

# **Ihmisen yksilöllisen elinpiirin määrittäminen paikka- tietomenetelmillä**

Menetelmien vertailu ja arviointi

Joonas Rikala

Maantiede (Paikkatietotutkimus)

pro gradu -tutkielma

Laajuus: 30 op

Ohjaaja:

Niina Käyhkö

6.4.2023

Turku

Pro gradu -tutkielma

**Pääaine:** Maantiede

**Tekijä:** Joonas Rikala

**Otsikko:** Ihmisen yksilöllisen elinpiirin määrittäminen paikkatietomenetelmillä – Menetelmien vertailu ja arviointi

**Ohjaaja:** Niina Käyhkö

**Sivumäärä:** 52 sivua

**Päivämäärä:** 6.4.2023

---

Jokaisella ihmisellä on elinpiiri, joka voidaan mallintaa paikkatietomenetelmillä tarvittavan datan ollessa saatavilla. Yleisimmin tällaisena datana toimii pistejoukko, joka kertoo yksilön liikkumisesta, mutta joissain tapauksissa voidaan käyttää pelkkää asuinpaikkatietoa. Elinpiirejä mallintavia polygonirajauksia on tehty monilla eri menetelmillä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa vertailevaa ja arvioivaa tietoa tutkimukseen valituista elinpiirirajauksien muodostamiseen käytetyistä menetelmistä. Tutkimukseen valitut menetelmät olivat ympyräbufferit, tieverkostobufferit, keskihajontaellipsit, konveksiverhot sekä kustomoidut konveksiverhot. Tutkimuksessa tarkasteltiin menetelmien tuottamia elinpiirirajauspolygoneja, arvioitiin menetelmiä arviointikriteerien perusteella sekä pohdittiin menetelmien käyttökelpoisuutta.

Aineistona käytettiin *Tamperealaisten hyvinvointi* -kyselyn tuloksia vuodelta 2021. Osana kyselyä tamperealaisia pyydettiin merkitsemään kartalle mieluisia ja epämieluisia paikkoja. Lisäksi kysyttiin tilastoaluetta, jolla vastaaja asui kyselyn hetkellä. Vastaajien merkitsemät karttamerkinnot sekä tilastoaluetiedoista muodostetut kotipisteet muodostivat yhdessä pistejoukon, jolla yksittäiselle vastaajalle luotiin elinpiirirajaus käyttäen eri menetelmiä. Jotkut menetelmistä käyttivät ainoastaan kotipistetietoa, kun taas toiset menetelmät hyödynsivät koko pistejoukkoa. Luotuja elinpiirirajauksia tarkasteltiin ensin sekä visuaalisesti että pinta-alajakaumaa kuvaavien graafien avulla. Seuraavaksi menetelmiä arvioitiin kolmen hypoteeseihin perustuvan arviointikriteerin avulla. Lopuksi tunnistettiin menetelmien rajoitteita ja mahdollisuuksia sekä koottiin löydökset yhteen.

Tutkimuksessa päädyttiin yleisiin arvioihin menetelmien käytettävyydestä ja soveltuvuudesta eri tilanteisiin. Jos tutkimuksessa haluttiin tietää yksilöiden elinpiirien kokoeroista, eivät ympyrä- tai tieverkostobufferit soveltuneet tällaisiin tilanteisiin. Tämä johtui siitä, etteivät kyseiset menetelmät ottaneet huomioon yksilöiden erilaista liikkumisen määrää. Kyseiset menetelmät olivat kuitenkin hyviä, jos haluttiin tarkastella vastaajan lähielinpiiriä eli kodin välittömässä läheisyydessä olevia alueita. Ympyräbufferimenetelmässä hyvinä puolina pidettiin yksinkertaisuutta sekä helppoa käyttöä ja huonona puolena saavuttamattomien alueiden mukaan ottoa. Tieverkostobufferimenetelmässä hyvinä puolina pidettiin saavuttamattomien alueiden karsimista, mutta huonona puolena nähtiin menetelmän vaatimukset aineistoille ja työkaluille.

Loput kolme menetelmää soveltuivat hyvin kokonaisvaltaiseen elinpiirimäärittämiseen, mutta mikään niistä ei suoriutunut tehtävästään täydellisesti. Keskihajontaellipsien ja konveksiverhojen ongelmaksi muodostui niiden helposti valtavaksi paisunut koko yksittäisten pisteiden vuoksi. Lisäksi ongelmana pidettiin todella pienten elinpiirirajausten muodostumista. Kustomoitujen konveksiverhojen luotettavuus taas kärsi etäisten pisteiden poissuodattamisen takia ja menetelmä oli hieman työläämpi kuin keskihajontaellipsi- ja konveksiverhomenetelmä. Kaikki osa-alueet huomioiden kustomoitujen konveksiverhojen menetelmä näyttäytyi kaikista menetelmistä käyttökelpoisimmalta, mutta paremmuusero oli melko pieni ja jokaisen menetelmän osalta on otettava huomioon niiden heikkoudet ja vahvuudet. Tämä tutkimus tuotti yhdenlaisen vertailu ja arviointi -kokonaisuuden aiheesta, mutta elinpiiritutkimuksen kentälle jäi paljon tilaa samankaltaisillekin tutkimuksille.

---

**Avainsanat:** elinpiiri, yksilöperustainen elinpiiri, paikkatietomenetelmät, polygonirajaus, PPGIS

Master's thesis

**Subject:** Geography

**Author:** Joonas Rikala

**Title:** Determining a person's individual-centered home range using GIS – Comparison and evaluation of the methods

**Supervisor:** Niina Käyhkö

**Number of pages:** 52 pages

**Date:** 6.4.2023

---

Every person has a home range that can be modeled geospatially if the necessary data is available. Most commonly, this kind of data is a set of points that tells about an individual's movement, but in some cases only residence information can be used. Polygon boundaries modeling home ranges have been made using many different methods. The goal of this study was to produce comparative and evaluative information about the methods selected for the study. The methods chosen for the study were circular buffers, road network buffers, standard deviational ellipses, minimum convex polygons and customized minimum convex polygons. The study examined visually the home range polygons produced by the methods, evaluated the methods based on the evaluation criteria, and considered the applicability of the methods.

The results of the Tampere citizens' well-being survey were used as data. As part of the survey, Tampere residents were asked to mark their favorite and least favorite places on the map. In addition, they were asked about the statistical area in which the respondent lived at the time of the survey. The map markings marked by the respondents and the home points formed from the statistical area data together formed a set of points with which a home range was created for an individual respondent using different methods. Some of the methods used only home point data, while other methods used the entire set of points. The created home range boundaries were first examined both visually and with the help of graphs depicting the surface distribution. Next the methods were evaluated using three evaluation criteria based on hypotheses. Finally, the limitations and possibilities of the methods were identified and the findings were compiled.

The research resulted in general assessments of the methods' usability and suitability for different situations. If the research wanted to know about the size differences of individuals' home ranges, circular or road network buffers were not suitable for such situations. This was due to the fact that the methods in question did not take into account the different amount of movement of individuals. However, the methods in question were good if you wanted to look at the respondent's immediate home surroundings, i.e. the areas in the immediate vicinity of the home. In the circular buffer method, simplicity and ease of use were considered as strengths, and the inclusion of inaccessible areas was considered a weakness. In the road network buffer method, the pruning of inaccessible areas was seen as a positive aspect, but the method's requirements for data and tools were seen as a negative aspect.

The remaining three methods were well suited for comprehensive home range determination, but none of them performed their task perfectly. The problem with standard deviational ellipses and minimum convex polygons was that they easily swelled to enormous size due to individual points. In addition, the formation of really small home range boundaries was considered a problem. The reliability of the customized minimum convex polygons suffered due to the filtering out of distant points and the method was slightly more laborious than the standard deviational ellipse and minimum convex polygon method. Taking into account all areas, the method of customized minimum convex polygons appeared to be the most usable of all methods, but the difference in superiority was quite small and for each method, their weaknesses and strengths must be taken into account. This study produced a kind of comparison and evaluation on the subject, but there was left a lot of room for similar studies in the field of home range research.

---

**Key words:** Home range, Activity space, Home zone, Individual-based neighborhood, PPGIS

# Sisällysluettelo

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Johdanto</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Teoreettinen viitekehys</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1      | Keskeiset käsitteet  | 7         |
| 2.2      | Ihmisen elinpiiriin liittyvä maantieteellinen tutkimus                 | 11        |
| 2.3      | Elinpiirin alueellinen määrittely ja laskeminen                        | 13        |
| 2.3.1    | Hallinnollisiin tai tilastollisiin rajoihin pohjautuva elinpiirirajaus | 13        |
| 2.3.2    | Yksilöperustaisen elinpiirirajauksen määrittäminen                     | 14        |
| <b>3</b> | <b>Aineistot ja menetelmät</b>   | <b>18</b> |
| 3.1      | Tutkimusasetelma   | 18        |
| 3.2      | Tamperelaisten hyvinvointi -kysely                                     | 19        |
| 3.3      | Kyselyn paikkatietoaineisto  | 20        |
| 3.4      | Muut tutkimusaineistot   | 22        |
| 3.5      | Kyselyn paikkatietoaineiston esikäsittely                              | 22        |
| 3.6      | Yksilöperustaisen elinpiirirajauksen menetelmät                        | 27        |
| 3.6.1    | Ympyräbufferi  | 27        |
| 3.6.2    | Tieverkostobufferi   | 27        |
| 3.6.3    | Keskihajontaellipsi  | 28        |
| 3.6.4    | Konveksiverho  | 28        |
| 3.6.5    | Kustomoitu konveksiverho   | 29        |
| 3.7      | Tilastomenetelmät  | 30        |
| <b>4</b> | <b>Tulokset</b>  | <b>31</b> |
| 4.1      | Menetelmien tuottamat elinpiirirajaukset                               | 31        |
| 4.2      | Hypoteesien toteutuminen menetelmissä                                  | 36        |
| 4.3      | Menetelmien käyttökelpoisuuden arviointi                               | 38        |
| <b>5</b> | <b>Tulosten tarkastelu</b>   | <b>44</b> |
| 5.1      | Tulosten suhteutuminen aikaisempiin tutkimuksiin                       | 44        |
| 5.2      | Tutkimusasetelman tarkastelu   | 45        |
|          | <b>Kiitokset</b>   | <b>46</b> |
|          | <b>Lähteet</b>   | <b>47</b> |

# 1 Johdanto

Jokaisella ihmisellä on alueellinen elinpiiri. Elinpiiri on hyvin dynaaminen kokonaisuus. Sen koko, muoto ja välillä myös paikka muuttuvat jatkuvasti. Elinpiiriin vaikuttavat lukemattomat eri tekijät; esimerkiksi ikä, asuinpaikka, sosiaaliset verkostot, varallisuus, harrastukset, työt, terveys, elämäntilanne, pelot, rakennettu ympäristö, kulttuuri ja tavat vain muutama mainittuna. Jonkun ihmisen elinpiiri voi koostua lähinnä kodin, lähikaupan ja ikäihmisten kohtaamispaikan muodostamasta pienestä alueesta. Jollain toisella ihmisellä pelkästään työhön liittyvä liikkuminen voi muodostaa valtavan elinpiirin.

Elinpiirejä on tutkittu paikkatietomenetelmiä käyttäen jo monen vuosikymmenen ajan. Esimerkiksi Arcury ym. (2005) tutkivat elinpiirien avulla terveystietopalveluiden käyttöä maaseutualueilla ja Oliver ym. (2007) vertailivat elinpiirien rajauksiin käytettäviä ympyrä- ja tieverkostobuffereita keskenään. Teknologian kehityksen ja teoriapohjan vahventumisen myötä on aihepiiriin tehty viime vuosina myös uusia avauksia. Hazansadeh ym. (2017) kehittivät elinpiirirajauksille uusia arviointikriteerejä, joita tässäkin tutkimuksessa käytetään. Jotkin tutkimukset keskittyvät tarkastelemaan elinpiirien muodostamista ja toiset taas hyödyntävät olemassa olevia elinpiireihin liittyviä menetelmiä osana muuta tutkimusta.

Elinpiiritutkimukset ovat osoittaneet selviä yhteyksiä elinpiirien kokojen ja ihmisten ominaisuuksien välillä. Yleisesti ottaen ihmisen elinpiiri pienenee vanhetessa keski-ikänsä jälkeen (Yen ym. 2009), ja tiheimmin asutuilla alueilla ihmisten elinpiirit ovat keskimäärin pienempiä kuin harvaan asutuilla alueilla (Krizek 2003). On myös havaittu, että hyväksi terveytensä kokevilla henkilöillä on isompi elinpiiri kuin terveytensä huonoksi kokevilla (Milton ym. 2015). Lisäksi saman asuinalueen jakavilla ihmisillä on suhteellisen samankokoinen elinpiiri verrattuna toisen maantieteellisen asuinalueen asukkaisiin (Vallée ym. 2014).

Vaikka elinpiireihin liittyvää tutkimusta on tehty jo useamman vuosikymmenen ajan, puuttuu elinpiiritutkimuksen kentältä kokonaisvaltaiset tutkimukset liittyen erilaisiin menetelmiin muodostaa elinpiirirajaukset. Tällaisia tutkimuksia kyllä tavallaan on, mutta ne keskittyvät vertailemaan joko kahta erilaista tapaa keskenään (esim. Oliver ym. 2007) tai kehittämään uusia menetelmiä (esim. Hazansadeh ym. 2017). Tämän tutkimuksen on tarkoitus vastata tähän tarpeeseen ja keskittyä useiden menetelmien keskinäiseen vertailuun ja arviointiin.

Elinpiirirajausten alueellisia menetelmiä on useita. Elinpiirejä on muodostettu esimerkiksi ympyräbuffereilla, tieverkostobuffereilla, keskihajontaellipseilla, ydinestimoinnilla, konveksiverhoilla ja kustomoiduilla konveksiverhoilla (Hazansadeh ym. 2017). Tähän tutkimukseen on valittu viisi keskeistä menetelmää. Näitä erilaisia paikkatietomenetelmiä tarvitaan elinpiirirajausten muodostamiseen, jotta elinpiirit voidaan saattaa maantieteellisesti mitattaviksi ja vertailtaviksi alueiksi. Eri menetelmät eroavat toisistaan erityisesti kompleksisuutensa, matemaattisen luonteensa sekä tuottamiensa tulosten suhteen.

Tämän tutkimuksen päätavoitteena on vertailla ja arvioida paikkatietomenetelmiä, joiden avulla muodostetaan yksilöperustaisia elinpiirirajauksia alueellisesti. Tutkimuksessa käytetään erilaisia paikkatietomenetelmiä, joiden perusteella lasketaan yksilöperustaiset elinpiirirajaukset *Tamperelaisten hyvinvointi* -kyselyn pisteaineistosta. Elinpiirirajauksia vertaillaan keskenään ja tarkastellaan valittujen arviointikriteerien perusteella. Tutkimuksessa käytetään Hazansadehin ym. (2017) muodostamia arviointikriteerejä. Kyseisessä tutkimuksessa arviointikriteerejä käytettiin vain yhdelle menetelmälle, mutta ne soveltuvat ja ovat tarkoitettu käytettäväksi myös muille menetelmille. Päätavoitteeseen pyritään kolmen tutkimuskysymyksen avulla:

1. Millaista elinpiiriin liittyvää alueellista tietoa eri menetelmät tuottavat?
2. Kuinka hyviä menetelmät ovat arviointikriteerien perusteella?
3. Kuinka käyttökelpoisia menetelmät ovat?

## 2 Teoreettinen viitekehys

### 2.1 Keskeiset käsitteet

Elinpiiritutkimuksen keskeisin käsite on elinpiiri, jonka määrittelemiseen liittyy monia eri tekijöitä. Yksi tällainen tekijä on liikkuminen, koska ilman liikkumista ihmisen elinpiiri rajoittuu vain hänen välittömään ympäristöönsä. Ihmislajin koko olemassaolon aikana ihmisen liikkuminen on ollut lähes yksinomaan ruoanhankintaan liittyvää (Ollikainen 2019). Vasta viimeisimpien vuosituhansien aikana ruoantuotannon vakiintuessa syyt liikkumiselle ovat monipuolistuneet. Nykypäivään tultaessa syyt liikkumiselle tai liikkumattomuudelle ovat vain kasvaaneet. Nykyään syy keskivertoihmisen liikkumiselle voi olla esimerkiksi ruoan hankinta, tavaroiden ostaminen, työ, matkailu, vieraileminen, harrastaminen, muuttaminen, juhlinta, sairastaminen ja niin edelleen. Syyt liikkumiselle ovat monipuolistuneet merkittävästi metsästäjä-keräilijän tarpeesta hankkia ruokaa elossa pysymiseksi.

Liikkumiseen ja sitä myötä ihmisen elinpiiriin vaikuttavat esimerkiksi ikä, terveys, sukupuoli, auton omistaminen, kaveripiiri, sukulaiset, kulttuuri ja varallisuus. Nämä ominaisuudet voivat osaltaan olla lisäämässä tai rajoittamassa liikkumista riippuen ominaisuuden laadusta. Erityisesti nykyisessä globaalissa markkinataloudessa varallisuus luo mielenkiintoisia muutoksia liikkuvuuteen. Samalla kun varakkaat ihmiset voivat varallisuudellaan matkustaa helposti kauas, voivat he myös tilata ruokaostoksensa ja ravintolaruokansa suoraan kotiovellensa. Ominaisuudet eivät siis välttämättä vaikuta liikkuvuuteen ja elinpiiriin yksioikoisesti vaan niiden tuottama vaikutus voi olla hyvinkin monitahoinen.

Nykyään liikkuminen ja sitä kautta elinpiiri on yhdistetty vahvasti myös eettisyyteen ilmastonmuutoksen kannalta. Liikkumiseen käytetään monesti jonkinlaista kulkuneuvoa, esimerkiksi omaa autoa, jolloin liikkuminen aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Viime vuosina muun muassa autoilun tarve liikkumiseen eri puolilla Suomea on herättänyt kiivasta keskustelua (Soivio 2022). Helsingin Sanomien mielipidekirjoituksessa vuodelta 2022 todettiin näin: ”...maaseudulla, jossa auto on välttämättömyys...sitä vastoin auto ei ole välttämättömyys kaupungeissa, joissa on toimiva joukkoliikenne ja jossa pääsee kattavasti paikasta toiseen joko bussilla, raitiovaunulla tai junalla – muutaman minuutin välein”. Ajatus liikkumisen määrän rajoittamisesta tai kohtuullistamisesta on rantautunut yhteiskunnan eri osa-alueille: aluesuunnittelussa puhutaan yhteiskuntarakenteen tiivistämisestä ja työelämään on ilmaantunut termi kimpakyyti (Ilmastonmuutos vaatii... 2009).

Käsite *elinpiiri* kehittyi alun perin eläintieteissä, josta se siirtyi vasta myöhemmin yhteiskuntatieteisiin (Hazansadeh ym. 2017). Käsitteen kehitti amerikkalainen eläintieteilijä William Henry Burt, joka vuoden 1943 artikkelissaan *Territoriality and home range concepts as applied to mammals* määritteli elinpiirin (engl. home range) tarkoittavan aluetta, jossa eläin suorittaa normaaleja päivittäisiä rutiinejaan (Burt 1943). Eläinten maailmassa lisäksi käsitteet reviiri ja territorio ovat suhteellisen lähellä elinpiiriä. Reviiriin ja territorioon liittyvät kuitenkin elinpiiriä vahvemmin alueen puolustamisen ja sen omimisen ulottuvuus (Reviiri 2022, Territorio 2022). Reviirin ja territorion käsitteet eivät ole siis elinpiirin synonyymejä, vaikka niistä löytyy paljon yhteistä.

