka vaikuttavat lähes jokaisen kaupunkilaisen arkeen. Koska yksilöiden kulkutavat ovat usein syvään juurtuneita, on uuden kulkutavan valinta oltava yksilön näkökulmasta hyvin perusteltua. Tampereen keskustan tiivistyessä ja erityisesti joukkoliikenteen välineiden kehittyessä onkin todennäköistä, että yhä useampi kaupunkilainen valitsee kulkutavakseen kestävän liikkumismuodon.

Tietyistä rajoituksistaan huolimatta tutkielma toimii täydennyksenä suomalaiselle kaupunkien liikkumismuotojen kustannusten ja hyötyjen tutkimukselle. Liikkumismuotojen kustannuksia ja hyötyjä ei ole tämän tutkielman tapaan kulkutapajakauman muutoksen yhteydessä vastaavalla tavalla havainnollistettu. Toistaiseksi ei löydy juuri suomalaisia julkaisuja siitä, millaista hyötyä eri sidosryhmille syntyy, kun liikkumismuotojen osuuksia kaupunkiliikenteessä muutetaan. Lisäksi tutkittava kohde on maan tai maanosan sijaan yksittäinen suomalainen kaupunki. Tutkielmani poikkeaa edeltävistä suomalaisista tutkimuksista myös siinä, että ensimmäistä kertaa tutkimuksen lähtökohta on autoilun aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen kustannuksissa. Ilmastonmuutos on noussut vuosi vuodelta yhä tärkeämmäksi aiheeksi ja sen hillitsemiseksi vaadittaisiinkin lähitulevaisuudessa entistä enemmän myös taloustieteellistä tutkimusta. Ilman haittavaikutusten tai torjumisen toimenpiteiden perusteellista kartoittamista ja taloudellisen arvon mittaamista ratkaisevat päätökset saattavat jäädä tekemättä.

Tutkielmassa esitetty kirjallisuuskatsaus ja kustannus-hyötyanalyysi antavat joistain epävarmuustekijöistä huolimatta riittävän kuvan kulkutapajakauman muutoksella saavutettavista kustannuksista ja hyödyistä. Lisäksi tutkielma osoittaa, miten tärkeää ja myös taloudellisesti kestävää aktiivisten liikkumismuotojen edistäminen kaupunkiliikenteessä on. Tutkielmassa suoritettua kustannus-hyötyanalyysia voidaankin pitää suuntaa-antavana ohjenuorana tulevien vuosien kestävästä liikkumisesta koskeville päätöksille.

Tutkielmassa laadittua kustannus-hyötyanalyysia voitaisiin tulevaisuudessa täydentää lisäämällä siihen joukkoliikenteeseen liittyvät kustannuserät. Joukkoliikenteen merkitys

autoilun vähentämisessä on suuri varsinkin Suomessa, jossa keliolosuhteet vaihtelevat. Lähivuosina tiedetään myös tarkemmin, miten raitiovaunu ja myös kaupunkipyöräjärjestelmä tulevat vaikuttamaan tamperelaisten liikkumiseen. Kaupungille kohdistuvien mittavien joukkoliikenteen kustannusten lisääminen analyysiin parantaisi myös kustannus-hyötyanalyysin tulosten luotettavuutta ja eheyttäisi kokonaisuutta. Tutkimustulosten karttuessa olisi kustannus-hyötyanalyysissä esitettävä yksikkökustannuksia myös tarpeen mukaan päivitettävä.

LÄHDELUETTELO

Almström, P., Fosberg, B., Johansson, C., Lövenheim, B., Markstedt, A., Schantz, P., Sommar, J., Strömgren, M. & Wahlgren L. 2017. Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle. *Science of The Total Environment*. Vol. 584–584, pp. 55–63.

Alvær, K., Bjørnskau, T., Elvik, R., Sælensminde, K., Schistad, T., Veisten, K. & Ytterstad, B. 2007. Total costs of bicycle injuries in Norway: Correcting injury figures and indicating data needs. *Accident analysis and prevention*. Vol. 6, pp. 1162–1169.

Anable, J. & Gatersleben, B. 2005. All work and no play? The role of instrumental and affective factors in work and leisure journeys by different travel modes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 39, no. 2-3, pp. 163–181.

Andresen, M. A., Frank, L.D. & Schmid, T.L. 2004. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*. Vol. 27, no. 2, pp. 87–96.

Anton, P., Bickel P., Carmighelet, H., van Donselaar, P., Enei, R., Hämekoski, K., Leone, G., Otterström, T., Schmid, S. & Tervonen, J. 2003. Environmental Marginal Cost Case Studies. Competitive and Sustainable Growth Programme. Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency UNITE. University of Leeds, European Commission.

Arrow, K., Cline, W. R., Maler, K-G., Munasinghe, M., Squitieri, R. & Stiglitz, J. 1995. Intertemporal equity, discounting, and economic efficiency. *IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995*. Cambridge University Press.

Asikainen, A., Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H. & Rumrich, I. 2016. Ilmansaasteiden terveystvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf.

Avineri, E., Chatterton, T. & Waygood, E. O. D. 2013. Comparing and presenting city-level transportation CO2 emissions using GIS. *Transportation Research Part D:Transport and Environment*. Vol. 24, pp. 127–134.

Badland, H., Donovan, S., Genter, J. A. & Petrenas, B. 2008. Valuing the health benefits of active transport modes. NZ Transport Agency, Research Report 359.

