

Nordia
Tiedonantoja

Numero 2/2010

GIS-menetelmiä kaupan suuryksiköiden saavutettavuuteen liittyvien hiilidioksidipäästöjen arviointiin

“Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus
ja liikennepäästöt Oulun seudulla (CO₂)”
-hankkeen loppuraportti

Heidi Määttä-Juntunen & Jarmo Rusanen

Nordia Tiedonantoja

Pohjois-Suomen maantieteellisen seuran
ja
Oulun yliopiston maantieteen laitoksen
julkaisuja

Osoite: Maantieteen laitos
PL 3000
90014 OULUN YLIOPISTO

Toimittajat: Teijo Klemetilä & Juho Luukkonen

Nordia Tiedonantoja
ISBN 978-951-42-9340-5
ISSN 1238-2078

KIRJAPAINO
Multiprint Oy 2010

Sisällys

Esipuhe	5
Johdanto	7
Asiointikäyttäytyminen Oulun seudulla	10
Aineistot	10
Kaupan suuryksiköiden sijainti	10
Yhdyskuntarakenteen seurantarjestelmä (YKR)	11
Digiroad-tieverkosto	14
Kolme mallia hiilidioksidipäästöjen arviointiin	15
Perusmenetelmä ostosmatkojen määrittämiseen	16
Kauppakeskukset: ”Kaikki käy kaikissa” -malli (KK-malli)	17
Päivittäistavarakaupan suuryksiköt	23
Todennäköisyysmalli (TN-malli)	23
Päästötavoitettavuusmalli (PT-malli)	28
Työmatkat	33
Työmatkojen suunnan ja volyymin havainnollistaminen	33
Perusmenetelmän soveltaminen	36
Nykyisten yksiköiden sijainti hyvä – tilaa uudelle?	40
Lähteet	41

Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013

 Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

 OULU

POHJOIS-POHJANMAAN LIITTO
Council of Oulu Region



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU



Esipuhe

Tässä raportissa kuvataan ”Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus ja liikennepäästöt Oulun seudulla (CO₂)” -hankkeen tulokset. Hankkeessa arvioitiin Oulun seudun kaupan suuryksiköiden sijoittumista hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta. Hankkeessa kehitettiin hiilidioksidipäästöjen arviointia varten kolme mallia ja niillä määritettiin suuryksiköille ostosmatkoista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt. Tulosten perusteella vertailtiin kaupan suuryksiköiden sijaintien ilmastoystävällisyyttä. Lisäksi tuotettiin niin sanottu hiilidioksidipinta, joka havainnollistaa kaupan suuryksiköiden optimisijainnin CO₂-päästöjen kannalta. Lisäksi tarkasteltiin työmatkoilta tehtävien ostosmatkojen tuottamia päästöjä.

Hanketta rahoittivat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), Oulun kaupunki ja Pohjois-Pohjanmaan liitto. Kiitämme ohjausryhmän jäseniä Heikki Aronpäättä, Antti Huttusta ja Juhani Kaakista Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta, Ismo Karhua ja Rauno Malista Pohjois-Pohjanmaan liitosta, Paula Korkalaa ja Sini Piipposta Oulun kaupungilta, Anne Leskistä Oulun seudulta, Esa Pellikaista Oulun kauppakamarilta ja Marketta Karhua Oulun seudun ympäristötoimesta hyvästä yhteistyöstä. Kiitämme myös Harri Antikaista ja Ossi Kotavaaraa sekä muita Oulun yliopiston maantieteen laitoksen GIS-ryhmän jäseniä.

Toivomme loppuraportin täyttävän rahoittajan työlle asettamat vaatimukset.

Oulussa, 17. marraskuuta 2010

Heidi Määttä-Juntunen ja Jarmo Rusanen

GIS-menetelmiä kaupan suuryksiköiden saavutettavuuteen liittyvien hiilidioksidipäästöjen arviointiin

”Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus ja liikennepäästöt Oulun seudulla (CO₂)” -hankkeen loppuraportti

Heidi Määttä-Juntunen & Jarmo Rusanen
Oulun yliopisto, Maantieteen laitos

Tiivistelmä: Arkipäivisin tapahtuva liikenne on merkittävä hiilidioksidipäästöjen lähde Suomessa. Henkilöautolla tehtävät ostos- ja työmatkat tuottavat suurimman osan Oulun seudulla asuvien liikennesuoritteesta. Palveluiden sijainnin optimoinnilla voidaan pyrkiä vähentämään henkilöautoliikenteen tuottamia päästöjä. Tässä raportissa kuvataan kolme paikkatietojärjestelmiä (GIS) hyödyntävää menetelmää, joilla voidaan arvioida ja vertailla eri kaupan sijaintivaihtoehtojen tuottamien ostosmatkojen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Aineistoina on käytetty väestöä kuvaavia ruutuaineistoja sekä todellista tieverkostoa. Esimerkkialueena on käytetty Oulun seutua. Tarkastelun mukaan nykyiset Oulun seudun kaupan suuryksiköt on sijoitettu saavutettavuuteen liittyviin hiilidioksidipäästöihin nähden verrattain optimaalisesti tarkasteltaessa koko Oulun seutua. Yksiköiden välillä on kuitenkin merkittäviä eroja. Kaupan suuryksikön sijaitseminen ydinkeskustan reunamalla tuottaa vähiten hiilidioksidipäästöjä, jopa vähemmän kuin sijainti keskustan ytimessä. Uuden kaupan suuryksikön rakentaminen voisi jopa vähentää ostosmatkojen tuottamia hiilidioksidipäästöjä. Hankkeessa kehitetyillä malleilla voidaan tuottaa konkreettisia tunnuslukuja, joita voidaan käyttää päätöksenteon tukena.

Johdanto

Ympäristöministeriön vuonna 2008 tekemän selvityksen mukaan eri puolilla Suomea oli vireillä lähes 200 seudullisesti merkittävää kaupan hanketta, jotka sisältävät yhteensä yli viisi miljoonaa kerrosneliometriä uutta liiketilaa (Yrjölä 2009). Kerrosalan määrä on noin kolmannes nykyisestä vähittäiskaupan kerrosalasta. Oulun seudulla näitä hankkeita oli suunnitteilla 13 sisältäen uutta kerrosalaa 500 000 kerrosneliometriä. Nykyinen kaupan kerrosala on puolet suunnitellusta.

Suurimpia selvityksessä mainittuja hankkeita Oulun seudulla olivat Kempeleen Zateelliitti, Kuumingin Ideapark ja Oulun Ritaportti.

Henkilöautolla tehtävät ostosmatkat ovat merkittävä hiilidioksidipäästölähde Suomessa. Liikenne kokonaisuudessaan tuottaa noin 23 % Suomen hiilidioksidipäästöistä. Liikenne on sähkön ja lämmön tuotannon jälkeen merkittävin hiilidioksidipäästölähde, ja liikennemäärien kasvaessa myös sen tuottamat päästömäärät ovat kasvaneet (Tilastokeskus 2010). Oulun seudulla energiantuotannon osuus on 76 % johtuen

teollisuudesta ja turpeen suuresta osuudesta energianlähteenä. Liikenne tuottaa kuitenkin Oulun seudulla 19 % hiilidioksidipäästöistä, ja mikäli Oulu poistetaan tarkastelusta, on liikenteen osuus jopa 53 % (Karhu 2009). Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen (HLT 2006) mukaan etenkin työ- ja ostosmatkoilla henkilöauton käyttö on hyvin yleistä. Työmatkoista 79 % tehdään henkilöautolla ja ostos- ja asiointimatkoista jopa 86 %.

Yhdyskuntarakenteen eheyttämisen ja sen myötä palveluiden saavutettavuuden parantamisen nähdään olevan merkittävä keino päästöjen vähentämiseksi vähäpäästöisten polttoaineiden käyttöönnoton ja muun teknisen kehityksen rinnalla (Valtioneuvosto 2008). Maaliskuussa 2009 voimaan tulleiden tarkistettujen valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden (Ympäristöministeriö 2008) mukaan alueidenkäytössä on tähdittävä aikaisempaa enemmän ilmastomuutoksen hillintään ja varautumiseen. Palveluiden ja työpaikkojen sijainnin on nähty vaikuttavan liikenteen aiheuttamiin päästöihin. Myös seututasolla on havahduttu ilmastomuutoksen hillinnan ja muutokseen sopeutumisen tarpeisiin. Oulun seudun ilmastostrategia hyväksyttiin toukokuussa 2009. Strategian mukaan kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää muun muassa yhdyskuntarakennetta tiivistämällä, vähentämällä liikkumistarvetta ja parantamalla keskusta-alueiden saavutettavuutta (Karhu 2009).

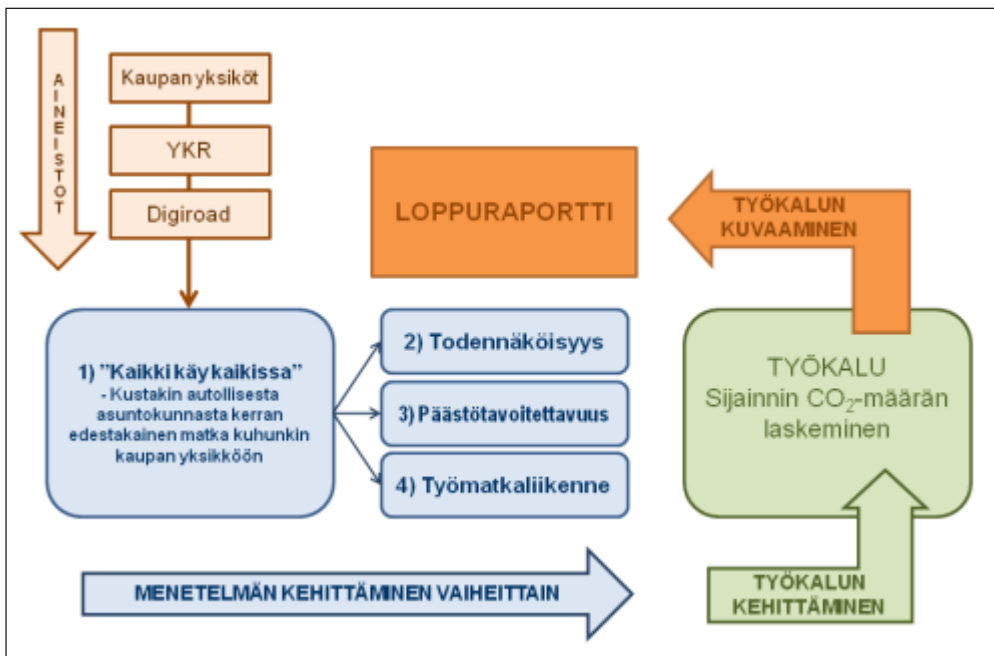
Paikkatietomenetelmät tarjoavat keinoon tarkastella kaupan yksiköiden sijaintia yhdyskunta- ja aluerakenteessa laskennallisesti muun muassa erilaisiin, lähes reaaliaikaisiin, väestöä, autojen omistusta, työpaikkoja ja liikenneverkostojä kos-

keviin aineistoihin pohjautuen. Kaupan suuryksiköiden saavutettavuutta ja siihen liittyviä hiilidioksidipäästöjä on tarkasteltu ”Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus ja liikennepäästöt Oulun seudulla (CO₂)” -hankkeessa. Hanketta ovat rahoittaneet Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), Oulun kaupunki ja Pohjois-Pohjanmaan liitto, ja se on toteutettu 1.11.2008–31.12.2010. Hankkeen tavoitteena on ollut tarkastella kaupan suuryksiköiden saavutettavuutta Oulun seudulla ja tuottaa konkreettisia lukuja suuryksiköihin kohdistuvien ostosmatkojen tuottamien hiilidioksidipäästöjen arviointiin ja kaupan sijaintien väliseen vertailuun. Hankkeessa on käytetty ArcGIS -paikkatieto-ohjelmistoa ja sovellettu valmiita, ohjelmistosta löytyviä työkaluja. Aineistoina on käytetty Digiroad-tieverkostoa, kaupan suuryksiköiden sijaintia sekä Yhdyskuntarakenteen seurantarjestelmän (YKR) ruutuaineistoa, jonka tarkkuus on 250 metriä.

CO₂ -hanke on toteutettu vaiheittain. Vaiheet on esitetty kuvassa 1. Hankkeen tulokset esitetään tässä raportissa vastaavassa järjestyksessä. Hanke aloitettiin kokoamalla saatavilla olevat aineistot. Aineistot asettavat tiettyjä rajoitteita, mutta toisaalta myös mahdollistavat esimerkiksi monipuolisten työkalujen käytön. Käytetyt aineistot on kuvattu tämän raportin sivulla 10. Suuryksiköiden hiilidioksidipäästöjen määrittämisen lähtökohtana käytettiin yksinkertaistettua periaatetta, jonka mukaan kustakin Oulun seudun autollisesta asutokunnasta tehdään yksi edestakainen matka kuhunkin seudun suuryksikköön (vaihe 1). Tämä perusmenetelmä, joka sopii suurten ja erityisen vetovoimaisten suuryksiköiden kuten kaupakeskusten tarkasteluun, on tuloksineen

kuvattu sivulta 16 alkaen. Menetelmää on syvennetty vaiheittain ottamalla huomioon asiointitodennäköisyyden vähentyminen etäisyyden kasvaessa (vaiheet 2 ja 3). Näin menetelmä on saatu soveltumaan myös kauppakeskuksia pienempien ja vähemmän vetovoimaisten suuryksiköiden kuten päivittäistavarakaupan suuryksiköiden tarkasteluun. Vaiheiden 2 ja 3 periaatteet ja tulokset on kuvattu raportin sivulta 23 alkaen. Myös työmatkojen tarkastelulla (vaihe 4) on haluttu monipuolistaa vaiheessa 1 kehitettyä lähestymistapaa. Keinoja työmatkojen tarkasteluun on kuvattu raportin sivulta 33 alkaen.

Tämä raportti toimii työkaluna ostosmatkojen hiilidioksidipäästöjen arviointiin. Raportissa kuvataan CO₂-hankkeessa käytetyt aineistot ja menetelmät siinä tarkkuudessa, jotta työvaiheiden toistaminen olisi mahdollista. Raporttia voidaan hyödyntää esimerkiksi muilla kaupunkiseuduilla vastaavien tunnuslukujen laskemiseen. Lisäksi raportissa kuvataan Oulun seudun kaupan suuryksiköille lasketut hiilidioksidipäästöarvot ja kartoitin havainnollistetaan kauppojen sijaintien ilmastoystävällisyyttä. Raportissa pohditaan kaupan optimaalista sijaintia Oulun seudulla. Raportin oletetaan antavan keskeiset tiedot myös muille asiasta kiinnostuneille.



Kuva 1. CO₂-hanke on edennyt vaiheittain. Hiilidioksidipäästöjen määrittämisen lähtökohtana on pidetty ajatusta, jonka mukaan kustakin autollisesta asutokunnasta tehdään edestakainen matka kuhunkin suuryksikköön. Periaatetta on syvennetty ottamalla huomioon mm. asiointitodennäköisyys.

Asiointikäyttäytyminen Oulun seudulla

Oulun seutu on Pohjois-Pohjanmaalla sijaitseva alueyhteistyöorganisaatio. Seutuun kuuluu kymmenen kuntaa: Hailuoto, Haukipudas, Kempele, Kiiminki, Liminka, Lumijoki, Muhos, Oulu, Oulunsalo ja Tyrnävä. Ylikiimingin kunta liitettiin Oulun kaupunkiin 1.1.2009. Oulun seudun sijainti ja siihen kuuluvat kunnat on esitetty kuvassa 2 kaupan suuryksiköiden esittelyn yhteydessä. Oulun seudulla asuu noin 214 000 asukasta.

Oulun seudulla tehtiin vuonna 2009 liikennetutkimus, jossa selvitettiin muun muassa Oulun seudulla asuvien liikkumiskäyttäytymistä, liikenteen suuntautumista sekä liikennemääriä. Tutkimuksen mukaan ostos- ja työmatkat muodostavat arkisin suuren osan seudun asukkaiden tekemistä matkoista (Kalenoja 2010). Arkisin tehtäviä matkoista ostos- ja työmatkoja on noin viidennes niiden muodostaessa yhteensä lähes puolet seudun matkoista. Oulun seudulla asuvien tekemistä matkoista suurin osa on oman kunnan sisällä tehtäviä matkoja ja vain noin 2,5 % seudun asukkaiden matkoista suuntautuu seudun ulkopuolelle.