Suomenkielisessä kirjallisuudessa sana *elinpiiri* on hallitseva käsite, kun käsitellään elinpiirin konseptia, mutta englanninkielisessä kirjallisuudessa samalle konseptille on muodostunut suuri määrä erilaisia käsitteitä. Näitä ovat muun muassa *home range*, *activity space*, *neighborhood*, *home zone* ja *activity-travel boundary* (Buliung & Kanaroglou 2006, Hazansadeh ym. 2017). Vaikka käsitteitä on useita ja ne lähestyvät elinpiirin konseptia hieman eri näkökulmista, käsittelevät ne elinpiirin konseptin oikeastaan samalla tavalla kuin alun perin William Henry Burt vuoden 1943 artikkelissaan. Hazansadeh ym. (2017) määrittävät elinpiirin (home range) seuraavasti: ”a sub-space of activity territory encompassing frequently visited points, which are easily accessible from inhabitant’s home”. Cagney ym. (2020) määrittävät elinpiirin (activity space) taasen seuraavasti: “set of places individuals encounter as a result of their routine activities in everyday life”.

Hazansadehin ym. (2017) määrittelyssä korostuu helppokulkuisuus, jota Cagney ym. (2020) eivät määrittelyssään tuo erikseen esiin. Molemmissa määrittelyissä kuitenkin käsitetään elinpiirin olevan osa jotain suurempaa aluetta (a sub-space of activity, set of places...their routine activities), joka määräytyy usein vierailuiden pisteiden avulla (frequently visited points, set of places...in everyday life). Määrittelyissä voi olla siis jonkinlaisia sävyeroja ja korostuksia, mutta ”perusta” pysyy samana. Hazansadehin ym. (2017) korostus ei toistu Cagneyn ym. (2020) määritelmässä. Selkeää ristiriitaa näiden kahden määritelmän välille ei synny, koska oletettavaa on, että myös Cagneyn ym. (2020) määrittelyssä paikat ovat suhteellisen helposti saavutettavissa, koska niissä vierailaan rutiininomaisesti.

Määrittelyiden keskiössä ovat eri etäisyyksillä olevat usein vierailut pisteet, jotka yhdessä muodostavat yksilön elinpiirin aluemuodossa. Voidaankin nähdä, että elinpiirissä on kaksi ulottuvuutta: etäisyys ja useus (Tavanomainen elinpiiri 2022). Etäisyydellä tarkoitetaan pisteiden



välimatkaa toisiinsa. Jos pisteaineisto sisältää tiedon kotipisteestä, voidaan etäisyys nähdä muiden pisteiden välimatkana kotipisteestä. Useudella taas tarkoitetaan sitä, kuinka usein yksilö käy tietyssä paikassa. Elinpiiritutkimuksessa voidaan esimerkiksi pohtia sitä, kuinka usein yksilön täytyy käydä paikassa, jotta se voidaan nähdä kuuluvan elinpiiriin.

Elinpiirillä on myös tietenkin ajallinen ulottuvuus siinä mielessä, kuinka pitkältä ajalta liikkuvuutta halutaan tarkastella. Tutkimuksissa ajanjaksoa ei ole yleensä sanallisesti erikseen määritetty, koska ajallinen ulottuvuus määrittyy automaattisesti aineistonkeruuvaiheessa. Jos liikumisdataa kerätään GPS-seurantalaitteilla tutkittavilta, määrittyy ajanjakso seuranta-aikaan. Jos dataa kerätään kyselyllä, määritetään monesti se, kuinka usein paikassa täytyy vierailla, jotta se otetaan mukaan tutkimukseen (esim. Hazansadeh ym. 2017). On oletettavaa, että ihmiset miettivät tällöin eniten viimeaikaista liikkumistaan. Toisaalta ei ole tietenkään täysin pois suljettua, että joku miettisi liikkumistaan monen vuoden ajalta, jos sitä ei erikseen sanallisesti rajata pois. Tutkimuksissa elinpiirin ajallinen ulottuvuus kohdistuu siis vahvasti sen hetkiseen lähihistoriaan, jossa ei oteta huomioon monen vuoden takaista liikkumista.

Vaikka tehdyissä tutkimuksissa ajallinen kattavuus määrittyy vahvasti yksilön välittömään lähihistoriaan, on liikkuvuuden ajallinen ulottuvuus itsessään monimutkainen ja valtava kokonaisuus. Ihmisen liikkuvuus ja sitä kautta elinpiiri muuttuu eliniän aikana yleensä valtavasti. Vauvaiässä fyysinen kehittyminen avaa liikkumisen mahdollisuuksia ja vanhana fyysinen heikkeneminen taas rajoittaa sitä vahvasti. Elämäntyyli ja taloudelliset realiteetit voivat sekä rajoittaa että laajentaa liikkumista. Lenkkeilyharrastus voi avata uusia alueita tavanomaiseen elinpiiriin ja mahdollisuus liikkua autolla voi sekin avata mahdollisuuksia laajempaan liikkumiseen. Elinpiirin ajallisen ulottuvuuden muutoksen tutkiminen yksilötasolla on oma suuri kokonaisuutensa.

Yhteiskuntatieteissä elinpiirirajauksia on tehty pääpiirteittäin kahdella tavalla: hallinnollisiin rajoihin perustuen ja yksilöperustaisesti (Hazansadeh ym. 2017). Yksilöperustaisesta elinpiirirajauksesta (engl. individual-based home range) voidaan käyttää myös nimitystä yksilökeskeinen elinpiirirajaus (engl. individual-centered home range). Yksilöperustaisella elinpiirirajauksella tarkoitetaan sellaista elinpiirirajauksen tuottamista, jossa rajaus pohjautuu yksilötasolle. Kun tiedetään vastaajien kotipisteet, voidaan rajaus tehdä jokaiselle vastaajalle erikseen perustuen heidän kotipaikkaansa. Hallinnollisia rajoja käytettäessä näin ei toimita, koska esimerkiksi jokaiselle asuinalueella  $x$  asuvalle henkilölle elinpiiriksi määritetään asuinalueen  $x$  rajat (Rauh ym. 2001).

Yksilöperustainen elinpiirirajaus voidaan viedä pidemmälle, jos saadaan luotua yksilöille yksilöspesifit elinpiirirajaukset (Hazansadeh ym. 2017). Tämä vaatii käytännössä aina tietoa paikoista, joissa yksilö käy usein. Yksilöspesifeissä elinpiirirajauksissa yksilöt saavat täysin omat rajauksensa ja ne vaihtelevat muotonsa ja kokonsa suhteen. Jos tiedetään kahdelta samassa taloudessa asuvalta henkilöltä ainoastaan kotipisteet, voidaan heille muodostaa elinpiirit esimerkiksi tietylle etäisyydelle määritetyillä vyöhykkeillä kotipisteen ympärille. Tällöin elinpiirit ovat yksilökeskeisiä, mutta ne eivät ole yksilöspesifejä, koska elinpiirit ovat täysin saman muotoiset ja kokoiset. Jos tiedetään kotipisteen lisäksi samojen henkilöiden usein vierailut paikat, voidaan heille muodostaa täysin yksilölliset elinpiirit. Tällöin elinpiirit ovat sekä yksilökeskeisiä että yksilöspesifejä.

Yksilöspesifit elinpiirirajaukset vaativat siis tietoa yksilöiden usein vierailuista paikoista, jota kerätään monesti osallistavalla paikkatiedolla. Yhteiskuntatieteellisissä elinpiiritutkimuksissa kyse on PPGIS:stä (engl. public participation GIS). PPGIS-termillä tarkoitetaan osallistavaa paikkatiedon keräämistä, jossa paikkatietoa kerätään suurelta vastaajajoukolta, jotka eivät välttämättä muuten ymmärrä paikkatietoasioista paljoakaan. PPGIS-käsitteellä viitataan yleensä kehittyneissä maissa tapahtuvaan osallistavaan paikkatiedon keräämiseen, jota harjoittaa hallinnollinen taho ja joka kohdistuu kuntalaisiin/kansalaisiin (Brown & Kyttä 2014). Läheisellä termillä PGIS (engl. participatory GIS) viitataan myös osallistavaan paikkatiedon keruuseen, mutta tällöin harjoittajana ovat yleensä esimerkiksi kansalaisjärjestöt, jotka keräävät paikkatietoa kehittyvissä maissa alueiden asukkailta.

Elinpiiritutkimuksessa kerättyjen pisteiden avulla muodostetaan jollain menetelmällä polygoni. Piste merkitsee paikkaa, jossa tutkimukseen osallistuja on käynyt. Paikkatietoaineistossa se on vain hyvin yksinkertainen koordinaattitiedot omaava kohde, mutta elinpiiritutkimuksessa se saa oman merkityksensä. Luonteensa takia yksittäinen piste ei kuitenkaan sovi kuvaamaan ihmisen vierailua paikassa erityisen hyvin. Kun ihminen vierailee tietyssä paikassa, on tämä paikka yleensä enemmän aluemainen kuin pistemäinen kohde. Tästä syystä esimerkiksi Hazansadeh ym. (2017) lisäsivät tutkimuksessaan pisteiden ympärille bufferit, jotka muuttivat pisteiden luonnetta aluemaiseen suuntaan, joita vierailut paikat yleensä ovat.

Polygoni on aluemainen kohde, jolla on rajat. Elinpiiritutkimuksessa polygoni kuvastaa ihmisen elinpiiriä. Kuten pisteet myös polygonit ovat hieman ongelmallisia elinpiiritutkimuksessa. Kuten on jo huomattu, ihmisen elinpiiri on valtavan kompleksinen, muuttuva ja tietyiltä osin melko abstrakti kokonaisuus. Elinpiiritutkimuksessa tämä monitahoinen ja -säikeinen entiteetti

redusoidaan yksinkertaiseksi kuvioksi, jolla on tarkat reunat. Paikkatiedollisessa tutkimuksessa elinpiirit on kuitenkin tiivistettävä mitattaviksi muodoiksi, jotta niitä päästään tutkimaan tarkemmin. Tästä syystä tarkkarajaiset polygonit ovat käytännössä ainoa järkevä tapa tuottaa elinpiirirajaukset elinpiiritutkimuksissa. Menetelmien kehittyessä uusia tapoja voi tietysti ilmestyä.

## **2.2 Ihmisen elinpiiriin liittyvä maantieteellinen tutkimus**

Ihmisten elinpiiriä on tutkittu monesta eri näkökulmasta. Näistä erityisesti painottuvat erilaiset tutkimukset, jotka liittyvät ihmisten terveyden ja rakennetun ympäristön väliseen yhteyteen (Hazansadeh ym. 2017). Esimerkkejä on monia. Ali ym. (2005) tutkivat elinpiirin koon määrittämistä suhteessa tautien leviämiseen. Bertram ja Rehdanz (2015) tutkivat elinpiirillä olevien viheralueiden ja terveyden välistä yhteyttä. Booth ym. (2015) tutkivat elinpiirillä olevan rakennetun ympäristön ja ylipainon välistä yhteyttä. Elinpiiritutkimusta on tehty myös muun muassa liikennesuunnitteluun (esim. Buliung & Kanaroglou 2006), viheraluesuunnitteluun (esim. Korpilo ym. 2022) ja COVID-19-pandemiaan liittyen (esim. Kato ym. 2019).

Terveyden ja rakennetun ympäristön lisäksi elinpiiritutkimuksissa painottuu monesti elinpiirin koko. Yenin ym. (2009) tutkimuksessa tuli ilmi elinpiirin pienenemisen ja iän välinen korrelaatio. Krizek (2003) tutki tiheän urbaanin ympäristön ja elinpiirin koon välistä suhdetta. Hän huomasi, että suuri määrä palveluita lähellä kotia pienensi henkilön elinpiirin kokoa. Milton ym. (2015) tutkivat elinpiirin koon ja koetun terveyden välistä korrelaatiota yli 70-vuotiailla ihmisillä. He huomasivat positiivisen korrelaation näiden kahden tekijän välillä. Vallée ym. (2014) tutkivat ihmisten väestönlaskenta-alueiden ja elinpiirien välistä yhteyttä. He huomasivat tutkimuksessaan, että ihmisillä, jotka asuvat samalla väestönlaskenta-alueella, on suhteellisen samanlaiset elinpiirikoot verrattuna muiden väestönlaskenta-alueiden ihmisiin.

Jos tutkimukseen liittyy elinpiirin määrittäminen tai konsepti, on se yleensä aina osana jotain suurempaa teemaa, joista hyviä esimerkkejä ovat äsken mainitut tutkimukset. Pelkästään ihmisen elinpiirin määrittämiseen liittyviä tutkimuksia on vähemmän. Tällaisia tutkimuksia löytyy joi-takin. Esimerkiksi Wong ja Shaw (2011) tutkivat, miten yksilöperustaisten elinpiirien käyttäminen verrattuna asuinalueisiin perustuvien elinpiirien käyttöön vaikuttaa tuloksiin. Yksi uusimmista tehdyistä elinpiirin muodostamista tutkimuksista on Hazansadehin ym. (2017) tutkimus, jossa he muodostivat uuden tavan muodostaa elinpiirirajaus sekä rakensivat uudet arviointikriteerit menetelmien arvioimiseksi.

Elinpiirien määrittämisen ja laskemisen tutkiminen on ollut yleisempää eläinten elinpiirien tutkimisen parissa. Seaman ja Powell (1996) tutkivat ydinestimoinnilla luotuja elinpiirirajauksia. Nilsen ym. (2008) tutkivat konveksiverhon käyttöä elinpiirirajauksen muodostamiseen verrattuna ydinestimointiin. Heidän mukaansa konveksiverhon käyttöä on pidetty yleisesti ydinestimointia arvaamattomampana menetelmänä. Boitani ja Fuller (2000) käsitelivät kirjassaan sekä konveksiverhon että buffereiden käyttöä eläinten elinpiirirajauksiin. He pitivät molempia menetelmiä kehoina. Konveksiverhoissa yksittäiset äärimmäiset pisteet tuovat valtavia alueita lisää rajaukseen ja buffereissa huonona piirteenä he näkivät niiden muodon geneerisyyden.

Elinpiiritutkimuksesta, ainakin ihmisten elinpiirien tutkimuksesta, vaikuttaa puuttuvan tutkimukset, jotka kattavasti vertailevat ja arvioivat elinpiirirajausmenetelmiä. Tutkimukset keskittyvät käytännössä aina pieneen osa-alueeseen aihetta, esimerkiksi yhden rajaustavan paremmuuteen verrattuna toiseen tapaan (esim. Wong & Shaw 2011). Tässä suhteessa Hazansadehin ym. (2017) tutkimus oli harvinaisen kokonaisvaltainen siinä, että tutkimuksessa luotiin arviointikriteerejä kaikkia yksilöperustaisia elinpiirirajausmenetelmiä silmällä pitäen. Näin monen ja kattavan arviointikriteerin luominen elinpiirirajausmenetelmiä varten oli varsin tarpeellista. Kyseisen tutkimuksen jälkeenkin jää paljon tilaa tutkimuksille, jotka tarkastelevat erilaisia elinpiirirajausmenetelmiä kokonaisvaltaisesti.

Elinpiiritutkimuksessa on hyvä tiedostaa, että vaikka yksilöspesifit elinpiirit ovat suhteellisen tarkkoja, ovat ne silti vain estimaatteja. ”Täydellistä” elinpiirimäärittystä on mahdotonta saavuttaa. Ensiksikin ongelmana on täydellisen elinpiirin määritelmä. Ei ole olemassa määritelmää sille, mikä on paras ja oikea tapa määrittää elinpiiri. Elinpiirin määrittelyyn vaikuttaa aina se, mistä lähtökohdasta elinpiiriä halutaan tutkia. Vaikka olisikin konsensus parhaasta tavasta elinpiirin määrittämiseen, voi datan kerääminen tuottaa epätarkkuutta. Jatkuvalle GPS-seurannalla voidaan mahdollisesti päästä kaiken liikkumisen kattavaan tilanteeseen, mutta monesti elinpiiritutkimuksissa käytettävissä PPGIS-kyselyissä vastaajan kaikki liikkuminen ei tule tietoon.

Karttapohjaiset PPGIS-kyselyt ovat elinpiiritutkimuksessa melko yleisiä. Niitä ovat käyttäneet tutkimuksissaan muun muassa Hazansadeh ym. (2017) sekä Kytä ym. (2016). Tutkimuksissa käytettiin PPGIS-kyselyitä, joissa vastaajat merkitsivät vierailemiaan paikkoja kartalle omatoimisesti. Toinen yleinen tapa aineiston keräämiseen elinpiiritutkimuksissa on GPS-seuranta, jota on toteuttanut esimerkiksi Zenk ym. (2011). Molemmat tavat vaativat jonkin verran valmistelua ennen aineiston keräämistä. PPGIS-kyselyt on rakennettava tavoitteeseensa sopivalla tavalla ja

samalla on huolehdittava tarpeeksi korkeasta vastausmäärästä. GPS-seurantaan on hankittava seurantalaitteet ja löydettävä tutkimukseen sopivat henkilöt.

Vaikka elinpiirin konsepti tutkimuksissa onkin yleisellä tasolla sama, etäisyyden ja useuden ulottuvuuksissa on joitakin eroja tutkimuksien kesken. Joissakin tutkimuksissa etäisyyden ulottuvuutta ei ole käytännössä rajattu. Pisteiden etäisyydellä kotipisteestä tai muista pisteistä ei siis ole ollut merkitystä siihen, lasketaanko kyseinen piste mukaan elinpiiriin (esim. Buliung ja Kanaroglou 2006). Toisissa tutkimuksissa etäisyyden ulottuvuutta taas on rajoitettu. Tämä voi johtua suoraan esimerkiksi käytetystä metodista. Keskihajontaellipsiä käytettäessä luotu elinpiirirajauspolygoni kattaa vain noin  $\frac{2}{3}$  pisteistä, vaikka jokainen piste rajaukseen vaikuttaakin (Arcury ym. 2005). Etäisyyden ulottuvuutta voidaan rajata myös määrittämällä itse jokin tietty raja-arvo. Esimerkiksi Hazansadehin ym. (2017) tutkimuksessa pisteet, jotka olivat yli 2,6 kilometrin etäisyydellä kotipisteestä, pudotettiin pois.

Kun etäisyyden ulottuvuutta rajoitetaan yleensä vasta käytetyissä laskentamenetelmissä, useuden ulottuvuutta rajoitetaan jo aineistonkeruussa. Esimerkiksi on voitu pyytää merkitsemään kohteita, joissa vastaaja on käynyt ainakin kerran kuussa (Hazansadeh ym. 2017). Useuden rajoittaminen jo aineiston keräysvaiheessa on ymmärrettävää, koska ei ole syytä kerätä vastaajilta pisteitä, jotka eivät sisälly määritettyyn useuden ulottuvuuteen. Etäisyyden ulottuvuuden rajoittaminen on taasen hyvä tehdä vasta laskentavaiheessa. Tämä siitä syystä, että kaukaisiakin pisteitä saatetaan tarvita (keskihajontaellipsin käyttö) tai koska rajoittaminen aineiston keräysvaiheessa tuottaisi turhauttavaa lisätyötä vastaajille. Esimerkiksi jos vastaajia kielletäisiin merkitsemästä pisteistä, jotka ovat yli 5 kilometrin etäisyydellä heidän kodistaan, lisäisi se kyselyn kompleksisuutta ja sitä kautta vähentäisi todennäköisesti vastausmääriä.

## 2.3 Elinpiirin alueellinen määrittely ja laskeminen

### 2.3.1 Hallinnollisiin tai tilastollisiin rajoihin pohjautuva elinpiirirajaus

Merkittävänä jakolinjana elinpiirin muodostamisessa on elinpiirirajauksen perustuminen joko yksilöperustaisesti tai hallinnollisiin/tilastollisiin rajoihin pohjautuen. Tilastollisia rajoja ovat käyttäneet esimerkiksi Rauh ym. (2001), kun he käyttivät elinpiirirajauksina New Yorkin terveysalueita (health areas), jotka koostuvat 4–6 väestönlaskenta-alueesta. Heidän tutkimuksensa

liittyi synnyttäjien ikään, elinpiiriin sekä lasten syntymäpainoon. Myös Pearl ym. (2001) käyttivät tutkimuksessaan väestönlaskenta-alueita Kalifornian alueella. Aihepiiriltään samankaltaisessa tutkimuksessaan he tutkivat elinpiirialueen sosioekonomisten tekijöiden ja lasten syntymäpainon välistä yhteyttä.