Bak, M., Boon, B.H., Doll, C., Maibach, M., van Essen, H.P., Pawlowska, B., Schreyer, C., Schrotten, A., Smokers, R. & Sutter, D. 2008. Handbook on estimation of external costs in the transport sector. CE Delft, European Commission.

Bauman, A., de Geus, B., Kohlberger, T., Krenn, P., Oja, P., Reger-Nash, B. & Titze, S. 2011. Health benefits of cycling: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Vol. 21, no. 4, pp. 496–509.

- Baumstark, L. & Boiteux, M. 2001. Transports: choix des investissements et coût des nuisances. Commissariat Général du Plan. <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/014000434.pdf>
- Becker, T., Becker, U. J. & Gerlach, J. 2012. The True Costs of Automobility: External Costs of Cars. Overview on existing estimates in EU-27. Technische Universität Dresden.
- Bergström, A. & Magnusson, R. 2003. Potential of transferring car trips to bicycle during winter. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 37, no. 8, pp. 649–666.
- Bickel & Friedrich. 2005. ExternE Externalities of Energy Methodology 2005 Update. European Communities.
- Blair, S.N. & Powell, K.E. 1994. The Public health burdens of sedentary living habits: theoretical but realistic estimates. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. The American College of Sports and Medicine.
- Bogenberger, K. & Hardt, C. 2018. Usage of e-Scooters in Urban Environments. *Transportation Research Procedia*. Vol. 37, pp. 155–162.
- Boogard, H., de Hartog, J., Hoek, G. & Nijland, H. 2010. Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks? *Environmental Health Perspectives* Vol. 118, no. 8, pp. 1109–1116.
- Borndörfer, R., Karbstein, M. & Pfetsch, M.E. 2012. Models for fare planning in public transport. *Discrete Applied Mathematics*. Vol. 160, no. 18, pp. 2591–2605.
- Brander, L., Kuik, O. & R. S. J., Tol. 2009. Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions: A meta-analysis. *Energy Policy*. Vol. 37, no. 4, pp. 1395–1403.
- Brouwer, R. 2000. Environmental value transfer: state of the art and future prospects. *Ecological Economics*. Vol. 32, no. 1, pp. 137–152.
- Bröcker, J., Cox, V., Dehnen, N., Gibson, G., Holtkamp, M., Meier, H., Korzhenevych, A. & Varma, A., 2014. Update of The Handbook on External Costs of Transport. Ricardo AEA, European Commission.
- Buehler, R. & Pucher, J. 2008. Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*. Vol. 28, no. 4, pp. 495–528.
- Böcker, L., Dijst, M. & Prillwitz, J. 2013. Impact of Everyday Weather on Individual Daily Travel Behaviours in Perspective: A Literature Review. *Transport Reviews*. Vol. 33, no.1, pp. 71–91.
- Carrion, C. & Levinson, D. 2012. Value of travel time reliability: A review of current evidence. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 46, no. 4, pp. 720–741.
- CE Delft & ECORYS Transport 2005. Infrastructure expenditures and costs. Practical guidelines to calculate total infrastructure costs for five modes of transport.

Viitattu 12.11.2019.

https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/infrastructure/studies/doc/2005_11_30_guidelines_infrastructure_report_en.pdf

Chatterjee, K., Clark, B. & Melia, S. 2016. Changes to commute mode: The role of life events, spatial context and environmental attitude. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 89, pp. 89–105.

Chen, H., Lee, K. & Yang, C. 2016. Incorporating carbon footprint with activity-based costing constraints into sustainable public transport infrastructure project decisions. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 133, pp. 1154–1166.

City of Copenhagen. 2011. Copenhagen – City of Cyclists. Bicycle Account 2010. Viitattu 5.9.2019. <https://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2011/05/Bicycle-account-2010-Copenhagen.pdf>

City of Copenhagen. 2009. Economic evaluation of cycle projects - methodology and unit prices. Viitattu 12.11.2019. https://www.cycling-embassy.dk/wp-content/uploads/2010/06/COWI_Economic-evaluation-of-cycle-projects.pdf

Choi, A., Dekker, K., Gössling, S. & Metzler, D. 2019. The Social Cost of Automobility, Cycling and Walking in the European Union. *Ecological Economics*. Vol. 158, pp. 65-74.

Choi, A. & Gössling, S. 2015. Transport transitions in Copenhagen: comparing the costs of cars and bicycles. *Ecological Economics*. Vol. 113, pp. 106–113.

CO2-raportti. 2019. Tampereen kasvihuonekaasupäästöt 1990, 2010-2017. Ennakkotieto vuodelta 2018. Viitattu 12.11.2019. https://www.tampere.fi/tiedostot/c/nMONFbNzn/CO2-raportti_Tampere_13032019.pdf

Crane, R. 2000. The Influence of Urban Form on Travel: An Interpretive Review. *Journal of Planning Literature*. Vol. 15, No. 1.

Danish Ministry of Transport. 2004. External Costs of Transport. 1st Report - Review of European Studies. Viitattu 12.11.2019. <https://www.trm.dk/en/publications/2004/external-costs-of-transport>

Davis, A., Fergusson, M. & Valsecchi, C. 2007. Unfit for purpose: How car use fuel climate change and obesity. Institute for European Environmental Policy. London.