Tutkimuksen mukaan Oulun seudulla henkilöauto on käytetyin kulkutapa (Kalenoja 2010). Erityisesti työmatkat ja suurimpiin kaupan yksiköihin kohdistuvat melko lyhyetkin matkat tehdään henkilöautolla. Työmatkoilla henkilöauton käytön osuus on noin 70 % ja ostosmatkoilla 64 %. Henkilöautolla tehdään hypermarketeihin suuntautuvista matkoista 82 %, supermarketeihin 59 % ja kauppakeskuksiin 77 %. Hypermarketeihin tehtävistä alle yhden kilometrin pituisista matkoista 27 % tehdään

kävellen, noin kolmannes polkupyörällä ja 43 % henkilöautolla. Yhdestä kahteen kilometrin mittaisilla matkoilla henkilöauton käytön osuus on jo 73 %.

Liikennetutkimus on kokonaisuudessaan saatavilla Oulun seudun internet-sivuilta (http://www.ouka.fi/seutu/oulun_seudun_liikennetutkimus_2009.htm).

Aineistot

Kaupan suuryksiköiden ostosmatkoista aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen määrittämiseksi tarvitaan kolmenlaisia aineistoja: kaupan suuryksiköiden sijainti, autollisten asuntokuntien lukumäärä 250 x 250 metrin ruuduissa ja tieverkosto. Perusajatuksena on määrittää ajoreitit todellista tieverkostoa pitkin autollisista asutokunnista kaupan suuryksiköihin ja laskea reiteiltä kertyvä hiilidioksidimäärä. Perusperiaate on kuvattu tarkemmin sivulla 16.

Kaupan suuryksiköiden sijainti

Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 114 §) mukaan vähittäiskaupan suuryksiköllä tarkoitetaan yli 2000 kerrosneliömetrin suuruista vähittäiskaupan myymälää. Suuryksiköitä eivät kuitenkaan ole paljon tilaa vaativat erikoistavaran myymälät kuten autokaupat tai huonekaluliikkeet. Maankäyttö- ja rakennuslakiin 1.9.2004 voimaan tulleen muutoksen (MRL 58.4 §) mukaan vaikutuksiltaan vähittäiskaupan suuryksikköön verrattavissa olevaan vähittäiskaupan myymäläkeskitymään sovelletaan myös vähittäiskaupan suuryksikköä koskevia maankäyttö- ja ra-

kennuslain säännöksiä. Maakunnallisesti ja seudullisesti merkittävien suuryksiköiden sijaintia ohjataan maakuntakaavalla. Muiden suuryksiköiden sijaintia ohjataan yleis- ja asemakaavoilla.

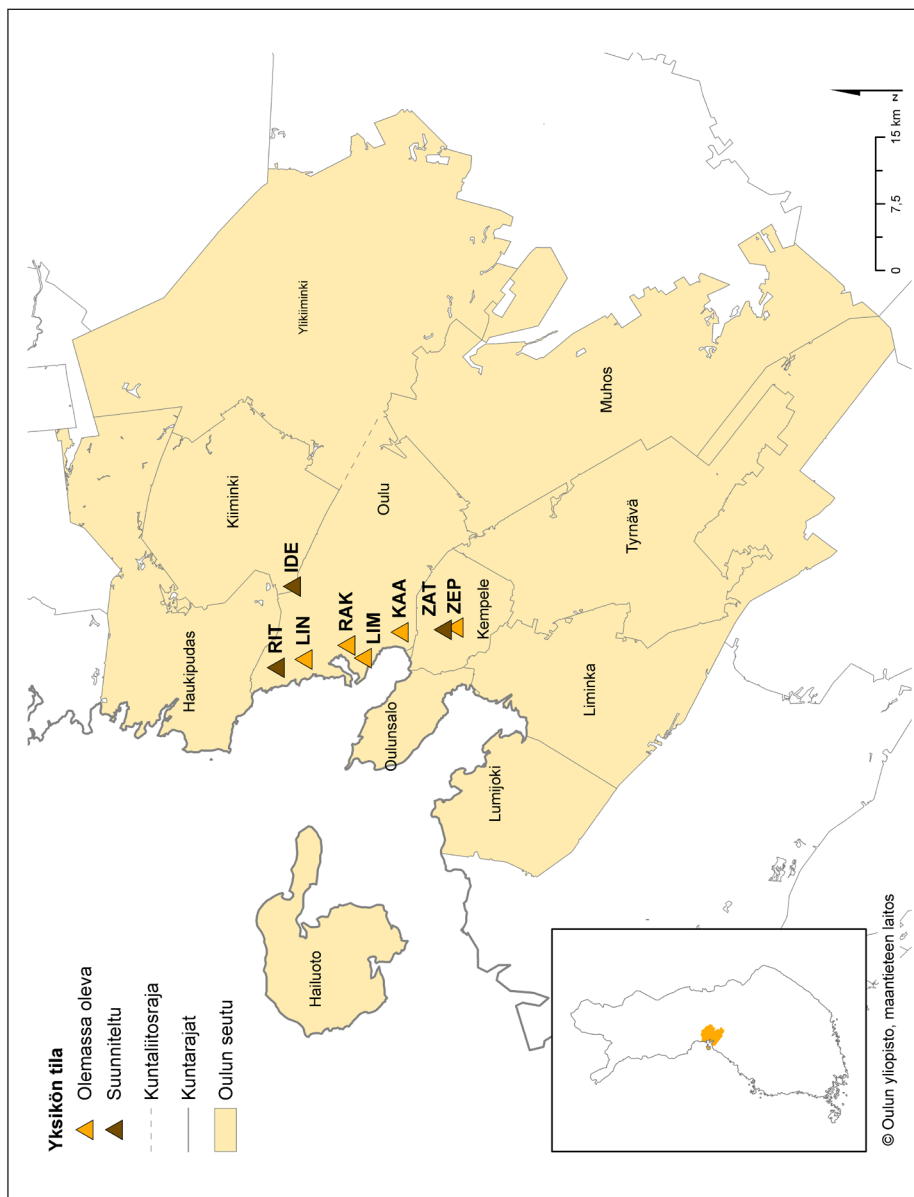
Oulun seudun kaupan suuryksiköiden CO₂-päästöjen arviointia varten seudun suuryksiköistä valittiin sellaiset, joiden arvioitiin olevan vaikutuksiltaan seudullisesti merkittäviä. Tarkasteluun otettiin kaupan sijainneista Kaakkuri, Linnanmaa, Limingantulli, Raksila ja Zeppelin. Jo olemassa olevien yksiköiden lisäksi valittiin mukaan suunniteltujen kauppakeskusten sijainnit. Näitä ovat Ideapark, Ritaportti ja Zatelliitti. Näin analyysiin saatiin mukaan sekä aivan ydinkeskustan läheisyydessä olevia suuryksiköitä (Raksila, Limingantulli) että kaupunkialueen ulkopuolella sijaitsevia yksiköitä (esim. Ideapark, Ritaportti) (kuva 2). Analyysijä varten yksiköiden sijainti määritettiin Oulun seudun yleiskaavasta 2020 (Oulun seutu 2006) ja sijainneista muodostettiin pisteaineisto.

Tarkastelussa oli mukana pelkästään yksikön sijainti eikä siinä huomioitu esimerkiksi yksikön kokoa, jotta analyysit saatiin pidettyä yksinkertaisina ja tulokset olivat helposti hahmotettavissa. Näin ollen vertailtavat sijainnit voivat olla olemassa olevien tai suunniteltujen yksiköiden sijaan esimerkiksi potentiaalisia kaupan sijainteja ottamatta kantaa yksikön kokoon. Esimerkiksi sivulla 23 esitellään nk. todennäköisyysmalli, jossa CO₂-päästömääriä laskettiin olemassa olevien ja suunniteltujen yksiköiden lisäksi myös viidelle satunnaiselle sijainnille. Samoin yksikön optimaalista sijaintia etsittäessä (esim. kuvassa 6) hyödynnettiin analyysin mahdollisuutta tarkastella yksikön sijaintia missä tahansa Oulun seudulla.

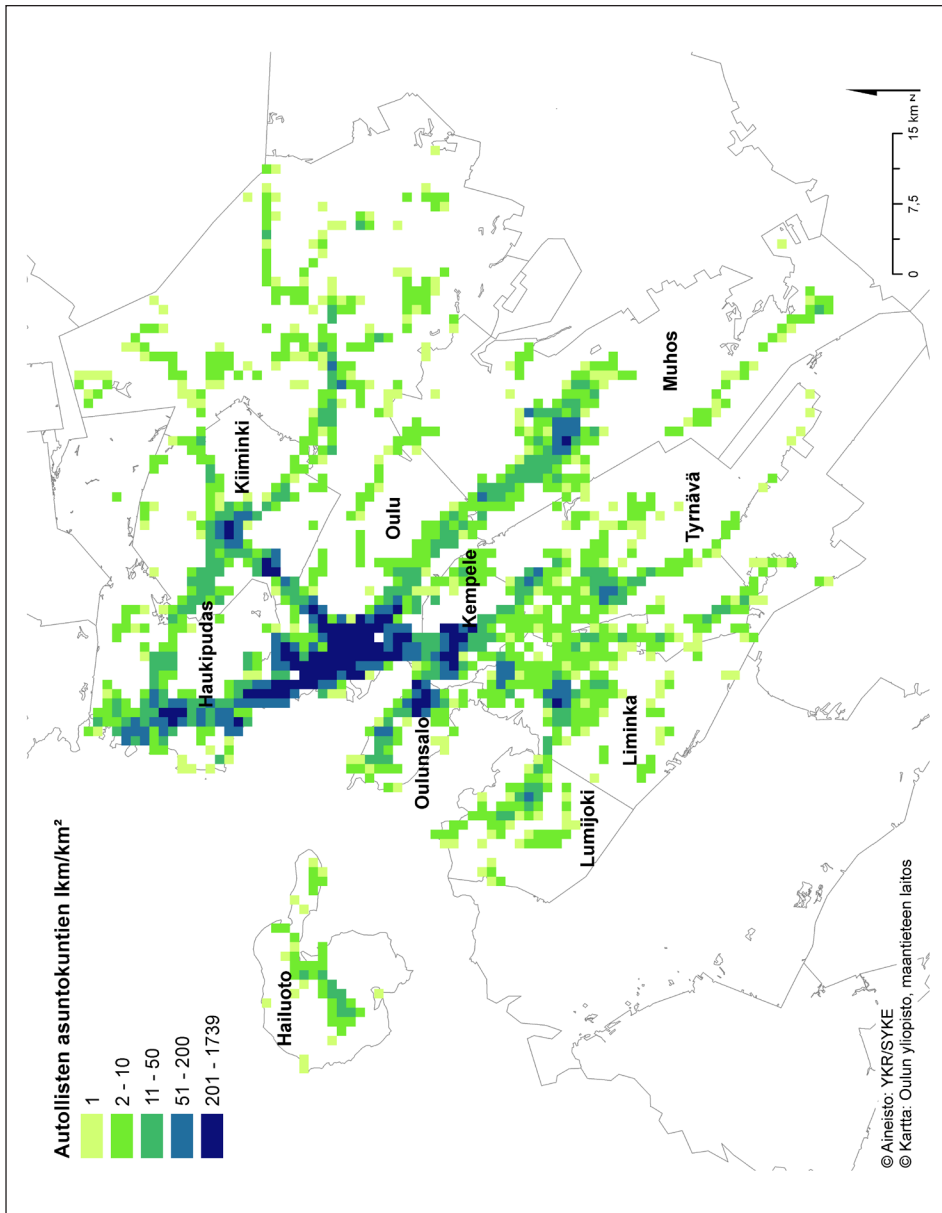
Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR)

Yhdyskuntarakenteen seurannan tietojärjestelmä (YKR) on Suomen ympäristökeskuksen yhteistyössä Tilastokeskuksen kanssa kokoama yhdyskuntarakenteen eri ominaisuuksia kuvaava paikkatietoaineisto. Järjestelmä sisältää tilastoruuduittain tietoja koko Suomesta vuodesta 1980 alkaen muun muassa väestöstä, työvoimasta ja työpaikoista (SYKE 2010).

Koska CO₂-hankkeen tarkoituksena oli määrittää ostosmatkoista syntyviä hiilidioksidimääriä, analyysiin valittiin vain sellaiset asutokunnat, joissa on yksi tai useampi auto. Autollisten asutokuntien lukumäärä saatiin Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmästä. Käytettävä aineisto on ruutuaineisto, jossa yhden ruudun koko on 250 x 250 metriä. Aineistossa on ruutukohtainen tieto sellaisten asutokuntien lukumäärästä, joissa autoja on yksi ja sellaisista, joissa autoja on kaksi tai enemmän. Analyysijä varten muuttujat yhdistettiin. Ruutuaineisto muutettiin pisteaineistoksi siten, että ruudun keskipistettä käytettiin edustamaan koko ruudun autollisten asutokuntien lukumäärää. Autollisten asutokuntien lukumäärä neliökilometrin ruuduissa on havainnollistettu kuvassa 3. Analyyseissä käytettiin kuitenkin tarkempaa ruutukokoa. Autolliset asutokunnat ovat väestön tapaan keskittyneet kuntakeskukseen sekä Oulun kaupungin alueelle, lukuun ottamatta Ylikiimingin kaupunginosaa. Aineisto kuvaa vuoden 2005 tilannetta eli siinä ei ole huomioitu Oulun seudulle sen jälkeen tulleita uusia asuinalueita ja niiden asutokantaa.



Kuva 2. Oulun seutu koostuu kymmenestä kunnasta. Tarkasteltavat kaupan suuryksiköt sijaitsevat Kempeleessä, Kiimingissä ja Oulussa.



Kuva 3. Autollisten asutokuntien lukumäärä 1 x 1 kilometrin ruuduissa.

Työmatkojen tarkastelua varten hyödynnettiin YKR-aineiston ruutukohtaisia tietoja asuin- ja työpaikkojen sijainneista. Aineistosta saatiin tieto 250 metrin tarkkuudella tietyssä ruudussa asuvien ja sieltä samassa tai jossakin toisessa ruudussa työssäkäyvien lukumäärä. Myös työmatka-aineisto muutettiin pisteaineistoksi siten, että ruudun keskipiste edustaa koko ruudun työssäkäyvien lukumäärää. Työmatka-aineiston tiedot ovat vuodelta 2005.

Digiroad-tieverkosto

Kauppan suuryksiköille laskettavat hiilidioksidipäästöluvut perustuvat henkilöautolla tehtäviin ostosmatkoihin, joten analyyseissä on hyödynnetty todellista tieverkostoa. Näin päästöarvioista saadaan todenmukaisemmat kuin linnuntie-etäisyyksiin perustuvassa laskennassa. Digiroad on tie- ja katutietojärjestelmä, johon on koottu koko Suomen tieverkoston tarkat sijainnit ja tärkeimmät ominaisuustiedot kuten tien leveys, kääntymis- ja ajokiellot sekä nopeusrajoitus (Liikennevirasto 2010). Digiroadia ylläpitävät Maanmittauslaitos, Liikennevirasto sekä kunnat.

Tiet tyypiteltiin kahteen luokkaan sekä nopeusrajoitusten että hiilidioksidiarvojen lisäämistä varten. Digiroad sisältää tiedon väylätyypistä, joka on joko maantie, katu tai yksityistie. Kevyen liikenteen väylät ja rautatiet jätettiin analyysin ulkopuolelle. Hailuodon mantereeseen yhdistämistä varten tarvittiin aineistosta myös lautta-reitti. Rakennettavaan maantie-luokkaan kuuluvaksi luokiteltiin tiet, jotka olivat jo Digiroadin alkuperäisessä luokituksessa maanteitä sekä lisäksi ne yksityistiet, jotka si-

jaitsivat taajama-alueen ulkopuolella. Katuluokkaan kuuluvaksi lisättiin alkuperäiseen katu-luokitukseen kuuluvien teiden lisäksi taajama-alueella olevat yksityistiet.

Huolimatta lukuisista muuttujista, joita Digiroad sisältää, aineistossa ei ole valmiiksi tietoa teiden tuottamista hiilidioksidipäästöistä. Hiilidioksidipäästöjen määrittämistä varten tieverkostoon lisättiin CO₂-muuttuja, joka sisältää kunkin tieverkoston osuuden eli segmentin päästöarvon sen pituuden perusteella. Tiet on jaettu karkeasti kahteen osaan: hiilidioksidiarvo on maanteillä 170 g/km ja katuajossa 197 g/km. Päästöarvot perustuvat VTT:n (2009) laskelmiin. Erottelemalla tiettyypit kahteen luokkaan saadaan huomioitua erilaiset ajo-olosuhteet. Katuajossa päästöarvo on suurempi, koska kaupunkialueilla ajolle on tyypillistä pysähdykset ja kiihdytykset, jotka lisäävät päästöjen muodostumista. Kullekin tiesegmentille laskettiin päästöarvo kertomalla tiesegmentin pituus sen luokan päästöarvolla, mihin segmentti kuuluu. Esimerkiksi segmentin kuuluessa maantie-luokkaan, sen päästöarvo on ”segmentin pituus metreinä x 0,170 g/m”. Hailuoto on erikoistapaus, koska se on yhteydessä mantereeseen vain autolautalla tai talvisin jäätietä pitkin. Hailuodon mantereeseen yhdistävän segmentin pituus on alle 7 km pitkä ja analyyseissä se sai saman arvon kuin maantiet.

