

# Paikkatietojärjestelmät, spatiaalinen mallinnus ja maantiede: yhteiskuntatutkimuksen ja -suunnittelun näkökulmia

JANI VUOLTEENAHO & JAAKKO SUIKKANEN

*Maantieteen laitos, Helsingin yliopisto & Suomen ympäristökeskus, Helsinki*



*Vuolteenaho, Jani & Jaakko Suikkanen (2003). Paikkatietojärjestelmät, spatiaalinen mallinnus ja maantiede: yhteiskuntatutkimuksen ja -suunnittelun näkökulmia (Geographic information systems, spatial modelling and geography: perspectives on societal research and planning). Terra 115: 3, 179–191.*

This article seeks explanations and possible remedies for the paradoxical status of geographical information systems within contemporary human geography. The use of GIS has benefitted many planning-oriented branches of the discipline. At the same time GIS technology and research have faced skepticism from various critical branches of geography. The article examines the geometrical conceptualizations of space in GIS data modelling, as well as the potential of analytical modelling in GIS, based on a research example of location-allocation modelling of the ambulance station network in Metropolitan Helsinki. The article argues that the research questions asked should be the basis on which the advantages of GIS are evaluated. Instead of championing or condemning GIS at face value (in the spirit of technological determinism), human geographers should pay more attention to their methodological strengths and weaknesses and learn to combine GIS methods with other methodologies in innovative ways.

*Jani Vuolteenaho, Department of Geography, University of Helsinki, P. O. Box 64, FIN-00014 Helsinki, Finland. E-mail: <jani.vuolteenaho@helsinki.fi>*

*Jaakko Suikkanen, The Finnish Environment Institute, P. O. Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland. E-mail: <jaakko.suikkanen@ymparisto.fi>*

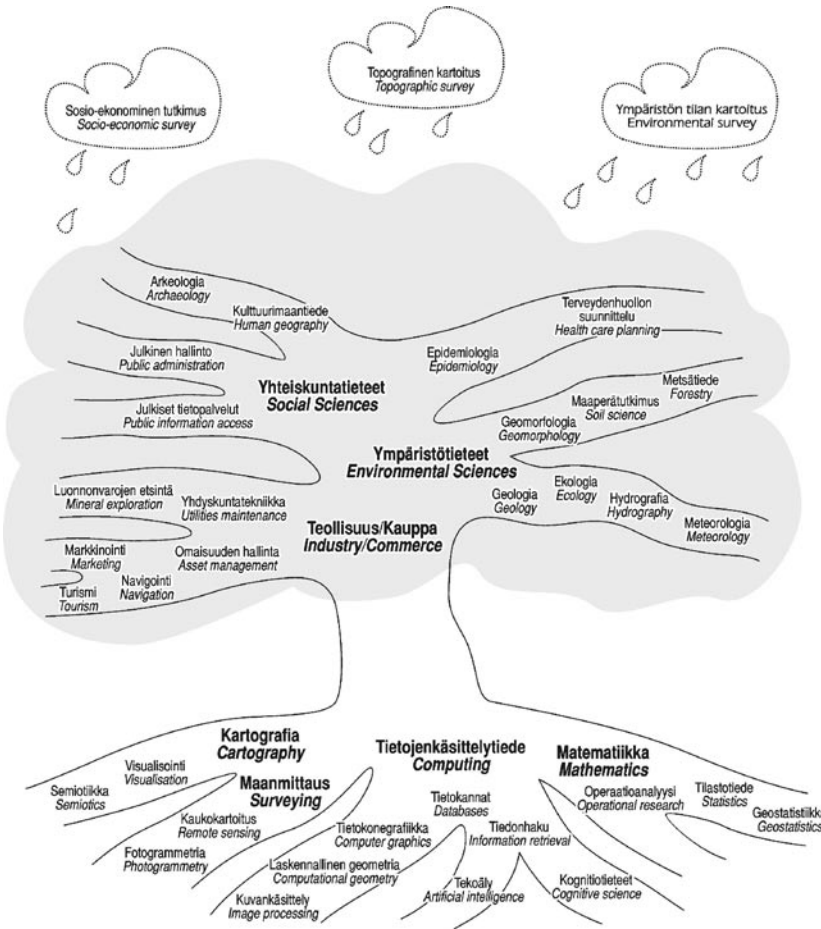
Mikäli maantieteen kehityksestä kirjoittava historioitsija näkee 1960-luvun olleen 'ylenmääräisen matemaattisuuden' vuosikymmenen, voimme ainakin puolustautua tiedolla, että kaikki luonnontieteet ja yhteiskuntatieteet kävivät tai ovat käymässä läpi tämän vaiheen; tällä vuosikymmenellä valmistuvien opiskelijoiden on syytä olla tietoisia sekä mahdollisuuksista että vaaroista, joita tähän suuntaukseen liittyy.

(Haggett 1965: 1)

On esitetty erilaisia näkökulmia siitä, tulisiko geoinformatiikka määritellä itsenäiseksi tieteenalaksi vai ymmärtää se karttakoordinaatistoon sidottuja digitaalisia aineistoja tietokonepohjaisiin menetelmin käsitteleväksi tutkimukseksi (Forum 1997; Longley ym. 2001). Oman menetelmälähtöisen näkökulmamme mukaan geoinformatiikka on paikkatietojärjestelmiä (Geographic Information Systems, GIS) hyödyntävää osaamista ja paikkatietojärjestelmiin kohdistuvaa tutkimusta (vrt. Sarjakoski 1994: 11). Vaikeutta löytää geoinformatiikalle yleisesti hyväksyttyä määritelmää selittää osaltaan se, että alan kehitykseen vaikuttavat maantieteellisen ja muun akateemisen tut-

kimuksen lisäksi yritysmaailma ja julkinen sektori (kuva 1). Geoinformatiikan monitieteinen tutkimuskenttä voidaan jaotella karkeasti kahteen osaluueeseen: paikkatietojärjestelmien menetelmien ja ohjelmistojen kehittämiseen sekä paikkatietojärjestelmiä alakohtaisten ongelmien ratkaisemisessa hyödyntävään tutkimukseen. Maantiede on eräs geoinformatiikkaa soveltavista ja sen kehitykseen vaikuttavista tieteenaloista. Englanninkielisestä nimestään huolimatta geoinformatiikka ei palaudu yksin maantieteeseen tieteenalana, sen enempää kuin maantiede geoinformatiikkaan. Silti geoinformatiikan ja maantieteen suhde on muihin tieteenaloihin verrattuna erityinen – ja maantieteen lähistoriaan liittyvistä syistä usein myös hyvin jännitteinen (esim. Goodchild 1995; Taylor & Johnston 1995; Longley & Batty 1996; Longley ym. 2001: 23–25).

Geoinformatiikassa otetut edistysaskeleet ovat liittyneet informaatioteknologian kehitykseen ja digitaalisten aineistojen saatavuuden parantumiseen. Osin ne ovat pohjautuneet myös kvantitatiivisessa maantieteessä ja ”spatialitieteessä” (*spatial science*) etenkin 1950-luvulta lähtien kehitet-



Kuva 1. Geoinformatiikan monitieteinen tutkimuskenttä Christopher Jonesin (1997: 5) mukaan.

*Figure 1. The multidisciplinary field of geoinformatics according to Christopher Jones (1997: 5).*

tyihin analyysimenetelmiin ja teoreettisiin malleihin (Openshaw 1991: 389; Sui 1994; Longley ym. 2001: 23–25). Geoinformatiikan asema nykymaantieteessä voi näyttäytyä kuitenkin varsin ristiriitaisena tarkkailijalle, joka ei ole perehtynyt tieteenalalla viime vuosikymmeninä tapahtuneisiin muutoksiin ja tutkimuskentän sirpaloitumiseen (Johnston 1997; Häkli 1999; Berry 2002; Vuolteenaho 2002a). Yhtäältä paikkatietojärjestelmien käyttö on yleistynyt nopeasti ja avannut tutkimukselle runsaasti uusia näköaloja etenkin 1990-luvulta lähtien (Wheeler 1994). Spatiaalisten tietokantojen tehokas käsittely, karttaesitysten joustava tuottaminen, alueelliset tarkastelut karkean keskiarvotiedon sijasta, monipuoliset analyysimahdollisuudet sekä esitysten havainnollisuus ovat paikkatietojärjestelmien ominaisuuksia, joita myös maantieteellisessä yhteiskuntatutkimuksessa on hyödynnetty yhä enemmän. Toisaalta geoinformatiikan nousu on herättänyt vastareaktioita – erityisesti

yhteiskunta- ja kulttuuriteoriaan suuntautuneessa kriittisessä maantieteessä ja osin monitieteellisiin keskusteluihin liittyen. Paul Longley ja kumppanit (2001: 25) summaavat geoinformatiikkaan kohdistettua arvostelua muun muassa seuraavasti:

- Paikkatietojärjestelmät mahdollistavat yhteiskuntia tutkittaessa vain luonteeltaan ”homogeenisten” ilmiöiden tarkastelun ja tulevat näin marginalisoineeksi yksilölliset ja vähemmistönäkökulmat.
- Paikkatietojärjestelmien käyttöön liittyy usein eettisesti kiistanalaisia tarkoituseriä (valvontajärjestelmät, sotilaallinen ja teollinen tiedustelu ja vakoilu, yksityisyyden ja tietosuojan loukkaukset).
- Erikoisosaamista edellyttävät ja kalliit paikkatietojärjestelmät palvelevat valtarakentei-

den säilyttämistä ja niiden menestys perustuu ihmisten tarpeiden sijasta teknologisiin ja kaupallisiin arvoihin.

- Paikkatietojärjestelmien mahdollisuudet ovat rajallisia kriittisemmissä tutkimusongelmissa, sillä ne ovat ankkuroituneet tieteenfilosofisesti positivismiin ja soveltuvat lähinnä normatiivisen ohjauksen välineeksi.