Damart, S. & Roy, B. 2009. The uses of cost–benefit analysis in public transportation decision-making in France. *Transport Policy*. Vol. 16, no. 4, pp. 200–212.

Doherty, E. & Litman, T. 2011. Transportation Cost and Benefit Analysis - Techniques, Estimates and Implications. Victoria Transport Policy Institute, Victoria. Viitattu 14.11.2019. <https://www.vtppi.org/tca/>

Doll, C., van Essen, H., Maibach, M., Otten, M., Schreyer, C., Schrotten, A., Sutter, D. & Zandonella, R. 2011. External Costs of Transport in Europe. Update study for 2008. CE Delft.

Elvik, R. 2000. Which are the relevant costs and benefits of road safety measures designed for pedestrians and cyclists? *Accident Analysis & Prevention*. Vol. 32, no.1, pp. 37–45.

Gamble, A., Gärling, T., Hagman O., Jacobsson Bergstad, C. & Polk, M. 2011. Affective–symbolic and instrumental–independence psychological motives mediating effects of socio-demographic variables on daily car use. *Journal of Transport Geography* 19, no. 1, pp. 33–38.

Gatersleben, B. & Uzzell, D. 2007. Affective Appraisals of the Daily Commute. Comparing Perceptions of Drivers, Cyclists, Walkers, and Users of Public Transport. *Environment and Behaviour*. Vol. 39, no. 3, pp. 416–431.

Glayster, S. & Layard, R. 1994. *Cost-benefit Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.

Greene, D.L. & Wegener, M. 1997. Sustainable transport. *Journal of Transport Geography*. Vol 5, no. 3, pp. 177–190.

Grutzdaitis, L. & Tenhula, M. 2017. Kaupunkipyöräpalvelun käyttäjätutkimus ja asiakaslähtöinen suunnittelu. HKL – Helsingin kaupungin liikennelaitos. Viitattu 18.11.2019.

https://www.hel.fi/static/liitteet/hkl/kaupunkipyorapalvelun_kayttajatutkimus.pdf

Grönlund, S., Kouko S. & Tiilikainen U. (toim.) 2016. Tampereen raitiotien vaikutusten arviointi. Yhteenvetoraportti 2016. Tampereen kaupunki. Viitattu 12.11.2019.

https://www.tampere.fi/tiedostot/t/yKwzQNhEx/raitiotieallianssi_arviointiraportti.pdf

Gynther, L., Hippinen, I., Lovén, K., Salmi, J., Soares, J., Tervonen, J., Tikka, T. & Torkkeli, S. 2012. Liikenteen päästökustannukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012. Liikennevirasto, Helsinki.

Gössling, S. 2013. Urban transport transitions: Copenhagen, City of Cyclists. *Journal of Transport Geography*. Vol. 33, pp. 196–206.

Hakonen, H., Hirvonen, M., Kankaanpää, A., Onatsu, T. & Turunen, M. 2019. Pyöräilyn olosuhteet Suomen kunnissa 2018. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 349. Liikunnan ja kansanterveyden edistämisyhdistys LIKES.

Hanhinen, H. 2018. Kuinka paljon autoilu maksaa? Yle pyysi ja Autoliitto laski esimerkit – "Itsensä huijaamista, jos ajattelee vain käyttökustannuksia". Yle. Viitattu 12.11.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10042081>

Happo, P. 2019. Sähköpotkulauta on tämän kesän ilmiö, joka on tullut jäädäkseen. Yle. Viitattu 22.8. 2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10851673>

Helsingin kaupunki. 2014. Pyöräilyn hyödyt ja kustannukset Helsingissä. Helsingin kaupunginsuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2014:5. Viitattu 1.7. 2019. https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2014-5.pdf

Hensher, D., Mulley, C. & Weisbrod, G. 2016. Recognising the complementary contributions of cost benefit analysis and economic impact analysis to

an understanding of the worth of public transport investment: A case study of bus rapid transit in Sydney, Australia. *Research in Transportation Economics*. Vol. 59, pp. 450–461.

Hiilitieto. Hiilen haitat. Rikin ja typen oksidit. Viitattu 17.7.2019.
<https://www.hiilitieto.fi/hiilitietoa/hiilen-haitat/rikin-ja-typen-oksidit/>

HSL. 1.11.2018. Kaupunkipyöräkaudella 2018 tehtiin uusia ennätyksiä. Viitattu 11.9.2019. <https://www.hsl.fi/uutiset/2018/kaupunkipyorakaudella-2018-tehtiin-uusia-ennatyksia-16258>

Hutton, G., 2000. Considerations in evaluating the cost-effectiveness of environmental health interventions. Water, Sanitation and Health Team. World Health Organisation.

Hynes, M. & Seoighthe, E. 2018. Heading in the right direction? Investigating walkability in Galwaid city, Ireland. *Urban Science* 2018. Vol. 2, no. 31.

Hyry, A. 2017. Rakennushankkeet vaikuttavat liikenteeseen keskusta-alueella. Tiedotteet 5/17. Tampereen kaupunki. https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2017/05/30052017_2.html

ICAP - International Carbon Action Partnership. 2019. EU Emissions Trading System (EU ETS). Viitattu 11.11.2019.
https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems%5B%5D=43

IMF - International Monetary Fund. 2019. IMF Policy Paper. Fiscal policies for Paris climate strategies – from principle to practice. Washington D.C.

IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. Special Report: Global Warming of 1.5 °C. Summary for Policymakers. Viitattu 12.11.2019.
<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

Jääskeläinen, S., Lohko-Soner, K. & Särkijärvi, J. 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 13/2018, Helsinki.

Kakkonen, J. 2013. EU:n päästökauppa Selvitys EU:n päästökauppajärjestelmästä, päästöoikeuden hinnasta ja päästökauppajärjestelmään puuttumisesta. Energiatalouden harjoitustyö, Aalto yliopisto.

Kallio, R., Krankka, A., Lehto, H. & Somerpalo, S. 2015. Pyöräilyanalyysi henkilöliikennetutkimuksen aineistosta. Pyörämatkat, pyöräilijät ja pyöräilyn valintaan vaikuttavat tekijät. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 32/2015.

Kangas, L., Karppinen, A., Karvosenoja, N., Kukkonen, J., Lanki, T., Nurmi, V., Palamarchuk, Y., Paunu, V., Savolahti, M., Sofiev, M. & Tiittanen, P. 2018. Ilmansaasteiden haittakustannusmalli Suomelle (IHKU). Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 26/2018.

Karonen, V., Kylliäinen, M., Lahtinen, M., Mauranen, T. & Männistö, T. 2007. Pyörällä halki aikojen – Velomania! Tampereen museoiden julkaisuja 98, Tampere.

Keating, B.P. & Keating, M. O. 2017. Basic Cost Benefit Analysis for Assessing Local Public Projects. Business Expert Press, New York.

Koistinen, A. 2019. Saastuttaminen on nyt kalliimpaa kuin kertaakaan 11 vuoteen – hiilivoima ajautui pulaan Keski-Euroopassa, kiitos kuuluu päästökaupalle. Yle. Viitattu 24.9.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10886059>

Kolu, P. & Vasankari, T. (toim.) 2018. Liikkumattomuuden lasku kasvaa – vähäisen fyysisen aktiivisuuden ja heikon fyysisen kunnon yhteiskunnalliset kustannukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 31/2018. Viitattu 12.11.2019. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160724/31-2018-Liikkumattomuuden%20lasku%20kasvaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lahden kaupunki. 2019. CitiCAP – Älykkäitä liikkumisratkaisuja Lahdesta Eurooppaan. Viitattu 13.9.2019. <https://www.lahti.fi/palvelut/luonto-ja-ymparisto/citicap>

Halonen, M., Laine, A., Sjöblom, H. & Vanhanen, J. 2018. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit ja kustannukset Suomelle. Valikoituja esimerkkejä. Sitra.

Huikuri, S., Liljeström, E., Mattinen-Yuryev, M., Monni, S., Nieminen, E. ja Seppänen, E. 2019. Tampereen kaupungin kestävä energia ja ilmaston toimintasuunnitelma (SECAP). Tampereen kaupunki. Viitattu 2.1.2019. https://www.tampere.fi/tiedostot/s/jlcx1qanz/SECAP-raportti_Tampereen_kaupunki_9_12_2019.pdf

The Lancet commissions. 2017. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet. Vol. 391, pp. 462–512.

Law, J. 2018. adverse selection. Dictionary of Finance and Banking. Oxford University Press. Viitattu 1.8.2019. <https://www-oxfordreference-com.libproxy.tuni.fi/view/10.1093/acref/9780198789741.001.0001/acref-9780198789741-e-4135>

Lehtilä, S. 2018. Talvi saa tulla Turkuun: föllärit on pian talvirengastettu. Yle. Viitattu 11.9.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10485844>

Li, M., Sun, R. & Wu, Q. 2018. Research on Commuting Travel Mode Choice of Car Owners Considering Return Trip Containing Activities. Sustainability. Vol. 10, no. 10, pp. 3494

Liikenneturva. 2019a. Henkilövahingot henkilöautossa. Tilastokatsaus. Viitattu 16.9.2019. https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_hloautossa_matkustavat.pdf

Liikenneturva. 2019b. Jalankulkijoiden henkilövahingot tieliikenteessä. Tilastokatsaus. Viitattu 16.9.2019. https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_jalankulkijat.pdf

Liikenneturva. 2019c. Pyöräilijöiden henkilövahingot liikenteessä. Tilastokatsaus. Viitattu 29.7.2019.
https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_pyorailijat.pdf

Liikenne- ja viestintävirasto. 2019a. Henkilöautojen ensirekisteröinnit 2016-2019. Tilastotietokanta. Viitattu 12.11.2019.
http://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi_Ensirekisteroinnit/010_ensirek_tau_101.px/?rxid=d44ee935-a646-4c12-85d6-766dc63e196d

Liikenne- ja viestintävirasto. 2019b. Tietilasto 2018. Viitattu 12.11.2019.
<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Tietilasto%202018.pdf>

Liikenne- ja viestintävirasto 2019c. VTT:n laskelma autoilun kustannuksista. Viitattu 16.7.2019. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/vtt-n-laskelma-autoilun-kustannuksista>

Liikenne- ja viestintävirasto. 2018a. Henkilöliikennetutkimus 2016. Suomalaisten liikkuminen. Liikenneviraston tilastoja 1/2018. Helsinki.

Liikenne- ja viestintävirasto. 2018b. Henkilöliikennetutkimus 2016: Helsingin seutu.

Liikenne- ja viestintävirasto. 2018c. Henkilöliikennetutkimus 2016: Helsinki.