Analyyseissä tehdyt ostosreitit määritettiin nopeinta reittiä pitkin, minkä vuoksi Digiroad-aineistoon lisättiin jokaiselle tienpätkälle sen ajamiseen kuluva aika. Suurimmalle osaa segmenteistä aineistossa oli jo valmiiksi tien nopeusrajoitus, jonka perusteella matka-aika oli helppo laskea. Lopuille segmenteistä nopeusrajoitus määritettiin tiettyypin perusteella. VTT:n (2009)

Taulukko 1. Risteyksiin liitetyt aikasakot.

Käännös	Kulma	Aikasakko (s)
Oikealle	≥ 30 ja ≤ 150	12
Vasemmalle	≥ 210 ja ≤ 330	24
Suoraan	> 330 ja < 30	6
U-käännös	> 150 ja < 210	30 *

* Perustuu omaan arvioon. Theriault'n (1999) ja Spurr'n (2005) tutkimuksissa U-käännökset oli kielletty.

suorittamien laskelmien mukaan keskimääräinen ajonopeus maanteillä on 92,8 km/h ja katuajossa 30 km/h. Jotta analyysistä saataisiin vielä todenmukaisempi, reittien määrittämisessä huomioitiin risteyksissä hiljentämisen tai pysähtymisen aiheuttama aikaviive. Viiveet perustuvat Theriault'n ym. (1999) ja Spurrin (2005) tutkimuksiin ja ne on esitelty taulukossa 1. Peruseriaate on, että vasemmalle kääntyminen vie enemmän aikaa kuin oikealle kääntyminen.

Digiroad-aineisto sisälsi muutamia virheitä, joiden vuoksi kaikkien ajoreittien lähtö- tai päätepisteet eivät liittyneet tieverkostoon. Verkostoa korjattiin muutamien tiesegmenttien osalta niin, että kaikki autollisia asuntokuntia sisältävät ruudut saatiin mukaan analyysiin. Hiilidioksidipintoja tuotettaessa ja työmatkojen hiilidioksidipäästöjä analysoitaessa käytettiin korjattua aineistoa. Aineisto sisälsi yhä virheitä, mutta virheiden katsottiin olevan tulosten tulkinnan kannalta merkityksettömiä. Kytkeytymättömät ruudut näkyvät CO₂-pinnassa valkoisina ruutuina eli niissä ei ole tietoa ruudun hiilidioksidipäästöarvosta.

Kolme mallia hiilidioksidipäästöjen arviointiin

Tässä kappaleessa esitellään perusmenetelmä, jolla voidaan tuottaa autollisista asuntokunnista kaupan suuryksiköihin tehtävät matkat sekä laskea niiden hiilidioksidipäästöt. Lisäksi käydään läpi kolme lähestymistapaa, joilla voidaan arvioida kaupan suuryksiköihin kohdistuvien ostosmatkojen tuottamia hiilidioksidipäästöjä. Näistä työkaluista nk. ”kaikki käy kaikissa”-malli soveltuu sellaisten kaupan suuryksiköiden CO₂-päästöjen arviointiin, jotka ovat seudullisesti merkittäviä ja joiden oletetaan houkuttelevan asiakkaita jopa laajemmalla alueella kuin Oulun seutu, kuten suuret kauppakeskukset. Toiset kaksi työkalua, todennäköisyysmalli ja päästötavoitettavuusmalli, soveltuvat paremmin pienempien yksiköiden, kuten päivittäistavarakauppojen suuryksiköiden, päästöjen arviointiin, joskin niillä voidaan arvioida myös esimerkiksi kauppakeskusten sijaintia. Nämä työkalut huomioivat etäisyyden vaikutuksen asioimistodennäköisyyteen. Oheisissa esimerkeissä kaupan sijainteja ei ole eroteltu kauppatyyppien mukaisesti,

vaan kaikille tarkasteluun valituille suuryksiköille lasketaan CO₂-päästöarvot kaikilla kolmella työkalulla.

Mallien käyttö vaatii seuraavat aineistot: kaupan yksiköiden sijainnin, autollisten asutokuntien lukumäärän ja tieverkoston. Oheisissa esimerkeissä on käytetty ArcGIS-paikkatieto-ohjelmistoa. Kaikki kolme mallia hyödyntävät perusmenetelmällä tuotettuja reittejä.

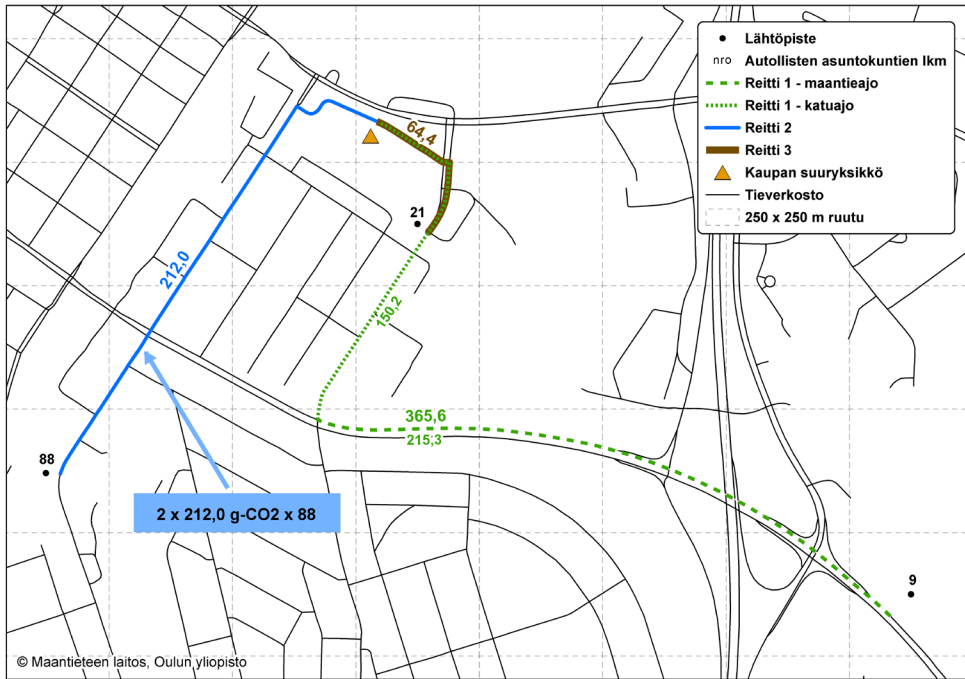
Perusmenetelmä ostosmatkojen määrittämiseen

Hiilidioksidipäästöjen määrittämiseen käytettiin ESRI:n tuottamaa ArcGIS 9.3-ohjelmistoa ja erityisesti Network Analyst -lisäosaa, joka mahdollistaa verkostopohjaisten analyysien tekemisen. Päästöanalyysien kannalta merkittävimpiä lisäosan ominaisuuksia ovat niin sanotun impedanssin (impedance) eli vastuksen määrittäminen sekä muuttujien akkumulointi (accumulation) eli kerryttäminen. Analyyseissä on käytetty pääasiassa OD Cost Matrix -työkalua, joka mahdollistaa reittien määrittämisen useasta lähtöpisteestä (origin) moneen päätepisteeseen (destination) ja tuottaa taulukon kultakin reitiltä akkumuloitujen muuttujien arvoista. Työmatkojen päästöarvoja on määritetty Route-toiminnolla, jolla voidaan määrittää reittejä erillisistä lähtö- ja päätepisteistä tarvittaessa useamman välietapin kautta.

Lähtökohtana suuryksiköihin kohdistuvien ostosmatkojen hiilidioksidipäästöjen laskemiseen on määrittää matkat lähtöpisteistä päätepisteisiin. Lähtöpaikkoja ovat 250 x 250 metrin YKR-ruutujen

keskipisteet, jossa kussakin ruudussa on tieto autollisten asutokuntien lukumäärästä. Päätepisteitä ovat olemassa olevat ja suunnitellut suuryksiköt tai satunnaiset ja potentiaaliset sijainnit. Reitit lähtöpaikoista päätepisteisiin määritetään tieverkoston (Digiroad) nopeinta reittiä pitkin. Reitiltä kerrytetään CO₂-määrä sen mukaan, onko kyseessä maantie- tai katuajo. Jokaisesta autollisesta asutokunnasta tehtyjen matkojen CO₂-määrät summataan lopuksi kullekin yksikölle. Laskettuja CO₂-määriä voidaan painottaa, kuten todennäköisyysmallissa on tehty, tai ne voidaan summata yksikölle eri tavoin (vrt. ”kaikki käy kaikissa” -malli ja päästötavoitettavuusmalli).

Kuvassa 4 on havainnollistettu hiilidioksidimäärien laskemisen periaate. Kustakin 250 x 250 metrin autollisesta ruudusta määritetään matka tieverkoston nopeinta reittiä pitkin kaupan suuryksikköön. Reitille kerrytetään CO₂-summa. Kunkin tieverkoston segmentin tuottama CO₂-määrä määräytyy segmentin pituuden sekä tietyypin mukaan. Kuvassa on havainnollistettu reitiltä 1 maantie- ja katuajon CO₂-osuudet. Koko reitin pituus on 2029 metriä, josta maantieajon osuus 1266,7 metriä ja katuajon osuus 762,3 m. Siten maantieajosta hiilidioksidia kertyy 215,3 g (1266,7 m x 0,170 g/m) ja katuajosta 150,2 g CO₂:sta (762,3 m x 0,197 g/m). Koko matkan hiilidioksidipäästö on siis 365,6 g. Kuvassa 4 on esitetty myös reitin 2 kohdalle siltä kertyvä kokonais-CO₂-määrä. Yhdensuuntaisen reitin tuottama CO₂-määrä (212,0 g) on kerrottu lähtöruudun autollisten asutokuntien lukumäärällä (88 asutokuntaa). Jotta saataisiin edestakaisen matkan tuottama hiilidioksidipäästö määrä,



Kuva 4. Hiilidioksidimäärien laskemisen periaate. Esimerkinä reitit kolmesta YKR-ruudusta. Reitit lähtöpisteistä kohdepisteeseen määritetään tieverkoston nopeinta reittiä pitkin. Matkan CO₂-kertymä määräytyy tietyypin perusteella (maantieajo - katuajo). Kertyneet CO₂-määrät painotetaan autollisten asutokuntien määrällä ja summataan kullekin kaupan suuryksikölle.

reitit CO₂-summa on kerrottu kahdella. Menetelmällä voidaan määrittää myös paluumatka kaupan suuryksiköstä autollisiin asutokuntiin, joka saattaisi poiketa menomatka muun muassa moottoritiele liittymisen vuoksi, mutta laskutoimitusten määrän kaksinkertaistuminen lisäisi myös tietokoneen ajoaikaa.

Tällä perusmenetelmällä tuotettuja reittejä ja niiden hiilidioksidipäästöjä voidaan hyödyntää suoraan kaikissa kolmessa mallissa, jotka on kuvattu seuraavissa kappaleissa.

Kauppakeskukset: ”Kaikki käy kaikissa” -malli (KK-malli)

Seudullisesti merkittävien kaupan suuryksiköiden kuten kauppakeskusten ja kaupan keskittymien hiilidioksidipäästöjä arvioitaessa on käytetty oletusta, jonka mukaan kustakin Oulun seudun autollisesta asutokunnasta tehdään edestakainen matka kuhunkin kaupan suuryksikköön. Tarkastelussa ovat mukana jo olemassa olevat, seudullisesti merkittävät suuryksiköt sekä suunnitellut kauppakeskukset. Noudattaen sivulla 16 kuvattua menetelmää, kullekin kaupan suuryksikölle on määritetty reitit autollisista asutokunnista ja näille reiteille on laskettu hiilidioksidimäärä. Lopuksi CO₂-määrät

on summattu kauppakohtaisesti oheisen kaavan mukaisesti:

$$CO_2_j = \sum_i z * c_{ij} * W_i$$

missä c_{ij} on lähtöpisteen i ja päätepisteen j välinen CO_2 -määrä ja W_i on autollisten asutokuntien lukumäärä lähtöpisteessä i .

Mikäli mallissa halutaan huomioida jalan ja pyörällä tehdyt matkat, jotka eivät tuota hiilidioksidia polttoainenkulutuksen kautta, joukosta voidaan poistaa esimerkiksi alle 1000 metrin matkat ennen hiilidioksidikertymien yksikkökohtaista summaamista. Tässä tapauksessa matkojen poistaminen ei muuttanut CO_2 -summia merkittävästi, joten tuloksissa esitellään kaikkien matkojen tuottamat kauppakohtaiset hiilidioksidimäärät.

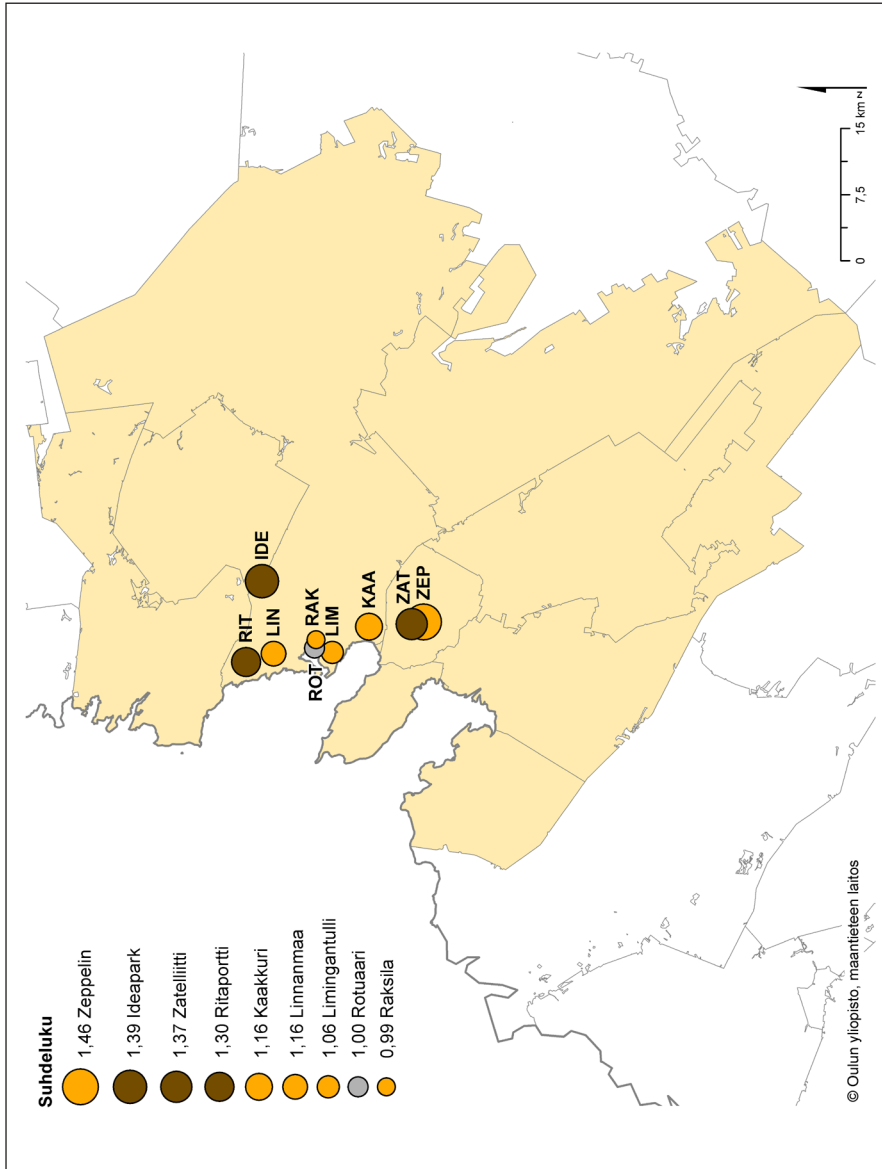
Kaupan suuryksiköille summatut hiilidioksidiarvot esitetään suhdelukuna vertailukohteeseen. Vertailukohteena on pidetty Oulun kaupungin keskustassa sijaitsevaa kävelykatua, Rotuaaria, jolle on laskettu oma päästöarvo vastaavalla tavalla kuin kaupan suuryksiköille. Muiden sijaintien päästöarvot suhteutetaan Rotuaarin CO_2 -määrään ja Rotuaari saa suhdeluvuksi 1.