Geoinformatiikkaan kohdistetun arvostelun sisältö ja sävy ovat ainakin osin periytyneet maantieteessä jo pitkään jatkuneesta positivismiin, kvantitatiivisen tutkimusotteen ja spatiaalisen mallinnuksen arvostelusta (esim. Taylor & Johnston 1995; Häkli 1999: 59). Humanistisemmasta näkökulmasta on moitittu paikkatietojärjestelmien määrällistä tutkimusotetta inhimillisestä kokemuksellisuudesta vieraannuttavaksi, teknokraattiseksi ja abstraktiksi tavaksi lähestyvä elinympäristöämme (vrt. Olsson 1975; Cosgrove 1989). Vastaavasti arvostelussa, jonka mukaan paikkatietotutkimus edustaa luonnontieteelliselle ajattelutavalle tyypillistä kyvyttömyyttä ymmärtää ilmiöitä vallan ja yhteiskunnallisten muutosprosessien näkökulmasta, ovat kaikuneet etenkin marxilaisten tutkijoiden jo aiemmin esittämät näkemykset (Harvey 1973, 1989a). Tieteenalan kulttuurisen käänteen ja *representaation kriisistä* käytyjen keskustelujen myötä geoinformatiikan arvostelu on saanut kuitenkin uusiakin vivahteita (Pickles 1995; Curry 1998). Derek Gregory (1994: 68) mukaan paikkatietojärjestelmien kehitys on suistanut osan maantiedettä entistäkin kyseenalaistamattomampaan empirismiin ja teknologiauskoon. Aiemman spatiaaliseen vahva pyrkimys mallintamiseen ohjasi tutkijoiden huomion väistämättä myös todellisuuden esittämisen rajoitteisiin ja rakennettuun luonteseen. Nytemmin digitaalisen esittämisen edistysaskeleet ovat Gregoryn mukaan saaneet monet kuitenkin uskomaan, että paikkatietojärjestelmien ”spatiaalinen optiikka” avaa tien todellisuuden suoraan ja ongelmattomaan esittämiseen.

Gregoryn (1994) arvostelun osuvuudesta voi kiistellä. Kuitenkin hänen huomionsa yhtyvät monien geoinformatiikan puolustajien näkemyksiin siinä, että myös jälkimmäisten mukaan paikkatietotutkimuksen painopiste on nyt empiirisissä soveluksissa ja käytännönläheisissä tutkimusongelmissa, ei niinkään teorianmuodostuksessa (Martin 1996; Longley & Batty 1996; Longley ym. 2001: 24, 304; Kidner ym. 2003). Eräs aiempaa kvantitatiivista maantiedettä ja uudempaa paikkatietotutkimusta erottava piirre on se, että edellisen pyrkimykset kiteytyivät korostuneesti spatiaalisen organisoitumisen ja vuorovaikutuksen universaalien

lakien etsintään (Bunge 1962; Hagget 1965; Chorley & Haggett 1967; Harvey 1969). Jälkimmäiselle on taas leimallisempaa aineistolähtöinen, induktiivinen tutkimusote (Openshaw 1989, 1998). Kaventunutta kiinnostusta suuren maantieteellisen teorian rakenteluun selittävät varmasti lukuisat tekijät: asenneilmapiirin jälkimoderni muutos (Harvey 1989b), teoriapohjan monitieteistyminen (vrt. kuva 1), tutkimuksen erikoistuminen ja kvantitatiivisten aineistojen parempi saatavuus. Robin Flowerdew'n (1998; ks. myös Johnston 1997: 121) ehdottamana, uskottavana osaselityksenä paikkatietotutkijoiden haluttomuuteen uppoutua maantieteen teoriakeskusteluihin voinee pitää myös sitä, että kvantifioivan tutkimusotteen kritiikki on näissä usein yksipuolisen tuomitsevaa.

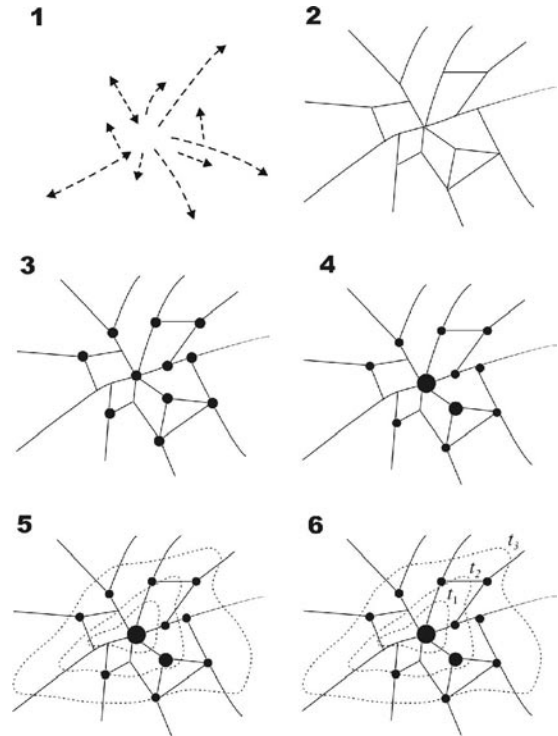
Artikkelimme tavoite on avata tähänastista rakentavampaa keskustelua teorian ja mallinnuksen asemasta kulttuurimaantieteellisessä paikkatietotutkimuksessa, erityisesti yhteiskuntatutkimuksessa ja -suunnittelussa. Vaikka paikkatietotutkimus päättyikin nykyisellään (liian) harvoin vuoropuheluun yhteiskunta- ja kulttuuriteoreettisten näkökulmien kanssa (Wheeler 1994; Forum 1997), olisi silti väärin ajatella, että se olisi sanan varsinaisessa merkityksessä teorianonta. Paikkatietojärjestelmissä käsiteltävä yhteiskuntia ja ihmisen toimintaa koskeva informaatio palvelee usein ”käytännöllisiä” tavoitteita, mutta se on väistämättä havaintoja jäsentävien ”teoreettisten” (tiedollisten, kulttuuristen jne.) käsitejärjestelmien kautta suodatunutta (Special issue 2001). Jo paikkatietojärjestelmien toiminta itsessään perustuu tietynlaiseen tietoteoreettiseen käsitykseen tilasta, tilassa olevista kohteista ja niiden välisistä suhteista. Henri Lefebvren (1991) tunnettuun sosiaalisen tilan teoriaan tukeutuen voi sanoa, että paikkatietojärjestelmät ovat pitkälle viety teknologinen järjestelmä erilaisten tilaa koskevien esitysten (representaatioiden) tuottamiseksi (ks. myös Roberts & Schein 1995). Erotuksena sosiaalisen tilan muista ulottuvuuksista – historian, merkitysten ja muistojen kautta eletystä tilasta sekä yhteiskunnan käytännöllisessä toiminnassa havaitusta tilasta – Lefebvre (1991) käyttää tilan esittämisestä puhuessaan termiä *käsitteellistetty tila*. Termi on osuva myös paikkatietojärjestelmien yhteydessä, sillä kuten artikkelissa osoitamme, nimenomaan *geometrisesti* käsitteellistetty tila on vahvasti taustalla sekä niissä mahdollisuuksissa että rajoitteissa, joita yhteiskuntia tutkittaessa paikkatietojärjestelmiin liittyy.

Avainkäsite, jonka kautta paikkatietojärjestelmiä ja -tutkimusta tarkastelemme, on *spatiaalinen mallinnus*. Olemme tietoisia siitä, että monet nykymaantieteilijät suhtautuvat käsitteeseen

kielteisesti ja liittävät sen kvantitatiivisen valankumouksen aikana ”tieteellisyden” nimissä tehtyihin ylilyönteihin (Cosgrove 1989: 230; ks. myös Chorley & Haggett 1989). Monitieteisellä geoinformatiikan tutkimuskentällä, jossa termillä ei ole vastaavaa tieteenalahistoriallista painolastia, mallien ja mallinnuksen käsitteitä käytetään kuitenkin paljon erilaisissa yhteyksissä. Artikkelissa lähestymme spatiaalista mallinnusta kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen näkökulma on tietopillinen: erittelemme yleisimpiä paikkatietojärjestelmissä hyödynnettyjä datamallinnuksen lähestymistapoja eli tiedonhallinnallisia periaatteita muokata reaali maailman kohteita erilaisiksi digitaalisiksi esityksiksi. Toinen näkökulmamme on tarkastella – sijaintioptimointiin liittyvää tutkimusesimerkkiä hyödyntäen – spatiaalimallinnusta analyysivälineenä, jonka avulla empiirisistä aineistoista voi jalostaa ilmiöitä jäsentäviä ja selittäviä yleistyksiä ja tuottaa päätöksenteko- ja suunnitteluprosesseissa hyödynnettyjä ongelmanratkaisuja. Lopuksi pohdimme paikkatietomenetelmien etuja ja rajoitteita maantieteellisessä yhteiskuntatutkimuksessa erilaisten tilakäsitysten ja tutkimusintressien valossa.