Tällaisia joko hallinnollisiin tai tilastollisiin rajoihin pohjautuvia elinpiirimäärityksiä on helppo käyttää siinä suhteessa, että niistä löytyy yleensä tilastotietoa, jota voidaan käyttää tutkimuksessa. Lisäksi sekä hallinnollisista että tilastollisista alueista löytyy yleensä helposti saatavilla olevaa paikkatietodataa. Tätä onkin pidetty yhtenä pääsyynä niiden käyttöön (Perchoux ym. 2013). Esimerkiksi kaupungeilla ja kunnilla on monesti omat paikkatietolatauspalvelunsa, joista hallinnolliset ja tilastolliset alueet saa helposti ladattua käyttöönsä. Tällaisia elinpiirimäärityksiä käytettäessä voidaan mahdollisesti ohittaa kokonaan työläs datankeräys kyselyjen avulla. Hallinnollisten ja tilastollisten rajojen käyttöön ei myöskään sisälly samanlaista huolta yksityisyyden suojan rikkomisesta kuin yksilöperustaisten menetelmien käytön kanssa.

Monista hyödyllisistä ja helpottavista puolista huolimatta hallinnollisia ja tilastollisia alueita on pidetty huonona tapana määrittää elinpiiri (Lee ym. 2008). Hallinnolliset ja tilastolliset alueet ovat tietyn kokoisia ja on vaikea varmistua siitä, että ne kuvaisivat alueen asukkaiden elinpiiriä hyvin. Alueet myös vaihtelevat kooltaan sekä muodoltaan ja myös näiden sopivuutta on vaikea arvioida. Hallinnollisten ja tilastollisten alueiden käyttö ei ota huomioon sitä, asuuko henkilö tilastoalueen keskellä vai reunalla. Hallinnollisten ja tilastollisten aluerajausten muodostamisen taustalla eivät ainakaan pääosassa ole analyysit alueen asukkaiden elinpiiristä, vaan rajanvedot perustuvat muihin tekijöihin. Ylipäätänsä hallinnollisiin tai tilastollisiin rajoihin perustuva elinpiirimääritys on melko pakotettu tapa toimia ilman kunnollisia keinoja varmistaa tavan sopivuutta kulloisessakin tilanteessa.

### 2.3.2 Yksilöperustaisen elinpiirirajauksen määrittäminen

Hyvänä vaihtoehtona hallinnollisille tai tilastollisille elinpiirirajauksille on pidetty yksilöperustaisia elinpiirirajauksia (Wong & Shaw 2011). Ne ottavat paljon paremmin huomioon yksilön. Kun käytetään hallinnollisia tai tilastollisia rajoja elinpiirirajauksena, rajat määrittävät yksilön elinpiirin. Kun taas käytetään yksilöperustaisia elinpiirirajauksia, yksilö määrittää rajat elinpiirille. Yksilöperustaiset elinpiirirajaukset eivät myöskään ole yhtä jäykkiä verrattuna hallinnollisiin ja tilastollisiin alueisiin perustuviin elinpiirirajauksiin. Monet yksilöperustaisten rajausmenetelmien rajaukset saavat kokonsa ja muotonsa yksilöä koskevista datapisteistä. Hallinnol-

liset ja tilastolliset alueet taas pysyvät samankokoisina ja muotoisina riippumatta yksilöstä. Niiden muoto ja koko muuttuu ainoastaan siinä tapauksessa, että niitä yhdistetään keskenään (esim. Rauh ym. 2001).

Yleisin tapa muodostaa yksilöperustainen elinpiirirajaus on käyttää buffereita (Hazansadeh ym. 2017). Yksi tällaisista tavoista on luoda ympyräbufferi. Ympyräbufferi luodaan vastaajan kotipisteen ympärille tietyllä etäisyysarvolla. Ympyräbufferirajauksista ovat käyttäneet esimerkiksi Kyttä ym. (2016), kun he tutkivat onnellisuuden kokemista urbaanissa ympäristössä käyttäen ympyräbufferirajauksella muodostettuja elinpiirejä. Samaa rajausmenetelmää ovat käyttäneet myös Jago ym. (2005), kun he tutkivat elinpiirillä olevien ympäristötekijöiden ja teini-ikäisten poikien fyysisen aktiivisuuden välistä yhteyttä. Ympyräbufferia käytettäessä on määritettävä bufferille etäisyys eli sen koko. Yleensä käytetty arvo on linkitetty helposti käveltäväseen matkaan kotipisteestä (Hazansadeh ym. 2017). Tämä on tarkoittanut noin puolen kilometrin etäisyyttä (sädetä). Esimerkiksi Jago ym. (2005) käyttivät arvona 400 metriä ja Kyttä ym. (2016) 500 metriä. Mutta toiset ovat käyttäneet arvona jopa yli 8 kilometrin etäisyyttä kotipisteestä (Gordon-Larsen ym. 2006).

Eräs toinen tapa käyttää buffereita elinpiirin määrittämiseen on käyttää tieverkostobufferia. Tässä rajaustavassa lasketaan ensin, kuinka pitkälle vastaaja pääsee kulkemaan tieverkostoa pitkin tietyssä ajassa tai tietyllä metrimäärällä. Tämän jälkeen muodostunut verkostomainen data bufferoidaan suhteellisen pienellä arvolla. Tällaista tapaa käyttivät esimerkiksi Oliver ym. (2007), kun he tutkimuksessaan vertailivat ympyräbufferien ja tieverkostobufferien tuottamien tulosten eroja liittyen maankäyttöön elinpiireillä. Elinpiirirajausmenetelmänä tieverkostobufferi on merkittävästi työlämpi kuin ympyräbufferi. Se luo toisaalta ympyräbufferia todenmukaisemman elinpiirirajauksen ottaessaan huomioon yksilön todennäköisimmät kulkureitit ja suunnat.

Buffereilla muodostetut elinpiirit ovat suhteellisen helppokäyttöisiä (erityisesti ympyräbufferit), mutta yksilöperustaisten elinpiirirajausmenetelmien joukossa ne ovat huonoimmasta päästä. Tämä johtuu niiden monista heikkouksista. Ensinnäkin valituille etäisyysarvoille on vaikeaa löytää hyviä perusteita (Hazansadeh ym. 2017). Yleensä arvoiksi valitaan helposti kävelävissä oleva etäisyys, mutta tämä on vain yleisin näkemys sopivasta etäisyysarvosta. Bufferit jättävät huomiotta tai sisällyttävät paljon alueita, joissa vastaajat oikeasti käyvät/eivät käy (Kyttä ym. 2016). Tämä johtuu bufferien geneerisestä muodosta (ympyräbufferit) ja geneeri-

sydestä ylipäänsä (kaikille vastaajille sama etäisyysarvo). Ympyräbufferit eivät ota ympäristön esteitä huomioon lainkaan ja tieverkostobufferit olettavat ihmisten kulkevan vain teitä pitkin (Lee ym. 2008).

Yleisellä tasolla tarkasteltuna buffereilla rakennetut elinpiirirajaukset ovat kyllä yksilöperustaisia, mutta eivät yksilöspesifejä (Hazansadeh ym. 2017). Tämä tarkoittaa sitä, että ne rakennetaan yksilötasolla, mutta ne eivät kuitenkaan ota yksilöiden välisiä eroja huomioon. Jokaiselle yksilölle määritetään elinpiiri heidän kotipisteensä perusteella, mutta vastaajien keskinäiset erot eivät vaikuta mitenkään elinpiirin kokoon tai muotoon. Oletetaan esimerkkihenkilöt x ja y. Henkilö x on hyvin iäkäs ja liikkuu ainoastaan hyvin lyhyitä matkoja kotinsa lähistöllä. Henkilö y on nuori, joka liikkuu hyvin laajalla alueella. Jos henkilöille x ja y muodostetaan elinpiirirajaukset ympyrä- ja tieverkostobuffereilla, ei näissä rajauksissa näy mitenkään henkilöiden erilainen liikkuvuus. Tietysti etäisyysarvoa voitaisiin säätää esimerkiksi iän perusteella, mutta näin ei tutkimuksissa ole yleisesti toimittu.

Yksilöspesifit elinpiirirajausmenetelmät ottavat huomioon myös henkilöiden väliset erot elinpiirirajauksia muodostettaessa. Yksilöspesifejä elinpiirirajausmenetelmiä ovat muun muassa keskihajontaellipsi-, ydinestimointi- ja konveksiverhomenetelmä. Näissä tavoissa vastaajilta kerättyjä datapisteitä käytetään määrittämään jokaiselle henkilölle täysin yksilöllinen elinpiiri. Keskihajontaellipsi (engl. standard deviational ellipse) on puhtaan tilastotieteellinen tapa muodostaa ellipsin muotoinen alue pistejoukon perusteella (Arcury ym. 2005). Keskihajontaellipsit kertovat pistejoukon hajaantuneisuudesta ja suuntautuneisuudesta (Directional Distribution... 2023). Keskihajontaellipsin muodostamisessa on kaksi vaihetta. Ensin pistejoukosta lasketaan keskipiste. Tämän jälkeen lasketaan keskihajonta keskipisteen kohdalta. Tällä tavoin muodostettu elinpiirirajaus on muodoltaan ellipsi, joka suuntautuu samaan suuntaan pistejoukon kanssa. Verrattuna pistejoukon muotoon ellipsi toimii keskiarvoistavana ja pehmentävänä rajausmuotona.

Keskihajontaellipsejä on käytetty ihmisten elinpiirien määrittelyssä jonkin verran. Arcury ym. (2005) ovat käyttäneet keskihajontaellipsejä elinpiirirajauksen määrittämiseen, kun he tutkivat terveystalveluiden käyttöastetta maaseutualueilla. Vastaajien elinpiirit laskettiin, jotta ymmärrettiin heidän liikkuvuutensa ja muiden tekijöiden (esim. yksityisautoilun käyttö) välinen yhteys. Zenk ym. (2011) ovat käyttäneet myös keskihajontaellipsejä, kun he tutkivat yhteyttä yksilöiden ominaisuuksien, ympäristön ominaisuuksien ja terveyteen liittyvien käytösmallien vä-



lillä. Heidän tutkimuksessaan osallistujille annettiin GPS-seurantalaitteet, jotka keräsivät datapisteitä jatkuvasti. Tällaista tapaa käytetään jonkin verran ihmisten elinpiireihin liittyvässä tutkimuksessa. Eläinten elinpiirejä tutkittaessa jatkuva GPS-seuranta on käytännössä ainoa käytetty tapa, kun kyselypohjainen tiedonkeruu ei ole mahdollista.

Myös ydinestimointia (engl. kernel density estimation) voidaan käyttää elinpiirien määrittelyssä. Samalla tavalla kuin keskihajontaellipsi myös ydinestimointi on puhtaan tilastotieteellinen menetelmä (Ydinestimointi 2022). Ydinestimointi on tiheysfunktion estimointimenetelmä, joka voidaan käsittää yleistyksenä histogrammista. Tuloksena ydinestimointi tuottaa tietoa kaikista useimmin vierailuista paikoista, eikä niinkään yhtä polygonirajausta. Tästä syystä ydinestimointia onkin käytetty yleensä yleisen esiintyvyyden/liikkuvuuden tutkimiseen (esim. Bithell 1990, Chainey ym. 2008), eikä niinkään yksittäisten ihmisten elinpiirien tutkimiseen, vaikka tämäkin olisi toki mahdollista. Ydinestimoinnin käyttö vaatii melko suurta pistedata-massaa. Jos kyseisellä tavalla tutkitaan yksilön elinpiiriä, vaatii aineistonkeruu käytännössä jatkuvaa GPS-seurantaa.

Yleisin tapa muodostaa elinpiiri pistejoukosta on käyttää minimaalista konveksipolygonia (engl. minimum convex polygon), joka matemaattisesti tunnetaan yleisemmin nimellä konveksiverho (engl. convex hull) (Hazansadeh ym. 2017). Konveksiverhossa muodostetaan polygoni pistejoukon ulommaisten pisteiden kautta (Convex hull 2022). Analogisesti tapaa voisi kuvata kuminauhan asettamisella pistejoukon ympärille. Toisin kuin keskihajontaellipsi ja ydinestimointi, ei konveksiverho ole tilastotieteellinen menetelmä, mutta täysin matemaattinen se on silti. Konveksiverhoa ovat käyttäneet esimerkiksi Buliung ja Kanaroglou (2006), kun he tutkivat ihmisten liikkuvuutta Oregonissa Portlandin kaupungissa.

Kaikki tutkijat eivät ole pitäneet keskihajontaellipsien, ydinestimoinnin ja konveksiverhojen puhtaan matemaattisesta luonteesta, vaan ovat kaivanneet tilalle jalostuneempia menetelmiä. Hazansadeh ym. (2017) kehittivät konveksiverhomenetelmää eteenpäin ja muokkasivat sitä hieman elinpiiritutkimuksiin sopivammaksi. Ensinnäkin he jättivät huomiotta pisteet, jotka vastaaja oli merkinnyt yli 2600 metrin etäisyydelle kotipisteestään. Tällä suodattamisella he kokivat jäljelle jääneiden pistejoukkojen kuvaavan paremmin elinpiirejä verrattuna koko pistejoukkoon. Toisekseen he muodostivat bufferit sekä kotipisteen (500 m) että vierailtujen paikkojen ympärille (140 m). Tällä he halusivat korostaa sekä kotipisteen että vierailtujen paikkojen olevan ennemminkin alueita kuin pieniä pisteitä.

### 3 Aineistot ja menetelmät

#### 3.1 Tutkimusasetelma

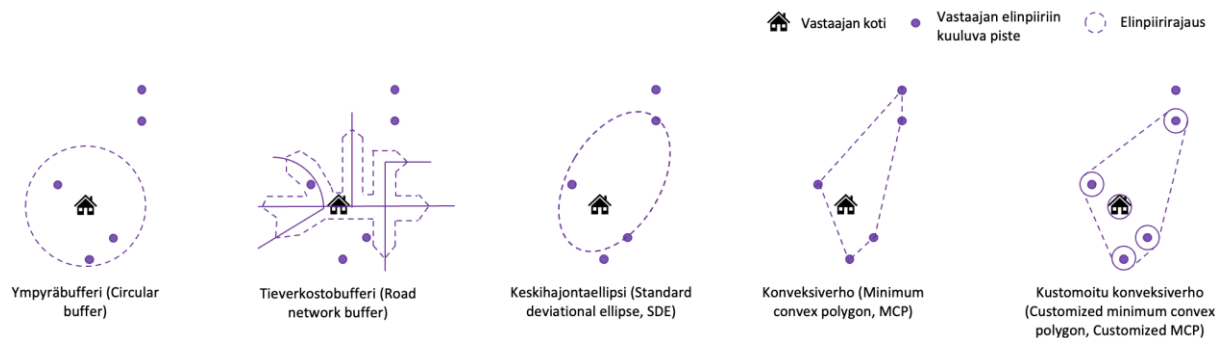
Tässä tutkimuksessa vertaillaan ja arvioidaan viittä eri elinpiirirajausmenetelmää. Tutkittavat menetelmät ovat ympyräbufferit, tieverkostobufferit, keskihajontaellipsit, konveksiverhot ja kustomoidut konveksiverhot (kuva 1). Menetelmillä luodaan yksilöperustaiset elinpiirirajaukset Tamperelaisten hyvinvointi -kyselyn vastaajille. Tuotettuja elinpiirirajausjoukkoja vertaillaan keskenään ja tutkitaan, toteuttavatko ne tiettyjä hypoteeseja. Hypoteesit perustuvat aikaisempiin tutkimuksiin, joissa on todistettu tiettyjä yhteyksiä elinpiirien kokojen ja ihmisten ominaisuuksien välillä. Hypoteesien toteutumisella voidaan arvioida elinpiirirajausmenetelmien kelvollisuutta.

Käytettäviä hypoteeseja on kolme ja ne perustuvat Hazansadehin ym. (2017) tutkimukseen. Tähän tutkimukseen Hazansadehin ym. (2017) viidestä hypoteesista valittiin kolme, jotka sopivat parhaiten tämän tutkimuksen asetelmaan. Nämä hypoteesit liittyvät vastaajan ikään (1. hypoteesi), kaupunkirakenteeseen (2. hypoteesi) ja kaupunginosan vaikutukseen (3. hypoteesi).

Ikähypoteesin mukaan ihmisten elinpiirien koko pienenee iän myötä. Hypoteesi perustuu Yenin ym. (2009) tutkimukseen, jossa havaittiin looginen yhteys iän ja elinpiirin koon välillä. Jotta elinpiirirajausmenetelmä toteuttaa ikähypoteesin, on ihmisten ikien ja heille muodostettujen elinpiirien kokojen väliltä löydettävä negatiivinen korrelaatio.

Kaupunkirakennehypoteesin mukaan ihmisillä, jotka asuvat tiheästi asutuilla alueilla, on pienemmät elinpiirit kuin heillä, jotka asuvat harvemman asukastiheyden alueilla. Tämä hypoteesi perustuu Krizekin ym. (2003) tutkimukseen, jossa havaittiin palveluiden suuren määrän johtavan ihmisten pienempiin elinpiireihin. Palveluiden määrä korreloi yleensä positiivisesti asukastiheyden kanssa. Jotta elinpiirirajausmenetelmä täyttää tämän hypoteesin, ihmisten asuinalueen väestötiheyden ja heidän elinpiirien kokojen väliltä on löydettävä negatiivinen korrelaatio.

Kaupunginosavaikutushypoteesin mukaan samoilla asuinaluilla asuvilla ihmisillä on suhteellisen samanlainen elinpiirien koko keskenään verrattuna muiden asuinalueiden ihmisten vastaavaan. Hypoteesin taustalla on Valléen ym. (2014) tutkimus, jossa tämä yhteys havaittiin. Jotta elinpiirirajausmenetelmä toteuttaa kaupunginosavaikutushypoteesin, on tämän yhteyden löydettävä yksisuuntaisessa varianssianalyysissä.



Kuva 1. Erilaisia yksilöperustaisia elinpiirirajauksia

### 3.2 Tamperelaisten hyvinvointi -kysely

Tässä tutkimuksessa aineistona käytetään Tampereen kaupungin tekemää osallistavaan paikkatietoon perustuvaa PPGIS-kyselyä nimeltään *Tamperelaisten hyvinvointi -kysely* (Tamperelaisten hyvinvointi... 2021). Tamperelaisten hyvinvointi -kysely toteutettiin vuonna 2021 ja sen tarkoituksena on ollut kartoittaa asukkaiden hyvinvointia eri asuinalueilla. Kysely toteutettiin selainpohjaisesti eli vastaamiseen tarvittiin tietokonetta. Kyselyssä on kaksi osuutta. Ensimmäisessä osuudessa kysyttiin terveyteen ja hyvinvointiin liittyviä kysymyksiä, kuten liikkumisesta, koetusta terveydestä ja päihteiden käytöstä. Toisessa osuudessa vastaajia pyydettiin merkitsemään kartalle paikkoja Tampereen alueelta, jotka he kokivat turvallisiksi, viihtyisiksi, tärkeiksi, turvattomiksi, epäviihtyisiksi tai haittaa aiheuttaviksi.

Aineistoa ei ole kerätty siitä lähtökohdasta, että sen avulla tutkittaisiin juuri elinpiirejä, mutta kerätyn paikkatiedon rakenne on sellainen, että se soveltuu hyvin myös elinpiiritutkimukseen. Aineisto on saatu käyttöön tätä tutkimusta varten Tampereen kaupungilta. Tutustuin aineistoon ollessani työharjoittelussa Tampereen kaupungilla 2021. Aineisto soveltuu tähän tutkimukseen myös siksi, että se on vastaajamäärältään riittävän suuri tutkimuksen hypoteesien testaamiseen.