”Kaikki käy kaikissa” -mallin mukaan sijainti Oulun kaupungin keskustan läheisyydessä näyttäisi olevan optimaalisin eli tuottaa vähiten ostosmatkoista aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Olemassa olevista ja suunnitelluista kaupan suuryksiköistä keskustan läheisyydessä sijaitseva Raksila saa pienimmän hiilidioksidiarvon, 288 tonnia, joka on jopa pienempi kuin vertailuarvo 290 tonnia hiilidioksidia (kuva 5, taulukko 2). Tällöin Raksilan suhdeluku on pienempi kuin 1. Yksiköt, jotka sijaitsevat kauempana

Rotuaaria saavat selvästi suuremmat suhdeluvut. Esimerkiksi noin kymmenen kilometrin päässä Oulun keskustasta sijaitsevien Linnanmaan ja Kaakkurin hiilidioksidiarvot ovat noin 15 % suurempia kuin Rotuaarin CO_2 -määrä. Kaupunkialueen ulkopuolella sijaitsevien yksiköiden hiilidioksidiarvot ovat kaikista suurimmat. Esimerkiksi Zepelinin CO_2 -määrä on 422 tonnia, mikä on lähes 50 % suurempi kuin Rotuaarin vertailuarvo.

Työkalun avulla on laskettu myös kaupan optimaalinen sijainti. Tätä varten Oulun seudulle on tuotettu ruudukko, jossa kunkin ruudun koko on 1 x 1 kilometriä. Ruudun keskipistettä pidetään potentiaalisena kaupan sijaintina. Perusmenetelmän mukaisesti yksiköille määritetään reitit autollisista asutokunnista ja reiteiltä kerrytetään CO_2 -määrä. Nyt yksikköinä toimivat varsinaisten suuryksiköiden sijaan potentiaaliset sijainnit. Päästöarvot summataan ruutukohtaisesti noudattaen samaa laskukaavaa kuin laskettaessa CO_2 -summia olemassa oleville ja suunnitelluille yksiköille. Analyysissä voitaisiin käyttää myös tarkempaa ruutuaineistoa, mutta karkeammalla ruutuajaolla saadaan vähennettyä tietokoneen käyttämää ajoaikaa tuloksen pysyessä kuitenkin riittävän tarkkana. Tulokset ilmoitetaan suhteena sen ruudun hiilidioksidiarvoon, jossa Rotuaari sijaitsee.

CO_2 -pinnan (kuva 6) perusteella pienimmät hiilidioksidimäärät ovat kaupungin keskustan läheisyydessä. Minimiarvo löytyy Laanilan kaupunginosasta kahden päätien, moottoritien ja Kuusamontien risteyksen läheisyydestä. Koko seutua ajatellen nykyiset yksiköt ovat sijoittuneet päästöjen nähden



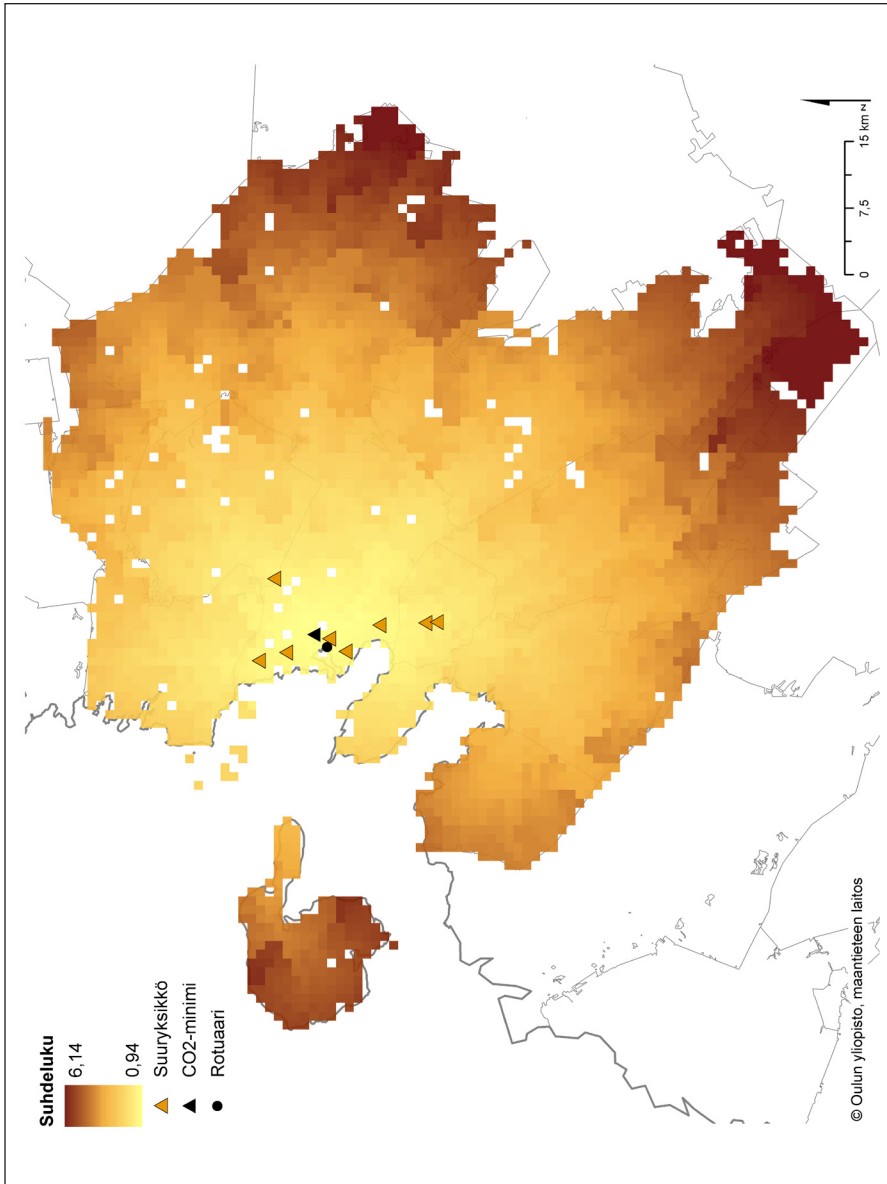
Kuva 5. Kaupan suuryksiköiden KK-mallin mukaan lasketut CO₂-päästömäärät suhdelukuna ilmaistuna. Rotuaari toimii vertailuarvona. Symbolin koko ei kuvaa todellista arvoa vaan se ilmaisee vain yksiköiden järjestyksen. Suunnitellut yksiköt on merkattu tummemmalla symbolilla.

Taulukko 2. KK-mallilla lasketut todelliset CO₂-määrät ja niiden perusteella lasketut suhdeluvut.

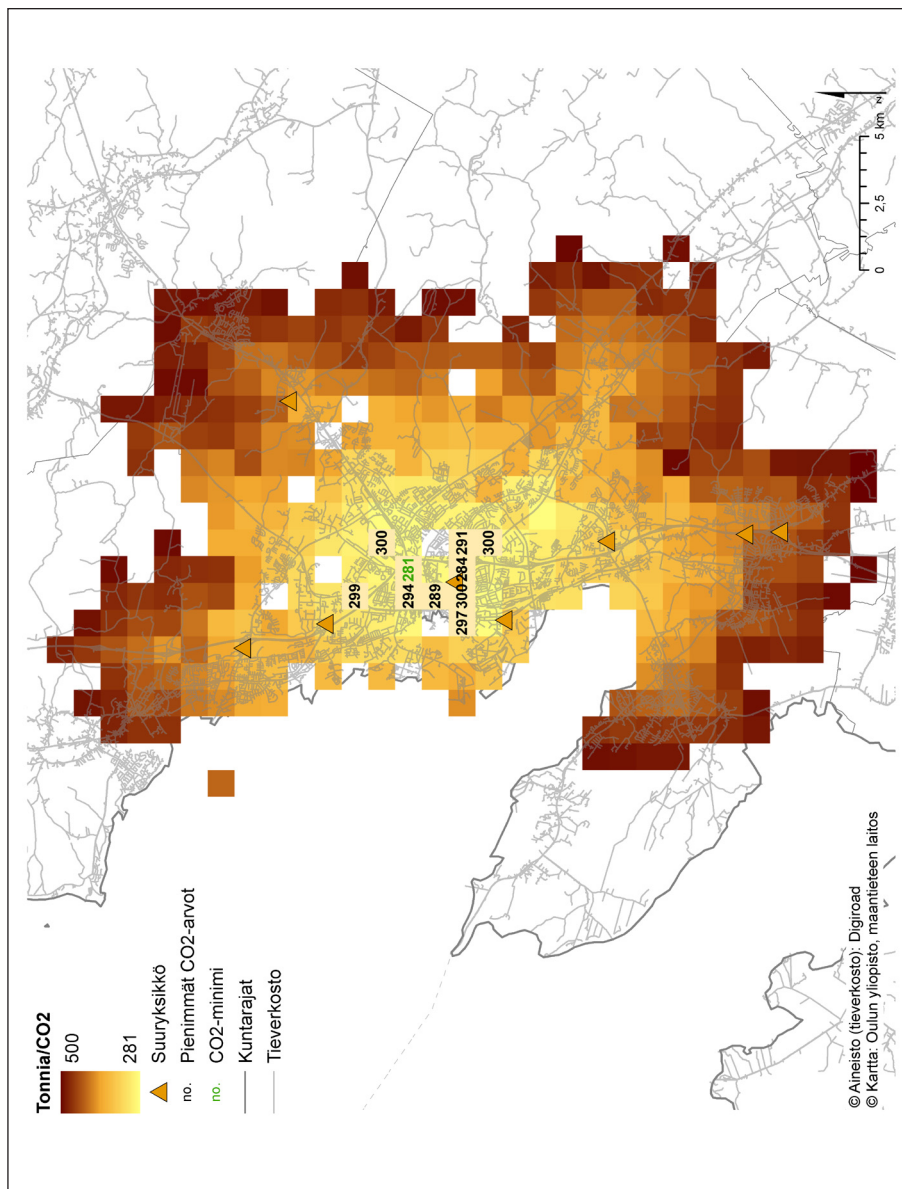
Yksikkö	Lyhenne	Tyyppi	Tila	CO ₂ (tonnia)	Suhdeluku
Zeppelin	ZEP	kauppakeskus	olemassa	422	1,46
Ideapark	IDE	kauppakeskus	suunn.	401	1,39
Zatelliitti	ZAT	retail park	suunn.	397	1,37
Ritaportti	RIT	retail park	suunn.	376	1,30
Kaakkuri	KAA	hypermarket, r. park	olemassa	337	1,16
Linnanmaa	LIN	hypermarket	olemassa	335	1,16
Limingantulli	LIM	hypermarket	olemassa	308	1,06
Rotuaari	ROT	vertailukohde	olemassa	290	1
Raksila	RAK	hypermarket	olemassa	288	0,99

hyvin. Seudun reuna-alueella, jossa asutus ja tieverkosto ovat harvempaa, ruutukohtaiset CO₂-summat ovat vertailuarvoon nähden jopa kuusinkertaiset. Tämä merkitsee sitä, että mikäli seudullisesti merkittävä kaupan suuryksikkö rakennettaisiin seudun reuna-alueelle, ostosmatkoista aiheutuisi kuusinkertainen määrä hiilidioksidia kuin jos yksikkö sijaitsisi keskustan tuntumassa. Kuvassa 7 on esitetty CO₂-arvoltaan pienimmät ruudut CO₂-summineen. Laskennallinen minimiarvo oli 281 tonnia ja maksimi 1 841 tonnia. Vertailuarvo oli 300 tonnia.

Sen periaatteen mukaisesti, että kaikki Oulun seudulla asuvat tekevät yhden edestakaisen matkan kaikkiin kaupan suuryksiköihin, nykyisten yksiköiden sijainti näyttäisi olevan hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta hyvä ajatellen koko Oulun seutua. Yksiköiden välillä on kuitenkin merkittäviä eroja, ja suuryksikön sijainti ydinkeskustan laidalla näyttäisi olevan käytetyn menetelmän mukaan optimaalisin sijainti. Sijoittuminen pääteiden varrelle parantaa yksikön saavutettavuutta ja täten vähentää myös liikenteen tuottamia hiilidioksidipäästöjä.



Kuva 6. CO₂-pinta esitetynä suhteena Rotuaarin CO₂-määrään. Valkoiset ruudut ovat ruutuja, joissa vesistön osuus oli yli 50 % ruudun pinta-alasta tai ruutuja, jotka eivät kytkeytyneet tieverkkoon sen virheistä johtuen. Etenkin nykyiset yksiköt ovat sijoittuneet päästöihin nähden hyvin.



Kuva 7. Yksityiskohta CO₂-pinnasta esitettynä ruutujen todellisilla CO₂-arvoilla. Kuvaan on valittu vain solut, joiden arvo on ≤ 500 tonnia. Niiden solujen, joiden suhdeluku on ≤ 1, todelliset arvot on esitetty kuvassa.

Päivittäistavarakaupan suuryksiköt

Edellä kuvattu menetelmä soveltuu parhaiten arvioitaessa hiilidioksidipäästöjä sellaisille suuryksiköille, jotka on arvioitu seudullisesti merkittäviksi ja joiden oletetaan houkuttelevan asiakkaita jopa suuremmalta alueelta kuin Oulun seutu. Huomioimalla etäisyyteen perustuva asiointitodennäköisyys laskettaessa kauppakohtaisia hiilidioksidipäästöjä menetelmää voidaan soveltaa myös pienemmille suuryksiköille, kuten yksittäisille päivittäistavarakaupan suuryksiköille.

Pienemmille kaupan yksiköille, kuten lähikaupoille, soveltuu parhaiten tarkastelutapa, jossa kukin asukas käy lähimmässä kaupan yksikössä. Tässä tarkastelutavassa tulisi kuitenkin huomioida myös kevyen liikenteen osuus, sillä Oulun seudun liikennetutkimuksen mukaan lähikaupoissa asioidaan kävellen tai polkupyörällä huomattavasti useammin kuin esimerkiksi hypermarketeissa. Toisaalta tarkasteltaessa hiilidioksidipäästöjä siten, että määritetään lähin kaupan yksikkö kullekin autolliselle asutokunnalle ja summataan ajomatkalta kertyvät hiilidioksidipäästöt kauppakohtaisesti, tarkastelussa suurimmat päästösummat saavat yksiköt, joiden vaikutusalueella on eniten autollisia asutokuntia eli yksiköt ”kärsivät” sijainnista väestökeskittymien läheisyydessä.

Todennäköisyysmalli (TN-malli)

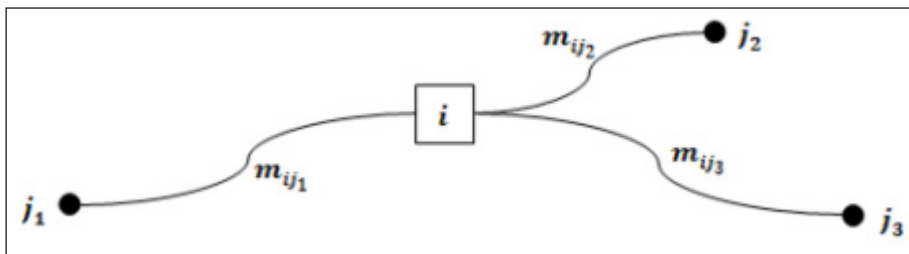
Myös todennäköisyysmallissa hyödynnetään perusmenetelmällä tuotettuja reittejä autollisista asutokunnista kaupan suuryksiköihin ja reiteiltä kerrytettyjä CO₂-määriä. Hiili-

dioksidikertymän lisäksi reiteiltä tarvitaan tieto niiden pituudesta etäisyyteen perustuvaan todennäköisyyden määrittämistä varten. Olemassa olevien ja suunniteltujen kaupan suuryksiköiden lisäksi tässä tapauksessa on määritetty Oulun kaupungin alueelta viisi satunnaista sijaintia, joille on laskettu hiilidioksidisummat vastaavalla tavalla kuin suuryksiköiden sijainneille. Mallissa ei ole huomioitu KK-mallissa vertailukohtana käytettyä Rotuaaria, koska TN-mallin vertailuarvona on olemassa olevien yksiköiden tuottama CO₂-kokonaissumma. Näin saadaan vertailtua sekä varsinaisten yksiköiden sijainteja toisiinsa että haarukoitua optimaalisen sijainnin suuntaa Oulun seudulta. Optimaalisen sijainnin etsimistä koko seudun alueelta ei nähty tarpeelliseksi, koska yleensä suuryksikön rakentamista suunniteltaessa on vain muutamia potentiaalisia sijainteja, joihin kauppa on mahdollista kaavan mukaisesti rakentaa.