## Spatiaalinen mallinnus paikkatietojärjestelmissä I: reaali maailmasta digitaaliseksi esitykseksi

*Malli* ja *mallinnus* ovat käsitteitä, jotka voidaan määritellä eri tavoin. Laveassa merkityksessä malleilla viitataan mihin tahansa teoriaan, lakiin, hypoteesiin, matemaattiseen muotoiluun, jäsentymiseen ideaan tai aineistoa koskevaan yleistykseen, jonka kautta rakennetaan idealisoitu ja valikoiva esitys reaali maailman merkittäväksi katsoituista piirteistä (Chorley & Haggett 1967: 21–22). Yleensä mallin käsitettä käytetään tieteessä kuitenkin jossakin erityisemmässä merkityksessä. Mallit voidaan jaotella esimerkiksi deskriptiivisiin ja normatiivisiin, ikonisiin, analogisiin ja symbolisiin, staattisiin ja dynaamisiin sekä ei-matemaattisiin ja matemaattisiin malleihin (Chorley & Haggett 1967; MacMillan 1989). Mallien avulla pyritään rakentamaan siltaa empiirisesti havaittujen ilmiöiden ja teorian välille, mutta käytännössä mallintamisen funktiot poikkeavat paljon toisistaan. Mallintaa voidaan niin prosessien ennakkointia ja ohjailua, ilmiöiden psykologista hahmottamista, kommunikaation edistämistä kuin tiedon keruuta, systematisointia ja käsittelyä ensisijaisesti ajatella (Chorley & Haggett 1967: 24–25). Paikkatietoalan kirjallisuudessa mallintamisella viitataan yleisimmin jälkimmäiseen funktioon, paikkaan sidotun



Kuva 2. Geometrisista kohteista ja pinnoista koostuvien aluejärjestelmien typologisoitua klassisessa kvantitatiivisen maantieteen oppikirjassa (Haggett ym. 1977: 7): (1) Vuorovaikutus, (2) Verkostot, (3) Solmupisteet, (4) Hierarkiat, (5) Pinnat ja (6) Diffuusio. Haggettin (ks. erityisesti 1965) eksplisiittisen geometrisen lähestymistapa maantieteeseen on osuvaa nostaa esille myös siksi, että monet hänen esittelemistään matemaattisista lähestymistavoista ovat nykyisissä paikkatietojärjestelmissä sovellettuja menetelmiä (Jones 1997: 6, 38).

*Figure 2. A typologization of regional systems, composed of geometrical objects and surfaces, as found in the classic textbook of quantitative geography (Haggett et al. 1977: 7): (1) Interaction, (2) Networks, (3) Nodes, (4) Hierarchies, (5) Surfaces, and (6) Diffusion. One reason to refer to Haggett's (see especially 1965) explicitly geometrical approach to geography is because many mathematical approaches he discusses are commonly applied in current GIS (Jones 1997: 6, 38).*

informaation keruuseen ja organisointiin tietokannoiksi, joita tietokonejärjestelmät kykenevät käsittelemään (Goodchild 1991; Sui 1994; Jones 1997: 18–38; Longley ym. 2001: 183–203). Vaikka näissä määritelmissä korostuukin digitaalitekniiseen metodiikkaan painottuva ote, tarjoavat ne samalla näkökulmia myös siihen, kuinka datamallinnus paikkatietojärjestelmissä pohjaa erityiseen tietopilliseen ymmärrykseen reaali maailmasta, geometriseen käsitteeseen tilasta.

Ennen tarkempaa paneutumista datamallinnuksen menetelmiin paikkatietojärjestelmissä on hyödyllistä selvittää, mistä mainitussa geometrisessa tilakäsityksessä on kyse. Paikkatietojärjestelmien toiminta perustuu (geoinformaatio)tekniikkaan, joka taas pohjaa luonnontieteelliseen käsitykseen reaali maailman ja tiedon suhteista (ks. Sack 1980 luonnontieteellisen ja muiden tilakäsitysten eroista). Modernin luonnontieteen filosofisen perustan luoneen Rene Descartesin (1596–1650) mukaan tieteen tulee rajoittua selittämään *mitattavissa olevia* ja näin matemaattisesti tarkastelevia ”kvantiteetteja”, joista ilmeisimpiä ovat juuri kappaleiden sijaintia, kokoa, muotoa ja liikettä koskevat geometriset määreet (Cottingham 2000; vrt. Lehtonen 1994: 104–128). On selvää, että datamallinnuksen näkökulmasta tiettyyn koordinaatistoon sidotut paikkatietoaineistot perustuvat kartesiolaisten tietopin ja geometrisen tilakäsityksen periaatteisiin (osittaisena poikkeamana jälkimmäiseen pidetään tosin joskus kohteittaisen eli objektorientoituneen datamallinnuksen paikkatietosovelluksia, joissa geometriatietoa käsitellään muun ominaisuustiedon tapaan: Openhaw 1998: 323; Longley ym. 2001: 194–201). Kuten maanmittauksessa, kartografiassa tai vaikkapa Peter Haggettin (1965; Haggett ym. 1977) aluejärjestelmien mallissa, erilaiset maantieteelliset objektit ja piirteet korvataan paikkatietokannoissa ja -visualisoinneissa geometrisilla vastineillaan (kuva 2). Erona ja etuna puhtaasti graafiseen esitystapaan kuitenkin on, että digitaaliseen muotoon tallennettuun geometriseen tietoon voidaan liittää kohteiden välisiä spatiaalisia suhteita (esim. läheisyyttä, suuntautuneisuutta) kuvaavaa topologista tietoa ja yksittäisiä kohteita kuvaavaa ominaisuustietoa sekä käsitellä ja analysoida näitä matemaattisin menetelmin.

Millaisia datamallinnuksen menetelmiä, tapoja kerätä ja hallita paikkaan sidottua tietoa, geoinformatiikassa sitten hyödynnetään? Esittääkseen ja analysoidakseen paikkatietojärjestelmien avulla maantieteellisiä ilmiöitä on tutkijan tai aineistontuottajan ensin koodattava häntä kiinnostavat ilmiöt sijainniltaan ja muodoltaan enemmän tai vähemmän eksaktisti määriteltyiksi geometrisiksi objekteiksi (ks. Longley ym. 2001: 325–343 epävarmuuden hallinnasta paikkatietojärjestelmissä). Loogisesti onnistunut datamallinnus on edellytys sille, että talot ovat analysoitavissa pisteinä, tiet viivoina (kahden tai useamman pisteen välisinä janoina), tontit alueina (kolmen tai useamman viivan yhdistäminä polygoneina), väentiheyden vaihtelu säännöllisinä rasteripintoina (grideinä) tai alueen korkeussuhteet kolmiulotteisina malleina (esim. epä säännöllisinä kolmioverkkoina) ja niin edelleen (esim. Martin 1996: 50–70).

Datamallinnuksen käsitteellisellä tasolla erotetaan kaksi geometrista tilakäsitystä, joista ensimmäisessä ilmiöitä lähestytään erillisinä kohteina, toisessa jatkuvana kenttänä. Teknisellä tiedonhallinnan tasolla keskeisin jaottelu nykyisissä paikkatietojärjestelmissä tehdään taas erillisistä geometrisista kohteista muodostuvien *vektorimallien* ja yhtenäisiä geometrisia pintoja mallintavien *rasterimallien* välillä (Jones 1997: 18–38; Longley ym. 2001: 66–75).

Vektorimallissa koodaus perustuu koordinaattisijainniltaan tunnettuihin (nollaulotteisiin) pisteisiin, joita loogisesti yhdistelemällä voidaan muodostaa muitakin geometrisia muotoja: (yksiulotteisia) viivoja, (kaksiulotteisia) monikulmioita eli polygoneja ja näiden monimutkaisempia yhdistelmiä. Vektoritietokannat järjestetään yksittäisten geometristen alkeisosien (esim. piste- tai aluekohteiden) pohjalta siten, että kuhunkin kohteeseen voidaan liittää myös muuta tietoa erilaisen analyysien mahdollistamiseksi (Jones 1997: 30–34; Longley ym. 2001: 73–74, 189–194). Kun esimerkiksi kaupunginosajakoon pohjautuva paikkatietokanta on topologiaaltaan määriteltä ja siihen on liitetty elinkeino- ja väestötilastotietoa, voidaan yksinkertaisten kyselyjen avulla selvittää vaikkapa tietyn kaupunginosan ja sen naapuritaajamien työttömyysaste alle 30-vuotiaiden asukkaiden keskuudessa ja verrata tätä tietoa muiden alueiden vastaavaan tietoon. Rasterimallit taas perustuvat solukon muodostamaan pintaan. Yksittäisten solujen eli pikseleiden arvot voivat kuvata periaatteessa mitä tahansa alueellisesti jatkuvaa ilmiötä, joskin yleisempää rasteriaineistojen käyttö on toistaiseksi ollut sensorimittauksiin perustuvia kaukokartoitusaineistoja hyödyntävässä luonnontutkimuksessa (ks. Longley 2002 kaupunkialueiden kaukokartoitusmenetelmistä). Analysoinnin kannalta etuna on, että solujen koko ja sijainti ovat rasterisovelluksissa yleensä vakioituja, minkä johdosta päällekkäisoperaatiot karttatasojen (esimerkiksi työttömyysasteen vaihtelua eri ajankohtina kuvaavien gridien) välillä ovat vektorimallia ongelmattomampia (Tomlin 1991; Rusanen ym. 1993; Jones 1997: 33–35; Halme 1999; Longley ym. 2001: 72–73, 187–189).

Digitaalisessa muodossa oleva data, olipa se vektori- tai rasterimuotoista, mahdollistaa erilaisten matemaattisten operaatioiden ja algoritmien hyödyntämisen geometristen kohteiden, niiden välisten suhteiden ja muiden ominaisuuksien tarkastelussa. Yhtäaikainen selitys paikkatietojärjestelmien menestykselle on niiden selkeä toiminnallinen perusrakenne, jonka avulla on ratkaistu vähintäänkin tyydyttävästi monia maantieteellisten ilmiöiden esittämiseen liittyviä ongelmia.