Vastauksia kyselyyn saatiin yli 4500 tamperelaiselta. Vastaajista 62 % oli naisia ja 34 % miehiä. Loput 4 % eivät halunneet joko vastata kysymykseen (3 %) tai merkitsivät sukupuolekseen *Muu* (1 %). Kyselyyn vastasivat ahkerimmin 30–45-vuotiaat, joiden osuus kyselyyn vastanneista oli 38 %. Muut ikäryhmät olivat edustettuina seuraavasti: alle 18 (0 %), 18–29 (15 %), 46–54 (18 %), 55–64 (16 %), 65–74 (11 %) ja yli 75 (2 %). Suhteessa Tampereen väestörakenteeseen alle 18 ja yli 75-vuotiaat ovat kyselyssä aliedustettuina (Väestökatsaus 2022). Yliedustettuina kyselyssä ovat 30–64-vuotiaat. Lisäksi naiset ovat vahvasti yliedustettuina verrattuna miehiin.

Kyselyn tuloksia on hyödynnetty Tampereella muun muassa palveluiden suunnittelemisessa ja asuinalueiden kehittämisessä (Tamperelaisten hyvinvointi... 2022). Kyselystä tehdyt koosteet ja analyysit ovat lisänneet myös Tampereen kaupungin asiantuntijoiden ymmärrystä tamperelaisten hyvinvoinnista. Kokonaisvaltainen hyvinvointikysely avaa mielenkiintoisia näkymiä kaupunkilaisten yleiseen hyvinvointiin. Kyselystä saadaan kokonaiskuva yleisestä hyvinvoinnin tasosta, mutta sen lisäksi myös tietoa hyvinvoinnillisista eroista asukkaiden ja asuinalueiden välillä. Jos hyvinvointikyselyitä tehdään tietyin aikavälein, voidaan tuottaa tietoa myös kaupunkilaisten hyvinvoinnin ajallisista muutoksista.

### **3.3 Kyselyn paikkatietoaineisto**

Kyselyn yli 4500 vastaajaa merkitsivät yli 21 000 karttamerkintää (Tamperelaisten hyvinvointi... 2021). Karttamerkinnyt jakautuvat seitsemään eri kategoriaan: turvallinen tai viihtyisä paikka, tärkeä harrastuspaikka, tärkeä kohtaamispaikka, tärkeä viher- tai virkistysalue, paikka jossa liikenne tai liikennejärjestelyt aiheuttavat haittaa tai turvattomuutta, turvaton paikka ja viihtyisyyttä haittaava paikka. Lähes kaikilla kategorioilla on myös alakategoria. Esimerkiksi tärkeän harrastuspaikan kohdalla kysyttiin, mistä harrastuksesta oli kyse. Tässä tutkimuksessa ei käytetty kyselyn alakategoriamerkintöjä, koska tämä tieto sijaitsi samassa pisteessä kuin yläkategorian tieto, jolloin ne eivät tuottaneet lisäarvoa tutkimukselle.

Karttamerkintöjä merkitsi 3220 vastaajaa, joiden osuus kaikista vastaajista oli 70,7 %. Loput vastaajista eivät merkinneet yhtään pistettä. Eniten oli vastaajia, jotka merkitsivät vain yhden pisteen (taulukko 1). Tällaisia vastaajia oli 15 % kaikista vastaajista. Keskimäärin mitä suurempi oli pistemäärä, sitä vähemmän kyseisen pistemäärän vastanneita oli. Hieman alle puolet vastaajista oli merkinnyt enintään neljä karttamerkintää ja loppupuolikas vastaajista viidestä aina 79 pisteeseen. Kymmenen tai useamman pisteen merkinneitä oli noin viidesosa kaikista vastaajista.

Taulukko 1. Kyselyyn vastanneiden merkitsemien karttamerkintöjen määrät

| Vastaajan merkitsemien karttamerkintöjen määrä | Vastaajien määrä | Kumuloituva prosentuaalinen osuus (%) |
|--|------------------|---------------------------------------|
| 1  | 487              | 15                                    |
| 2  | 382              | 27                                    |
| 3  | 317              | 37                                    |
| 4  | 337              | 47                                    |
| 5  | 288              | 56                                    |
| 6  | 220              | 63                                    |
| 7  | 293              | 72                                    |
| 8  | 175              | 78                                    |
| 9  | 125              | 81                                    |
| 10 tai enemmän                                 | 596              | 100                                   |

Karttamerkintöjen kategoriat jakautuivat luonteeltaan positiivisiin ja negatiivisiin (Tampere-laisten hyvinvointi... 2021). Kyselyssä pyydettiin merkitsemään sekä turvallisia, viihtyisiä ja tärkeitä että turvattomia ja epäviihtyisiä paikkoja. Paikkoja kysyttiin, jotta Tampereen kaupunki voisi kiinnittää niihin jatkossa erityistä huomiota. Tietoon haluttiin sekä eri syistä mieluisia että epämieluisia paikkoja. Eniten karttamerkintöjä lisättiin kategoriaan *Turvallinen tai viihtyisä paikka* (taulukko 2). Luonteeltaan negatiivisista kategorioista eniten vastauksia saivat paikat, joissa liikenne tai liikennejärjestelyt aiheuttivat haittaa tai turvattomuutta.

Taulukko 2. Kyselyn paikkatietoaineiston karttamerkintäkategoriat merkintämäärineen

| Karttamerkintäkategoria   | Pisteiden määrä | Osuus (%) |
|---|-----------------|-----------|
| Turvallinen tai viihtyisä paikka  | 6196            | 29        |
| Paikka, jossa liikenne tai liikennejärjestelyt aiheuttavat haittaa tai turvattomuutta | 3645            | 17        |
| Tärkeä viher- tai virkistysalue   | 3683            | 17        |
| Tärkeä harrastuspaikka  | 2788            | 13        |
| Turvaton paikka   | 1840            | 9         |
| Tärkeä kohtaamispaikka  | 1692            | 8         |
| Viihtyisyyttä haittaava paikka  | 1511            | 7         |
| Yhteensä  | 21 355          | 100       |

Kun tarkastellaan koko pistemassaa, karttamerkinnyt jakautuvat Tampereen alueelle melko tassaisesti Pohjois-Tamperetta lukuun ottamatta, jossa karttamerkinnyt on merkittävasti vähemmän. Tämä selittyy ainakin osittain merkittävasti pienemmällä asukastiheydellä. Kantakaupungin (Tampereen alue pois lukien Pohjois-Tampere) osalta pistekeskittymiä on havaittavissa Tampereen keskustan sekä paikallisten keskusten alueella. Tämä on myös oletettavaa, koska keskuksissa asuu ja liikkuu paljon ihmisiä. Kategoriatasolla pisteet jakautuvat myös melko tassaisesti alueellisesti. Turvattomissa ja epäviihtyisissä pisteissä on kuitenkin nähtävissä muita kategorioita enemmän keskittymistä tiettyihin keskuksiin.

### 3.4 Muut tutkimusaineistot

*Tilastoalueita* tarvitaan tutkimuksessa, kun vastaajien kotipisteet lasketaan tilastoalueiden painopisteisiin sekä siihen, kun määritetään tilastoalueen asukasluvu. Polygonimuotoinen tilastoaluedata saadaan Tampereen kaupungin dataportaalista (Tampereen tilastoalueet 2012). Tampereen alueella on paljon *vesistöjä*, joten on syytä leikata tilastoalueista vesistöt, jotta saadaan tilastoalueiden maapinta-alat ja niiden painopisteet. Polygonimuotoinen vesistödata saadaan Suomen ympäristökeskuksen LAPIO-latauspalvelusta (Uomaverkosto 2021).

Tilastoaluedatasta ei löydy valmiiksi tietoa väestömäärästä ja tilastokeskuksen data tilastoalueiden väestöstä ei ole täysin avointa (SeutuNet: Tampereen kaupunkiseutu... 2022). Väestömäärät tilastoalueille haetaan Tampereen kaupungin WFS-rajapinnasta aineistosta *Asukastiheys hehtaarilla 05.05.2021* (Asukastiheys hehtaarilla 2021). Kartoissa käytettäväksi taustakartaksi valittiin Tampereen kaupungin WMS-rajapinnan taustakartta nimeltään *Tampereen opaskartta (VÄRI, GK24)* (Tampereen opaskartta... 2022). *Tieverkostoreititys* tieverkostobuffereille tehdään ArcGIS Onlinessa olevalla Esrin aineistolla, jonka Esrille tarjoaa HERE (Network analysis... 2022).

### 3.5 Kyselyn paikkatietoaineiston esikäsittely

Tamperelaisten hyvinvointi -kyselyn pisteitä käytetään tässä tutkimuksessa elinpiiritiedon lähteenä. Aineiston käsittely tehtiin Data Interoperability -ohjelmistolla. Kyselyn lähtökohta poikkeaa tavanomaisesta elinpiiritutkimuksen kyselystä siten, ettei Tamperelaisten hyvinvointi -kyselyä ole alun perin rakennettu elinpiiritiedon keräämistä varten. Siten myös kerätty aineisto

poikkeaa jonkin verran aineistoista, joita tavanomaisesti käytetään elinpiiritiedon rakentamiseen. Tästä syystä aineistoa täytyi suodattaa ja prosessoida melko paljon ennen kuin aineistoa pystyi käyttämään elinpiirirajausten muodostamiseen. Prosessissa pyrittiin tukeutumaan aikaisemmissa tutkimuksissa tehtyihin valintoihin aina kun mahdollista. Erilaisen lähtöaineiston takia joitakin valintoja jouduttiin tekemään erilaisten päätelmien ja tutkimuksen tavoitteisiin pohjautuvien ratkaisujen avulla ilman aikaisemmista tutkimuksista tulevaa teoriapohjaa.

Raakadatassa kyselyyn vastaajia oli 4836 ja merkittyjä pisteitä 21 355. Kyselyssä pystyi jättämään kohtia tyhjiksi sekä vastaamaan joihinkin kysymyksiin ilman ennalta määritettyä määrittelyjoukkoa, mikä aiheutti sen, ettei data ollut kaikilta osin eheää. Jos vastaajan taustatiedoissa tai hänen merkitsemissään pisteissä havaittiin ongelmia eheyden suhteen, jätettiin sekä vastaaja että pisteet tutkimuksen ulkopuolelle.

Aineistosta poistettiin vastaajat, jotka olivat jättäneet merkitsemättä tilastoalueen, jolla he asuvat (282 kpl). Lisäksi poistettiin vastaajat, jotka olivat alaikäisiä tai jotka olivat merkinneet ikänsä väärin (108 kpl). Kyselyssä kysyttiin syntymävuotta, mutta jotkut olivat merkanneet ikänsä joko selkeästi väärin tai muulla tavoin (esim.: 60, 3011992, 1856). Joistain tiedoista olisi voinut jalostaa tiedon iästä, mutta koska virheellisiä merkintöjä oli suhteellisen vähän, päädyttiin vastaajat poistamaan kokonaan. Virheellisten tai puuttuvien taustatietojen vuoksi poistettujen vastaajien lisäksi poistettiin henkilöt, jotka eivät olleet merkinneet ainuttakaan karttamerkintää (1226 kpl). Näiden suodattamisten jälkeen jäljellä oli 3220 vastaajaa.

Aineiston pisteiden kategorioista päädyttiin ottamaan kaikki mukaan, eli merkattuja pisteitä ei suodatettu pois kategorian vuoksi. Tässä päätöksessä ei pystytty tukeutumaan aikaisempiin tutkimuksiin, koska niiden aineistojen lähtökohdat poikkesivat suuresti tämän tutkimuksen vastaavasta. Päätökseen päädyttiin erinäisten päättelyiden jälkeen. Kategorioita olisi mahdollisesti ollut syytä pudottaa pois, jos olisi huomattu tai päätelty, että vastaajat eivät kävisi merkatuissa paikoissa lähes ikinä. Tähän päätelmään ei kuitenkaan päädytty yhdenkään kategorian kohdalla.

Jotkut kategoriat sisältävät itsessään viitteitä suhteellisen tiheästä vierailutiheydestä. Tällaisia ovat kategoriat *tärkeä harrastuspaikka* ja *tärkeä kohtaamispaikka*. Vastaajan voidaan olettaa vierailevan suhteellisen usein hänelle tärkeissä harrastus- ja kohtaamispaikoissa. Kategorioissa *turvallinen tai viihtyisä paikka*, *tärkeä viher- tai virkistysalue* ja *viihtyisyyttä haittaava paikka* pisteiden spatiaalinen jakauma oli vahvasti vastaajien kotipisteiden ympärillä, mikä kertoi hyvin todennäköisestä suhteellisen tiheästä vierailuvälistä. Kategorioiden *turvaton paikka* ja *paikka, jossa liikenne tai liikennejärjestelyt aiheuttavat haittaa tai turvattomuutta* pisteiden

spatiaalinen jakauma oli suurempaa, mutta pisteisiin kirjoitetut kommentit indikoivat suhteellisen tiheästä vierailuvälistä.

Jotta elinpiirin alueellisuutta voitiin menetelmällisesti tutkia, piti mukaan valituilla vastaajilla olla merkittynä tarpeeksi pisteitä. Kaikki tutkimuksen elinpiirirajausmenetelmät huomioon ottaen teoreettinen minimi on kolme pistettä, jotta pistejoukosta voi muodostaa alueen. Selkeää suositusta tai yleisesti käytettyä arvoa vähimmäispistemäärästä ei aikaisemmasta tutkimusperinteestä löytenyt. Esimerkiksi Hazansadehin ym. (2017) tutkimuksessa mukaan otettiin vain kaksi pistettä merkinneitäkin vastaajia. Heidän buffereita sisältävä elinpiirirajausmenetelmänsä mahdollisti tämän.

Tässä tutkimuksessa yhtenä vertailtavana ja arvioitavana menetelmänä oli keskihajontaellipsit, jotka vaativat tarkoituksenmukaisesti toimiakseen useampia pisteitä (How directional... 2023). Lisäksi useampien merkattujen pisteiden voidaan nähdä tarjoavan tarkempaa tietoa elinpiiristä. Näistä syistä tähän tutkimukseen haluttiin valita mahdollisimman suuri merkattujen pisteiden vähimmäismäärä siten, että samalla vastaajamäärä pysyisi suhteellisen korkeana. Kompromissina päädyttiin kuuteen pisteeseen (5 merkittyä pistettä + kotipiste, joka muodostetaan myöhemmin). 3220 vastaajasta voitiin näin pitää mukana yli puolet (1697 kpl).

Kyselyssä vastaajilta ei kysytty heidän tarkkaa kotipistettään vaan ainoastaan tilastoaluetta, jolla he asuivat kyselyyn vastaamisen hetkellä. Kotipistettä vaaditaan kuitenkin useimmissa elinpiirirajausmenetelmissä, joten vastaajien kotipisteet laskettiin heidän tilastoalueensa keskipisteeseen, kuten ovat tehneet myös esimerkiksi Oliver ym. (2007). Koska jotkin tilastoalueet olivat pinta-alaltaan hyvin suuria, kasvoi todennäköisyys siihen, että usean vastaajan aito kotipiste olisi ollut hyvin kaukana tutkimuksessa määritetystä kotipisteestä. Tästä syystä tällaisilla suurilla tilastoalueilla asuneet vastaajat haluttiin pudottaa pois aineistosta. Ensin tilastoalueet leikattiin vesistöillä, joiden pinta-ala on yli 0,05 km<sup>2</sup>. Jäljelle jäävistä alueista poistettiin vielä pienet saaret, koska näissä ei ilmakuvista tulkittuna ollut juuri pysyvää asutusta ja saarien mukanaolo olisi heikentänyt lasketun painopisteen sijainnin sopivuutta.

Sopivaa raja-arvoa tilastoalueen koolle tutkittiin *Jenks Natural Breaks Classification* -metodilla, jota ovat käyttäneet myös esimerkiksi Hazansadeh ym. (2017). JNBC-metodi muodostaa luokat siten, että se minimoi luokkien sisäisen keskimääräisen poikkeaman luokan keskiarvosta ja samaan aikaan maksimoi luokkien välisten keskiarvojen etäisyydet toisistaan (Jenks Natural... 2018). Luokkakooksi valittiin viisi luokkaa, joka on yleensä oletusarvo paikkatieto-ohjelmissä. Ensimmäinen luokka sisälsi 86 tilastoaluetta (yhteensä 113). Näistä suurin tilastoalue oli

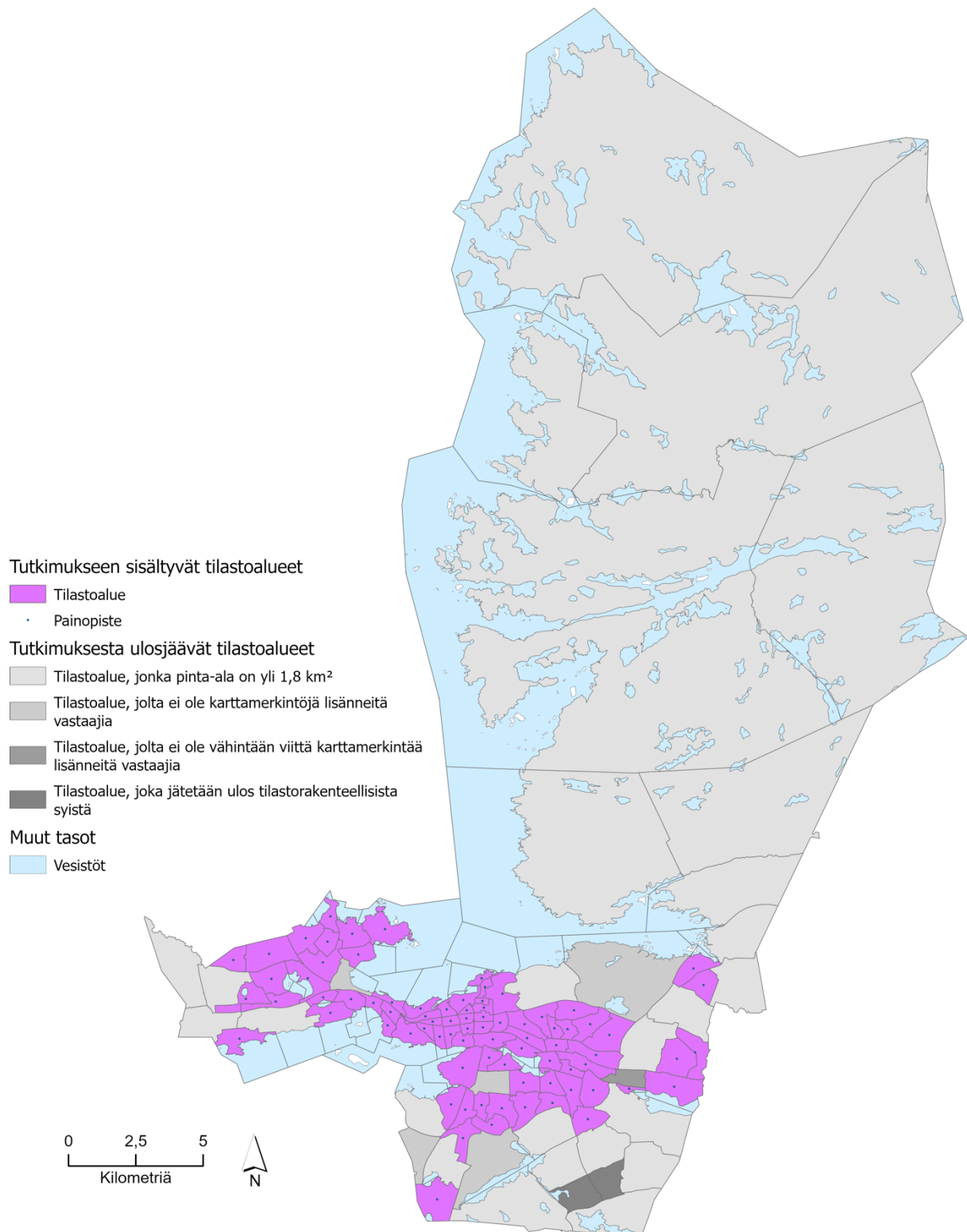


1,77 km<sup>2</sup> ja seuraavan luokan pienin 1,90 km<sup>2</sup>. Luokkien väliin jäi selkeä rako ja myös visuaalisesti tarkasteltuna luokkajako oli looginen; seuraavan luokan tilastoalueet olivat selkeästi suurempia. Raja-arvoksi valittiin 1,8 km<sup>2</sup>.