Todennäköisyysmallissa huomioidaan asiointitodennäköisyys lineaarisesti, mikä tarkoittaa että todennäköisyys käydä kaupassa pienenee etäisyyden kasvaessa yhtä paljon huolimatta siitä ollaanko lähempänä tai kauempana kaupan yksikköä. Todennäköisyys kullekin reitille on laskettu seuraavan kaavan mukaisesti:

$$P_{ij} = \frac{\frac{1}{m_{ij}/\sum m_{ij_n}}}{\sum \frac{1}{m_{ij_n}/\sum m_{ij_n}}}$$

missä m_j on lähtöpisteen i ja päätepisteen j välinen etäisyys metreinä ja $\sum m_{ij_n}$ on lähtöpisteen i ja kaikkien päätepisteiden (yksiköiden) välisten reittien etäisyyksien summa. Muuttujat on havainnollistettu kuvassa 8. Näin oletetaan, että kustakin autollisesta



Kuva 8. Jokaisesta autollisesta YKR-ruudusta (i) määritetään reitit kaikkiin yksiköihin (j). Reiteiltä kerrytetään CO₂-määrän lisäksi etäisyys metreinä (m_{ij}), joiden perusteella lasketaan todennäköisyys käydä tietyistä ruudusta kussakin kaupan yksikössä.

asutokunnasta käydään kerran kussakin kaupan suuryksikössä, mutta mitä lähempänä yksikköä asutaan, sitä todennäköisempänä asiointia pidetään. Asiointitodennäköisyys kaupassa käymiseen on 1, ja kauppakohtainen todennäköisyys määrittyi etäisyyden mukaan. Todennäköisyydet lasketaan täten lähtöpisteen näkökulmasta, mutta todennäköisyydellä painotetut CO₂-määrät summataan kauppakohtaisesti seuraavan kaavan mukaisesti:

$$CO2_j = \sum_i 2 * c_{ij} * P_{ij} * W_i$$

Summa lasketaan siis vastaavalla tavalla kuin KK-mallissa, mutta reitit on nyt vain painotettu todennäköisyydellä P_{ij} .

Sijaintikohtaista vertailua varten laskettiin ensin todennäköisyydellä painotetut hiilidioksidisummat olemassa oleville kaupan suuryksiköille ja näistä muodostettiin kokonaissumma, joka toimii vertailuarvona. Seuraavaksi jokainen olemassa oleva yksikkö pudotettiin yksitellen mallista pois ja reiteille laskettiin todennäköisyydet ilman mallista pudotettua yksikköä. Reittien CO₂-määrät painotettiin uudella todennäköisyydellä

ja summattiin yhteen kokonaissummaksi. Lopuksi suunnitellut ja satunnaiset sijainnit lisättiin yksitellen alkuperäiseen, olemassa olevien yksiköiden muodostamaan malliin ja laskettiin todennäköisyydellä painotettu kokonaissumma. Eri vaiheissa muodostetut summamuuttujat suhteutettiin lopuksi vertailuarvoon.

Huomioitaessa asiointitodennäköisyyden vähentyminen etäisyyden kasvaessa saivat yksiköt, joiden lähialueella sijaitsee paljon autollisia asutokuntia suuria kauppakohtaisia hiilidioksidisummaa verrattuna yksiköihin, joiden lähialueella sijaitsee vain vähän autollisia. Näin ollen todennäköisyysmallilla lasketuissa hiilidioksidipäästöissä tarkastellaan yksiköiden tuottamaa kokonaishiilidioksidimäärää kauppakohtaisten päästösummien sijaan.

Olemassa olevien yksiköiden muodostama vertailuarvo oli 289,2 tonnia hiilidioksidia. Koska osa sijainneista pudotettiin ja osa lisättiin malliin ja ne vaikuttivat malliin joko hiilidioksidia lisäten tai vähentäen, malli tuotti neljänlaisia tuloksia:

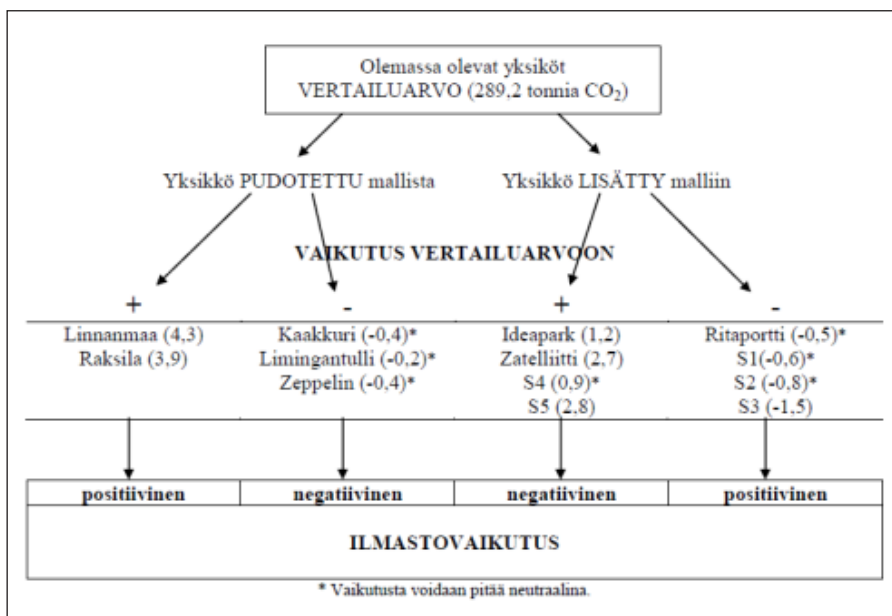
1. Yksikkö pudotettiin mallista, jolloin CO₂-kokonaissumma kasvoi. Yksikön vaikutus vertailumallissa on täten hiilidioksidia vähentävä eli yksikkö on ilmastoystävällinen.
2. Yksikkö pudotettiin mallista, jolloin CO₂-kokonaissumma pieneni. Yksikön vaikutus vertailumallissa on täten hiilidioksidia lisäävä eli yksikkö ei ole ilmastoystävällinen.
3. Yksikkö lisättiin malliin, jolloin CO₂-kokonaissumma kasvoi. Yksikön vaikutus mallissa on hiilidioksidia lisäävä eli yksikkö ei ole ilmastoystävällinen.
4. Yksikkö lisättiin malliin, jolloin CO₂-kokonaissumma pieneni. Yksikön vaikutus mallissa on hiilidioksidia vähentävä eli yksikkö on ilmastoystävällinen.

Kaikista suurimman muutoksen kokonaishiilidioksidimäärään aiheuttaa Linnanmaan pudottaminen vertailumallista. Mallin, jossa Linnanmaa ei ole mukana, CO₂-kokonaismäärä on 301,7 tonnia (taulukko 3). Vertailuarvoon, 289,2 tonnia, nähden muutoksen suuruus on 12,5 tonnia ja muutoksen osuus 4,3 %. Koska Linnanmaan poistaminen mallista lisäsi CO₂-kokonaismäärää, Linnanmaan vaikutus vertailumallissa on hiilidioksidia vähentävä. Linnanmaan sijainti on

Taulukko 3. Yksiköiden vaikutuksen suunta ja voimakkuus todennäköisyyksimallissa.

Nimi	Kokonais-CO ₂	Erotus*	Osuus(%)
MALLISTA PUDOTETUT (olemassa olevat yksiköt)			
Kaakkuri	288,1	-1,1	-0,4
Limingantulli	288,5	-0,7	-0,2
Linnanmaa	301,7	12,5	4,3
Raksila	300,4	11,2	3,9
Zeppelin	288,2	-1,1	-0,4
MALLIIN LISÄTYT (suunnitellut yksiköt ja satunnaiset sijainnit)			
Ideapark	292,7	3,5	1,2
Ritaportti	287,7	-1,5	-0,5
Zatelliitti	296,9	7,7	2,7
Satunn. sijainti1 (S1)	287,4	-1,8	-0,6
Satunn. sijainti 2 (S2)	286,9	-2,3	-0,8
Satunn. sijainti 3 (S3)	284,8	-4,4	-1,5
Satunn. sijainti 4 (S4)	291,9	2,7	0,9
Satunn. sijainti 5 (S5)	297,3	8,1	2,8

*) Vertailumallissa on mukana kaikki olemassa olevat yksiköt. Vertailuarvo on 289,2 tonnia.

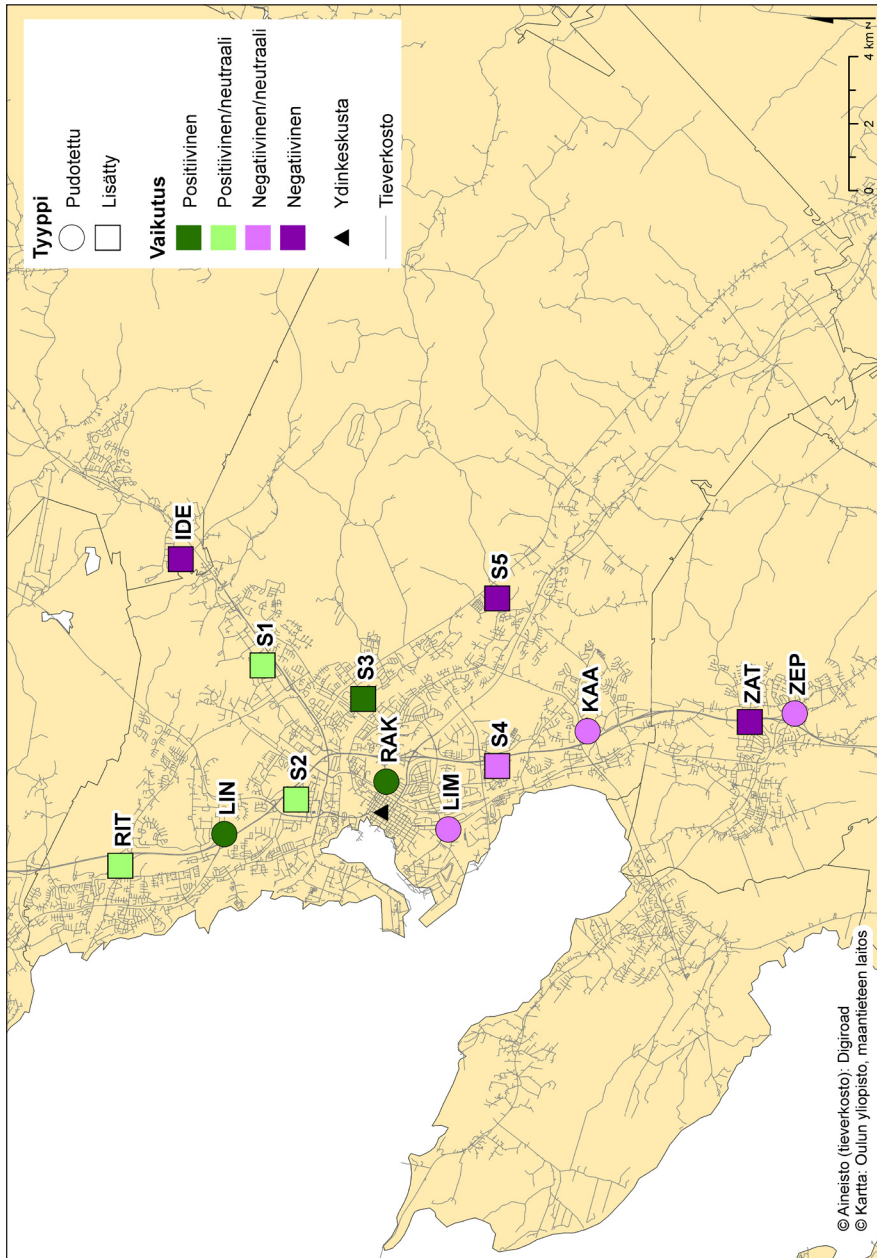


Kuva 9. Yksiköt on luokiteltu positiivisiksi tai negatiivisiksi vaikutuksen tyypin perusteella. Jos vaikutuksen suuruus on > -1 %, mutta < 1 % yksikön vaikutuksen ajatellaan olevan neutraali.

siis positiivinen eli ilmastoystävällinen, kun puolestaan satunnainen sijainti 5 näyttäytyy mallissa negatiivisena sijaintina (kuva 9). Satunnaisen sijainnin 5 lisääminen vertailumalliin lisäsi kokonaishiilidioksidia 8,1 tonnia eli 2,8 %.

Todennäköisyysmallin etuna on se, että se huomioi sekä asiointitodennäköisyyden että muiden yksiköiden olemassaolon. Menetelmän mukaan olemassa olevien yksiköiden vaikutus on positiivinen tai neutraali. Ilmastoystävällisimmät yksiköt ovat

Linnanmaa ja Raksila, joka sijaitsee Oulun kaupungin keskustan läheisyydessä (kuva 10). Muiden olemassa olevien yksiköiden vaikutus on negatiivinen, mutta niiden vaikutus on vain -0,2 % ja -0,4 %, joten niitä voidaan pitää neutraaleina yksiköinä. Kuitenkin satunnaisten sijaintien 1, 2 ja 3 sekä Ritaportin lisääminen vähentävät CO₂-kokonaismäärää, joten tarkastelun perusteella hiilidioksidipäästöjä voitaisiin jopa vähentää rakentamalla uusi yksikkö, mikäli sen sijainti olisi tarkkaan harkittu.



Kuva 10. Yksiköiden pudottamisen tai lisäämisen vaikutus CO₂-kokonaisu määrään. Pudotetut yksiköt ovat olemassa olevia kaupan suuryksiköitä, malliin lisätyt yksiköt puolestaan suunniteltuja tai satunnaisia sijainteja.

Päästötavoitettavuusmalli (PT-malli)

Päästötavoitettavuustarkastelu perustuu niin sanottuun potentiaaliseen saavutettavuuteen. Potentiaalinen saavutettavuus on yksi saavutettavuuden mittareista esimerkiksi perinteisen matka-aika -tarkastelun ohella. Potentiaalista saavutettavuutta on tarkasteltu erityisesti markkinoiden saavutettavuutta tutkittaessa. Harris (1954) on määritellyt markkinoiden potentiaalisen tietyssä kohteessa olevien markkinoiden lukumäärän suhteena etäisyyteen. Sovellettaessa potentiaalista saavutettavuutta markkinoiden vetovoiman tarkasteluun, huomioidaan tällöin vetovoiman kasvaminen markkinoiden koon kasvaessa, mutta vähentyminen etäisyyden kasvaessa (Holl 2007). ”Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus ja liikennepäästöt Oulun seudulla” -hankkeessa potentiaalisen saavutettavuuden kaavaa soveltaen on tarkasteltu yksiköiden hiilidioksidipäästötavoitettavuutta eli arvioitu kuinka monta autollista asutokuntaa kukin suuryksikkö tavoittaa tietyllä hiilidioksidipäästö määrällä.

Kuten edellä esitetyt kaksi muuta mallia, myös päästötavoitettavuusmalli hyödyntää perusmenetelmää. Analyysissä on täten käytetty samoja reittejä autollisista asutokunnista suuryksiköihin ja niiden hiilidioksidipäästöjä kuin KK-mallissa. Hiilidioksidimäärät vain summataan yksiköille eri tavalla.

Päästöt on summattu kaavalla:

$$Acc(CO2)_j = \sum_i \frac{W_i}{2 * c_{ij}}$$

missä c_{ij} on lähtöpisteen i ja päätepisteen j välinen CO_2 -määrä ja W_i on autollisten asutokuntien lukumäärä lähtöpisteessä i . Toisin sanoen kunkin ruudun autollisten asutokuntien lukumäärä jaetaan sillä hiilidioksidipäästö määrällä, mikä aiheutuu edestakaisesta matkasta kyseisestä ruudusta kaupan suuryksikköön. Osamäärät summataan kauppakohtaisesti. Tämä merkitsee sitä, että vain muutaman autollisen asutokunnan tavoittaminen suurella hiilidioksidimäärällä antaa huonomman tavoitettavuusarvon kuin useamman asutokunnan tavoittaminen vähäisellä päästö määrällä. Samoin kuin todennäköisyysmalli, päästötavoitettavuusmalli huomioi täten asutokunnan etäisyyden kaupan yksiköstä. Päästötavoitettavuusmallilla voidaan kuitenkin todennäköisyysmallista poiketen laskea kauppakohtaisia vertailuarvoja.