Esimerkiksi standardiksi muodostunut esitystapa, joissa kukin looginen kohdetyyppi (esim. IT-alan yrityksiä edustavat pisteet, rantalinjaa edustavat viivat tai koulutusastetta kuvaava griditaso) esitetään erillisinä, loogisessa järjestyksessä päällekkäin ”ladottavina” karttatasoina, yleensä joustavoittaa aineistojen visualisointia ja käsittelyä (Longley ym. 2001: 186; vrt. Longley & Batty 1996). Edelleen paikkatietojärjestelmissä on löydetty loogisesti yksinkertainen ratkaisu spatiaalisissa tilastotarkasteluissa metodologista sekaannusta perinteisesti aiheuttaneeseen, havaintoyksiköiden yksilöimiseen liittyvään ongelmaan (Harvey 1969: 212–217, 1973: 38–40). Siinä missä maantieteilijöille oli David Harveyn (1969: 216) mukaan aiemmin vaikeaa tehdä selkoa, hahmotivatko he kohteensa ”tilallis-ajallisella kielellä” vai ”substanssikielillä”, ongelma on ratkaistu jäsentämällä paikkatieto tilastotieteellisessä mielessä havaintoyksikköjä edustavaan sijaintitietoon ja sitä muuttujien avulla kuvailevaan ominaisuustietoon. Kohteiden geometriatieto organisoii siis dataa, mutta kohteita koskeva tieto ei rajoitu pelkästään geometriaan. Eräänä ratkaisun ”seurauksena” voinee pitää sitäkin, että paikkatietojärjestelmät ovat osaltaan ohjanneet kvantitatiivista maantiedettä tutkimaan ilmiöitä aineistolähtöisesti, ei niinkään askartelemaan abstraktin tason spatiaalisten mallien ja ongelmien parissa. Eräissä arvioissa on jopa esitetty paikkatietojärjestelmien ratkaisseen *nomoteettisen* (yleistyksiä etsivän) ja *idiografisen* (ainutkertaisuksiin paneutuvan) tutkimusotteen välisen vanhan kiistan, sillä tietokantoihin tallennetun erityisen tiedon ja yleistyksiin kykenevien ohjelmistojen yhdistelminä ne ovat sisällyttäneet itseensä molemmat tutkimusotteet (Longley ym. 2001: 7–9).

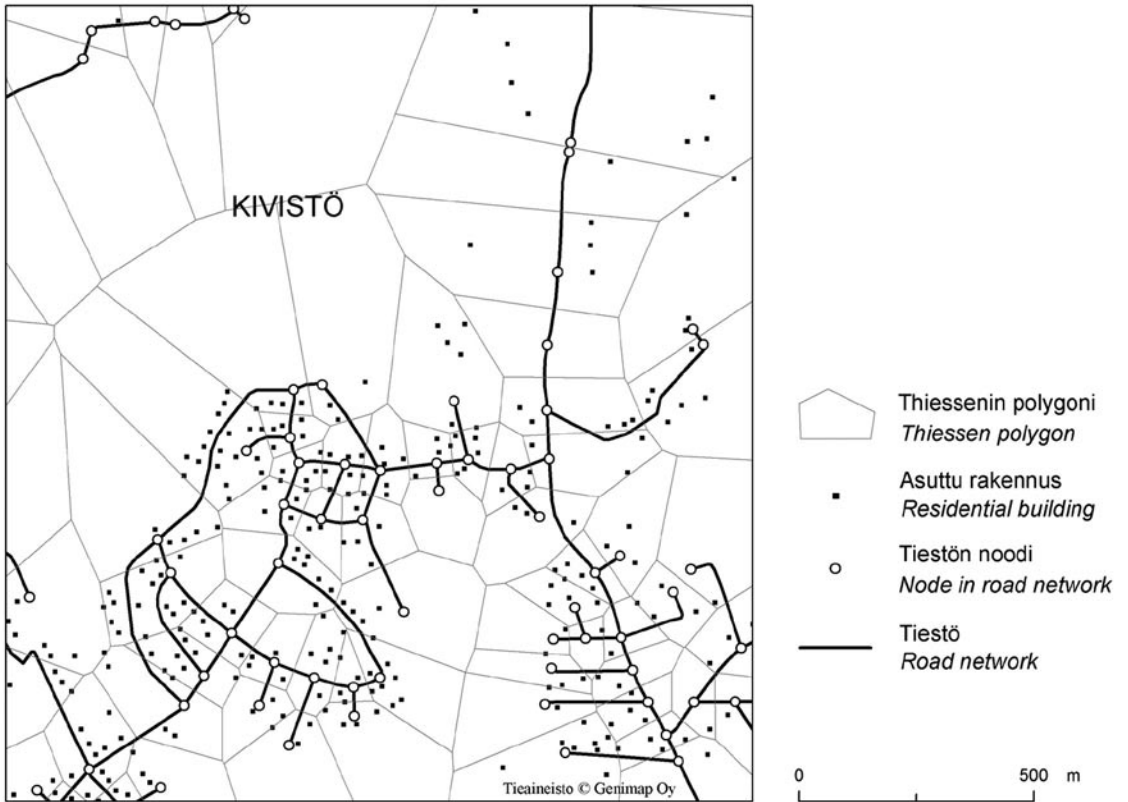
Paikkatietojärjestelmien tehokkuus spatiaalisen tiedonhallinnan välineinä on avannut niille empiirisiä sovellusalueita paitsi suunnitteluja ohjaustehtävissä, myös yhteiskuntiin kohdistuvassa kulttuurimaantieteellisessä perustutkimuksessa. Myös Suomessa, jossa paikkatietoaineistojen taso on kansainvälisesti huippuluokkaa, paikkatietojärjestelmiä on käytetty yhteiskuntia, kaupunkeja ja ihmisen toimintaa tutkitessa (Muilu ym. 1996; Löytönen 1998; Vaatovaara 1998; Halme 1999; Kauppinen 2000; Rusanen ym. 2001). Suuressa osassa yhteiskuntasuunnittelua ja -tutkimusta ne ovat jo varsin rutiininomaisesti käytettyjä työkaluja (Halme 2002; Kare 2002). Paikkatietojärjestelmien rooli erilaisissa spatiaalisissa tilastovertailuissa, inventoinneissa ja selvityksissä on vahvistunut laitteistojen, ohjelmistojen ja aineistojen kehittyessä. On oivallettu niiden perusvarustukseen kuuluvien menetel-

mien, kuten sijainti- ja ominaisuustietoihin perustuvien kyselyiden, etäisyysvyöhykelaskelmien ja päällekkäisoperaatioiden käyttökelpoisuus ja yhdisteltävyys analyysivälineinä. Ainakin osin samaa voi sanoa paikkatietojärjestelmien käytöstä tilastoanalyysien yhteydessä. Osaltaan geoinformatiikan kehitykseen liittyen nykyään ollaan entistä tietoisempia niistä *alueskaalaan* ja *spatiaaliseen autokorrelaatioon* liittyvistä ongelmista, joita paikkaan sidottujen aineistojen tilastotieteelliseen käyttöön liittyy (Harvey 1973: 37–44; Longley & Batty 1996; Brunson 2001; Longley ym. 2001: 97–121, 277–344). Puhtaaseen määräsuhteiden laskemiseen perustuvien ja tilastollisten analyysien rinnalla myös perinteisemmille ja uusille spatiaalimallinnuksen matemaattisille menetelmille on löytynyt sovellusalueita etenkin monilla suunnittelupainotteisilla aloilla (Maguire ym. 1991; Sui 1994; Kidner ym. 2003).

Paikkatietojärjestelmien ominaisuudet eivät siis rajaudu pelkkään visuaaliseen esittämiseen ja suhteellisen yksinkertaisiin perusmenetelmiin. Nykyisin monien ohjelmistojen yhteydessä on mahdollista hyödyntää erityyppisten tutkimusongelmien ratkaisemiseen räätälöityjä analyysi- ja mallinnusmenetelmiä. Kuten kvantitatiivisen maantieteen äänekäs puolustaja Stan Openshaw (1998: 322, 325) kuitenkin tunnustaa, monimutkaisten ihmistoiminnan ilmiöiden osalta geoinformatiikan mahdollisuuksien suhteen ei kannata olla yltiöoptimistinen. Tarkastelemme seuraavaksi sijaintioptimointiin liittyvän tutkimusesimerkin kautta, millaisia etuja ja rajoitteita paikkatietojärjestelmien analyttisiin mallinnusmenetelmiin liittyy yhteiskuntasuunnittelussa ja -tutkimuksessa.

## **Spatiaalinen mallinnus paikkatietojärjestelmissä II: esimerkki analyttisen mallinnuksen mahdollisuuksista ja rajoitteista**

Tiivistetty tutkimusesimerkkimme pohjautuu Jaakko Suikkasen (2002) pro gradu -tutkielmaan, jossa mallinnettiin pääkaupunkiseudun (Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Vantaa) kiireellisten sairaankuljetusyksiköiden asemapaikkojen sijaintia suhteessa alueen väestöpohjaan. Kysymyksessä oli paikkatietomallinnus sijaintiteoriaa ja operaatiotutkimuksen menetelmiä hyödyntävässä, tyypillisessä normatiiviseen suunnitteluun liittyvässä tutkimusongelmassa, jossa tavoitteena on tuottaa tietoa ongelmista ja ratkaisuvaihtoehdoista päätöksenteon tueksi (Longley ym. 2001: 313–319; vrt. Barnes 2003: 84–85, 89–90). Yleisenä tutkimusongelmana oli etsiä spatiaalisen vuorovaikutuksen klassi-



Kuva 3. Esimerkki asukastiedon aggregoimisesta tiestöaineiston noodeihin (Suikkanen 2002: 32). Thiessenin polygonit muodostetaan yksittäisten nooiden ympärille yksinkertaisten matemaattisten sääntöjen pohjalta (Haggett 1965: 247–248). Polygonin sisälle jäävien rakennusten asukasmäärä kuvaa ambulanssipalvelujen potentiaalista tarvetta kyseisessä noodissa.

Figure 3. An example of the aggregation of population data to the nodes of road network data (Suikkanen 2002: 32). Thiessen's polygons are formed around each node according to basic mathematical rules (Haggett 1965: 247–248). The number of inhabitants in buildings within a polygon represents the potential demand of ambulance services in the node in question.

siin malleihin perustuvia (Weber 1909, sit. Haggett 1965: 142–148; Hakimi 1964; Church & Sorensen 1996) sijaintioptimointimenetelmiä hyödyntäen pääkaupunkiseudun ambulanssijärjestelmälle nykyistä kattavampi peitto väestön sijaintiin nähden. Lähtöaineistoina käytettiin kahta laajaa paikkatietoaineistoa: Karttakeskuksen (nykyisin Genimap) ylläpitämää tietoa alueen tiestöstä (viiva-aineisto) sekä pääkaupunkiseudun yhteistoimintavaltuuskunnan (YTV) ylläpitämää väestöpisteaineistoa vuodelta 1998 (75 182 rakennusta, 943 102 asukasta). Lisäksi tutkimuksessa hyödynnettiin muun muassa tietoa hälytysajoneuvojen olemassa olevista asemapaikoista. Varsinaiseen mallintamiseen liittyneet kymmenet tietokoneajot toteutettiin tutkimuksessa ARC/INFO-ohjelmiston Allocate- ja Location allocation -osioiden vektoriaineistoille soveltuvilla reittioptimointi- ja sijaintioptimointityökaluilla.