86 tilastoalueen joukosta täytyi poistaa vielä muutama erinäisistä syistä. Kolmella tilastoalueella ei ollut yhtään vastaajaa, joka olisi merkannut edes yhden karttamerkinnän (Hiedanranta, Sarankulma ja Vihioja) ja yhdellä tilastoalueella ei ollut yhtään vastaajaa, joka olisi merkinnyt vähintään viisi karttamerkintää (Hankkio). Lisäksi pois jätettiin Etelä-Hervannan tilastoalue, koska se oli kyselyä varten yhdistetty Kaakkois- ja Koillis-Hervannan tilastoalueista ja se olisi aiheuttanut tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa ongelmia. Mukaan päätyi lopulta 81 tilastoalueen asukkaita (kuva 2).

Tilastoalueista tutkittiin, kuinka paljon painopisteisiin määritetyt kotipisteet pystyivät maksimissaan poiketa tosiasiallisesta kotipisteestä. Keskustan pienillä tilastoalueilla maksimipoikkeama oli vain muutamia satoja metrejä. Suurimmilla mukaan otetuilla tilastoalueilla maksimipoikkeama oli hieman yli kilometrin. Lisäksi tarkasteltiin vastaajien merkitsemien karttamerkintöjen tavanomaista spatiaalista jakaumaa, jonka huomattiin olevan keskimäärin sen verran suuri, ettei suurimmankaan mahdollisen kotipisteiden maksimipoikkeama vaikuttaisi juurikaan tuloksiin. Tästä syystä valittua tilastoalueen koon raja-arvoa pidettiin hyvänä.

1697 vastaajasta poistettiin vastaajat, jotka eivät asuneet jollain mukaan valituilla 81 tilastoalueella. Jäljelle jäi 1058 vastaajaa. Aineiston prosessoinnin yhteydessä huomattiin vielä 14 vastaajan omaavan kaikki karttamerkinnät täysin samassa pisteessä. Tämä aiheuttaa monessa elinpiirirajausmenetelmässä ongelmia, mistä syystä nämä 14 vastaajaa poistettiin joukosta. Lopuksi kaiken suodattamisen ja prosessoinnin jälkeen jäljelle jäi 1044 vastaajaa ja 12 467 karttapistettä (11 423 karttamerkintää + 1044 kotipistettä). Näistä karttamerkinnöistä muodostettiin jokaiselle vastaajalle yksilöperustainen elinpiirirajaus.

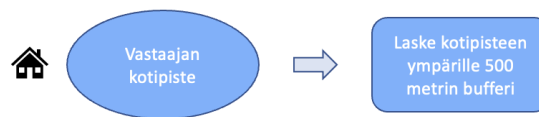


Kuva 2. Ainoastaan violetit tilastoalueet valikoituivat tutkimukseen. Muut tilastoalueet eivät ole mukana tutkimuksessa. Tutkimukseen valikoituneille tutkimusalueille on laskettu niiden painopisteet, jotka toimivat tutkimuksessa vastaajien kotipisteinä.

### 3.6 Yksilöperustaisen elinpiirirajauksen menetelmät

#### 3.6.1 Ympyräbufferi

Ympyräbufferimenetelmän käyttö vaatii yhden laskennallisen prosessin. Kun tiedetään vastaajan kotipiste, lasketaan sen ympärille bufferi (kuva 3). Tätä menetelmää käytettäessä on valittava etäisyys, jolle bufferi muodostetaan. Tässä tutkimuksessa etäisyysarvona käytettiin 500 metriä. Kyseistä arvoa on käytetty monessa tutkimuksessa ja se todettu hyväksi etäisyydeksi, koska 500 metriä on pidetty etäisyytenä, joka on helppo kävellä (Hazansadeh ym. 2017). Tätä arvoa ovat käyttäneet tutkimuksissaan muun muassa Berke ym. (2007), Haybatollahi ym. (2015) ja Kytä ym. (2012). Kun etäisyysarvona käytetään 500 metriä, syntyy kotipisteen ympärille ympyrä, jonka halkaisija on 1 kilometri. Bufferit muodostettiin Data Interoperability -ohjelmistolla.



Kuva 3. Kaavio ympyräbufferimenetelmän käytöstä.

#### 3.6.2 Tieverkostobufferi

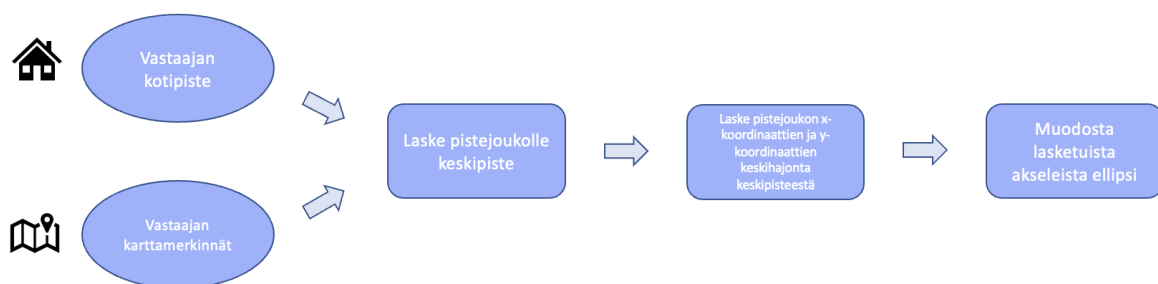
Tieverkostobufferimenetelmässä kaiken keskiössä on tieverkosto, ja se koostuu useammasta laskennallisesta prosessista. Menetelmässä haetaan ensin tieto vastaajan kotipisteestä, minkä jälkeen lasketaan saavutettavuusverkosto kotipisteestä tieverkostoa pitkin viivoina (Oliver ym. 2007). Verkoston luonnin jälkeen pisteiden ympärille luodaan bufferit. Tässä tutkimuksessa käytettiin teitä pitkin kuljettavan etäisyyden arvona 950 metriä ja viivoille luotavien buffereiden arvona 50 metriä, koska kyseisiä arvoja on pidetty sopivina muussa tutkimusperinteessä (Oliverin ym. 2007). Tällä tavalla maksimietäisyydeksi kuljetulle matkalle teitä pitkin tulee 1 kilometri (kuva 4). Reititysosuus suoritettiin ArcGIS Prossa, mutta bufferin muodostamisesta eteenpäin käytettiin Data Interoperability -ohjelmistoa.



Kuva 4. Kaavio tieverkostobufferin muodostamisesta.

### 3.6.3 Keskihajontaellipsi

Keskihajontaellipsimenetelmä perustuu vahvasti tilastotieteeseen. Menetelmä koostuu useammasta eri vaiheesta. Ensin pistejoukolle lasketaan keskipiste (How Directional... 2023). Sen jälkeen lasketaan x- ja y-koordinaattien keskihajonta keskipisteestä, millä saadaan määritettyä ellipsin akselit (kuva 5). Akselien määrittämisen jälkeen muodostetaan itse ellipsi. Ellipsi kattaa tällä laskentatavalla keskimäärin 63 % pisteistä. Yksittäiset kaukaiset pisteet vaikuttavat keskihajonnan arvoon keskipisteestä ja siten ne vaikuttavat myös luotavan polygonin pinta-alaan merkittävästi. Keskihajontaellipsiä käytetään yleisesti summaamaan visuaalisesti pistejoukon hajaantuneisuutta ja suuntauneisuutta. Menetelmän monivaiheinen prosessi voidaan suorittaa erilaisilla paikkatietotyökaluilla. Tässä tutkimuksessa ellipsien laskemiseen käytettiin Data Interoperability -ohjelmistosta löytyvää liitännäistä nimeltä *DistanceDeviationEllipseCreator*.

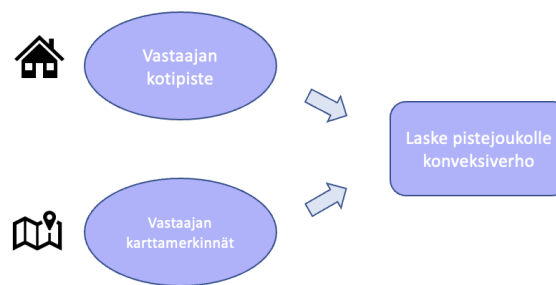


Kuva 5. Kaavio keskihajontaellipsimenetelmän muodostamisesta.

### 3.6.4 Konveksiverho

Konveksiverhomenetelmässä yhdistetään pistejoukon ulommaiset pisteet keskenään (Convex hull 2022). Erilaisia vaiheita menetelmässä on hyvin vähän (kuva 6). Menetelmän tuottamaa

lopputulosta voi kuvata kumilenkin asettamisella pistejoukon ympärille. Menetelmässä yksittäisten kaukaisten pisteiden merkitys voi nousta suureksi. Vaikka pistejoukon muut pisteet olisivat hyvin lähellä toisiaan, voi yksittäinen kaukainen piste moninkertaistaa luotavan polygonin pinta-alan. Monissa yhteyksissä tästä menetelmästä käytetään termiä *minimaalinen konveksi-polygoni* (minimum convex polygon), mutta tässä tutkimuksessa käytetään matemaattisempaa nimitystä (minimaalinen) konveksiverho. Tämän tutkimuksen konveksiverhot muodostettiin Data Interoperability -ohjelmistossa *HullAccumulator* -työkalulla.



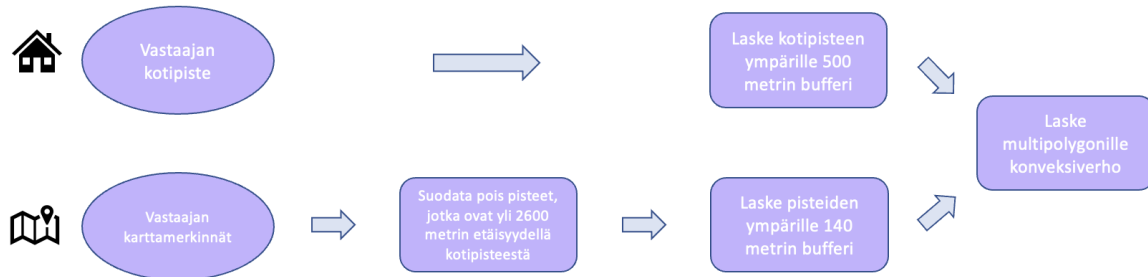
Kuva 6. Kaavio konveksiverhomenetelmän muodostamisesta.

### 3.6.5 Kustomoitu konveksiverho

Kustomoitujen konveksiverhojen menetelmän ovat kehittäneet Hazansadeh ym. (2017). Menetelmässä suoritetaan useampia yksinkertaisia prosesseja. Aluksi pistejoukosta suodatetaan pois uloimpia pisteitä suhteessa kotipisteeseen. Tämä perustuu siihen, että ihmiset viettävät suurimman osan ajasta lähellä kotiaan ja kaukaisimmissa paikoissa käydään yleensä hyvin harvoin (Wiehe ym. 2008). Hazansadeh ym. päätyivät käyttämään etäisyyden raja-arvona 2600 metriä. Arvo perustuu analyysiin aineistosta, jota Hazansadeh ym. käyttivät tutkimuksessaan. Kyseisellä arvolla heidän tutkimuksessaan laskentaan päätyi 80 % pisteistä. Tässä tutkimuksessa samalla arvolla laskentaan päätyi 81 % pisteistä. Eron ollessa näin pieni, päädyttiin käyttämään samaa arvoa suodattamiseen.

Suodattamisen jälkeen sekä kotipisteelle että vierailupisteille luodaan bufferit. Ajatus tämän taustalla on se, että sekä kotipiste että vierailut pisteet ovat luonteeltaan enemmän aluemaisia kuin pistemäisiä kohteita (Hazansadeh ym. 2017). Pisteiden ympärille Hazansadeh ym. päätyivät luomaan 140 metrin bufferit erilaisten analyysien jälkeen. Tätä arvoa ei nähty tarpeelliseksi muuttaa, eli samaa arvoa käytettiin myös tässä tutkimuksessa. Samoin tehtiin myös kotipisteen

ympäriille luotavan 500 metrin bufferin kanssa. Kun pisteet on suodatettu ja bufferoitu, laskeaan luotujen ympyräpolygonien avulla konveksiverho. Tässä tutkimuksessa kaikki menetelmän prosessit suoritettiin Data Interoperability -ohjelmistolla (kuva 7).



Kuva 7. Kaavio kustomoidun konveksiverhomenetelmän muodostamisesta.

### 3.7 Tilastomenetelmät

Ikä- ja kaupunkirakennehypoteeseissa testataan korrelaatiota kahden muuttujan välillä. Korrelaatiolla arvioidaan kahden muuttujan välistä riippuvuutta (Korrelaatio 2016). Jos toinen muuttuja kasvaa toisen kasvaessa, on korrelaatio positiivista. Jos toinen muuttuja pienenee toisen kasvaessa, on korrelaatio negatiivista. Korrelaatiota testataan yleisimmin Pearsonin korrelaatiokertoimella (lineaarinen korrelaatio) ja Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella (epälineaarinen korrelaatio) (Pearsonin korrelaatiokerroin 2016, Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin 2016). Tässä tutkimuksessa käytetään lähtökohtaisesti Pearsonin korrelaatiokerrointa, mutta jos riippuvuus on epälineaarista, käytetään Spearmanin järjestyskorrelaatiokerrointa (Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin 2016). Pearsonin korrelaatiokertoimeen viitataan merkinnällä  $r$  ja Spearmanin vastaavaan  $r_s$ . Korrelaatiota testattiin tässä tutkimuksessa SPSS-ohjelmistolla.

Kaupunginosavaikutushypoteesissa käytetään yksisuuntaista varianssianalyysia. Yksisuuntaisella varianssianalyysillä voidaan testata ryhmien keskiarvojen poikkeavuutta toisistaan (Varianssianalyysi 2023). Toisin sanoen analyysillä testataan, onko ryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Jos varianssien yhtäsuuruustestin p-arvo on yli 0,05, voidaan käyttää F-testiä tilastollisen merkitsevyyden tulkitsemiseen. Jos varianssien yhtäsuuruustestin p-arvo on alle 0,05, on käytettävä joko Brown-Forsythen tai Welchin testiä (Varianssianalyysi... 2014). Näistä kahdesta suositellaan yleisesti ottaen käyttämään Welchin testiä, mutta jos aineistot ovat erityisen vinoja, suositellaan käyttämään Brown-Forsythen testiä (Interpreting results... 2023).

## 4 Tulokset

### 4.1 Menetelmien tuottamat elinpiirirajaukset

Ympyräbufferit tuottavat kooltansa pieniä elinpiirirajauksia, jotka kaikki ovat samankokoisia (kuva 8). Tarkalleen ottaen jokainen polygoni on pinta-alaltaan  $0,79 \text{ km}^2$ . Tämän kokoisen elinpiirirajauksen saa jokainen tutkimuksen 1044 vastaajasta. Kukaan vastaajista ei siis saa suurempaa tai pienempää elinpiiriä kuin toinen vastaaja. Visuaalisesti tarkasteltuna ympyräbufferipolygonit luovat kartalle samankokoisten ympyröiden ”pallomeren” (kuva 9). Jokaisen elinpiirirajauksen painopiste on sama kuin vastaajan kotipiste. Taustakarttaa vasten tarkasteltuna nähdään, että sama polygoni voi jättää sisäänsä niin tiheätä asuinalueita kuin myös suljettua tehdasaluetta. Vesistöjen päälle polygonit menevät sen verran kuin ne maa-alueilla sijaitsevilta keskipisteiltään yltyvät. Kaikki elinpiirirajaukset ovat sekä samankokoisia että saman muotoisia.

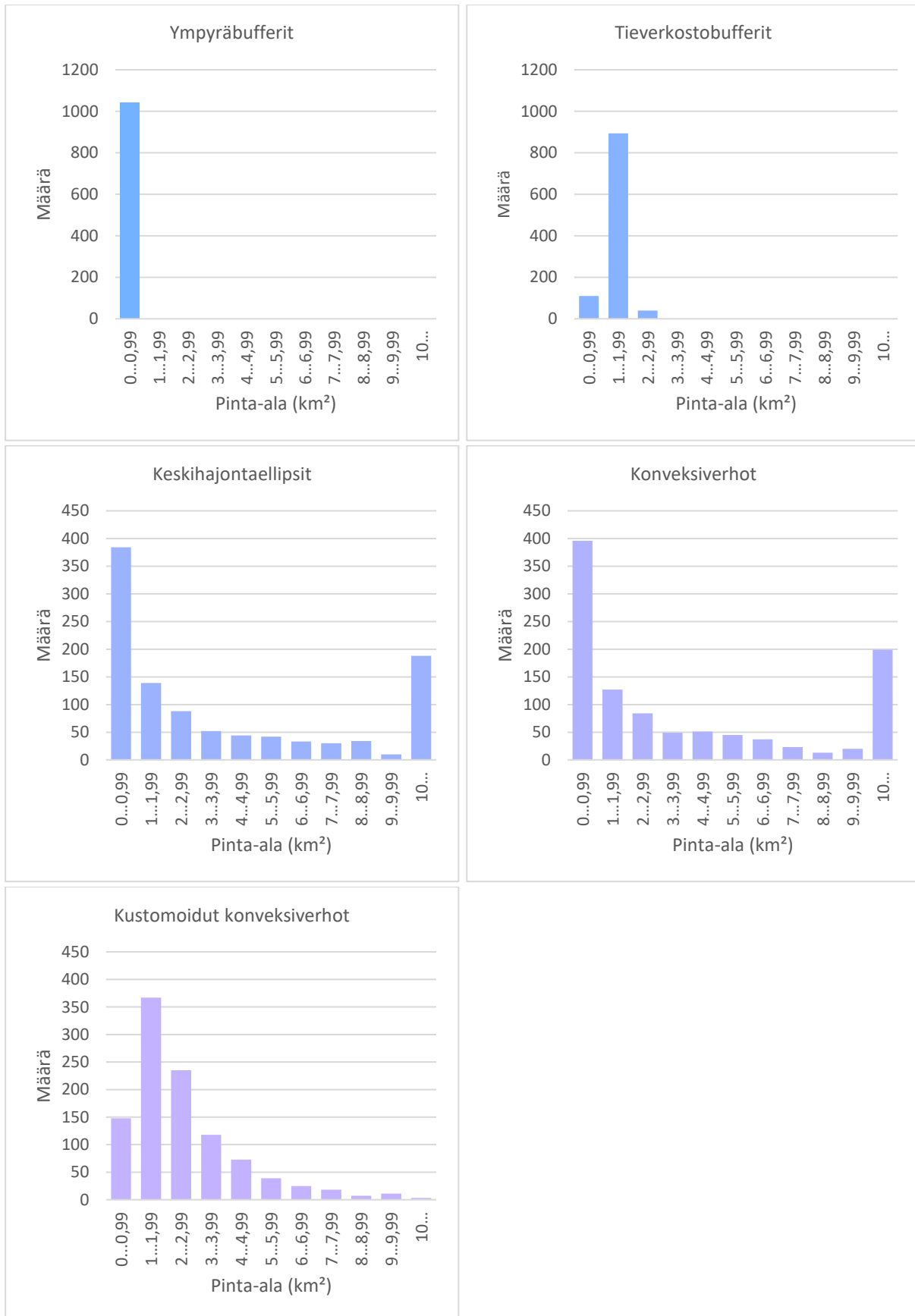
Tieverkostobufferit ovat kooltansa erikokoisia. Suurin osa polygoneista on pinta-alaltaan  $1-1,99 \text{ km}^2$ , mutta myös tätä pienempiä ja suurempia polygoneja löytyy jonkin verran (kuva 8). Pienin polygoni on  $0,52 \text{ km}^2$  ja suurin  $2,07 \text{ km}^2$ . Tieverkostobufferit vaihtelevat muodoltansa paljon (kuva 9). Niiden muodot vaihtelevat pyöreäkköistä hyvinkin suuntautuneisiin. Lähes kaikkien elinpiirirajauksien sisään jää ”reikiä”, jotka eivät kuulu elinpiiriin. Mitä tiheämpi tieverkosto on kotipisteen ympärillä, sitä suurempi tieverkostobufferista tulee. Polygonit eivät mene laisinkaan vesistöjen tai tiettömien alueiden päälle. Niiden keskipiste ei yleensä ole kotipisteen kohdalla, mutta hyvin lähellä sitä. Elinpiirirajaukset vaihtelevat siis jonkin verran kooltansa ja erittäin paljon muodoltansa.