Koska hiilidioksidipäästö toimii laskutoimituksessa jakajana, lyhyiden matkojen tuottamat pienet hiilidioksidipäästöt vaikuttavat laskutoimituksessa tavoitettavuusarvoihin hyvin voimakkaasti. Sen vuoksi tuotetuista reiteistä on poistettu alle 500 metrin matkat. Samalla voidaan ajatella, että analyysissä on huomioitu tilanne, jossa lähialueelta tehtävät ostosmatkat tehdään jalan tai pyörällä, jolloin ostosmatka ei tuota hiilidioksidipäästöjä.

Päästötavoitettavuusmallilla tuotettujen kauppakohtaisten tunnuslukujen perusteella Oulun ydinkeskusta, Rotuaari, tavoittaa eniten autollisia asutokuntia tietyllä hiilidioksidipäästö määrällä (kuva 11). Rotuaari on siis tavoitettavuudeltaan yksiköistä paras. Raksilan tavoitettavuusarvo on lähestulkoon sama kuin Rotuaarin. Kauempana sijaitsevat yksiköt, kuten Zeppelin, Zateelliitti ja

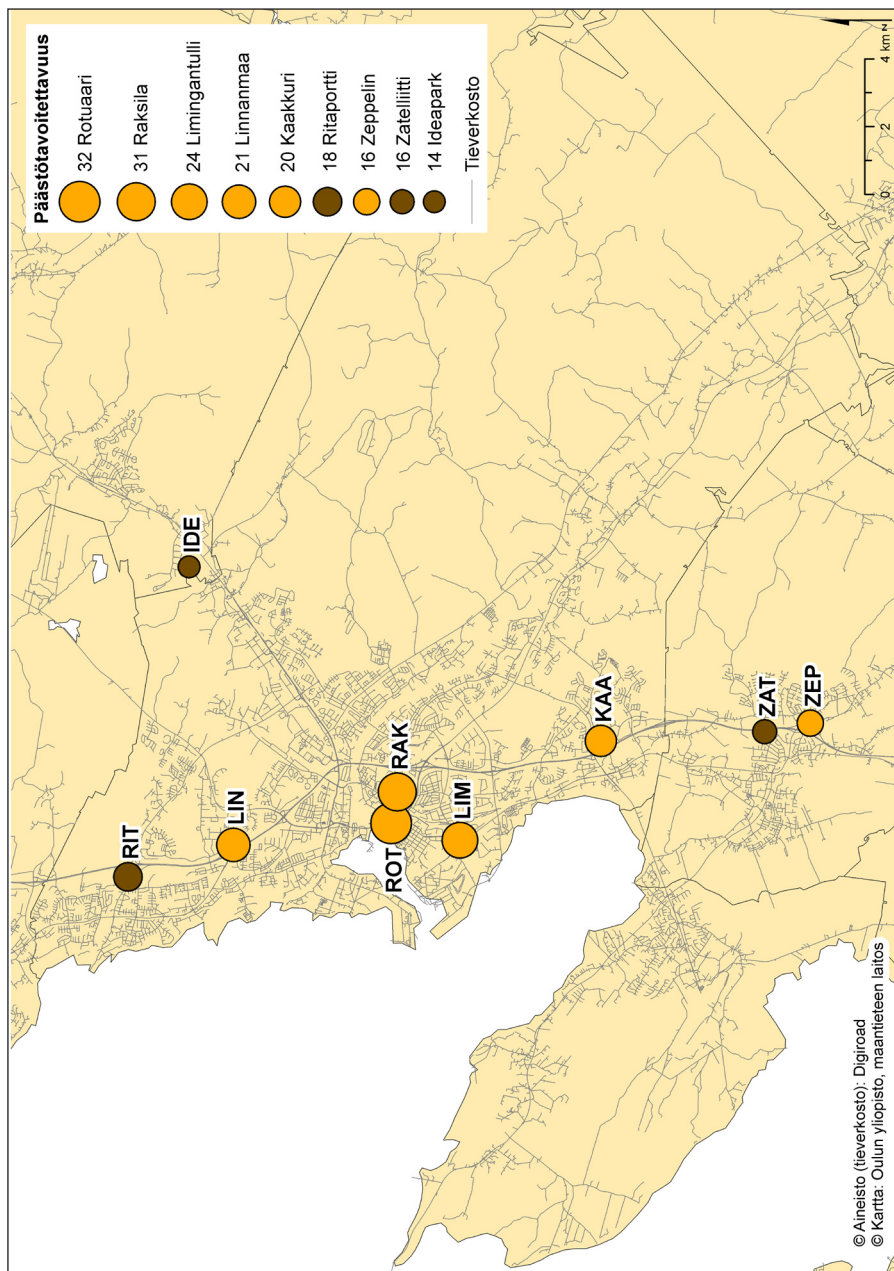
Ideapark, saavat huomattavasti pienemmät tavoitettavuusarvot lähempänä keskustaa sijaitseviin yksiköihin verrattuna, mikä merkitsee sitä, että tietyllä hiilidioksidimäärällä ne tavoittavat keskustan sijainteihin verrattuna vähemmän autollisia asutokuntia.

Samoin kuin ”kaikki käy kaikissa” -mallilla, myös päästötavoitettavuusmallilla tuotettiin koko Oulun seudun kattava pinta, joka osoittaa suuryksikön optimaalisen sijainnin. Potentiaalisina kaupan sijainteina on käytetty 1 x 1 kilometrin kokoisia ruutuja, kuten KK-mallissakin. Tässä tapauksessa haettiin siis sijaintia, joka tuottaa suurimman tavoitettavuusarvon vertailtaessa autollisten asutokuntien lukumäärää niiden tavoittamiseen tarvittavalla hiilidioksidipäästömäärällä.

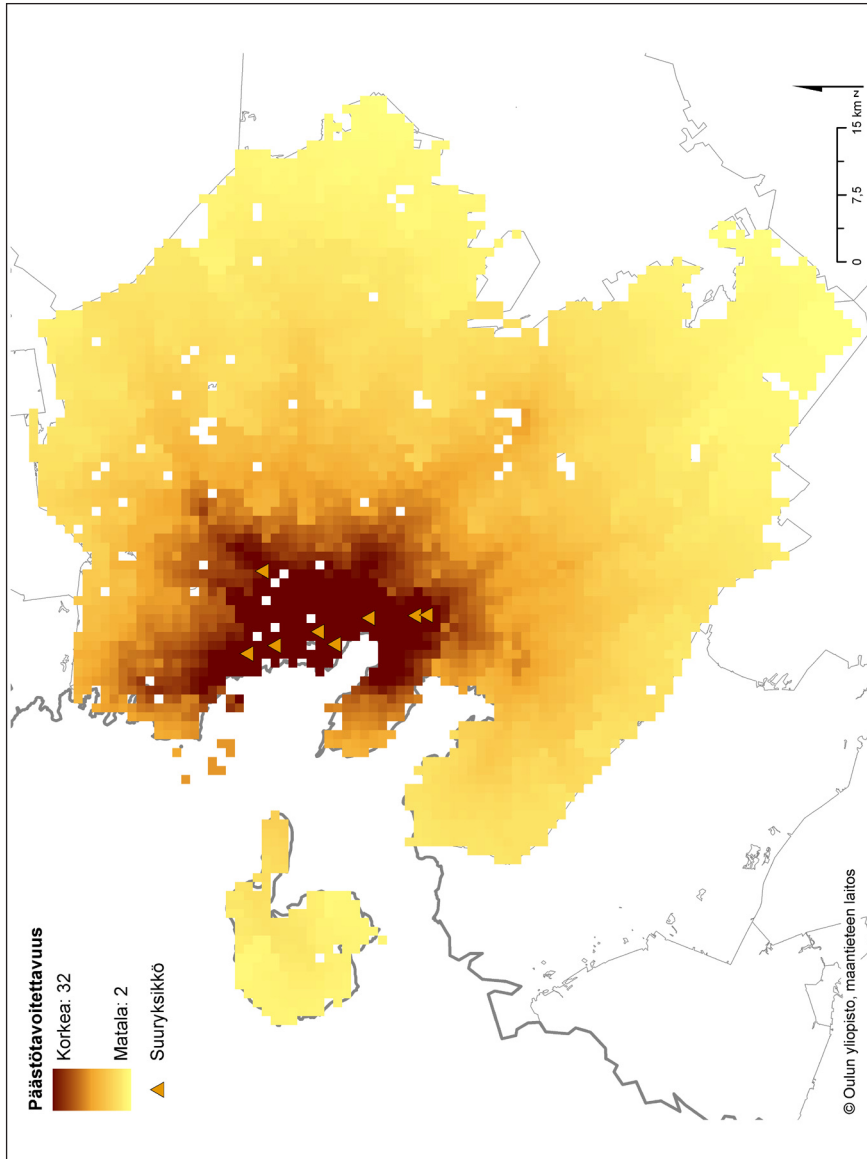
Oulun alue, lukuun ottamatta Ylikimingin kaupunginosaa, saa parhaimmat päästötavoitettavuusarvot eli Oulun alueella sijaitseva kaupan yksikkö tavoittaa tietyllä hiilidioksidimäärällä enemmän autollisia asutokuntia kuin jos yksikkö sijaitseisi seudun reunamalla (kuva 12). Oulun keskustaan suuntautuvien pääteiden varret saavat muuhun ympäristöön verrattuna

paremmat tavoitettavuusarvot. Aineiston maksimiarvo eli parhaiten tavoitettavissa olevan sijainnin tavoitettavuusarvo on 32 ja aineiston minimiarvo 2. Olemassa olevien ja suunniteltujen yksiköiden päästötavoitettavuusarvot ovat hyvät verrattuna koko Oulun seutuun.

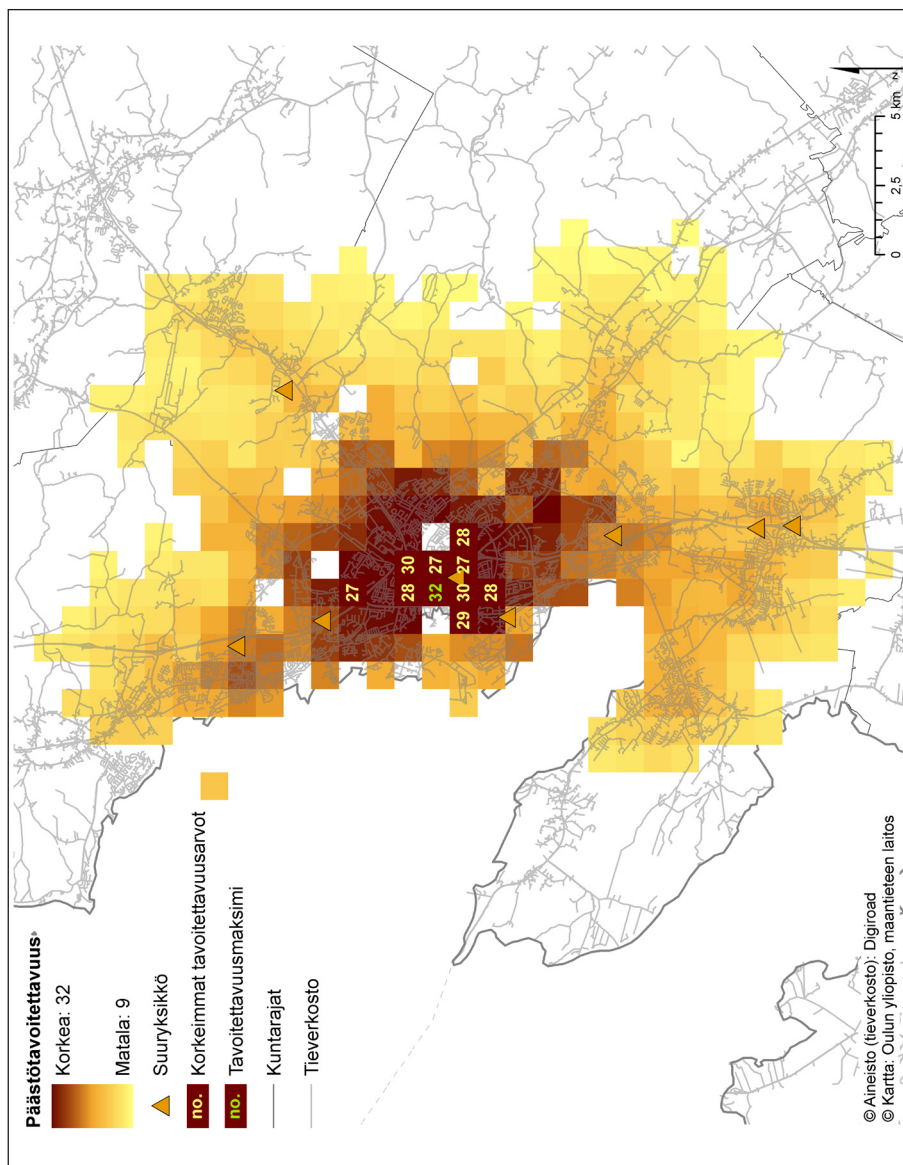
Kuvassa 13 on esitetty parhaiten tavoitettavissa olevat sijainnit päästötavoitettavuusarvoineen. Päästötavoitettavuus on suurimmillaan Oulun ydinkeskustassa ja sen pohjoispuolella. Optimaalinen sijainti eli sijainti, joka tavoittaa eniten autollisia asutokuntia tietyllä hiilidioksidimäärällä on ydinkeskustan läheisyydessä, Ainolan puiston kupeessa. Sijainnin tavoitettavuusarvo on 32. Päästötavoitettavuusmalli painottaa Oulun keskustaa enemmän kuin ”kaikki käy kaikissa” -malli, jolloin myös optimaalinen sijainti asettuu lähemmäksi keskustaa. Kuitenkin, kuten KK-mallissa, myös päästötavoitettavuusmallissa Laanilan alue osoittautui sijainniltaan melko optimaaliseksi saaden toiseksi parhaan tavoitettavuusarvon, 30, yhdessä sijainnin kanssa, joka asettuu ydinkeskustan reunamalle, Taka-Lyötyn alueelle. Samoin kuin KK-malli myös PT-malli ei huomioi muiden yksiköiden olemassa oloa, toisin kuin todennäköisyysmalli.



Kuva 11. Olemassa olevien ja suunniteltujen kaupan suuryksiköiden päästötavoitettavuus. Mitä suurempi arvo, sitä useamman autonliikkeen asuntokunnan yksikkö tavoittaa tietyllä päästömäärällä.



Kuva 12. Päästötavoitettavuusarvo osoittaa kuinka monta autollista asutuskuntaa sijainti tavoittaa tietyllä CO₂-määrällä.



Kuva 13. Päästötavoitettavuudeltaan paras sijainti löytyy Oulun ydinkeskustan läheisyydestä, Ainolan puiston kupeelta. Myös Laanila ja Taka-Lytyn alue saavat hyvät tavoitettavuusarvot.

Työmatkat

Oulun seudun liikennetutkimuksen (Kalenoja 2010) mukaan arkisin tehtävistä matkoista viidennes on työmatkoja, joista 70 % tehdään henkilöautolla. Työmatkaliikenne tuottaa täten merkittävän osan seudun liikenteestä ja siten myös hiilidioksidipäästöistä. Samoin kuin ostosmatkoja, myös työmatkoja voidaan mallintaa paikkatietomenetelmin. ”Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus ja liikennepäästöt Oulun seudulla” -hankkeessa keskityttiin pääasiassa tarkastelemaan kotoa tehtävien ostosmatkojen tuottamia hiilidioksidipäästöjä, mutta mallinnettiin myös Oulun seudun sisällä tehtävien työmatkojen suuntaa ja volyyymiä sekä arvioitiin työmatkoilta tehtävien ostosmatkojen tuottamia hiilidioksidipäästöjä kauppa-kohtaisesti. Tarkastelua varten hyödynnettiin Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmän (YKR) asuin- ja työpaikkatietoja. Aineiston tarkkuus on 250 metriä. Aineisto osoittaa kuinka monta asukasta tekee työmatkaa tietyn asuin- ja työpaikkaruutuparin välillä.

