

Pro gradu -tutkielma
Maantiede
Luonnonmaantiede

HELSINGIN METROPOLIALUEEN MAISEMAEKOLOGISET MUUTOKSET
VUOSINA 1955–2009

Maija Tiitu

2011

Ohjaaja:
Miska Luoto

HELSINGIN YLIOPISTO
GEOTIETEIDEN JA MAANTIETEEN LAITOS
MAANTIETEEN OSASTO

PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)
00014 Helsingin yliopisto

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion) Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution) Department Geotieteiden ja maantieteen laitos	
Tekijä – Författare) Author Maija Tiitu			
Työn nimi – Arbetets title) Title Helsingin metropolialueen maisemaekologiset muutokset vuosina 1955–2009			
Oppiaine – Läroämne) Subject luonnonmaatiede			
Työn laji – Arbetets art) Level pro gradu		Aika – Datum – Month and Year 4/2011	
		Sivumäärä – Sidoantal – Number of Pages 103 s. +3 liites.	
Tiivistelmä – Referat) Abstract <p>Maisema on luonnonympäristön ja nykyään yhä vahvemmin ihmistoiminnan muokkaama kokonaisuus, joka voidaan maisemaekologisessa tutkimuksessa käsittää kilometrien mittakaavassa ymmärrettäväksi eri maankäyttötyyppien muodostamaksi mosaiikiksi. Helsingin metropolialueella kaupungistumisen aiheuttama maiseman muutos on ollut merkittäväntä 1950-luvun jälkeisenä aikana, jota ennen alueen maisema oli pitkälti vain maatalouden muokkaamaa. Tutkimuksen tavoitteena oli maiseman muutosten kuvaamisen lisäksi tarkastella niihin johtaneita tekijöitä sekä arvioida muutosten maisemaekologisia vaikutuksia.</p> <p>Maiseman muutosten selvittämiseksi Helsingin metropolialueelta valittiin kolme peruskarttalehden kokoista tutkimusalueetta eri etäisyyksiltä Helsingin keskustasta: Malmin, Espoon ja Mäntsälän tutkimusalueet, jotka edustavat eri osia kaupunki – maaseutu -gradientilla. Maiseman muutosta tutkittiin neljän poikkileikkausvuoden, 1955, 1975, 1990 ja 2009, avulla. Kartoilta digitoitiin GIS-menetelmin maankäyttö luokiteltuna viiteen luokkaan: maatalousmaat, niityt, rakennetut alueet, vesistöt ja muut. Maiseman muutosta tarkasteltiin maisemaekologisten indeksien avulla. Käytetyt indeksit olivat eri maankäyttötyyppien osuuksista maisemassa kertova PLAND, maiseman pirstoutuneisuudesta ja monimuotoisuudesta kertovat MPS, SHEI ja SHDI sekä maankäyttökuvioiden muodosta kertovat MSI ja ED. Maiseman muutosta tutkittiin myös tilastollisesti suhteessa alueiden topografiaan, maaperään ja yhdyskuntarakenteen kehitykseen: väestömääriin, autoistumiseen sekä liikenteen ja yhdyskuntarakenteen yhdistävään vyöhykemalliin, joka kertoo yhdyskuntarakenteen hajautumisesta. Tilastollista tarkastelua varten kukin 9,25 x 9,25 kilometrin laajuudesta tutkimusalueesta jaettiin tarkempiin 0,25 x 0,25 kilometrin kokoiisiin maisemaruutuihin. Lisäksi maiseman viheraluerakenteen muutoksia tutkittiin karttatarkasteluna.</p> <p>Maiseman muutos maankäyttötyyppien osuuksien suhteen oli merkittävin Malmin tutkimusalueella. Tärkein muutos oli maatalousmaan osuuden merkittävä väheneminen rakennetun alueen kustannuksella. Niittyihin kaupungistuminen vaikutti siten, että niiden osuus ensin nousi maatalousmaiden lakkautusten myötä, mutta kaupungistumisen edetessä niiden osuus vähentyi täydennysrakentamisen takia. Maiseman pirstoutuminen ja monimuotoisuus oli merkittäväntä Espoon tutkimusalueella, mihin vaikutti alueen topografinen rikkonaisuus sekä sijainti kaupunki- ja maatalousmaiseman rajalla. Kaupungistuminen näkyi sekä ajallisesti että alueellisesti maatalousmaiden muodon säännöllistymisenä sekä niittyjen ja rakennettujen alueiden muodon epäsäännöllistymisenä. Maaseutumaisimmassa Mäntsälässä maiseman muutokset olivat vähäisimpiä.</p> <p>Yhdyskuntarakenteen hajautuminen oli merkittäväntä Mäntsälän tutkimusalueella, mikä näkyi suuren rakennetun pinta-alan määränä asukasta kohden. Pienin arvo taas oli Malmin tutkimusalueella. Myös yhdyskuntarakenteen liikkumisvyöhykkeille rakentamisessa ekologisesti epäedullisen autovyöhykkeen osuus kasvoi Mäntsälässä muista tutkimusalueista poiketen. Viheraluerakenne oli Mäntsälässä sen sijaan maisemaekologisesti kaikkein edullisin ja Malmilla heikoin. Kaikki tutkimuksessa käsitellyt maisemaekologiset kriteerit huomioiden Espoon tutkimusalueen maisemarakenne osoittautui kaikkein parhaaksi erityisesti maiseman monimuotoisuutensa takia, mikä vahvisti aiempien tutkimusten tuloksia siitä, että maiseman monimuotoisuus on suurinta kohtalaiselle ihmisvaikutukselle altistuvilla alueilla.</p>			
Avainsanat – Nyckelord) Keywords maisema, maankäyttö, kaupungistuminen, maisemaekologia, kaupunki – maaseutu -gradientti			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto - Kumpulan kampuskirjasto			