Liikenne- ja viestintävirasto. 2018d. Henkilöliikennetutkimus 2016: Tampereen seutu.

Liikenne- ja viestintävirasto. 2018e. Henkilöliikennetutkimus 2016: Tampere.

Kaikki vuoden 2016 Henkilöliikennetutkimukset löytyvät osoitteesta:
<https://www.traficom.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/valtakunnallinen-henkiloliikennetutkimus>

Liikenne- ja viestintävirasto. 2012a. Henkilöliikennetutkimus 2010–2011. Suomalaisten liikkuminen, Helsinki. Viitattu 12.11.2019.
https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf

Liikenne- ja viestintävirasto 2012b. Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen toimenpidesuunnitelma 2020. Liikenneviraston suunnitelmia 2/2012, Helsinki. Viitattu 13.11.2019. https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/ls_2012-02_kavelyn_ja_pyorailyn_web.pdf

LIPASTO. 2018. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Liisa 2018 – tieliikenne. VTT.

Löyttyniemi, R. 2013. Aikamatka arkeen: Autoilu. Viitattu 12.11.2019.
<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2013/01/11/aikamatka-arkeen-autoilu>.

Mandell, S. 2011. Carbon emission values in cost benefit analyses. Transport Policy. Vol. 18, no. 6, pp. 888–892.

Markets Insider. 2019. CO2 European emission allowances. Viitattu 11.11.2019. <https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-european-emission-allowances>

Masthoff J. & Woods, R. 2017. A Comparison of car driving, public transport and cycling experiences in three European cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 103, pp. 211–222.

Mi, Z. & Zhang, Y. 2017. Environmental benefits of bike sharing: A big data-based analysis. *Applied Energy*. Vol. 220, pp. 296–301.

Ministry of Foreign Affairs of Denmark. 2019. A nation of cyclists. People and Culture. Viitattu 18.11.2019. <https://denmark.dk/people-and-culture/biking>

Motiva Oy. 2019a. Henkilöautojen päästömääräykset. Kestävä liikenne ja liikkuminen. Viitattu 8.11.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/henkiloautojen_paastomaaraykset

Motiva Oy. 2019b. Hybridiauto. Kestävä liikenne ja liikkuminen. Viitattu: 8.11.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/hybridiauto

Musso, A. & Verner, R. 2013. Internalisation of external costs of transport – A target driven approach with a focus on climate change. *Transport Policy*. Vol. 29, pp. 303–314.

de Nazelle, A., Nieuwenhuijsen, M.J., Rojas-Rueda, D. & Teixidó, O. 2013. Health impact assessment of increasing public transport and cycling use in Barcelona: A morbidity and burden of disease approach. *Preventive Medicine*. Vol. 75, no. 5, pp. 573–579.

Noel, L., Kester, J., de Rubens, G. Z. & Sovacool, B. K. 2018. Reviewing Nordic transport challenges and climate policy priorities: Expert perceptions of decarbonisation in Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden. *Energy*. Vol. 165, pp. 532–542.

Noland, R.B. & Kunreuther, H. 1995. Short-run and long-run policies for increasing bicycle transportation for daily commuter trips. *Transport Policy*. Vol. 2, no. 1, pp. 67–79.

Nordhaus, W.D. 2007. Review of The Stren Review on the economics of the climate change. *Journal of Economic Literature*. Vol. 45, no. 3, pp. 686–702.

OECD. 2018. Effective Carbon Rates 2018: Pricing Carbon Emissions Through Taxes and Emissions Trading. OECD Publishing, Paris. Viitattu 12.11.2019. https://www.oecd-ilibrary.org/taxation/effective-carbon-rates-2018_9789264305304-en?itemId=/content/publication/9789264305304-en&mimeType=text/html&_csp_=154c2b4f72eadc55f10eae263e6bf524&itemIGO=oecd&itemContentType=book

Peltola, V. & Vilkkuna, J. 2019. EU:lta kovia ja nopeita vaatimuksia puhtaille ajoneuvoille julkisissa hankinnoissa - onnistuuko Suomessa? Kuntaliitto. Viitattu 26.8.2019. <https://www.kuntaliitto.fi/blogi/2019/eulta-kovia-ja-nopeita-vaatimuksia-puhtaille-ajoneuvoille-julkisissa-hankinnoissa>

Poussa, L. 2019. Päästökauppa remontissa. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. Viitattu 24.9.2019. <https://www.sitra.fi/artikkelit/paastokauppa-remontissa/>

Rahanarvonmuunnin. Tilastokeskus. Saatavissa: <https://www.stat.fi/tup/laskurit/rahanarvonmuunnin.html>

Ristikartano, J. & Tervonen, J. 2010. Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot. Liikenneviraston ohjeita 21/2010.

Sælensminde, K. 2004. Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic. *Transportation Research Part A*. Vol. 38, no. 8, pp. 593–606.

Schwermer, S. 2012. Economic Valuation of Environmental Damage. Methodological convention 2.0 for estimates for environmental costs. German Federal Environment Agency (UBA).

Stangeby, I. 1997. Attitudes Towards Walking and Cycling Instead of Using a Car. *Transportøkonomisk institutt*. Report 370/1997.

Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change*. The Stern Review. Cambridge, Cambridge University Press.