Keskihajontaellipsien kokojen vaihtelu on hyvin suurta. Eniten polygoneja löytyy pinta-alaluokasta  $0-0,99 \text{ km}^2$ , jota suuremmat polygonit jakautuvat keskimäärin jatkuvasti pieneneviin pinta-alaluokkiin (kuva 8). Tästä huolimatta joukosta löytyy lähes 200 yli  $10 \text{ km}^2$  pinta-alaltaan olevaa polygonia. Pienin polygoni on  $0,000015 \text{ km}^2$  ja suurin  $280,64 \text{ km}^2$ . Polygonien muoto vaihtelee ympyrästä hyvinkin kapeisiin ovaaleihin (kuva 9). Kulmia ei elinpiirirajauksille muodostu lainkaan. Vesistöjen päälle rajaukset menevät reippaasti usean yksittäisen elinpiirirajauksen kohdalla, vaikkei pisteitä olisi merkitty vesistöihin. Polygonien keskipiste voi poiketa vastaajan kotipisteestä hyvinkin paljon. Jos kotipiste on pistejoukon reunalla, voi kotipiste jäädä kokonaan elinpiirirajauksen ulkopuolelle. Elinpiirirajauksien koot ja muodot vaihtelevat paljon, mutta toisaalta niiden muodon luonne keskenään on hyvin samankaltainen. Konveksiverhojen






osalta pinta-alavaihtelu on myös hyvin suurta (kuva 8). Eniten on alle yhden neliökilometrin polygoneja. Yli 10 km<sup>2</sup> pinta-alaltaan olevia polygoneja on noin 200. Pienin polygoni on kooltansa 0,0000088 km<sup>2</sup> ja suurin 360,36 km<sup>2</sup>. Muodoltaan konveksiverhot ovat hyvin kulmikkaita (kuva 9). Riippuen pisteiden määrästä, voi polygonin muoto olla lähellä esimerkiksi kolmiota, neliötä tai suorakulmiota, mutta suurin osa muodoista on vain muutaman kulman omaavia epä-säännöllisiä monikulmioita. Vastaajan kotipiste voi olla hyvin kaukana polygonin keskipisteestä, mutta se ei jää polygonin ulkopuolelle missään tilanteessa. Vesistöjen päälle konveksiverhot menevät reippaasti, vaikkei vastaaja olisi merkannut pisteitä vesistöihin. Elinpiirirajaukset vaihtelevat suuresti sekä kooltansa että muodoltansa, mutta muodot ovat silti aina monikulmioita.

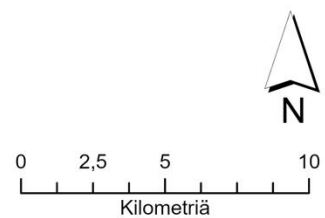
Kustomoitujen konveksiverhopolygonien pinta-alavaihtelu on suurta (kuva 8). Yleisin pinta-alakategoria on 1–1,99 km<sup>2</sup>. Lähes kaikkien polygonien pinta-ala on alle 10 km<sup>2</sup>. Pinta-alojen jakautuneisuus muistuttaa hieman normaalijakautunutta arvojoukkoa, mutta se ei kuitenkaan ole normaalijakautunut. Pienin polygoni on kooltansa 0,78 km<sup>2</sup> ja suurin 10,78 km<sup>2</sup>. Menetelmällä ei muodostu minimaalisen pieniä tai valtavan suuria elinpiirirajauksia. Kustomoitujen konveksiverhojen muoto vaihtelee ympyröistä monikulmioiden tapaisiin muotoihin, joissa ”kulmat” ovat kaarevia (kuva 9). Kotipisteet ovat polygoneissa joissain tapauksissa niiden keskipisteessä ja toisissa tapauksissa hyvinkin lähellä rajaa. Vesistöjen päälle elinpiirirajaukset menevät pitkälti vain silloin, jos vastaaja on merkinnyt pisteen vesistöön. Elinpiirirajaukset vaihtelevat paljon sekä kooltansa että muodoltansa, mutta toisaalta monien elinpiirirajausten muodot muistuttavat toisiaan hyvin paljon.



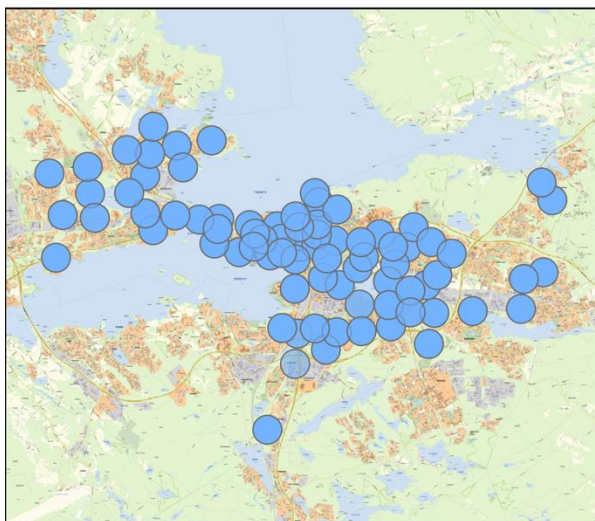


Kuva 8. Eri menetelmien tuottamien elinpiirirajausten pinta-alojen jakautuneisuus. Kahdessa ensimmäisessä kuvaajassa pystyakselin jako poikkeaa muista.

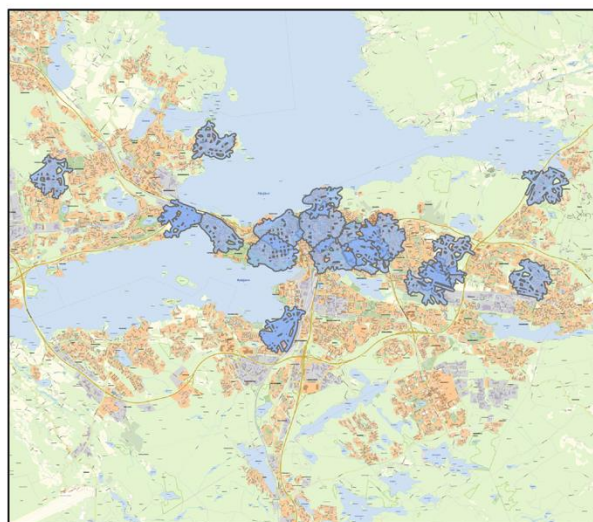
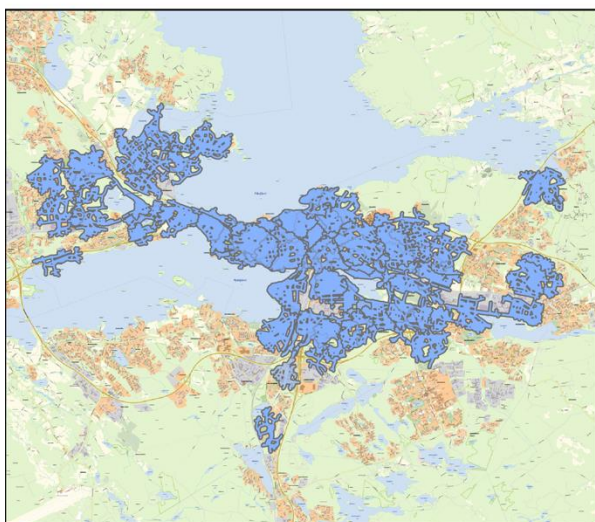
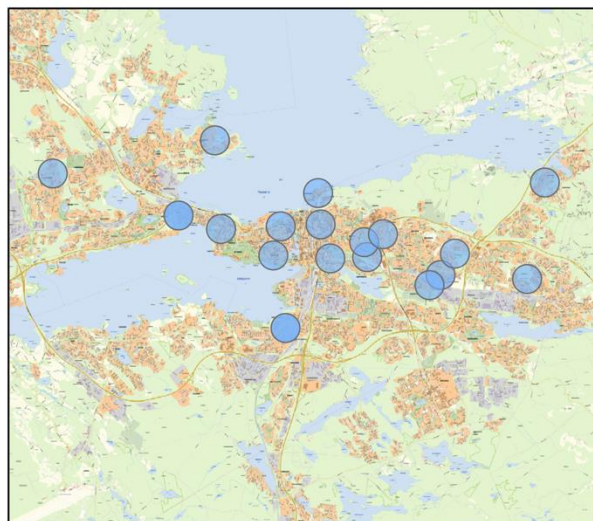
-  Ympyräbufferi
-  Tieverkostobufferi
-  Keskihajontaellipsi
-  Konveksiverho
-  Kustomoitu konveksiverho

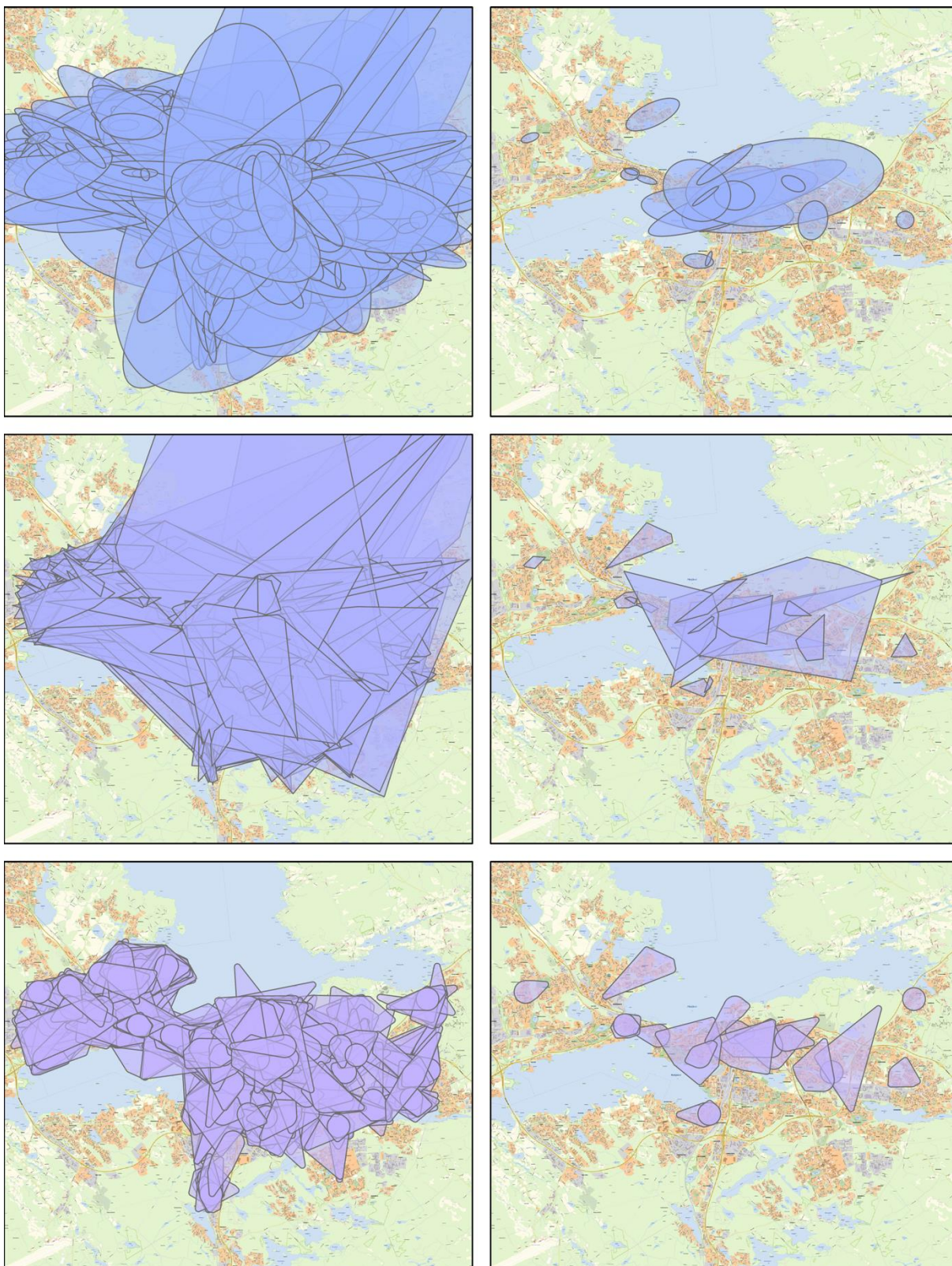


Kaikki vastaajat (1044 kpl)



Otos vastaajista (20 kpl)





Kuva 9. Viiden elinpiirirajausmenetelmän tuottamat elinpiirirajaukset vastaajille. Vasemmalla puolella näkyvät kaikki 1044 elinpiirirajaus ja oikealla puolella on tästä joukosta otettu 20 elinpiirirajauksen otos tarjoamaan paremman tarkastelumahdollisuuden elinpiirirajauksen muotoihin. Taustakarttana on käytetty Tampereen kaupungin avoimen taustakarttarajapinnan karttaa: Tampereen opaskartta (VÄRI, GK24).

## 4.2 Hypoteesien toteutuminen menetelmissä

Ikähypoteesin toteuttavat keskihajontaellipsit, konveksiverhot ja kustomoidut konveksiverhot (taulukko 3). Jokainen näistä saa heikohkon negatiivisen korrelaation, mutta joka kuitenkin on tilastollisesti merkitsevä. Nämä kolme menetelmää toteuttavat siis ensimmäisen arviointikriteerin hypoteesin. Ympyräbufferien ja ikien välistä korrelaatiota ei pystytä laskemaan, koska toinen muuttujista (ympyräbufferien pinta-ala) sisältää vain yhtä samaa arvoa. Koska korrelaatiota ei voida laskea, tämä menetelmä ei toteuta arviointikriteerin hypoteesia. Tieverkostobufferien ja ikien välinen korrelaatio ei ole tilastollisesti merkitsevä, joten myöskään tieverkostobufferit eivät toteuta ensimmäisen arviointikriteerin hypoteesia.

Taulukko 3. Vastaajien iän ja eri menetelmillä laskettujen elinpiiripolygonien pinta-alojen välinen korrelaatio.

|            |                      | YMPYRÄ-<br>BUFFERIT | TIEVERKOSTO-<br>BUFFERIT | KESKIHAJONTA-<br>ELLIPSIT <sup>o</sup> | KONVEKSI-<br>VERHOT <sup>o</sup> | KUSTOMOIDUT<br>KONVEKSI-<br>VERHOT <sup>o</sup> |
|------------|----------------------|---------------------|--------------------------|--|----------------------------------|---|
| <b>IKÄ</b> | Korrelaatio          | a                   | 0,029                    | -0,137**                               | -0,146**                         | -0,107**  |
|            | p-arvo               |                     | 0,353                    | < 0,01                                 | < 0,01                           | < 0,01  |
|            | r vai r <sub>s</sub> |                     | r                        | r <sub>s</sub>                         | r <sub>s</sub>                   | r <sub>s</sub>                                  |

\*\* . Korrelaatio on tilastollisesti merkitsevä tasolla < 0,01.

a. Ei voida laskea, koska yksi muuttujista (pinta-ala) on muuttumaton.

o. Menetelmä toteuttaa hypoteesin.

Kaupunkirakennehypoteesin toteuttavat keskihajontaellipsit ja konveksiverhot (taulukko 4). Molemmat näistä saavat heikohkon negatiivisen korrelaation, joka on tilastollisesti merkitsevä ja siten molemmat toteuttavat myös toisen arviointikriteerin hypoteesin. Ympyräbuffereille ei voida laskea korrelaatiota, koska elinpiirien pinta-alojen pitäisi vaihdella, mitä ne eivät tee. Tieverkostobuffereista löytyy tilastollisesti merkitsevä vahva korrelaatio, mutta väärään positiiviseen suuntaan. Myöskään tieverkostobufferit eivät siis toteuta hypoteesia. Edellisestä arviointikriteeristä poiketen kustomoidut konveksiverhot eivät toteuta tätä hypoteesia. Korrelaatio on kyllä tilastollisesti merkitsevä, mutta kuten tieverkostobuffereilla, myös kustomoiduilla konveksiverhoilla korrelaatio löytyy positiiviselta puolelta. Toisen arviointikriteerin hypoteesin toteutti vain kaksi menetelmää.

Taulukko 4. Vastaajien tilastoalueen väestötiheyden ja eri menetelmillä laskettujen elinpiiripolygonien pinta-alojen välinen korrelaatio.

|                                 |                      | YMPYRÄ-<br>BUFFERIT | TIEVERKOSTO-<br>BUFFERIT | KESKIHAJONTA-<br>ELLIPSIT <sup>o</sup> | KONVEKSI-<br>VERHOT <sup>o</sup> | KUSTOMOIDUT<br>KONVEKSI-<br>VERHOT |
|---------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|--|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>VÄES-<br/>TÖTI-<br/>HEYS</b> | Korrelaatio          | a                   | 0,689**                  | -0,133**                               | -0,103**                         | 0,116**                            |
|                                 | p-arvo               |                     | < 0,01                   | < 0,01                                 | < 0,01                           | < 0,01                             |
|                                 | r vai r <sub>s</sub> |                     | r                        | r <sub>s</sub>                         | r <sub>s</sub>                   | r <sub>s</sub>                     |

\*\* Korrelaatio on tilastollisesti merkitsevä tasolla < 0,01.

a. Ei voida laskea, koska yksi muuttujista (pinta-ala) on muuttumaton.

o. Menetelmä toteuttaa hypoteesin.

Kaupunginosavaikutushypoteesin toteuttaa ainoastaan kustomoidut konveksiverhot (taulukko 5). Ympyräbuffereille ja tieverkostobuffereille ei pystytä laskea yksisuuntaista varianssianalyysia, koska tilastoalueiden sisällä ei ole minkäänlaista varianssia elinpiirien kokojen suhteen. Keskihajontaellipsien ja konveksiverhojen osalta Brown-Forsythen testin p-arvo ei ole tilastollisesti merkitsevä. F-arvo haettiin Brown-Forsythen testistä eikä Welchin testistä, koska aineistot olivat vinoja. Erityisesti keskihajontaellipsien (9,64) ja konveksiverhojen (10,40) jakauma on vino, mutta myös kustomoitujen konveksiverhojen jakauma ovat jokseenkin vino (1,71).

Taulukko 5. Yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset tilastoalueiden keskiarvojen eroamisesta toisistaan.

|                          |  | YMPYRÄ-<br>BUFFERIT | TIEVERKOSTO-<br>BUFFERIT | KESKIHAJONTA-<br>ELLIPSIT | KONVEKSI-<br>VERHOT | KUSTOMOIDUT<br>KONVEKSI-<br>VERHOT <sup>o</sup> |
|--------------------------|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|---|
| <b>TILASTO-<br/>ALUE</b> | F <sub>B-F</sub>                           | c                   | c                        | 1,38                      | 1,15                | 2,31**  |
|                          | Brown-<br>Forsythen<br>testin p-<br>arvo   |                     |                          | 0,157                     | 0,248               | < 0,01  |
|                          | Levenen<br>varienssi-<br>testin p-<br>arvo |                     |                          | < 0,01                    | < 0,01              | < 0,01  |

\*\* Brown-Forsythen testi on tilastollisesti merkitsevä tasolla < 0,01.

c. Ei voida laskea, koska muuttujalla (pinta-ala) ei ole varianssia tilastoalueen vastaajien kesken.

o. Menetelmä toteuttaa hypoteesin.