Ennen kuin nykytilanteen kartoittamiseen ja sijaintioptimointiin liittyviin tutkimusongelmiin päästiin käsiksi, oli *lähtöaineistot* ensin *alustettava*. Koodatuista paikkatietoaineistoista on usein vielä runsaasti matkaa tietokantojen tehokkaaseen analyttiseen hyödyntämiseen. Koska tutkimuksessa oli kysymys reitti- ja sijaintioptimoinneista, joissa selvitettiin hälytysajossa olevien ambulanssien tieverkostoa (vrt. linnuntie) pitkin kulkemaa matkaa tapaturman tai sairaskohtauksen tapahtumapaikalle, oli pistemäinen väestötieto ensinnäkin liitettävä tieaineistoon. Vaihtelevasti tiestön ympärillä sijainneet väestöpisteet aggregoitiin lähimpään tieaineiston solmupisteeseen eli noodiin Thiessenin polygonointimenetelmää hyödyntäen (kuva 3). Näin kukin noodi keräsi lähistöllä asuvan väestön määrän mukaan ”kysyntätekiäjäksen” eri painoarvoja (jotka oletuksen mukaan heijastavat

hälytysajojen todennäköistä tarvetta kussakin noodissa). Koska aggregointia edelsi muun muassa suurempien teiden ja risteysten noodien karsiminen ja koska osaan noodeista ei yhdistynyt yhtään väestöpistettä, hälytysajojen kysyntäpisteiden määrä oli lopulta 15 111 aineiston 28 247 alkuperäisestä noodista. Tiestön noodeihin samoin liitettyjen ambulanssien mahdollisten asemapaikkojen osalta aineisto alustettiin karsimalla niiden lukumäärä järjestyksellisesti tietokoneiden laskentakapasiteetin kannalta. Karsinta tehtiin kyselyoperaatioiden (noodien hyllytys suurimpien teiden osalta) ja satunnaisotannan avulla siten, että ambulanssipalveluiden potentiaalisten ”tarjontapisteiden” määräksi jäi 2 025. Itse tieaineiston alustamiseen liittyi lisäksi muita mallintamisen realistisuuteen tähtääviä topologisia korjaustoimenpiteitä. Oleellisimmista korjauksista mainittakoon kiellettyjen kulkusuuntien määrittäminen (yksisuuntaiset tiet) sekä kääntymisen esto eritasoristeyksissä. Yksittäisille tieosuuksille määritettiin ominaisuustietotauluun myös ajoajat tieluokittain arvioitujen keskimääräisten ajonopeuksien perusteella, koska kiinnostuksen kohteena oli ambulanssin nopeus saapua onnettomuuspaikalle eli etäisyys ajoajassa, ei onnettomuuspaikkojen ja asemien tie-etäisyys kilometreinä (ks. Gatrell 1992: 120–124).

Aineistojen alustamisen jälkeen tutkimus eteni *nykytilanteen kartoittamiseen*. Päätuloksena *reitti-optimoinneista* saatiin, että vuoden 1998 tilanteessa pääkaupunkiseudun 17 asemapaikalta (palo-, ensiapu- ja terveysasemilta) lähtevät hälytysajot tavoittivat teoreettisesti kuudessa minuutissa alueen asukkaista 67,2–73,1 prosenttia riippuen ajankohdan mukaan vaihtelevasta aseman hälytysvalmiudesta (6 minuuttia on pelastustehtävissä yleisesti määritetty kriittinen aikaraja). Tosiasiasa osuus on pienempi, sillä ambulanssit hoitavat hälytyksiä naapurikaupunkien puolelta ainoastaan kiireellisyyssasteeltaan korkeimmaksi luokitelluissa tapauksissa (poikkeuksena Kauniaisten tukeminen Espoon järjestelmään).

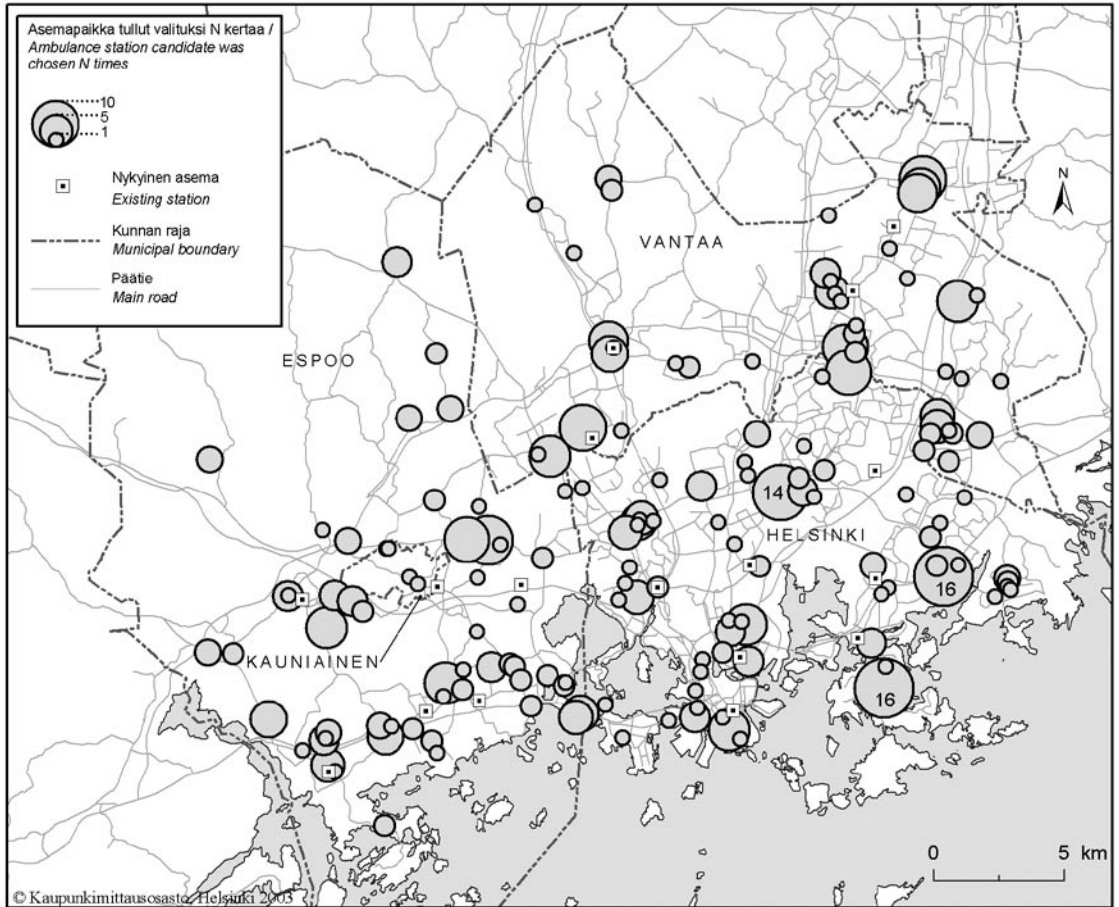
Seuraavassa vaiheessa selvitettiin *sijaintioptimoinnin* avulla, kuinka paljon suuremmaksi hälytysajoneuvojen kuudessa minuutissa saavuttama asiakaspeitto kasvaa, kun asemat sijoitetaan ajoaikojen ja väestömäärien suhteen mahdollisimman optimaalisesti. Tutkimuksessa suoritettiin yhteensä 24 optimointiajoa käyttäen M. B. Teitzin ja P. Bartin (1968) kehittämää algoritmia ja Paul Denshamin ja Gerard Rushtonin (1992) sen pohjalta kehittämää GRIA-algoritmia (Global-Regional Interchange Approach) sekä vaihtelemalla ajossa käytettyjen asemien määrää (kuva 4). Molemmat ovat sijoittamisvaihtoehtojen testaamiseen perustuvia *heuristisia algoritmeja*. Ne

eivät tuota matemaattisesti eksaktia ratkaisua väestömäärällä painotettujen kysyntäpisteiden maksimaalisen peiton takaavasta asemien sijainnista, vaan ”optimia lähenevän” ratkaisun, joka vaihtelee hieman laskentaprosessin satunnaisesta alkuasetelmasta riippuen. Esimerkiksi Teitzin ja Bartin (1968) algoritmi lähtee liikkeelle alustavasti optimaalisena pidetystä asetelmasta, jota muutetaan yksi toimipaikka kerrallaan laskennallisesti yhä optimaalisempaa ratkaisua (eli maksimaalisempaa väestöpeittoa) etsien niin kauan, kunnes kokonaistulosta parantavaa asemapaikan vaihdosta ei enää löydy (ks. Suikkanen 2002: 5–24). Algoritmien antamat tulokset poikkesivat huomionarvoisesti toisistaan siinä, että GRIA sijoitti asemat selkeästi tiiviimmin ja tuotti näin lopputuloksen, jossa asemien vaikutusalueiden päällekkäisyys oli suurempi. Yhtä kaikki, molempien algoritmien tuottamat ratkaisut kasvattivat hälytysajoneuvojen saavuttamaa väestömäärää selkeästi vallitsevaan tilanteeseen verrattuna: esimerkiksi jo 14 aseman ratkaisussa Teitzin ja Bartin algoritmi tuotti 93,0 prosentin ja GRIA -algoritmi vastaavasti 91,3 prosentin asiakaspeiton.