Tainio, M. & Tuomisto, J. T. 2005. An Economic way of reducing health, environmental, and other pressures of urban traffic: a decision analysis on trip aggregation. *BMC Public Health*. Vol. 5, no.123.

Tampereen kaupunki. 2019a. Väestökatsaus. Kuukausitiedot 8/2019. Viitattu 12.11.2019. <https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/tietoa-tampereesta/tietonakoala/vaesto-ja-vaestonmuutokset.html>

Tampereen kaupunki 2019b. Lähijunaliikenne kasvaa merkittävästi 15.12.2019 alkaen. Tiedotteet. Tampereen kaupunki. Viitattu 2.1.2019. https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2019/12/02122019_1.html

Tampereen kaupunki 2018a. Kestävä Tampere 2030 -ohjelmasuunnitelma. Smart Tampere. Viitattu 12.11.2019. <https://www.tampere.fi/smart-tampere/kestava-tampere-2030-ohjelma.html>

Tampereen kaupunki 2018b. Viiden tähden keskusta 2018-2030. Tampereen keskustan kehittämisohjelma 2018–2030. https://www.tampere.fi/tiedostot/v/bj21Xli2v/Tampereen_kaupunki_Viiden_tahden_kestavan_kehittamisohjelma_2018_2030_lowres.pdf

Tampereen kaupunki. 2017a. Tampere – Sinulle paras. Tampereen strategia 2030. Viitattu 12.11.2019. <https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/talous-ja-strategia/strategia.html>

Tampereen kaupunki 2017b. Liikenteen kehitys Tampereella vuonna 2017. Liikenneonnettomuusraportti. Viitattu 12.11.2019. http://www.infotripla.fi/tampere/materiaalipankki/lib/exec/fetch.php?media=raportit:onnnettomuusraportti_2017.pdf

Tampereen kaupunki. 2017c. Tampereen kaupungin ympäristönsuojelulain mukainen meluselvitys 2017. Ympäristönsuojelun julkaisuja 2/2017. Viitattu 12.11.2019. <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/julkaisut-ja-selvitykset/meluselvitys2017.html>

Tampereen kaupunki. 2017d. Tampereen väestösuunnite 2018–2033. Viitattu 12.11.2019. <https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/tietoa-tampereesta/tietonakoala/vaesto-ja-vaestonmuutokset.html>

Tampereen kaupunki. 2017e. Inhimillinen ja vetovoimainen Tampere. Lauri Lylyn pormestariohjelma vuosille 2017–2021. Viitattu 14.11.2019. https://www.tampere.fi/material/attachments/uutiskeskus/tampere/i/XQPLocGFv/pormestarin_ohjelma.pdf

Tampereen kaupunki. 2017f. Liikenteen kehitys Tampereella vuonna 2017. Liikenneonnettomuusraportti. Viitattu 1.12.2019. http://www.infotripla.fi/tampere/materiaalipankki/lib/exec/fetch.php?media=raportit:onnnettomuusraportti_2017.pdf

Tampereen kaupunki 2014. Kaupungin yleiskaava 2040. Alustavat liikenneverkon kehittämistavoitteet Tampereen kantakaupungissa 2014. Viitattu 12.11.2019. https://www.tampere.fi/liitteet/a/EzQ69zaaS/Alustavat_Liikennetavoitteet.pdf

Tampereen kaupunki. 2013. Tampereen Ilmanlaatuselvitys 2013. Ympäristönsuojelun julkaisuja 5/2013. Viitattu 12.11.2019. <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto-ja-luonto/julkaisut-ja-selvitykset/ilmanlaatuselvitys2013.html>

THL. 2019a. Vain harva suomalainen liikkuu tarpeeksi. Viitattu 12.11.2019. <https://thl.fi/fi/web/elintavat-ja-ravitsemus/liikunta/vain-harva-suomalainen-liikkuu-tarpeeksi>

THL. 2019b. Yleistietoa kansantaudeista. Viitattu 12.11.2019. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/yleistietoa-kansantaudeista>

Thorpe, D. 2015. Guess Which City Tops List for the Worst Traffic Jams? Smart Cities Dive. Viitattu 16.9.2019. <https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/guess-which-city-tops-list-worst-traffic-and-pollution/1043451/>

Tilastokeskus. 2019a. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2018. Ympäristö ja luonnonvarat 2019. Viitattu 12.11.2019. https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2018_2019_19740_net_p2.pdf

Tilastokeskus. 2019b. Tampereen kaupunkiseutu – Matkailu. Viitattu 22.8.2019. https://www.stat.fi/tup/seutunet/tampere_matkailu_fi.html

Toivonen, M. 2019. Uusi auto on ympäristöteko, mutta mitä pellin alle, sähköä, kaasua vai vetyä? Ympäristöstävälliset ajoneuvot. Yle. Viitattu 8.11.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10637236>

Työ- ja elinkeinoministeriö. Päästökauppa. Viitattu 25.9.2019.
<https://tem.fi/paastokauppa>

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. 2019.
Paris Agreement - Status of Ratification. Viitattu 25.9.2019.
<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>

Zhang, Z. X. 1998. Greenhouse gas emissions trading and the world trading system. *Journal of World Trade*. Vol. 32, no.5, pp. 219–239.