### 4.3 Menetelmien käyttökelpoisuuden arviointi

Käyttökelpoisuutta arvioidaan havaittujen rajoitteiden ja mahdollisuuksien perusteella. Tärkeässä osassa ovat aiemmissa vaiheissa tehdyt havainnot tuotettujen elinpiirirajauksen pinta-alajakaumista, muodoista sekä elinpiirirajausjoukkoihin kohdistettujen hypoteesien toteutumisesta. Tarkastelemalla tuotettuja karttoja, graafeja ja taulukoita voidaan koostaa tietoa menetelmien rajoitteista ja mahdollisuuksista.

Ympyräbuffereilla rajoitteet liittyvät vahvasti siihen, mitä ne eivät huomioi. Ympyräbuffereilla muodostetut elinpiirirajaukset eivät ota huomioon ihmisten erilaista liikkuvuutta eivätkä elinympäristön ominaisuuksia (kuva 10). Tämä ilmenee hyvin visuaalisesti tarkasteltuna, kun kartalla näkyy samankokoisten ympyröiden ”pallomeri”. Lisäksi tämä ilmenee siinä, ettei arviointikriteerejä pystytä käyttämään johtuen täysin samankokoisista elinpiirirajauksista. Ympyräbufferien sisään voi päätyä suhteessa niiden pinta-alaan paljon alueita, joihin vastaaja ei välttämättä edes pääse, kuten suljettuja tehdasalueita ja vesistöjä.

Ympyräbufferimenetelmä tuottaa siis hyvin geneerisen lopputuloksen. Jokainen vastaaja saa samanlaisen elinpiirirajauksen riippumatta vastaajan ominaisuuksista. Menetelmän ainoa yksilöllisyyttä tuova ominaisuus on elinpiirirajauksen sijainti vastaajan kotipisteen kohdalla, mutta muuten lopputulos on täysin geneerinen. Menetelmää ei siis tule käyttää tilanteessa, jossa elinpiirin koolla tai muodolla on merkitystä.

Ympyräbuffereilla on silti myös hyviä puolia, jotka lisäävät niiden käyttökelpoisuutta tietyissä tilanteissa. Ensinnäkin menetelmä oli tähän tutkimukseen valituista menetelmistä kaikista helpoin suorittaa (taulukko 6). Kun kotipisteet olivat tiedossa, tarvittiin vain buffereiden luonti. Menetelmän helppo suorittaminen lisää sen arvoa merkittävästi. Toisekseen, vaikka ympyräbufferit eivät otakaan yksilöiden ominaisuuksia huomioon, voidaan niiden avulla tutkia helposti vastaajien lähielinpiirin ominaisuuksia (esim. Kyttä ym. 2016).

Taulukko 6. Ympyräbufferien käytön mahdollisuudet ja rajoitteet.




|   |   |
|---|---|
| + | Hyvä ja yksinkertainen menetelmä, jos tutkitaan ihmisten lähielinpiirien ympäristöä |
| + | Erittäin helppo muodostaa   |
| - | Ei sovellu tilanteisiin, jossa tekijänä on ihmisten elinpiirien koko tai muoto      |
| - | Ei ota huomioon sitä, että lähielinpiirissä voi olla saavuttamattomia alueita       |

Tieverkostobufferien rajoitteet liittyvät myös pitkälti siihen, mitä ne eivät ota huomioon. Tieverkostobufferit jättävät huomiotta paljon alueita, joihin vastaaja ei voi päästä, mutta muuten rajoitteet ovat samoja kuin mitä ympyräbuffereilla on. Tieverkostobufferitkaan eivät siis ota huomioon vastaajien erilaista liikkuvuutta eivätkä ne toteuta ainuttakaan arviointihypoteesia. Kaupunkirakennehypoteesin osalta löytyy hyvin vahva tilastollisesti merkitsevä korrelaatio, mutta väärään, positiiviseen, suuntaan. Tämä johtuu siitä, että tieverkosto on korkean väestötiheyden alueilla tiheämpi, minkä takia näillä alueilla vastaajat saavat myös suurempia elinpiirejä. Hypoteesissa korkean väestötiheyden alueiden vastaajien pitäisi kuitenkin saada pienempiä elinpiirejä johtuen palveluiden läheisyydestä.

Tieverkostobufferimenetelmä vie tietyllä tavalla ympyräbufferien ideaa pidemmälle. Edelleen kotipiste on menetelmän keskiössä ja tietty etäisyysarvo rajoittaa elinpiirirajauksen suhteellisen lähelle asuinpaikkaa. Menetelmä ei kuitenkaan juuri vie yksilöllisyyttä eteenpäin muulla tavoin kuin ottamalla kotipisteen ympäristön paremmin huomioon. Toisin kuin ympyräbufferit, tieverkostobufferit ottavat huomioon ympäristön vaikeasti saavutettavat alueet. Esimerkiksi vesistöt ja umpimetsät jäävät ulos elinpiirirajauksesta, koska niiden alueella ei ole teitä. Toisaalta suljettu tehdasalue voi päätyä mukaan, jos alueella on teitä, jotka ovat mukana tieverkostoaineistossa. Tieverkostobufferit ottavat siis ympyräbuffereita paremmin huomioon ihmisen liikumismahdollisuudet lähielinpiirillään.

Tieverkostobufferimenetelmässä on kuitenkin lisäksi heikkoutena sen haasteellinen suorittaminen (taulukko 7). Menetelmä vaatii sekä laadukasta tieverkostodataa että edistyneitä työkaluja. Tässä tutkimuksessa pystyttiin hyödyntämään ArcGIS Pron työkaluja ja ArcGIS Onlinesta saatavilla olevaa reititysaineistoa, mutta jos näitä maksullisia ohjelmistoja ja aineistoja ei olisi ollut käytössä, olisi menetelmän suorittaminen vaatinut merkittävästi lisää aikaa. Menetelmä on kuitenkin käyttökelpoinen samaan tilanteeseen kuin ympyräbufferimenetelmä eli vastaajan lähielinpiirin ympäristön tutkimiseen. Lisäksi tieverkostobufferimenetelmä suoriutuu ympyräbufferimenetelmää paremmin saavuttamattomien alueiden poissulkemisessa.

Taulukko 7. Tieverkostobuffereiden käytön mahdollisuudet ja rajoitteet.

|   |   |
|---|---|
|  | Hyvä ja melko yksinkertainen menetelmä, jos tutkitaan ihmisten lähielinpiirien ympäristöä |
|  | Otaa (tavallaan) huomioon sen, että lähielinpiirissä voi olla saavuttamattomia alueita    |
|  | Ei sovellu tilanteisiin, jossa tekijänä on ihmisten elinpiirien koko                      |

|   |   |
|---|---|
| - | Polygonien pienet kokoerot eivät perustu elinpiirien kokojen suhteen erityisen relevantteihin tekijöihin (tieverkoston tiheys)    |
| - | Vaatii ohjelmistojen ja datan suhteen melko paljon (saavutettavuusalueen laskenta useammalle vastaajalle tieverkostodatan avulla) |

Keskihajontaellipsien rajoitteet liittyvät pitkälti menetelmän laskutapaan. Kun menetelmässä käytetään pistejoukkoa, siihen ei kohdisteta minkäänlaista bufferointia tai rajoittamista. Tämä aiheuttaa sen, että polygonit voivat olla todella pieniä tai suuria. Tämän tutkimuksen vastaajista lähes 200 sai yli 10 km<sup>2</sup> elinpiirirajauksen, mikä tuskin heijastaa reaalimaailman todellisuutta. Valtavat ellipsipolygonit menevät helposti myös vesistöjen päälle, joita harvempi tosiasiallisesti kokee kuuluvan omaan elinpiiriin. Keskiarvoistavan luonteensa takia ne eivät kuitenkaan sisällä kaikkia vastaajan merkitsemiä pisteitä, vaan jättävät ulkopuolelle noin  $\frac{1}{3}$  pisteistä. Tämä voidaan joissain tapauksissa nähdä rajoittavana ominaisuutena. Keskihajontaellipsiä ei voi myöskään muodostaa alle kahdella pisteellä. Yksi rajoittava tekijä voi olla myös elinpiiripolygonin muoto, joka on aina ellipsin tai ympyrän muotoinen.

Keskihajontaellipsimenetelmä on tähän asti käsitellyistä menetelmistä ensimmäinen, joka ottaa aidosti huomioon vastaajien erilaiset ominaisuudet. Jos karttamerkinnyt ovat laajalla alueella, saa vastaaja suuremman elinpiirimäärityksen kuin vastaaja, jonka karttamerkinnyt ovat suppeammalla alueella. Keskihajontaellipsit tekevät pyöreillä ja keskiarvoistetuilla muodoillaan tiettyllä tavalla yleispiirteisen elinpiirirajauksen, mikä voidaan nähdä etuna elinpiirien kanssa, joissa tiukat ja tarkat rajat ovat hieman kyseenalaisia. Menetelmä toteuttaa sekä ikä- että kaupunkirakennehypoteesin, joten sen tuottamien elinpiirirajauksen kokoerot vastaajien kesken heijastavat todellisuutta. Toisaalta kaupunginosavaikutushypoteesia menetelmä ei toteuta, joten täysin menetelmän tuottamat elinpiirirajaukset eivät todellisuutta toista.

Menetelmä oli helppo suorittaa. Menetelmän taustalla on monia tilastotieteellisiä laskukaavoja, mutta monista paikkatieto-ohjelmista löytyy valmiita työkaluja menetelmän suorittamiseen. Tiivistettynä keskihajontaellipsimenetelmä on hyvä ja helposti toteutettavissa oleva menetelmä ihmisten elinpiirien tutkimiseen (taulukko 8). Elinpiirirajauksen pyöreät ja keskiarvoistetut muodot voidaan nähdä etuna, mutta on hyvä huomioida tämän menetelmän ominaisuus tuottaa aineistosta riippuen hyvinkin pieniä ja suuria polygoneja. Tätä menetelmää käytettäessä on hyvä tarkastaa käytettävä pisteaineisto mahdollisten etukäteen tehtävien suodatusten kannalta, jolla erittäin pienien ja ylisuurien polygonien syntyä voitaisiin rajoittaa.



Taulukko 8. Keskihajontaellipsien käytön mahdollisuudet ja rajoitteet.

|   |  |
|---|--|
| + | Hyvä ja helposti toteutettavissa oleva menetelmä ihmisten elinpiirien tutkimiseen                                      |
| + | Tuottaa ”keskiarvoistetun” muodon polygonille, mikä voidaan nähdä etuna  |
| - | Pisteiden bufferoimattomuus ja rajoittamattomuus tuottavat mahdollisuuden todella pienille ja ylisuurille polygoneille |
| - | Ei toteuta kaupunginosavaikutushypoteesia  |

Konveksiverhoilla rajoitteet ovat melko samoja kuin keskihajontaellipseillä. Konveksiverhomenetelmässäkään ei bufferoida tai rajoiteta pisteitä mitenkään, mikä johtaa todella pieniin ja suuriin elinpiirirajauksiin. Noin 200 vastaajaa sai yli 10 km<sup>2</sup> elinpiirirajauksen ja samaan aikaan pienin elinpiirirajaus oli pinta-alaltaan alle 10 neliometriä. Lisäksi etenkin suurimmissa elinpiirirajauksissa merkittävä osa pinta-alasta voi olla vesistöjen kohdalla. Tämä näkyy hyvin Tampereen vesistöisessä kontekstissa. Tilanteessa, jossa vastaajalla on merkittyjä karttapisteitä esimerkiksi sekä Tampereen keskustassa että Pohjois-Tampereella, tulee osaksi elinpiiriä suuret määrät Näsijärveä. Tämä tapahtuu helposti sekä konveksiverhojen että keskihajontaellipsien tapauksessa. Konveksiverhoissa on lisäksi rajoitteena se, ettei niitä voi muodostaa alle kolmella pisteellä. Jos kotipiste on tiedossa, on vastaajilta vaadittava siis vähintään kahden karttapisteen merkitsemistä.

Myös konveksiverhomenetelmä ottaa huomioon vastaajien erilaiset ominaisuudet. Menetelmän tuottamat elinpiirirajaukset ovat kooltansa melko lähellä keskihajontaellipsimenetelmän vastaavia. Konveksiverhot ovat hieman suurempia. Muodoltansa elinpiirirajaukset ovat suorareunaisia monikulmioita. Toisin kuin keskihajontaellipsin tapauksessa, konveksiverhoilla luodut elinpiirirajaukset sisältävät kaikki vastaajan pisteet, mikä voi mahdollisesti olla joissain tapauksissa etu. Menetelmä toteuttaa sekä ikä- että kaupunkirakennehypoteesin, mutta ei kaupunginosavaikutushypoteesia. Menetelmä heijastaa elinpiirien kokoeroja vastaajien kesken siis melko hyvin.

Menetelmän suorittaminen on todella yksinkertaista useimmilla paikkatieto-ohjelmistoilla ja itse menetelmäkin on yksinkertainen. Tiivistetyksi konveksiverhomenetelmä on hyvä ja yksinkertainen menetelmä ihmisten elinpiirien tutkimiseen (taulukko 9). Menetelmän inklusiivisuus karttapisteiden suhteen voi olla hyvä joissakin käyttötapauksissa, mutta konveksiverhojenkin tapauksessa on hyvä huomioida menetelmän ominaisuus tuottaa aineistosta riippuen todella

pieniä ja suuria polygoneja. Pisteaineistoa on mahdollisesti hyvä suodattaa ennen konveksiverhomenetelmän käyttöä.

Taulukko 9. Konveksiverhojen käytön plussat ja miinukset.

|   |  |
|---|--|
| + | Hyvä ja helposti toteutettavissa oleva menetelmä ihmisten elinpiirien tutkimiseen                                      |
| + | Tuottaa polygonin, joka kattaa kaikki vastaajan karttapisteet, mikä voi olla etu joissain tapauksissa                  |
| - | Pisteiden bufferoimattomuus ja rajoittamattomuus tuottavat mahdollisuuden todella pienille ja ylisuurille polygoneille |
| - | Ei toteuta kaupunginosavaikutushypoteesia  |




Kustomoiduissa konveksiverhoissa rajoitteet ovat hyvin erilaisia kuin kahdessa edellisessä menetelmässä. Kustomoitujen konveksiverhojen menetelmässä rajoitetaan karttapisteen etäisyysmaksimissaan 2600 metrin päähän kotipisteestä. Tällä tavoin estetään valtavien elinpiirirajausten synty, mutta samalla tehdään kova päätös elinpiirin rajojen maksimaalisesta etäisyydestä suhteessa kotipisteeseen. Jos vastaaja käy päivittäin esimerkiksi kolmen kilometrin etäisyydellä olevassa paikassa, ei tätä kuitenkaan oteta huomioon johtuen sen kaukaisuudesta. Toisin kuin edellisissä kahdessa menetelmässä, ei kustomoitujen konveksiverhojen menetelmässä ole vähimmäisrajaa tarvittaville pisteille (kunhan löytyy edes yksi), eikä vesistöjen päälle meneminkään ole juuri haittana.

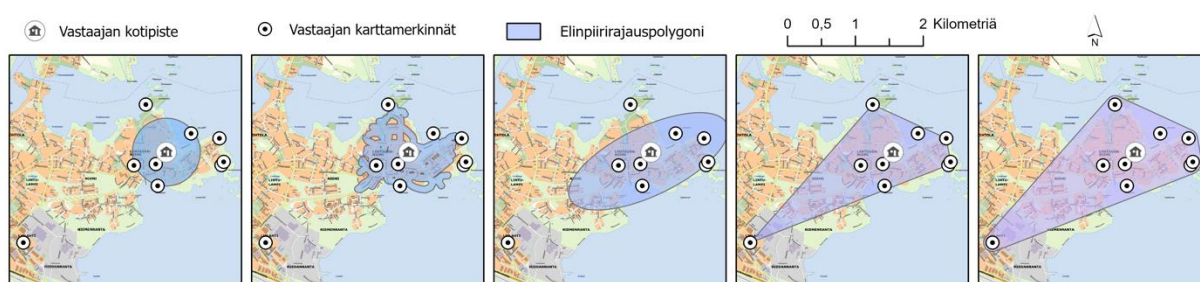
Kustomoitujen konveksiverhojen menetelmä muovaa konveksiverhomenetelmää elinpiireille sopivammaksi. Kustomoidut konveksiverhot ottavat huomioon vastaajien erilaiset ominaisuudet kuten kaksi edellistä menetelmää. Elinpiirirajausten pinta-alojen jakautuneisuus vaikuttaa kahta edellistä menetelmää loogisemmalta (kuvat 8 ja 9) ja siten todennäköisesti lähempänä todellisuutta olevaa. Hypoteeseista menetelmä toteuttaa ikä- ja kaupunginosavaikutushypoteesin, mutta ei kaupunkirakennehypoteesia. Toteutuvien hypoteesien perusteella menetelmä heijastaa melko hyvin elinpiirien kokoeroja vastaajien kesken. Se, miten menetelmä elinpiirien todellisia kokoeroja heijastaa, eroaa siis kuitenkin kahdesta edellisestä menetelmästä.

Menetelmän suorittaminen vaati jonkin verran enemmän vaiheita verrattuna kahteen edelliseen menetelmään, mutta vaiheet olivat paikkatietomenetelmällisesti yksinkertaisia. Tiivistettynä kustomoitujen konveksiverhojen menetelmä on hyvä ja melko helposti toteutettavissa oleva

menetelmä ihmisten elinpiirien tutkimiseen (taulukko 10). Kustomoitujen konveksiverhojen muodostustapa estää erittäin pienien ja suurien polygonien synnyn.

Taulukko 10. Kustomoitujen konveksiverhojen käytön plussat ja miinukset.

|   |   |
|---|---|
|  | Hyvä ja melko helposti toteutettavissa oleva menetelmä ihmisten elinpiirien tutkimiseen |
|  | Estää liian pienien ja ylisuurien polygonien synnyn bufferointien ja rajoitusten avulla |
|  | Ei toteuta kaupunginosavaikutushypoteesia   |



Kuva 10. Yksittäisen Lentävänniemessä asuvan vastaajan laskettu elinpiiri. Vasemman alakulman karttamerkinnyt sisältyy juuri ja juuri kustomoituun konveksiverhoon etäisyyden kotipisteeseen ollessa 2495 metriä (rajana 2600 m). Järjestys vasemmalta oikealle: ympyräbufferi, tieverkostobufferi, keskijajontaellipsi, konveksiverho, kustomoitu konveksiverho. Taustakartta: Tampereen opaskartta (VÄRI, GK24).

## 5 Tulosten tarkastelu

### 5.1 Tulosten suhteutuminen aikaisempiin tutkimuksiin

Tutkimuksen tulokset ympyräbufferimenetelmän rajoitteista ja mahdollisuuksista ovat hyvin linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa. Kyttä ym. (2016) näyttivät tutkimuksessaan, etteivät generiset bufferit riitä kattamaan kaikkia alueita, joissa vastaajat tosiasiallisesti liikkuvat. Samaan aikaan bufferit voivat kattaa alueita, joihin vastaajilla ei tosiasiallisesti ole pääsyä (Lee ym. (2008). Tässä tutkimuksessa päädyttiin sellaiseen päätelmään, että ympyräbufferimenetelmä on hyvä vastaajan lähielinpiirin tutkimiseen (käyttänyt esim. Kyttä ym. 2016). Tämän tutkimusasetelman merkitystä lisää Wiehen ym. (2008) tutkimustulos siitä, että ihmiset viettävät keskimäärin kaksi kolmasosaa ajastaan alle kilometrin säteellä kodistaan.