Sijaintioptimoinnin tuloksia voi arvioida eri näkökulmista. Sijaintioptimointimallien tuottamien ratkaisujen luotettavuutta on usein epäilty siksi, ettei malleissa voida millään ottaa huomioon kaikkia sijainnin optimaalisuuteen vaikuttavia tekijöitä (Gore 1991; Jones 1997: 54–55, 229). Suikkasen (2002) tutkimuksessa moniin esille nousseisiin ongelmiin löydettiin kokeilujen kautta tyydyttävä ratkaisu, mutta optimointiratkaisuihin jäi ongelmia, jotka johtuivat hypoteettisesta tutkimusasetelmasta (esim. epärealistinen oletus kaikkien asemien uudelleen sijoittamisesta), aineiston mallintamisen ongelmallisuudesta (esim. vaikeus ottaa huomioon ajonopeuksiin vaikuttavia liikenneruuhkia), asemien vaikutusalueiden päällekkäisyydestä, hälytysajojen kapasiteetista sekä itse ohjelmistosta (mm. satunnaislementin karsiminen ARC/INFO:n optimointialgoritmien alkuasetelman määrittelystä). Tutkimus täytti silti tavoitteensa osoittaessaan nykytilanteessa epäkohtia ja tuottaessaan ratkaisu- vaihtoehtoja ja suuntaa-antavia näkemyksiä päätäjien puntaroitavaksi.

Erityislaatuisuudestaan huolimatta esimerkkinme avaa tärkeitä näkökulmia spatiaalimallinnuksen matemaattisten menetelmien käyttöön yhteiskuntiin kohdistuvassa suunnittelussa ja tutkimuksessa. Spatiaalimallinnuksen menetelmien käytöstä esimerkki on tietysti vain kapea fragmentti laajassa tutkimuskentässä, jolle on ominaista monitieteisyys ja voimakas metodologinen erikoistuminen. Maantieteen erityisemmästä näkökulmasta spatiaalimallinnuksen menetelmät edustavat toista





Kuva 4. Suikkanen (2002) suoritti tutkielmassaan yhteensä 24 sijaintioptimointia kahta eri algoritmia hyödyntäen ja ambulanssien asemamäärää vaihdellen. Kuvassa on esitetty kootusti näiden optimointien tulokset. Pistesymbolin koko kuvaa ”osumien” yhteenlaskettua määrää tiestöaineiston noodeissa (Suikkanen 2002: 63).

Figure 4. In his study, Suikkanen (2002) performed altogether 24 location-allocation optimizations by using two alternative algorithms and varying the number of ambulance station candidates. The figure summarizes the results of these optimizations. The size of the dot symbol depicts the frequency of “hits” among the nodes of road network data (Suikkanen 2002: 63).

ääripäätä jatkumolla, joka on levittäytynyt tieteenalan kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen ”leirien” välille (Philo ym. 1998). Suuntauksella on kannattajansa, mutta yhtenäistä metodologista linjaa mallinnuksen hyödyntämisessä on nykyään kuitenkin vaikea hahmottaa (Johnston 1997: 141). Selvää kuitenkin on, että perinteisemmät (ks. Chorley & Haggett 1967: 189–458) ja uudemmat spatiaalimallinnuksen menetelmät ovat niveltyneet osaksi myös yhteiskuntiin kohdistuvaa maantieteellistä tutkimusta (esim. Sui 1994; Kidner ym. 2003; Haining 2003). Erona spatiaalitieteen perinteisiin tutkimusintresseihin nähden kuitenkin on, että yleisen ”spatiaalisen järjestyksen” etsinnän sijasta kiinnos-

tus on kohdistunut kulloisenkin tutkimuskontekstin puitteissa ilmenevän (tosiasiallisen tai optimaalisen) vuorovaikutuksen (esim. sijaintioptimoinnit, leviämismallit), organisoitumisen (esim. demografiset mallit, kaupunkirakennemallit) tai esimerkiksi maisemallisen morfologian (esim. 3D-mallit) mallintamiseen. Ainakin osin paikkatietojärjestelmien ansioksi on laskettava, että tutkimuksen ominaispiirteeksi on tullut enemmänkin matemaattisten mallien aineistolähtöinen käyttö ja edelleen kehittäminen kuin vaikkapa ”kokonaisvaltaisen kaupunkimallin” (Wilson 1984: 207) rakentaminen (Longley & Batty 1996: 6–7, 10, 15; Johnston 1997: 140–146; Longley 2003).

Analyttisten mallintamismenetelmien käyttö yhteiskuntasuunnittelussa ja -tutkimuksessa liittyy usein tutkimusongelmiin, joissa etsitään ratkaisuja spatiaalisen *tehokkuuden* ongelmiin joko taloudellisessa tai sosiaaliseen tasapuolisuuteen tähtäävässä mielessä. Erityisesti spatiaalisten vuorovaiutusmallien, kuten sijaintioptimointien, ensisijainen sovellusalue onkin päätöksenteon tukeminen (Church & Sorensen 1996; Jones 1997: 227–229). Kaikkien mallinsumenetelmien kohdalla näin ei kuitenkaan välttämättä ole. Osassa paikkatietomallinnukseen liittyvissä tutkimusongelmissa normatiivinen aspekti jää ilmiöiden *kuvaamisen, selittämisen* ja *metodologisten tavoitteiden* rinnalla vähemmän hallitsevaan osaan (ks. Maguire ym. 1991; Sui 1994).

Yhteistä analyttisen spatiaalimallinnuksen sovelluksille kuitenkin on, että matemaattisten menetelmien onnistunut käyttö edellyttää hyvin selkeästi rajattua tutkimusongelmaa. Mallinsumenetelmät törmäävät nopeasti rajoitteisiinsa, mikäli tavoitteena on tutkia spatiaalisia ilmiöitä esimerkiksi laajemmasta yhteiskunnallisesta näkökulmasta tai löytää ”pintaa syvempiä” tulkintoja yksilöiden ja ryhmien ympäristölleen antamista, usein ristiriitaisistakin merkityksistä (esim. Harvey 1973; Sayer 1979; Cosgrove 1989; Peet & Thrift 1989). Kun maantieteellisiä ilmiöitä tutkitaan matemaattisten mallien avulla, joudutaan väistämättä tekemään monia yksinkertaistavia oletuksia. Osassa spatiaalimallinnuksen menetelmistä on pyritty ottamaan huomioon ilmiöiden muutos ajassa (*dynaaminen mallinnus*) ja muuttujiin liittyvä epävarmuus (*sumea mallinnus*), mutta näissäkin reaali maailmaa lähestytään suljettuna laskennallisena systeeminä. Geoinformatiikan kehitys ja eri menetelmien integroiminen paikkatietojärjestelmiin on mahdollistanut suurten aineistojen hallitsemisen, esittämisen ja analysoinnin entistä tehokkaammin. Kuitenkin moniin yhteiskunnallisiin ilmiöihin liittyvä ”epävarmuus” on niin monimuotoista, että tutkimuksessa on syytä tukeutua myös toisentyypisiin aineistoihin ja ilmiöitä yhteiskunta- ja kulttuuriteoreettisesti jäsentäviin näkökulmiin.

## Pohdintaa

[E]rillaiset tilaa koskevat käsitykset ovat tarkoituksenmukaisia erilaisille teoreettisille näkökulmille. On siis ilmeisesti realistista suhtautua tilaan ’moniulotteisena’ käsitteenä, jonka merkitys vaihtelee kulttuurisen taustan, havainnointikyvyn ja tieteellisten tarkoituserien mukaan.

(Harvey 1969: 197)

Mallinnuksella ja spatiaalisilla malleilla on ollut jo pitkään etenkin niin sanotun kriittisen maantieteen

piirissä paha kaiku. Spatiaalinen mallintaminen on tavattu yhdistää tieteenalan kvantitatiiviseen valankumouksen aikaan muotoiltuihin tutkimuksen ja teorianmuodostuksen positivistisiin ihanteisiin (esim. Cosgrove 1989; Johnston 1997; Häkli 1999). Kuten Jouni Häkli (1999: 48–49) kirjoittaa, tuolloiset ”maantieteelliset teoriat olivatkin yleensä malleja”, joille ominaista oli pyrkiä selittämään ilmiöiden maantieteellistä jäsentymistä etäisyysmuuttujan vaikutuksella. Nytemmin samat tunnuspiirteet on liitetty varsin yksioikoisesti geoinformatiikkaan (esim. Jauhiainen 1993: 159–160; Taylor & Johnston 1995; Johnston 1997; Häkli 1999: 59–61; Ahlqvist 2000). On otaksuttu, että paikkatietotutkimus on perinyt ”edeltäjältään” paradigmatkseen teknisen tiedonintressin, jota muista maantieteen lohkoista poiketen leimaa lainalaisuuksien etsiminen, pyrkimys ilmiöiden ennustamiseen sekä siihen perustuvaan hallintaan ja ohjailuun (ks. Habermas 1972; Gregory 1978). Joidenkin toisten arvioiden mukaan ei kuitenkaan ole olemassa logiikkaa, joka väistämättä sitoisi kvantitatiivisia menetelmiä hyödyntävät tutkijat positivistiseen tiedonintressiin (Sui 1994; Philo ym. 1998). Vähemmän mustavalkoisesta todellisuudesta todistavat esimerkiksi etnisen segregaaion parissa tehty paikkatietotutkimus tai ne feministimaantieteilijät, jotka ovat peräänkuulluttaneet lukkiintuneen kahtiajaottelun hylkäämistä ja paikkatietojärjestelmien potentiaalia myös kriittisemmässä tutkimuksessa (esim. Kwan 2002). Onko niin, että paikkatietotutkimus on saanut yksinkertaistavan lokeroinnin perusteella kantaakseen liian painavan lastin menneiden vuosikymmenten ennakkoluuloja?