Asiantuntijahaastattelu:

Ovaska, Sanna. 2019. Liikennejärjestelmän suunnittelu, Tampereen kaupunki

LIITTEET

LIITE 1. Yksikkökustannusten alkuperä ja määrittäminen

Bröcker ym. (2014) ovat tutkimuksessaan määrittäneet auton kaupunkiajossa aiheuttamalle *ilmansaastekustannukselle* yksikköarvot ajoneuvotyypin, moottorin tilavuuden ja europäästöluokituksen mukaan. Muutin sen tutkielman kustannus-hyötyanalyysiin sopivaksi laskemalla kaikki arvot yhteen huolimatta luokittelusta ja laskemalla niistä keskiarvon. Lopullisen arvon muutin vastaamaan vuoden 2018 arvoa käyttämällä kuluttajahintaindeksiä vuodelta 2005. Myös ajoneuvokilometrit tuli muuntaa matkustajakilometreiksi jakamalla arvo luvulla 1,7. Luku 1,7 kuvaa keskimääräistä henkilö määrää per henkilöauto Tampereen seudulla (Liikennevirasto 2018d:10).

Taulukko i. Ilmansaastekustannuksen yksikköarvoja henkilöautoille (arvot kuvaavat EU:ta keskimäärin) (Bröcker ym. 2014)

Ajoneuvotyyppi	Moottorin tilavuus	Euro-päästöluokka	Kaupunkiajo senttiä/ajoneuvokm
Dieselauto	< 1,4 l	Euro 2	3,6
		Euro 3	2,5
		Euro 4	1,7
		Euro 5	0,9
		Euro 6	0,7
	1,4 - 2,0 l	Euro 0	9,9
		Euro 1	3,6
		Euro 2	3,2
		Euro 3	2,6
		Euro 4	1,8
		Euro 5	0,9
	> 2,0 l	Euro 6	0,7
		Euro 0	10,3
		Euro 1	3,7
		Euro 2	3,3
		Euro 3	2,6

		Euro 4	1,8
		Euro 5	0,9
		Euro 6	0,7
Bensiiniauto	< 1,4 l	Euro 0	3,5
		Euro 1	1
		Euro 2	0,7
		Euro 3	0,4
		Euro 4	0,4
		Euro 5	0,4
		Euro 6	0,4
	1,4 - 2,0 l	Euro 0	3,6
		Euro 1	1,1
		Euro 2	0,7
		Euro 3	0,4
		Euro 4	0,4
		Euro 5	0,4
		Euro 6	0,4
	> 2,0 l	Euro 0	3,8
		Euro 1	1
		Euro 2	0,6
		Euro 3	0,4
		Euro 4	0,4
		Euro 5	0,4
		Euro 6	0,4

Myös muut kustannus-hyötyanalyysissa käytetyt yksikkökustannukset on muutettu vuoden 2018 arvoon käyttämällä Tilastokeskuksen kuluttajahintaindeksiä vuodelta 2005 tai rahanarvonmuunninta.

Taulukkoon *ii* on koottu Tampereen kaupungin kestävän kehityksen yksikössä laadittujen yksikkökustannusten alkuperäiset lähteet sekä eritelty, mitä tietoa kustakin lähteestä on hyödynnetty. Taulukossa *iii* puolestaan on koottuna kirjallisuudesta itse määrittämieni yksikkökustannusten lähteet ja taustaoletukset.

Taulukko ii. Kestävän kehityksen yksikön määrittämät yksikköarvot ja niiden lähdetiedot ja taustaoletukset

Kustannus	Lähde	Oletus
Investointikustannus	Tampereen kaupunki, sisäistä tietoa	Perustuu Tampereen kaupungin kävely-, pyörä- ja autoteiden keskimääräisiin investointeihin aikavälillä 2015-2017. Oletettu, että kävely- ja pyöräteiden investoinneista puolet kohtaantuu kävelyteille.
Kunnossapitokustannus	Tampereen kaupunki, sisäistä tietoa	Kävely ja pyöräily: perustuu Tampereen kaupungin kävely- ja pyöräteiden kunnossapitokustannuksiin vuonna 2017. Oletettu, että kävely- ja pyöräteiden kunnossapidosta puolet kohtaantuu kävelyteille. Autoilu: perustuu Tampereen kaupungin ajoneuvoväylien kunnossapitokustannuksiin vuonna 2017. Oletettu, että kunnossapidosta 80 % kohtaantuu autoliikenteelle ja 20 % joukkoliikenteelle.
Ajoneuvokustannus	Pyöräily: Helsingin kaupunki (2014) [Ristikartano & Tervonen 2010]. Autoilu: Liikenne- ja viestintävirasto (2019c).	Autoilu: keskiarvo ajamisen kustannuksista: suorite 15 000km/v, pitoaika 5v. Ajoneuvokustannuksissa huomioitu mm. hankintahinta, polttoaineen tai sähkönkulutus, huollot, katsastukset, vakuutukset, verot ja jälleenmyyntiarvo.
Terveyshyöty	Choi ym. (2019)	Yksikkökustannuksessa yhdistetty terveyshyöty ja pidentyneen elinajan kustannus. Terveyshyödyssä huomioitu yksilön hyödyt parantuneesta terveydentilasta sekä yhteiskunnan kustannussäästöt terveydenhuollon sekä sairaspöissaolosten vähentymisestä. Pidentyneen elinajan kustannuksessa huomioitu yksilön hyödyt elinajanodotteen pidentymisestä sekä yhteiskunnan lisääntyneet kustannukset pidentyneen elinajanodotteen vaikutuksesta eläkemaksuihin.
Onnettomuuskustannus	Tampereen kaupunki (2017f)	Onnettomuuksien lukumäärät liikkumismuodoittain.
	Haverinen (2014)	Kevyen liikenteen onnettomuudet jakautuvat 60 % pyöräilijöille ja 40 % kävelijöille.