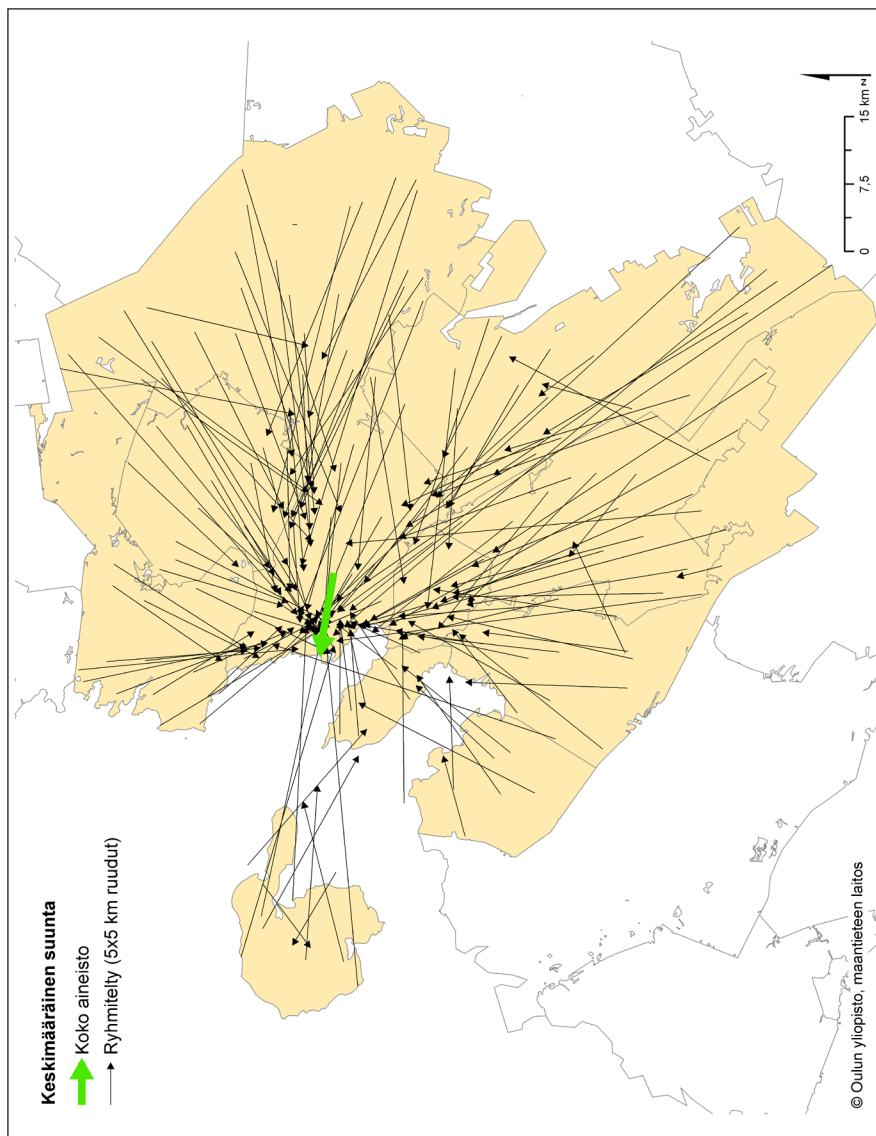
Työmatkojen suunnan ja volyymin havainnollistaminen

Oulun seudun sisällä tehtävien työmatkojen suuntaa ja volyyymiä on havainnollistettu nuolikartoilla. Työkaluina on käytetty ArcGIS-paikkatieto-ohjelmiston Network Analyst -työkaluja sekä Linear Directional Mean -työkalua, jolla voidaan havainnollistaa viiva-aineistojen keskimääräisiä ominaisuuksia (ESRI 2009). Nuolikarttoja varten on tuotettu työmatkat ohjelmiston Route-

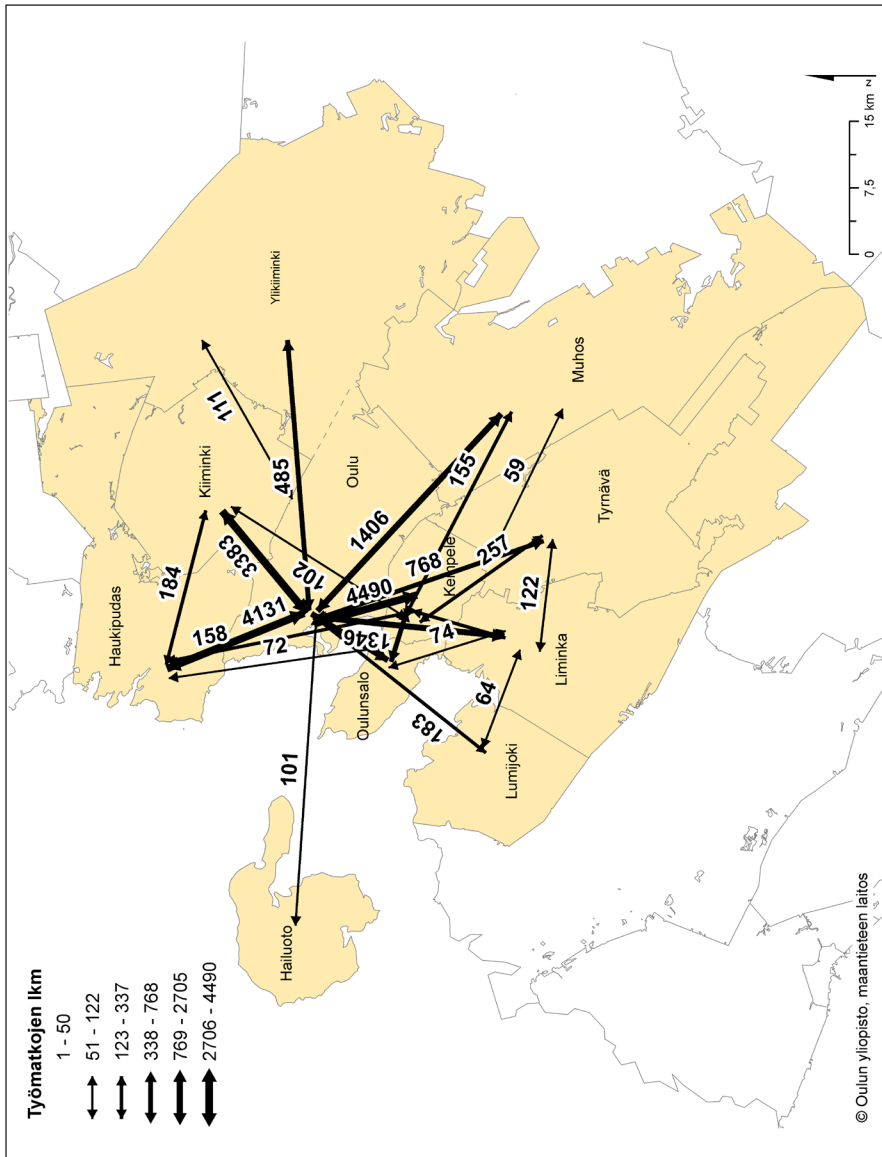
työkalulla asuinpaikkaruuduista työpaikkaruutuihin nopeinta reittiä pitkin hyödyntäen samaa tieverkkoaineistoa kuin ostosmatkanalyysissä. Tuotettuihin reitteihin on yhdistetty tieto siitä, kuinka monta asukasta tekee työmatkaa kunkin ruutuparin välillä. Ryhmittelemällä työmatkoja nuolikarttojen avulla saadaan hahmotettua työmatkojen keskimääräinen suunta ja pituus sekä eri alueiden välillä tehtävien työmatkojen volyyymi.

Kuvassa 14 Oulun seudun sisällä tehtävät työmatkat on ryhmitelty alkuperäisistä 250 x 250 metrin ruuduista 5 x 5 kilometrin ruutuihin. Kukin nuoli osoittaa mihin suuntaan keskimäärin kustakin 5 x 5 kilometrin asuinpaikkaruudusta tehdään matkoja kohti työpaikkaruutuja. Nuolen keskikohta asettuu alkuperäisten työmatkojen keskipisteiden keskimääräiseen sijaintiin, nuolen pituus kuvaa työmatkojen keskimääräistä pituutta ja nuolen suunta työmatkojen keskimääräistä suuntaa. Nuolikartan perusteella työmatkaliikenne, asuinpaikoista työpaikkoihin, suuntautuu hyvin voimakkaasti Oulua ja sen keskustaa kohti. Koko aineiston keskimääräinen suunta on idästä länteen.

Työmatkat ryhmiteltiin myös kuntien välisiksi. Työmatkoja tehdään eniten Kempeleen ja Oulun välillä, 4490 matkaa, sekä Haukiputaan ja Oulun välillä, yhteensä 4131 matkaa (kuva 15, taulukko 4). Kuvassa 15 nuolet osoittavat kuinka monta työmatkaa tehdään kuntien välillä. Esimerkiksi Haukiputaan ja Kiimingin välillä tehdään 184 työmatkaa ja Muhoksen ja Oulun välillä 1 406 työmatkaa. Analyysin perusteella työmatkoja tehdään eniten Oulun ympäryskunnista Ouluun tai Oulusta ympäryskuntiin.



Kuva 14. Oulun seudun sisäisten työmatkojen keskimääräinen suunta. Käytetyn aineiston (YKR) ruutukoko on 250x250 metriä, mutta esitystä varten työmatkat on ryhmitelty 5 x 5 kilometrin ruutuihin. Mustat nuolet osoittavat ryhmiteltyjen työmatkojen ja vihreä nuoli koko aineiston keskimääräisen suunnan.



Kuva 15. Kuntien välisten työmatkojen lukumäärä. Nuoli osoittaa työmatkojen keskimääräisen suunnan ja pituuden. Kuivasta on jätetty pois kuntien sisäiset työmatkat sekä nuolet, joilla työmatkojen lukumäärä oli 50 tai alle havainnollisuuden selkeyttämiseksi.

Taulukko 4. Työmatkojen lukumäärä 15 kuntaparin välillä, joissa työmatkoja oli eniten.

Kuntapari	Työmatkojen lkm
Kempele ↔ Oulu	4490
Haukipudas ↔ Oulu	4131
Kiiminki ↔ Oulu	3383
Oulunsalo ↔ Oulu	2705
Muhos ↔ Oulu	1406
Liminka ↔ Oulu	1346
Tyrnävä ↔ Oulu	768
Ylikiiminki ↔ Oulu	485
Kempele ↔ Oulunsalo	429
Kempele ↔ Liminka	337
Kempele ↔ Tyrnävä	257
Haukipudas ↔ Kiiminki	184
Lumijoki ↔ Oulu	183
Haukipudas ↔ Kempele	158
Muhos ↔ Kempele	155

Perusmenetelmän soveltaminen

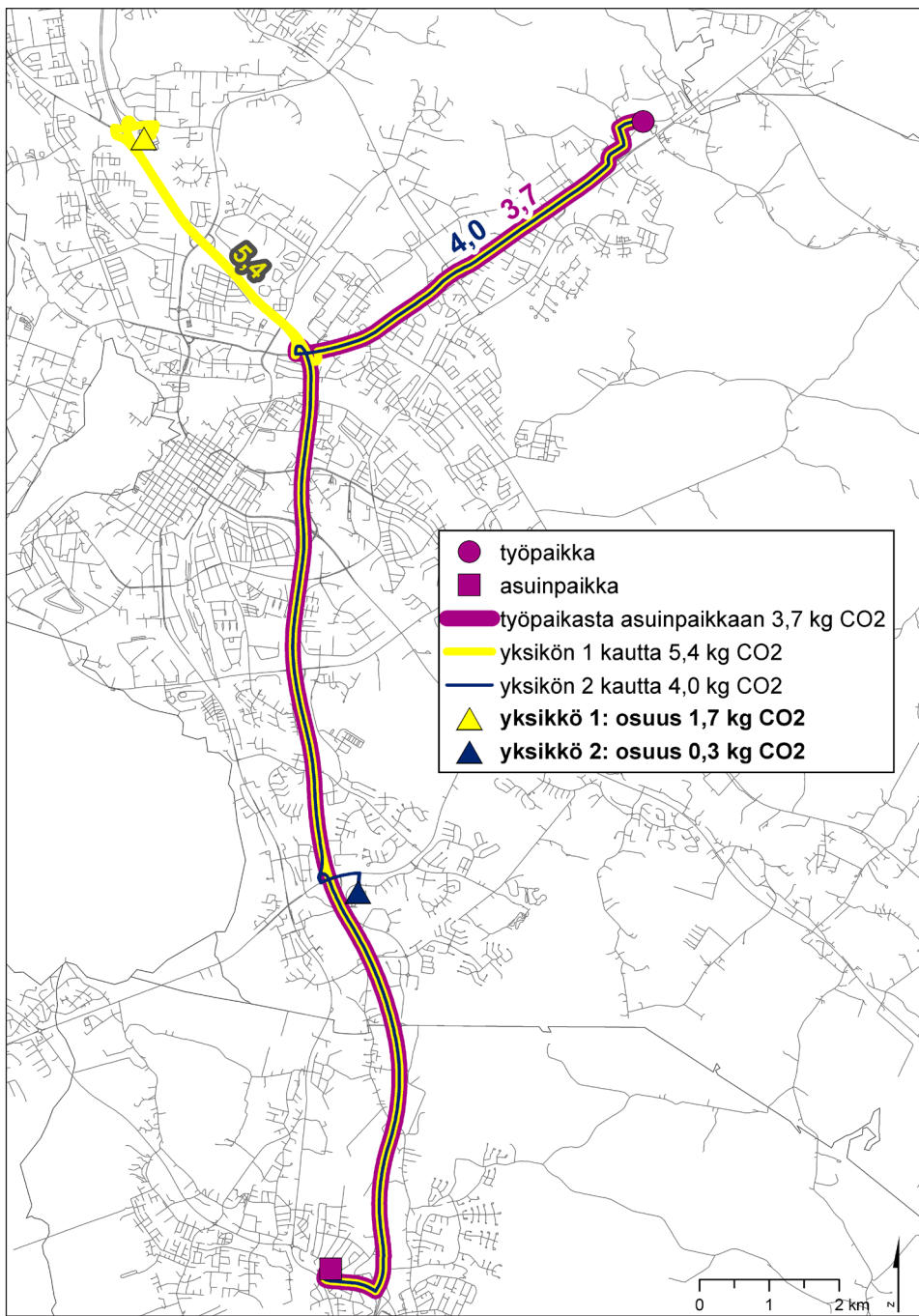
Työmatkoilta tehtävien ostosmatkojen tuottamien hiilidioksidipäästöjen kauppa-kohtaiseen arviointiin sovellettiin samaa menetelmää kuin tarkasteltaessa autollisista asutokunnista tehtäviä ostosmatkoja ”kaikki käy kaikissa” -mallilla. Periaatteena on, että kaikki työmatkalaiset käyvät kaikissa kaupan suuryksiköissä. Analyysissä tuotettiin kaksi aineistoa käyttäen ArcGIS-ohjelmiston Route-työkalua. Ensimmäinen aineisto koostui tieverkoston nopeinta reittiä pitkin määritetyistä työmatkoista **työ- ja asuinpaikkaruutuparien välillä**. Toinen aineisto sisälsi matkat **työpaikkaruudusta kaupan suuryksikön kautta**

asuinpaikkaruutuun. Reittien hiilidioksidipäästö määrät kerrottiin ruutuparien välillä työmatkaa tekevien lukumäärällä. Kullekin suuryksikölle määritettiin reitit kaikilta työmatkoilta, kaikilta matkoilta laskettiin hiilidioksidipäästö määrät ja kauppa-kohtaisesti summattiin toisen ja ensimmäisen aineiston erotukset. Kuten kotoa tehtävien ostosmatkojen tarkastelussa osoitettiin, reittien hiilidioksidipäästöjä voidaan painottaa esimerkiksi etäisyyden perustuvalla todennäköisyydellä tai päästöarvoja voidaan summata kaupan yksiköille eri tavoin. Samoin voidaan tehdä laskettaessa työmatkoilta tehtävien ostosmatkojen päästöjä. Tässä raportissa tarkastellaan kuitenkin vain ”kaikki käy kaikissa” -mallilla laskettuja tuloksia.