Artikkelissamme olemme tarkastelleet paikkatietomenetelmiä datamallinnuksen periaatteiden sekä kvantitatiivisen tutkimusotteen äärläitää edustavien spatiaalisten mallinsumenetelmien näkökulmista. Datamallinnuksen näkökulmasta ilmiöiden esittäminen ja analysoiminen perustuu paikkatietojärjestelmissä reaali maailman käsitteellistämiseen geometrisiksi kohteiksi. Koska geometriseen tietoon voidaan kuitenkin liittää muuta informaatiota ja koska paikkatiedon analysoimiseksi on kehitetty lukuisia menetelmiä, avaavat paikkatietojärjestelmät mahdollisuuksia myös yhteiskunnallisten ilmiöiden tutkimiseen. Kuten sijaintioptimointiin liittyvän esimerkkimme kohdalla kuitenkin ilmeni, paikkatietoanalyyysien ja mallinsumenetelmien mielekkyydelle asettavat rajoja aineistojen luonne ja ennen kaikkea se, onko niiden avulla mahdollista löytää vastauksia halutun kaltaisiin tutkimusongelmiin.

On vanha viisaus, että tutkimusongelmien tulisi ratkaista, millaisia aineistoja, menetelmiä ja (myös tilaa koskevia) teoreettisia lähestymistapoja

tutkimuksessa hyödynnetään (esim. Sack 1972; Sayer 1992). Esimerkiksi työttömyyden ja muiden sosioekonomisten indikaattorien yhteisvaihtelun analysointi paikkatietomenetelmin on tuottanut Suomessa yhteiskunnalliseen keskusteluun oleellisia näkemyksiä kaupunkien sisäisestä erilaistumisesta ja ongelmien kasautumisen luonteesta (Mullu ym. 1996; Kortteinen & Vaattovaara 1999). Samojen menetelmien ja taitavienkin kartografisten esitysten ”geometria” taipuu kuitenkin vastaamaan vain hyvin karkealla tasolla kysymyksiin esimerkiksi työttömien yksilöiden kaupunkiin elinympäristönä liittämistä merkityksistä. Sama pätee kuitenkin myös toisinpäin: eri metodologioilla pystytään vastaamaan erityyppisiin tutkimusongelmiin. Selkeitä näkökulmia ja ratkaisuehdotuksia etsivät yhteiskunnalliset toimijat löytävät todennäköisemmin enemmän hyötyä paikkatietomenetelmien avulla toteutetuista työttömyysanalyseista kuin puhtaasti kvalitatiivisesta tutkimuksesta, jossa korostuvat kaupunkiarjen liike, ristiriidat ja kokemusten yksilöllisyys (Vuolteenaho 2001).

Ihanteellisinta monen tutkimusongelman kannalta tietysti olisi, jos kvantitatiiviset ja kvalitatiiviset aineistot ja analyysit täydentäisivät toisiaan (Philip 1998; Kortteinen & Vaattovaara 2002). Ongelmat, joihin tämän ihanteen saavuttamisessa kuitenkin usein törmätään, liittyvät monien yhteiskunnallisten ilmiöiden vaikeaan mitattavuuteen (ks. Longley ym. 2001: 9). Kun tutkitaan paikkatietomenetelmien avulla elinkeinorakenteen tai työttömyysasteen aluevaihtelua, ollaan ”tekemässä näkyväksi” (enemmän tai vähemmän onnistuneiden tilastoluokitusten pohjalta) asioita, jotka eivät sellaisenaan ole suoraan havaittavissa (Häkli 1997). Vielä syvemmillä arvojen, merkitysten ja tulkintojen vaikeasti mitattavalla alueella ollaan kysely- ja haastatteluaineistoja analysoidessa. Erityisen lisäolottavuuden mitattavuusongelmaan tuo paikkatietotekniikan kiinnittyminen geometrisen tilakäsityksen: ihmistoiminnan eri ilmiöiden (kuten kaupunkityöttömyyden) sitomiseen tarkkaan sijaintiin tai määrättyyn alueyksikköön voi liittyä yhteiskuntien ja kaupunkien dynaamisen luonteen kannalta ongelmallisia piirteitä (Vuolteenaho 2002b).

Yhteiskunnallisten ilmiöiden esittäminen on harvoin täysin ongelmatonta: esittämiseen liittyvät kysymykset tulee ratkaista tutkimuskohtaisesti. Esiin nostamamme ongelmat eivät siis tarkoita, etteikö paikkatietomenetelmien asema voisi tulevaisuudessa olla nykyistä vankempi yhteiskuntaan kohdistuvassa perustutkimuksessakin. Geoinformatiikkaa hyödynnetään julkisella sektorilla, yritysmaailmassa ja akateemisessa tutkimuksessa hyvin erilaisiin tarpeisiin. Myöskään maan-

tieteellisessä yhteiskuntatutkimuksessa ei ole syytä jättää käyttökelpoista esittämis- ja analyysivälineitä hyödyntämättä.

Akateemisessa tutkimuksessa tulisi kuitenkin olla tilaa myös pohdinnoille siitä, tuotetaan-ko esityksiä yhteiskunnista ja kaupungeista ensisijaisesti vain vallitsevien tiedonintressien pohjalta ja valtaapitävien näkökulmasta. Sekä kriittisissä että myönteisissä huomioissa on korostettu, ettei paikkatietojärjestelmiä kehitetä ja käytetä kulttuurisessa tyhjiössä, vaan ne ovat kytkeytyneet ympäröivän yhteiskunnan arvoihin ja käytäntöihin (Pickles 1995; Curry 1997; Openshaw 1998: 321–322; Themed issue 2000; Chrisman 2003: 12–13). Olemme tarkastelleet artikkelissamme paikkatietojärjestelmiä niiden geometrisesta tilakäsityksestä liikkeelle lähtien. Geoinformatiikasta keskusteltaessa on kuitenkin tärkeää pitää mielessä myös sosiaalisen tilan muut, paikkojen elettyihin merkityksiin ja yhteiskunnallisessa tilassa tapahtuvaan käytännön toimintaan liittyvät ulottuvuudet (Lefebvre 1991). On selvää, että paikkatietotekniikan välityksellä spatiaalisuuden eletystä ulottuvuudesta on vaikea saada otetta. Silloin kun kiinnostus kohdistuu elettyyn tilaan, onkin tukeuduttava paikkatietomenetelmien rinnalla väistämättä myös toisentyypisiin lähestymistapoihin. Myös yhteiskunnalliseen tilaulottuvuuteen liittyy paikkatietojärjestelmien kannalta toistaiseksi vähän pohdittuja näkökulmia. Eräs näkökulma liittyy siihen, että osana informaatioyhteiskuntaa paikkatietojärjestelmät ovat yhä keskeisemmin ohjaamassa toimintaamme ja käytännön ymmärrystämme ympäröivästä maailmasta. Maantieteilijät voivat vaikuttaa siihen, miten geoinformatiikkaa nyt ja tulevaisuudessa yhteiskunnassa hyödynnetään. Tieteenalan perinteessä maantiede on vain harvoin yritetty palauttaa pelkkään geometriaan; ennen kaikkea maantieteilijät ovat eri menetelmiä hyödyntäen tutkineet ihmisen, yhteiskunnan ja ympäristön monimuotoista vuorovaikutusta. Oman tieteenalansa läksyt oppineiden maantieteilijöiden rooli geoinformatiikan monitieteisellä kentällä on juuri tässä mielessä erityisen tärkeä.

## KIRJALLISUUS

- Ahlqvist, T. (2000). A quest for polygon landscapes, or GIS and the condition of epistemology. *Fennia* 178: 1, 97–111.
- Barnes, T. J. (2003). The place of locational analysis: a selective and interpretative history. *Progress in Human Geography* 27: 1, 69–95.
- Berry, B. (2002). Paradigm lost. *Urban Geography* 23: 5, 441–445.