	Helsingin kaupunki (2014) [Ristikartano & Tervonen 2010]	Liikenneviraston ohjeistuksen mukaiset arvot: 2,04 miljoonaa euroa kuolemasta, 0,256 miljoonaa euroa ei kuolemaan johtaneesta vammasta ja 0,0206 yksittäisonnettomuudesta (vuoden 2012 hintatasossa).
Aikakustannus	Helsingin kaupunki (2014) [Ristikartano & Tervonen 2010]	Kävely: keskimääräinen kävelynopeus 5,4 km/h, ja 75 % matkoista työmatkaa ja 25 % muita matkoja. Pyöräily: keskimääräinen ajonopeus 16 km/h, ja 75 % matkoista työmatkaa ja 25 % muita matkoja. Autoilu: keskimääräinen ajonopeus 50 km/h, ja 75 % matkoista työmatkaa ja 25 % muita matkoja.
Melukustannus	Helsingin kaupunki (2014) [Maibach ym. 2008].	

Taulukko iii. Tätä tutkielmaa varten kirjallisuudesta itse määrittämäni yksikkökustannukset

Kustannus	Lähde	Oletus
Ilmastonmuutuskustannus	Doll ym. (2011)	Perustuu hiilidioksidin yhteiskunnalliseen hintaan 157 €/CO ₂ -ekvivalenttitonni (Brander ym. 2009:1400). CO ₂ -ekvivalenttiin sisällytetty CO ₂ , CH ₄ ja N ₂ O. Tässä tutkielmassa on hyödynnetty vakavamman skenaarion mukaista arvoa bensiinillä ja dieselillä kulkevista henkilöautoista. Näistä kahdesta laskettu keskiarvo.
Ilmansaastekustannus	Choi ym. (2019)	Yksikkökustannuksessa on otettu huomioon seuraavat yhdisteet: CO, NO _x , PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO _x , O ₃ ja VOC. Yksikkökustannuksessa on huomioitu ilmansaasteiden aiheuttamat negatiiviset terveysvaikutukset, joihin lukeutuvat sairauksien hoitokulut, vähentyneen työkyvyn päivät ja menetetyt työpäivät. Yksikkökustannuksessa on lisäksi huomioitu muita ilmansaasteiden aiheuttamia vahinkoja, kuten luonnon ja rakennetun ympäristön vioittuminen.

LIITE 2. Liikkumismuotojen suoritteet

Suoritteet perustuvat Henkilöliikennetutkimuksen Tampereen kaupunkijulkaisuun vuodelta 2016 (Liikenne- ja viestintävirasto 2018e). Alkuperäisistä suoritteista on johdettu Tampereen kaupungin sisäisissä laskelmissa suoritteet tuleville vuosille. Ne pohjautuvat kulkutapajakauma- ja hiilineutraaliustavoitteen pohjalta tehtyyn arvioon.

Taulukko iv. Autoilun suoritteet nykytilassa ja tavoitetilassa vuosille 2020–2030

Autoilun suoritteet	2020	2021	2022	2023	2024	
Matkustussuorite (km/v), BAU	1 995 820 000	2 020 640 000	2 045 460 000	2 070 645 000	2 095 465 000	
Matkustussuorite (km/v), tavoite	1 904 935 000	1 907 125 000	1 874 640 000	1 841 790 000	1 809 305 000	
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Matkustussuorite (km/v), BAU	2 120 285 000	2 145 105 000	2 170 290 000	2 195 110 000	2 219 930 000	2 244 750 000
Matkustussuorite (km/v), tavoite	1 776 820 000	1 743 970 000	1 711 485 000	1 679 000 000	1 646 150 000	1 613 665 000

Taulukko v. Pyöräilyn suoritteet nykytilassa ja tavoitetilassa vuosina 2020–2030

Pyöräilyn suoritteet	2020	2021	2022	2023	2024	
Matkustussuorite (km/v), BAU	67 160 000	68 255 000	68 985 000	69 715 000	70 445 000	
Matkustussuorite (km/v), tavoite	75 190 000	77 745 000	82 490 000	86 870 000	91 250 000	
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Matkustussuorite (km/v), BAU	71 540 000	72 270 000	73 000 000	74 095 000	74 825 000	75 555 000
Matkustussuorite (km/v), tavoite	95 630 000	100 010 000	104 390 000	109 135 000	113 515 000	117 895 000

Taulukko vi. Kävelyn suoritteet nykytilassa ja tavoitetilassa vuosina 2020–2030

Kävelyn suoritteet	2020	2021	2022	2023	2024	
Matkustussuorite (km/v), BAU	102 565 000	103 660 000	105 120 000	106 215 000	107 675 000	
Matkustussuorite (km/v), tavoite	96 725 000	96 725 000	99 645 000	102 565 000	105 120 000	
	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Matkustussuorite (km/v), BAU	108 770 000	110 230 000	111 325 000	112 785 000	113 880 000	115 340 000
Matkustussuorite (km/v), tavoite	108 040 000	110 960 000	113 880 000	116 435 000	119 355 000	122 275 000