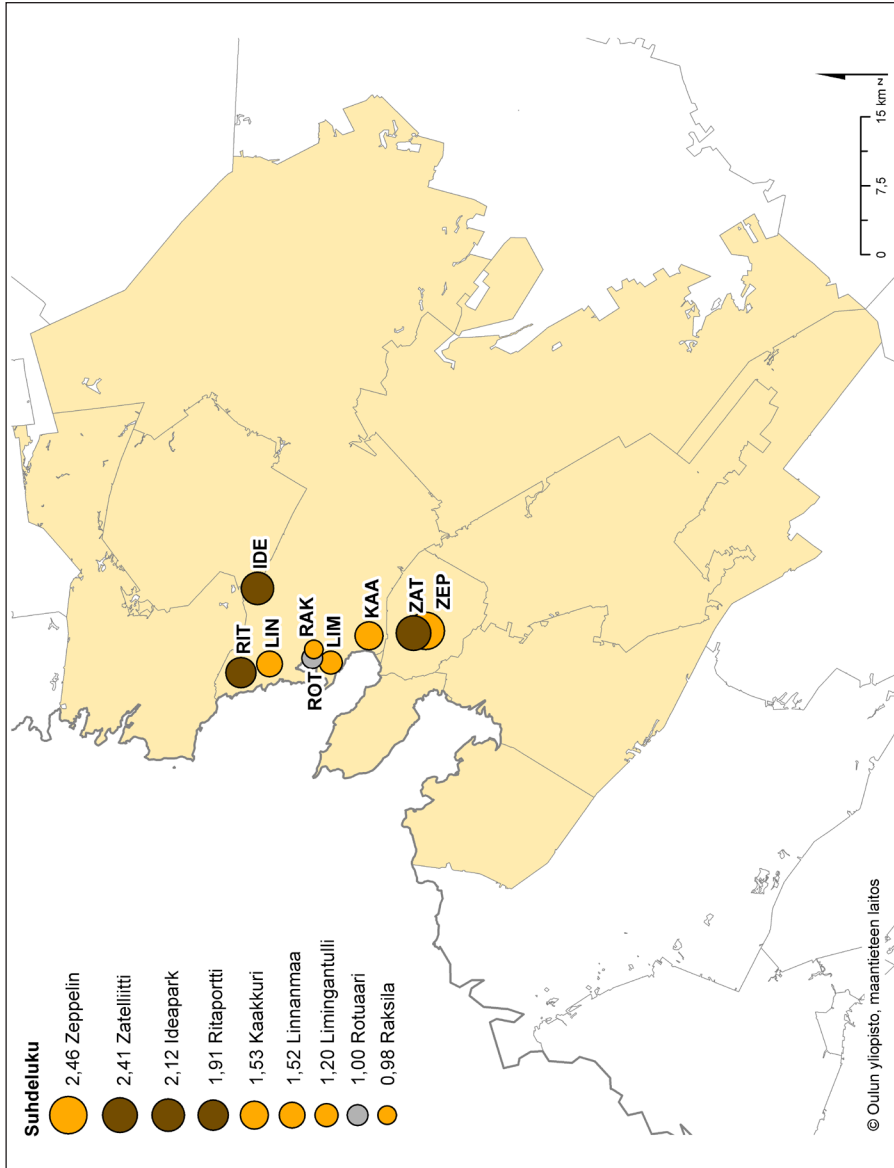
Kuvassa 16 on esitetty matkojen määrittämisen periaate. Esimerkkiin on valittu satunnaisesti työ- ja asuinpaikka ja niiden välille on määritetty työmatka nopeinta reittiä pitkin. Työmatkan hiilidioksidipäästö on 3,7 kg. Samoin nopeinta reittiä pitkin on määritetty matkat työpaikasta yksikön 1 kautta asuinpaikkaan ja työpaikasta yksikön 2 kautta asuinpaikkaan. Yksikössä 1 käyvän reitin päästöarvo on 5,4 kg, jolloin yksikkö 1 saa päästöarvoksi työmatkan (3,7 kg) ja yksikön kautta tehtävän matkan (5,4 kg) erotuksen 1,7 kg. Yksikön 2 päästöarvoksi tulee 0,3 kg ollen sijainniltaan esimerkissä käytetyn työmatkan suhteen yksikköä 1 parempi. Esimerkin mukaisesti määritettiin siis kaupan kautta ja suoraan tehtyjen työmatkojen väliset erotukset ja ne summattiin kauppakohtaisesti.

Sen mukaan, että kaikki työmatkalaiset tekevät ostosmatkan jokaiseen kaupan suuryksikköön, Oulun keskustan lähialueen suuryksiköt, Raksila ja Limingantulli, saavat alhaisimmat hiilidioksidipäästöarvot (kuva

17). Raksilan päästöarvo, 129 tonnia, on jopa pienempi kuin Rotuaarin päästömäärä 132 tonnia hiilidioksidia (taulukko 5). Työmatkatarkastelu tuottaa Oulun ydinkeskustan ulkopuolella sijaitseville yksiköille suuremmat päästöarvot suhteessa Rotuaariin kuin tarkasteltaessa autollisista asutokunnista tehtyjä ostosmatkoja. Esimerkiksi ”kaikki käy kaikissa” -mallissa (kuva 5) Zeppelinin suhdeluku oli 1,46. Työmatkatarkastelussa suhdeluku on 2,46 eli hiilidioksidimäärä on lähes 150 % suurempi Rotuaariin verrattuna. Ideapark ja Ritaportti saavat puolestaan selkeästi Zateiliittia ja Zeppeliiniä pienemmät päästöarvot. Pelkkien ostosmatkojen tarkastelussa Ideapark saikin toiseksi suurimman suhdeluvun, mutta työmatkatarkastelussa vasta kolmanneksi suurimman. Nuolikartoista (kuvat 14 ja 15) on nähtävissä trendi työmatkojen suuntautumisesta Oulun keskustaa kohti. Se näyttäisikin vaikuttavan positiivisesti keskustan läheisyydessä sijaitsevien yksiköiden päästöarvoihin.



Kuva 16. Esimerkki työmatkalta tehdyn ostosmatkan CO₂-määrän laskemisesta. Periaatteena on määrittää asuinpaikasta työpaikkaan tehdyn matkan hiilidioksidipäästö ja verrata sitä kaupan kautta tehdyn matkan päästöarvoon. Erotus summataan kauppakohtaisesti.



Kuva 17. Työmatkoilta tehtävien ostosmatkojen tuottamat kauppa-kohtaiset CO₂-päästömäärät suhteutettuna Rotuaarin päästöarvoon.

Taulukko 5. Työmatkoilta tehtyjen ostosmatkojen tuottamat hiilidioksidimäärät tonneina ja suhdeluvut. Rotuaari toimii vertailuarvona.

Yksikkö	Lyhenne	Tyyppi	Tila	CO ₂ (tonnia)	Suhdeluku
Zeppelin	ZEP	kauppakeskus	olemassa	324	2,46
Zatelliitti	ZAT	retail park	suunn.	317	2,41
Ideapark	IDE	kauppakeskus	suunn.	280	2,12
Ritaportti	RIT	retail park	suunn.	251	1,91
Kaakkuri	KAA	hypermarket, r. park	olemassa	201	1,53
Linnanmaa	LIN	hypermarket	olemassa	201	1,52
Limingantulli	LIM	hypermarket	olemassa	158	1,20
Rotuaari	ROT	vertailukohde	olemassa	132	1
Raksila	RAK	hypermarket	olemassa	129	0,98

Nykyisten yksiköiden sijainti hyvä – tilaa uudelle?

”Kaupan suuryksiköiden saavutettavuus ja liikennepäästöt Oulun seudulla” -hankkeessa tarkasteltiin olemassa oleviin ja suunniteltuihin kaupan suuryksiköihin kohdistuvien ostosmatkojen tuottamia hiilidioksidipäästöjä. Päästöjen laskemisessa hyödynnettiin ArcGIS-paikkatieto-ohjelmistoa ja sovellettiin ohjelmiston valmiita työkaluja. Hankkeessa kehitettiin kolme mallia, joiden avulla voidaan tarkastella nykyisten ja suunniteltujen sijaintien lisäksi minkä tahansa sijainnin saavutettavuutta ja arvioida liikenteen tuottamia hiilidioksidipäästövaikutuksia. Niin sanottu ”kaikki käy kaikissa” -malli soveltuu parhaiten suurimpien suuryksiköiden, kuten kauppakeskusten, päästövaikutusten arviointiin. Mallissa oletetaan, että kaikki seudun autolliset asutokunnat tekevät edestakaisen matkan kuhunkin suuryksiköön. Pienempien yksiköiden, kuten päivittäistavarakaupan suuryksiköiden sijaintia voidaan puolestaan tarkastella todennäköisyys- ja päästötavoitettavuusmalleilla, jotka

huomioivat etäisyyden vaikutuksen asiointitodennäköisyyteen. Samoja menetelmiä voidaan soveltaa työmatkoilta tehtävien ostosmatkojen tuottamien päästöjen kaupakohtaiseen arviointiin ja vertailuun.

Käytettyihin menetelmiin perustuen Oulun seudun kaupan suuryksiköiden sijainti on hyvä hiilidioksidipäästöjä ajatellen. Tämä voidaan havaita esimerkiksi ”kaikki käy kaikissa” -mallilla tuotetusta CO₂-pinnasta, joka osoittaa kaupan optimaalisen sijainnin Oulun seudulla. Mallin mukaan ostosmatkojen tuottama hiilidioksidipäästö voi olla jopa kuusinkertainen, jos kaupan suuryksikkö sijaitsee Oulun seudun reuna-alueella Oulun keskustan lähialueen sijaan. Huolimatta siitä, että etenkin olemassa olevien suuryksiköiden sijainnit tuottivat suhteellisen pieniä arvoja, yksiköiden väliset erot olivat huomattavia – sijainnin suunnittelulla voidaan siis vähentää ostosmatkojen tuottamia päästöjä. Todennäköisyysmallin mukaan uuden yksikön rakentaminen voisi jopa vähentää hiilidioksidipäästöjä nykytasosta.

Optimaalisen kaupan suuryksikön sijainti näyttäisi olevan kaikkien käytettyjen menetelmien mukaan Oulun ydinkeskustan reunamalla, ei suinkaan ydinkeskustassa. Kaupan sijoittamisella keskustan reunamalle voidaan vähentää ruuhkia, meluhaittoja, päästöjä ja liikenneonnettomuuksia jo entuudestaan vilkkaasta keskustasta (Hay 2005). Kuitenkin, tavoiteltaessa kestävästä kaupunkirakennetta, ensisijaisesti tulisi vähentää asukkaiden riippuvuutta henkilöautoliikenteestä, jolloin palveluiden saavutettavuutta olisi kehitettävä perustuen muihin liikennemuotoihin kuten joukkoliikenteeseen (mm. Fulton 2001; Bertolini ja le Clercq 2003). Palmgren (2010) on gradu -työssään osoittanut, että esimerkiksi Oulun seudulla ydinkeskustan reunalla sijaitseva Raksila on hyvin joukkoliikenteen saavutettavissa. Parhaimmillaan Raksilaan pääsee jopa 18 joukkoliikenteen vuorolla ja markettien vaikutusalueella asuu tarkastelluista hypermarketeista suurin väestö (Palmgren 2010). Oulun seudun liikennetutkimus on kuitenkin osoittanut, että suuryksiköissä asioidaan useimmiten henkilöautolla (Kalenoja 2010). Keskustan tuntumassa sijaitsemisen lisäksi sijainti päätien varrella näyttäisi vaikuttavan päästöjä vähentävästi. Blackin (2002) mukaan ajokilometrien määrä onkin yksi tärkeimmistä kestävyiden indikaattoreista. Kaupunkirakenteen tiiviyden on sekä ympäristöllisestä että sosiaalisesta näkökulmasta kestävä, koska palvelut ovat paremmin eri väestöryhmien saavutettavissa (Preston ja Rajé 2007).

CO₂-hankkeessa tehty työ on osoittanut, että paikkatietomenetelmin voidaan tuottaa konkreettisia tunnuslukuja päätöksentekoon. On kuitenkin huomioitava, että mallinnettaessa todellisessa elämässä

tapahtuvia ilmiöitä joudutaan tekemään yleistyksiä muun muassa asukkaiden asiointikäyttäytymisen ja reitinvalinnan suhteen. Lisäksi analyyseissä tarkastellaan pelkästään yksiköiden sijaintia, ja yksikön koko huomioidaan vain karkeana kahtiajakona suurimpiin suuryksiköihin ja päivittäistavarakaupan suuryksiköihin, jotta menetelmä saadaan pidettyä yksinkertaisena. Raportissa esitetyt menetelmät voidaan kuitenkin käyttää muiden analyysien rinnalla ja päätöksenteon tukena. Ongelmana paikkatietomenetelmien käytössä voi olla riittävän tarkkojen aineistojen saatavuus sekä massiivisten tietomäärien aiheuttamat pitkät tietokoneen ajoajat. Paikkatietomenetelmien, ja siten myös raportissa esitettyjen mallien, käytön etuna on, että niitä voidaan soveltaa eri tutkimusalueille ja myös muihin tilanteisiin kuin tässä raportissa on esitetty. Analyyseihin voitaisiin ottaa mukaan esimerkiksi rakenteilla olevien ja suunniteltujen asuinalueiden asuntokannat ja arvioida niiden vaikutuksia kauppa-kohtaisiin hiilidioksidipäästöihin.

Lähteet

- Bertolini, L. & F. le Clercq (2003). Urban development without more mobility by car? Lessons from Amsterdam, a multimodal urban region. *Environment and Planning* vol. A 35, 575–589.
- Black, W. R. (2002). Sustainable transport and potential mobility. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* vol. 2 (3), 179–196.
- ESRI (2009). How Linear Directional Mean works. ArcGIS Desktop 9.3 Help. <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>. 12.11.2010.
- Fulton, L. (2001). *Sustainable Transport: New Insights from the IEA's Worldwide Transit Study*. International Energy Agency.
- Harris, C. D. (1954). The market as a factor in the localization of industry in the United States. *Annals of the Association of American Geographers* vol. 44, 315–348.

- Hay, A. (2005). The transport implications of planning policy guidance on the location of superstores in England and Wales: simulations and case study. *Journal of Transport Geography* vol. 13, 13–22.
- HLT (2006). Henkilöliikennetutkimus 2004–2005. Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto ja Ratahallintokeskus. http://www.hlt.fi/HTL04_loppuraportti.pdf. 2.11.2010.
- Holl, A. (2007). Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building programme. *Journal of Transport Geography* vol. 15, 286–297.
- Kahn Ribeiro, S., S. Kobayashi, M. Beuthe, J. Gasca, D. Greene, D. S. Lee, Y. Muromachi, P. J. Newton, S. Plotkin, D. Sperling, R. Wit & P. J. Zhou (2007). Transport and its infrastructure. Teoksessa Metz, B., O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave & L. A. Meyer (toim.): *Climate Change 2007: Mitigation*. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Kalenoja, H. (2010). *Oulun seudun liikennetutkimus 2009*. Osaraportti 1: Henkilöhaastattelut. Oulun seutu, Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus ja Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Karhu, M. (2009) (toim.). Oulun seudun ilmastostrategia. <http://www.ouka.fi/ymparisto/pdf/Oulun%20seudun%20ilmastostrategia.pdf>. 4.11.2010.
- Liikennevirasto (2010). Digiroad kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä. <http://www.digiroad.fi/>.
- MRL 58.4 §. Maankäyttö- ja rakennuslaki. 11.6.2004/476.
- MRL 114 §. Vähittäiskaupan suuryksikkö. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.
- Oulun seutu (2006). Oulun seudun yleiskaava 2020. Kaupan suuryksiköiden sijoittuminen Oulun seudulla. <http://www.ouka.fi/seutu/hankkeet/yleiskaava/>. 4.11.2010.
- Palmgren, U. (2010). Joukkoliikenneverkosto ja kaupan suuryksiköiden saavutettavuus Oulun seudulla. Pro gradu -tutkielma. Maantieteen laitos, Oulun yliopisto.
- Preston, J. & F. Rajé (2007). Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography* vol. 15, 151–160.
- Spurr, T. (2005). *Construction of a Detailed Deterministic User-Equilibrium Traffic Assignment Model for the Greater Montreal Area Using Geographic Information Systems*. McGill University, Montreal.
- SYKE (2010). Yhdyskuntarakenteen seurannan tietojärjestelmä. Suomen ympäristökeskus. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=162759&lan=FI>. 11.11.2010.
- Thériault, M., M.-H. Vandersmissen, M. Lee-Gosselin & D. Leroux (1999). Modelling commuter trip length and duration within GIS: application to an O–D survey. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis* vol. 3 (1), 40–56.
- Tilastokeskus (2010). Hiilidioksidipäästöt Suomessa 1990, 1995–2008. http://tilastokeskus.fi/til/khki/2008/khki_2008_2010-04-23_tau_002.fi.html. 25.10.2010.
- Valtioneuvosto (2008). Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 6.11.2008. Saatavana internetistä <http://www.tem.fi>. 11.11.2010.
- VTT (2009). LIPASTO, liikenteen päästöt. Liikennevälineiden yksikköpäästöt. Tieliikenteen henkilöliikenne. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkilo_tie.htm. 8.6.2009.
- Ympäristöministeriö (2008). Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkistaminen. <http://www.ymparisto.fi>. 4.11.2010.
- Yrjölä, A. (2009). Selvitys seudullisista kaupan hankkeista 2008. Ympäristöministeriön raportteja 2/2009. Ympäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi>. 25.10.2010.