- Brunsdon, C. (2001). Is 'statistix inferens' still the geographical name for a wild goose? *Transactions in GIS* 5: 1, 1–3.
- Bunge, W. (1962). Theoretical geography. *Lund Studies in Geography C, General and Mathematical Geography* 1. 210 s.
- Chorley, R. J. & P. Haggett (1967; toim.). *Models in geography*. 816 s. Methuen, London.
- Chorley, R. J. & P. Haggett (1989). From Madingley to Oxford: A foreword to Remodelling Geography. *Teoksessa MacMillan, B. (toim.): Remodelling geography*, xv–xx. Basil Blackwell, Oxford.
- Chrisman, N. (2003). Revisiting fundamental principles of GIS. *Teoksessa Kidner, D., G. Higgs & S. White (2003; toim.): Socio-economic applications of geographic information science*, 9–18. Taylor & Francis, London.
- Church, R. L. & P. Sorensen (1996). Integrating normative location models into GIS: problems and prospects with the p-median model. *Teoksessa Longley, P. & M. Batty (toim.): Spatial analysis: modelling in a GIS environment*, 167–183. GeoInformation International, Cambridge.
- Cosgrove, D. (1989). Models, description and imagination in geography. *Teoksessa MacMillan, B. (toim.): Remodelling geography*, 230–244. Basil Blackwell, Oxford.
- Cottingham, J. (2000). *Descartes*. 68 s. Otava, Helsinki.
- Curry, M. R. (1998). *Digital places*. 191 s. Routledge, London.
- Densham, P. J. & G. Rushton (1992). A more efficient heuristic for solving large p-median problems. *Papers in Regional Science* 71: 3, 307–329.
- Flowerdew, R. (1998). Reacting to Ground Truth. *Environment and Planning A* 30: 2, 289–301.
- Forum: "GIS: tool or science?" (1997). *Annals of the Association of American Geographers* 87: 2, 346–373.
- Gatrell, A. C. (1992). Concepts of space and geographical data. *Teoksessa Maguire, D. J., M. F. Goodchild & D. W. Rhind (toim.): Geographical information systems. Principles and applications. Volume 1: Principles*, 119–134. Longman, Harlow.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical data modelling. *Computers and Geosciences* 18: 4, 401–408.
- Goodchild, M. F. (1995). Geographic information systems and geographic research. *Teoksessa Pickles, J. (toim.): Ground truth*, 31–50. The Guilford Press, New York.
- Gore, C. G. (1991). The spatial separatist theme and the problem of representation in location-allocation models. *Environment and Planning A* 23: 7, 939–953.
- Gregory, D. (1978). *Ideology, science and human geography*. 198 s. Hutchinson, London.
- Gregory, D. (1994). *Geographical imaginations*. 442 s. Blackwell, Cambridge.
- Habermas, J. (1972). *Knowledge and human interests*. 356 s. Heinemann, London.
- Haggett, P. (1965). *Locational analysis in human geography*. 339 s. Edward Arnold, London.
- Haggett, P., A. D. Cliff & A. Frey (1977). *Locational analysis in human geography I: Locational models*. 258 s. Edward Arnold, London.
- Haining, R. (2003). *Spatial data analysis*. 432 s. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hakimi, S. L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research* 12: 3, 450–459.
- Halme, T. (1999). Muuttuva alue- ja yhdyskuntarakenne. *Nordia Geographical Publications* 28: 1. 150 s.
- Halme, T. (2002). Paikkatiedot yhdyskuntien ja alue-rakenteen tutkimuksen ja suunnittelun tukena. *Prosum* 2: 1, 9–11.
- Harvey, D. (1969). *Explanation in geography*. 521 s. Edward Arnold, London.
- Harvey, D. (1973). *Social justice and the city*. 336 s. Edward Arnold, London.
- Harvey, D. (1989a). From models to Marx: notes on the project to 'remodel' contemporary geography. *Teoksessa MacMillan, B. (toim.): Remodelling geography*, 211–216. Basil Blackwell, Oxford.
- Harvey, D. (1989b). *The condition of postmodernity*. 378 s. Blackwell, Oxford.
- Häkli, J. (1997). Näkyvä yhteiskunta. Kansalaiset ja kaupunkisuunnittelun logiikka. *Teoksessa Haarni, T., M. Karvinen, H. Koskela & S. Tani (toim.): Tila, paikka ja maisema*, 37–53. Vastapaino, Tampere.
- Häkli, J. (1999). *Meta hodos*. 231 s. Vastapaino, Tampere.
- Jauhiainen, J. S. (1993). Maantieteen/maantieteilijän kolme ongelmaa. *Terra* 106: 2, 158–160.
- Johnston, R. J. (1997). *Geography and geographers*. 5. p. 475 s. Arnold, London.
- Jones, C. (1997). *Geographical information systems and computer cartography*. 319 s. Longman, Harlow.
- Kauppinen, J. (2000). Muuttoliike Suomessa vuosina 1989–1994 koordinaattipohjaisten paikkatietojen perusteella. *Siirtolaisuusinstituutin tutkimuksia A* 22. 155 s.
- Kare, P. (2002). Kartografia suunnittelussa. *Prosum* 2: 1, 5–8.
- Kidner, D., G. Higgs & S. White (2003; toim.). *Socio-economic applications of geographic information science*. 287 s. Taylor & Francis, London.
- Kortteinen, M. & M. Vaattovaara (1999). Huono-osaisuus pääkaupunkiseudulla 1980- ja 1990-luvuilla – käännekohta kaupunkiseudun kehityksessä? *Terra* 111: 3, 133–145.
- Kortteinen, M. & M. Vaattovaara (2002). Ylitse rajojen – eri aineistotyyppien dialogisesta yhdistämisestä. Käsikirjoitus 19.9.2002.
- Kwan, M.-P. (2002). Introduction: feminist geography and GIS. *Gender, Place & Culture* 9: 3, 261–262.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. 454 s. Blackwell, Oxford.
- Lehtonen, M. (1994). *Kyklooppi ja kojootti*. 333 s. Vastapaino, Tampere.
- Longley, P. A. (2002). Geographical Information Systems: will developments in urban remote sensing and GIS lead to 'better' urban geography? *Progress in Human Geography* 26: 2, 231–239.
- Longley, P. A. (2003). Geographical Information Systems: developments on socio-economic data infrastructures. *Progress in Human Geography* 27: 1, 114–121.

- Longley, P. & M. Batty (1996). Analysis, modelling, forecasting, and GIS technology. *Teoksessa* Longley, P. & M. Batty (toim.): *Spatial analysis: modelling in a GIS environment*, 1–15. GeoInformation International, Cambridge.
- Longley, P. A., M. F. Goodchild, D. J. Maguire & D. W. Rhind (2001). *Geographic information systems and science*. 454 s. John Wiley & Sons, Chichester.
- Löytönen, M. (1998). GIS, time geography and health. *Teoksessa* Gatrell, A. C. & M. Löytönen (toim.): *GIS and health*, 97–110. Taylor & Francis, London.
- MacMillan, B. (1989; toim.). *Remodelling geography*. 348 s. Basil Blackwell, Oxford.
- Maguire, D. J., M. F. Goodchild & D. W. Rhind (1991; toim.). *Geographical information systems. Principles and applications. Volume 2: Applications*. 447 s. Longman, Harlow.
- Martin, D. (1996). *Geographic information systems*. 210 s. Routledge, London.
- Muilu, T., J. Rusanen, A. Naukkarinen & A. Colpaert (1996). Työttömyyden alueellinen rakenne ja muutokset Suomessa 1989–1994. *Terra* 108: 3, 160–171.
- Olsson, G. (1975). Birds in egg. *Michigan Geographical Publication* 15. 523 s.
- Openshaw, S. (1989). Computer modelling in human geography. *Teoksessa* MacMillan, B. (toim.): *Remodelling geography*, 70–88. Basil Blackwell, Oxford.
- Openshaw, S. (1991). Developing appropriate spatial analysis methods for GIS. *Teoksessa* Maguire, D. J., M. F. Goodchild & D. W. Rhind (toim.): *Geographical information systems. Principles and applications. Volume 1: Principles*, 389–402. Longman, Harlow.
- Openshaw, S. (1998). Towards a more computationally minded scientific human geography. *Environment and Planning A* 30: 2, 317–332.
- Peet, R. & N. Thrift (1989; toim.). *New models in geography*. 365 s. Unwin Hyman, London.
- Philip, L. J. (1998). Combining quantitative and qualitative approaches to social research in human geography – an impossible mixture? *Environment and Planning A* 30: 2, 261–276.
- Philo, C., R. Mitchell & A. More (1998). Reconsidering quantitative geography: the things that count. *Environment and Planning A* 30: 2, 191–201.
- Pickles, J. (1995; toim.). *Ground truth*. 248 s. Guilford, New York.
- Roberts, S. M. & R. H. Schein (1995). Earth shattering. Global imagery and GIS. *Teoksessa* Pickles, J. (toim.): *Ground truth*, 171–195. The Guilford Press, New York.
- Rusanen, J., T. Halme, A. Colpaert & A. Naukkarinen (1993). Sosioekonomisten paikkatietojen käyttö maantieteellisessä tutkimuksessa. *Terra* 105: 3, 202–213.
- Rusanen, J., T. Muilu, A. Colpaert & A. Naukkarinen (2001). Finnish socio-economic grid data, GIS and the hidden geography of unemployment. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 92: 2, 139–147.
- Sack, R. D. (1972). Geography, geometry and explanation. *Annals of the Association of American Geographers* 62: 1, 61–78.
- Sack, R. D. (1980). *Conceptions of space in social thought*. 231 s. MacMillan, London.
- Sarjakoski, T. (1994). Geoinformatiikan tutkimussuuntia. *Positio* 1/1994, 11–13.
- Sayer, A. (1979). Understanding urban models versus understanding cities. *Environment and Planning A* 11: 8, 853–862.
- Sayer, A. (1992). *Method in social science*. 2. p. 313 s. Routledge, London.
- Special issue: "Ontology in the geographic domain" (2001). *International Journal of Geographical Information Science* 15: 7, 587–687.
- Sui, D. Z. (1994). GIS and urban studies. Positivism, post-positivism, and beyond. *Urban Geography* 15: 3, 258–278.
- Suikkanen, J. (2002). Pääkaupunkiseudun kiireellisten sairaankuljetusyksiköiden asemapaikkojen optimointi paikkatietojärjestelmän avulla. Julkaisematon pro gradu -tutkielma. 70 s. Maantieteen laitos, Helsingin yliopisto.
- Taylor, P. J. & R. J. Johnston (1995). Geographic information systems and geography. GIS and geographic research. *Teoksessa* Pickles, J. (toim.): *Ground truth*, 51–67. The Guilford Press, New York.
- Teitz, M. B. & P. Bart (1968). Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research* 16: 5, 955–961.
- Themed issue: "Social construction of geographical information" (2000). *International Journal of Geographical Information Science* 14: 8, 711–793.
- Tomlin, C. D. (1991). Cartographic modelling. *Teoksessa* Maguire, D. J., M. F. Goodchild & D. W. Rhind (toim.): *Geographical information systems. Principles and applications. Volume 1: Principles*, 361–374. Longman, Harlow.
- Vaattovaara, M. (1998). Pääkaupunkiseudun sosiaalinen erilaistuminen. *Helsingin kaupungin tietokeskuksen tutkimuksia* 1998: 7. 178 s.
- Vuolteenaho, J. (2001). Työn lopun kaupunki. *Nordia Geographical Publications* 30: 3. 255 s.
- Vuolteenaho, J. (2002a). "Uusia sanoja, uusia maailmoja": tekstuaalisuus, sosiaalisesti tuotettu tila ja maantieteen kulttuurin käänne. *Terra* 114: 4, 237–252.
- Vuolteenaho, J. (2002b). Urbaanin syövereissä? Työttömyys, asumalähiö ja kaupunkiarjen tilallinen käytäntö. *Janus* 10: 3, 193–215.
- Weber, A. (1909). *Über den Standort der Industrien*. Tübingen.
- Wheeler, J. O. (1994). GIS and critical social theory: whither urban geography? *Urban Geography* 15: 2, 103–105.
- Wilson, A. G. (1984). One man's quantitative geography: frameworks, evaluations, uses and prospects. *Teoksessa* Billinge, M., D. Gregory & R. Martin (toim.): *Recollections of a revolution*, 200–226. Macmillan, London.