Sama Wiehen ym. (2008) tutkimustulos lisää samalla arvoa myös tieverkostobufferimenetelmälle, jota sitäkin voidaan käyttää hyvin vastaajan lähielinpiirin ympäristön tutkimiseen. Tässä tutkimuksessa tehtiin päätelmä siitä, että tieverkostobufferimenetelmä soveltuu paremmin lähielinpiirin ympäristön tutkimiseen kuin ympyräbufferimenetelmä. Tämä on linjassa Oliverin ym. (2007) tutkimuksen kanssa, jossa tehtiin sama päätelmä. Tieverkostobuffereilla on silti sama rajoittuneisuus liittyen samalla arvolla luotavien buffereiden riittämättömään kattavuuteen, jonka Kyttä ym. (2016) toivat hyvin esiin.

Tutkimuksessa keskihajontaellipsi- ja konveksiverhomenetelmällä luodut valtavat elinpiirirajaukset päätyvät kyseenalaiseen valoon suhteessa Wiehen ym. (2008) tutkimustulokseen oleilun keskittymisestä hyvin lähelle kotia. Tämä tukee tässä tutkimuksessa tehtyä päätelmää siitä, että useat valtavat elinpiirirajaukset ovat kaukana todellisuudesta. Hazansadehin ym. (2017) mukaan muun muassa keskihajontaellipsi- ja konveksiverhomenetelmän suuri rajoite on niiden täysin matemaattinen luonne ilman elinpiiriin monitahoisen luonteen huomioon ottamista. Tämä sama havaittiin tässä tutkimuksessa siten, että kyseiset menetelmät loivat valtavan suuria ja äärimmäisen pieniä elinpiirirajauksia, koska menetelmiin ei sisältynyt elinpiirien erityisluonnetta huomioivia pisteiden suodattamisia tai bufferointeja.

Tämän tutkimuksen kustomoiduilla konveksiverhoilla tuotetut tulokset olivat linjassa Hazansadehin ym. (2017) tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa toteutuneet ja toteutumattomat hypoteesit olivat samat kuin heidän tutkimuksessaan. Ikä- ja kaupunkirakennehypoteesit toteutuivat, mutta kaupunginosavaikutushypoteesi ei toteutunut.

## 5.2 Tutkimusasetelman tarkastelu

Tämän tutkimuksen asetelma, jossa verrattiin useampaa menetelmää toisiinsa, on harvinainen. Tästä syystä kaikkia valintoja ei pystytty perustamaan aikaisempien tutkimusten pohjalle. Tutkimukseen valitut menetelmät sopivat tutkimukseen jälkikäteen tarkasteltunakin hyvin. Ympyräbufferi- ja tieverkostobufferimenetelmä poikkesivat tietyllä tapaa muista menetelmistä, kun ne olivat yksilöperustaisia, mutta eivät yksilöspesifejä kuten muut menetelmät. Tämä tuli esiin erityisesti hypoteesien testaamisessa, jota ei pystytty monessa tapauksessa menetelmille edes suorittamaan. Kyseiset kaksi menetelmää ilmensivät tutkimuksessa toisaalta kuitenkin hyvin yksilöspesifien ja ei-yksilöspesifien menetelmien eroa.

Tutkimuksessa käytetyssä aineistossa oli suhteessa muuhun tutkimusasetelmaan sekä vahvuuksia että heikkouksia. Aineiston erityinen vahvuus oli se, että suuresta vastaajamäärästä johtuen mukaan saatiin jopa 1044 vastaajaa, joille voitiin määrittää kotipiste ja jotka olivat merkinneet vähintään viisi karttamerkintää. Muissa tutkimuksissa elinpiirejä on voitu luoda enemmänkin kuin tässä tutkimuksessa, mutta tällöin merkittyjen pisteiden määrälle ei ole asetettu yhtä korkeaa rajaa (esim. Hazansadeh ym. 2017). Useammalla karttamerkinnällä saadaan todennäköisesti tarkempi kuva vastaajan todellisesta elinpiiristä.

Toisaalta aineistoon liittyy myös tutkimuksen suurin heikkous. Koska Tamperelaisten hyvinvointi -kyselyn karttakyselyosuutta ei oltu rakennettu suoranaisesti kertomaan vastaajien elinpiiristä, eivät vastaajien merkitsemät pisteet välttämättä kuvanneet vastaajien liikkumista yhtä hyvin kuin sellaisten aineistojen pisteet, jotka on kerätty varta vasten elinpiiritutkimusta varten. Vertailevia osuuksia varten pisteiden todenmukaisuus ei ollut tärkeää, koska visuaalista tarkastelua varten pisteet olisi voitu vaikka generoida. Hypoteesien testausta varten vierailtujen paikkojen todenmukaisuus oli kuitenkin tärkeää. Koska kustomoitujen konveksiverhojen hypoteesitestaukset päättyivät samoihin tuloksiin kuin Hazansadehin ym. (2017) tutkimus eri aineistolla, indikoi se tämän tutkimuksen aineiston olleen sopivaa elinpiirien tutkimiseen.

Huolimatta tutkimuksen laajasta otteesta menetelmiin jää tutkimuskentälle tutkimuksen harvinaislaatuudesta johtuen tilaa tutkimuksille, jotka vahventaisivat tai heikentäisivät tämän tutkimuksen löydöksiä ja johtopäätöksiä. Tutkimuksessa yksikään menetelmä ei myöskään toteuttanut kaikkia hypoteeseja, joilla testattiin menetelmien käyttökelpoisuutta, mikä jättää tilaa parannetuille menetelmille tai yhden tai useamman hypoteesin todistamisen vääräksi.

## Kiitokset

Kiitän **Tampereen kaupunkia** sekä analyytikkoja **Pekka Veistettä** ja **Katri Heinistä** mahdollisuudesta tutustua tutkimuksessa käyttämäni kyselyaineistoon aikaisemmassa työharjoittelusani sekä mahdollisuudesta käyttää kyselyaineistoa tutkimuksessa.

Kiitän **Turun Yliopistoa** ja sen **opettajia** erinomaisesta paikkatieto-opetuksesta sekä mahdollisuudesta käyttää ohjelmistoja (ArcGIS Pro, Data Interoperability, SPSS), joilla tämä tutkimus on ollut mahdollista suorittaa. Haluan kiittää erikseen paikkatietotutkimuksen professoria **Niina Käyhköä** tämän pro gradu -tutkielman perusteellisesta ja huolellisesta ohjaamisesta.

Kiitän kaikkia sekä aikaisempia että nykyisiä työpaikkoja (**Varsinais-Suomen liitto, Lounais-tieto, Tampereen kaupunki, Esri Finland**) siitä, että he ovat perehdyttäneet tämän tutkimuksen tekijän paikkatiedon maailmaan ja erilaisiin paikkatieto-ohjelmistoihin.

## Lähteet

- Ali, M., Park, J-K., Thiem, V. D., Canh, D. G., Emch, M. & Clemens, J. D. (2005) Neighborhood size and local geographic variation of health and social determinants. *International Journal of Health Geographics* 4(1) 1–10. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-4-12>
- Arcury, T. A., Gesler, W. M., Preisser, J. S., Sherman, J., Spencer, J. & Perin, J. (2005) The effects of geography and spatial behavior on health care utilization among the residents of a rural region. *Health Services Research* 40(1) 135–155.  
<http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-6-41>
- Asukastiheys hehtaarilla 05.05.2021 (2021) Tampereen kaupunki. <<https://geodata.tampere.fi/geoserver/ows?service=wfs&version=1.0.0&request=GetCapabilities>>
- Berke, E. M., Koepsell, T. D., Moudon, A. V. Hoskins, R. E. & Larson, E. B. (2007) Association of the built environment with physical activity and obesity in older persons. *American Journal of Public Health* 97(3) 486–492.  
<https://doi.org/10.2105/AJPH.2006.085837>
- Bertram, C. & Rehdanz, K. (2015) The role of urban green space for human well-being. *Ecological Economics* 120 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.10.013>
- Bithell, J. F. (1990) An application of density estimation to geographical epidemiology. *Statistics of Medicine* 9(6) 691–701. <https://doi.org/10.1002/sim.4780090616>
- Boitani, L. & Fuller, T. (2000) *Research techniques in animal ecology: controversies and consequences*. Columbia University Press, New York.
- Booth, K. M., Pinkston, M. M. & Poston W. S. C. (2005) Obesity and the built environment. *Journal of the American Dietetic Association* 105(5) 110–117.  
<https://doi.org/10.1016/j.jada.2005.02.045>
- Brown, G. & Kytä, M. (2014) Key issues and research for public participation GIS (PPGIS): A synthesis based on empirical research. *Applied Geography* 46 122–136.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.11.004>
- Buliung, R. N. & Kanaroglou, P. S. (2006) Urban Form and Household Activity-Travel Behavior. *Growth and Change*. 37(2) 172–199
- Burt, W. H. (1943) Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24(3) 346–352. <https://doi.org/10.2307/1374834>

- Cagney, K., Cornwell, E., Goldman, A. & Cai, L. (2020) Urban mobility and activity space. *Annual Review of Sociology* 46 623–648. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-121919-054848>
- Chainey, S., Tompson, L. & Uhlig, S. (2008) The utility of hotspot mapping for predicting patterns of crime. *Security Journal* 21 4–28. <http://dx.doi.org/10.1057/sj.2008.6>
- Directional Distribution (Standard Deviational Ellipse) (2023) Esri. 12.1.2022. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/directional-distribution.htm>
- Convex hull (2022) Wikipedia. 11.11.2022. [https://en.wikipedia.org/wiki/Convex\\_hull](https://en.wikipedia.org/wiki/Convex_hull)
- Gordon-Larsen, P., Nelson, M. C., Page, P. & Popkin, B. M. (2006) Inequality in the built environment underlies key health disparities in physical activity and obesity. *Pediatrics* 117(2) 417–424. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-0058>
- Hazansadeh, K., Broberg, A. & Kytä, M. (2017) Where is my neighborhood? A dynamic individual-based definition of home ranges and implementation of multiple evaluation criteria. *Applied Geography* 84 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.04.006>
- Haybatollahi, M., Czepkiewicz, M., Laatikainen, T. & Kytä, M. (2015). Neighbourhood preferences, active travel behaviour, and build environment: An exploratory study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 29 57–69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2015.01.001>
- How Directional Distribution (Standard Deviational Ellipse) works (2023) Esri. 12.1.2023 <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-directional-distribution-standard-deviational.htm>
- Ilmastonmuutos vaatii jopa ruokailutottumusten miettimistä (2009) Yle. 4.11.2009. <https://yle.fi/uutiset/3-5912601>
- Interpreting results: Welch and Brown-Forsythe tests (2023) GraphPad. 19.1.2023. [https://www.graphpad.com/guides/prism/latest/statistics/interpreting\\_welch\\_browne-forsythe\\_tests.htm](https://www.graphpad.com/guides/prism/latest/statistics/interpreting_welch_browne-forsythe_tests.htm)
- Jago, R., Baranowski, T., Zakeri, I. & Harris, M. (2005) Observed environmental features and the physical activity of adolescent males. *American Journal of Preventive Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2005.04.002>
- Jenks Natural Breaks Classification (2018) Wiki.GIS.com. 21.12.2022. [http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Jenks\\_Natural\\_Breaks\\_Classification](http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Jenks_Natural_Breaks_Classification)



- Kato, H., Takizawa, A. & Matsushita, D. (2019). Impact of COVID-19 Pandemic on Home Range in a Suburban City in the Osaka Metropolitan Area. *Sustainability* 13(16). <https://doi.org/10.3390/su13168974>
- Korpilo, S., Kaaronen, R. O., Olafsson, A. S., Raymond, C. M. (2022) Public participation GIS can help assess multiple dimensions of environmental justice in urban green and blue space planning. *Applied Geography* 148
- Korrelaatio (2016) Tilastokeskus. 16.1.2023. <[https://tilastokoulu.stat.fi/verkko-koulu\\_v2.xql?page\\_type=sisalto&course\\_id=tkoulu\\_tilaj&lesson\\_id=4&subject\\_id=3](https://tilastokoulu.stat.fi/verkko-koulu_v2.xql?page_type=sisalto&course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=4&subject_id=3)>
- Krizek, K. J (2003) Residential relocation and changes in urban travel: Does neighborhood-scale urban form matter?. *Journal of the American Planning Association* 69(3) 265–281. <https://doi.org/10.1080/01944360308978019>
- Kyttä, M., Broberg, A., Haybatollahi, M. & Schmidt-Thomé, K. (2016) Urban happiness: context-sensitive study of the social sustainability of urban settings. *Environment and Planning B: Planning and Design* 43(1) 34–57. <https://doi.org/10.1177/0265813515600121>
- Kyttä, A. M., Broberg, A. K. & Kahila, M. H. (2012). Urban environment and children's active lifestyle: softGIS revealing children's behavioral patterns and meaningful places. *American Journal of Health Promotion: AJHP* 26(5) 137–148. <https://doi.org/10.4278/ajhp.100914-QUAN-310>
- Lee, B. A., Reardon, S. F., Firebaugh, G., Farrell, C. R., Matthews, S. A. & Sullivan, D. (2008) Beyond the census tract: Patterns and determinants of racial segregation at multiple geographic scales. *American sociological review* 73(5) 766–791. <https://doi.org/10.1177/000312240807300504>
- Milton, S., Triantafyllos, P., Hawkesworth, S., Nanchahal, K. Grundy, C., Amuzu, A., Casas, J.-P. & Lock, K. (2015) A quantitative geographical information systems approach to explore how older people over 70 years interact with and define their neighbourhood environment. *Health & Place* 36 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.health-place.2015.10.002>
- Network analysis coverage (2022) Esri. <<https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/network-coverage.htm>>
- Nilsen, E. B., Pedersen, S. & Linnell, J. D. C. (2008) Can minimum convex polygon home ranges be used to draw biologically meaningful conclusions. *Ecological research* 23(3) 635–639. <https://doi.org/10.1007/s11284-007-0421-9>

- Oliver, L. N., Schuurman, N. & Hall, A. W. (2007) Comparing circular and network buffers to examine the influence of land use on walking for leisure and errands. *International Journal of Health Geographics* 6(1) 1–11 <<https://doi.org/10.1186/1476-072X-6-41>>
- Ollikainen, T. (2019) Mitä jos olisimme metsästäjä-keräilijöitä?. Helsingin yliopisto. 18.11.2022 <<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/kulttuuri/mita-jos-olisimme-metsastaja-kerailijoita>>
- Pearl, M., Braveman, P. & Abrams, B. (2001) The Relationship of Neighborhood Socioeconomic Characteristics to Birthweight Among 5 Ethnic Groups in California. *American Journal of Public Health* 91(11) 1808–1814. <https://doi.org/10.2105/AJPH.91.11.1808>
- Pearsonin korrelaatiokerroin (2016) Tilastokeskus. 16.1.2023 <[https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu\\_v2.xql?course\\_id=tkoulu\\_tilaj&lesson\\_id=4&subject\\_id=4&page\\_type=sisalto](https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=4&subject_id=4&page_type=sisalto)>
- Perchoux, C., Chaix, B., Cummins, S. & Kerstens, Y. (2013) Conceptualization and measurement of environmental exposure in epidemiology: Accounting for activity space related to daily mobility. *Health & Place* 21 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.01.005>
- Rauh, V. A., Andrews, H. F. & Garfinkel, R. S. (2001) The Contribution of Maternal Age to Racial Disparities in Birthweight: A Multilevel Perspective. *American Journal of Public Health* 91(11) 1815–1824. <https://doi.org/10.2105/AJPH.91.11.1815>
- Reviiri (2022) Tieteen termipankki. 29.10.2022. <<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:reviiri>>
- Seaman, D. E. & Powell, R. A. (1996) An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology* 77(7) 2075–2085. <https://doi.org/10.2307/2265701>
- SeutuNet: Tampereen kaupunkiseutu, taulukot (2022) Tilastokeskus. 8.1.2022. <[https://tilastokeskus.fi/tup/seutunet/tampere\\_taulukot.html](https://tilastokeskus.fi/tup/seutunet/tampere_taulukot.html)>
- Soivio, T. (2022) Lukijan mielipide: Maaseudulla auto on välttämätön. Helsingin Sanomat. 17.2.2022 <<https://www.hs.fi/mielipide/art-2000008618553.html>>
- Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (2016) Tilastokeskus. 16.1.2023. <[https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu\\_v2.xql?course\\_id=tkoulu\\_tilaj&lesson\\_id=4&subject\\_id=7&page\\_type=sisalto](https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=4&subject_id=7&page_type=sisalto)>
- Tampereen opaskartta (2022) Tampereen kaupunki. 8.1.2022. <<https://georaster.tampere.fi/geoserver/gwc/service/wmts?REQUEST=GetCapabilities>>

- Tampereen tilastoalueet (2012) Tampereen kaupunki. 6.12.2022 <<https://data.tampere.fi/data/fi/dataset/tampereen-tilastoalueet>>
- Tamperelaisten hyvinvointi asuinalueilla (2022) Tampereen kaupunki. 12.12.2022. <<https://www.tampere.fi/tampere-tietoa/tilastot/tamperelaisten-hyvinvointi-asuinalueilla>>
- Tamperelaisten hyvinvointi -kyselyn tulokset 2021 (2021) Tampereen kaupunki. 4.12.2022 <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmQxYjAx-NGEtZjVmMi00MjMwLWI4MwItMjU4MjhhZmRkN2ExIiwidCI6ImRk-ZTVkYzEyLWJkM2MtNGMwNi04NWNjLTM0MzYxZWZlOWFkNCIsImMiOjh9>>
- Tavanomainen elinpiiri (2022) Tilastokeskus. 6.10.2022. <<https://www.stat.fi/meta/kas/tavomelinpiiri.html>>
- Territorio (2022) Tieteen termipankki. 29.10.2022. <<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:territorio>>
- Uomaverkosto (2021) Suomen ympäristökeskus. 8.1.2022. <<https://ckan.ymparisto.fi/dataset/uomaverkosto>>
- Vallée, J., Le Roux, G., Chaix, B., Kestens, Y. & Chauvin, P. (2015) The ‘Constant size neighbourhood trap’ in accessibility and health studies. *Urban Studies* 52(2) 338–357. <https://doi.org/10.1177/0042098014528393>
- Varianssianalyysi (2023) Tietoarkisto. 19.1.2023. <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/variassi/anova/>>
- Varianssianalyysi – SPSS-harjoitus 1 (2014) KvantiMOTV. 19.1.2023. <<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/variassi/harjoitus1.html>>
- Väestökatsaus (2022) Tampereen kaupunki. 4.3.2023. <<https://www.tampere.fi/tampere-tietoa/tilastot/tilastotietoa-vaestosta-ja-vaestonmuutoksista>>
- Wiehe, S. E., Hoch, S. C., Liu, G. C., Carroll, A. E., Wilson, J. S. & Fortenberry, J. D. (2008) Adolescent travel patterns: Pilot data indicating distance from home varies by time of day and day of week. *Journal of Adolescent Health* 42(4) 418–420. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2007.09.018>
- Wong, D. W. S. & Shaw, S.-L. (2011) Measuring segregation: an activity space approach. *Journal of Geographical Systems*. 13 127–145. <https://doi.org/10.1007/s10109-010-0112-x>
- Ydinestimointi (2022) Wikipedia. 11.11.2022. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Ydinestimointi>>

- Yen, I. H., Michael, Y. L. & Perdue, L. (2009) Neighborhood environment in studies of health of older adults: a systematic review. *American journal of preventive medicine* 37(5) 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.06.022>
- Zenk, S. N., Schulz, A. J., Matthews, S. A., Odoms-Young, A., Wilbur, J., Wegrzyn, L., Gibbs, K., Braunschweig, K. & Stokes, C. (2011) Activity space environment and dietary and physical activity: A pilot study. *Health & place* 17(5) 1150–1161. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2011.05.001>