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion) Faculty Faculty of Science		Laitos – Institution) Department Department of Geosciences and Geography	
Tekijä – Författare) Author Maija Tiitu			
Työn nimi – Arbetets title) Title The Landscape ecological Changes of Helsinki Metropolitan Region in 1955–2009			
Oppiaine – Läroämne) Subject The Landscape ecological Changes of Helsinki Metropolitan Region in 1955–2009			
Työn laji – Arbetets art) Level pro gradu		Aika – Datum – Month and Year 4/2011	Sivumäärä – Sidoantal – Number of Pages 103 p. +3 appendices
Tiivistelmä – Referat) Abstract <p>Landscape is shaped by natural environment and increasingly by human activity. In landscape ecology, the concept of landscape can be defined as a kilometre-scale mosaic formed by different land-use types. In Helsinki Metropolitan Region, the landscape change caused by urbanization has accelerated after the 1950s. Prior to that, the landscape of the region was mainly only shaped by agriculture. The goal of this study was – in addition to describing the landscape change – to discuss the factors impacting the landscape change and evaluate the landscape ecological impacts of the change.</p> <p>Three study areas at different distances from Helsinki city centre were chosen in order to look at the landscape change. Study areas were Malmi, Espoo and Mäntsälä regions representing different parts of the urban-to-rural gradient in 1955, 1975, 1990 and 2009. Land-use of the maps was then digitized into five classes: agricultural lands, semi-natural grasslands, built areas, waters and others using GIS methods. First, landscape change was studied using landscape ecological indices. Indices used were PLAND i.e. the proportions of the different land-use types in the landscape; MPS, SHEI and SHDI which describe fragmentation and heterogeneity of the landscape; and MSI and ED which are measures of patch shape. Second, landscape change was studied statistically in relation to topography, soil and urban structure of the study areas. Indicators used concerning urban structure were number of residents, car ownership and travel-related zones of urban form which indicate the degree of urban sprawl within the study areas. For the statistical analyses, each of the 9.25 x 9.25 km sized study areas was further divided into grids with resolution of 0.25 x 0.25 kilometres. Third, the changes in the green structure of the study areas were evaluated.</p> <p>The landscape change reflected by the proportions of the land-use types was the most notable in Malmi area where a large amount of agricultural land was developed from 1955 to 2009. The proportion of semi-natural grasslands also showed an interesting pattern in relation to urbanization. When urbanization started, a great number of agricultural lands were abandoned and turned into semi-natural grasslands but as the urbanization accelerated, the number of semi-natural grasslands started to decline because of urban densification. Landscape fragmentation and heterogeneity were the most widespread in Espoo study area which is not only because of the great differences in relative heights within the region but also its location in the rural-urban fringe. According to the results, urbanization induced agricultural lands to be more regular in shape both spatially and temporally whereas for built areas and semi-natural grasslands the impact of urbanization was reverse. Changes in landscape were the most insignificant in the most rural study area Mäntsälä.</p> <p>In Mäntsälä, built area per resident showed the greatest values indicating a widespread urban sprawl. The values were the smallest in highly urbanized Malmi study area. Unlike other study areas, in Mäntsälä the proportion of developing land in the ecologically disadvantageous car-dependent zone was on the increase. On the other hand, the green structure of the Mäntsälä study area was the most advantageous whereas Malmi study area showed the most ecologically disadvantageous structure. Considering all the landscape ecological criteria used, the landscape structure of Espoo study area proved to be the best not least because of the great heterogeneity of its landscape. Thus the study confirmed the previous results according to which landscape heterogeneity is the most significant in areas exposed to a moderate human impact.</p>			
Avainsanat – Nyckelord) Keywords landscape, land-use, urbanization, landscape ecology, urban-to-rural gradient			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsinki University Library - Kumpula Campus Library			

SISÄLLYSLUETTELO

1.	Johdanto.....	3
2.	Maisema.....	4
2.1	Maiseman määritelmiä	4
2.2	Maisematutkimus	5
2.2.1	Maisemamaantieteestä maisemaekologiaan.....	5
2.2.2	Maisemaekologian tutkimusmenetelmät.....	7
3.	Maisema kaupungin ja maaseudun rajalla.....	10
3.1	Maisemaan vaikuttavat tekijät.....	10
3.1.1	Luonnonympäristö.....	10
3.1.2	Maatalouden ajallinen kehitys.....	11
3.1.3	Yhdyskuntarakenteen hajautumisen vaikutus	13
3.2	Maisemalliset erityispiirteet.....	14
3.2.1	Maankäyttötyyppien osuudet maisemassa	14
3.2.2	Maiseman pirstoutuneisuus.....	16
3.2.3	Maankäyttökuvioiden muoto	18
3.2.4	Yhdyskuntarakenne.....	19
3.3	Kaupungistumisen maisemaekologiset vaikutukset	23
3.3.1	Maankäyttötyyppien osuudet maisemassa	23
3.3.2	Maiseman pirstoutuminen.....	24
3.3.3	Maankäyttökuvioiden muoto	26
3.3.4	Maisemaekologisesti hyvän maisemarakenteen kriteerit.....	27
4.	Tutkimusalue.....	28
4.1	Topografia ja maaperä.....	31
4.1.1	Malmi	31
4.1.2	Espoo.....	33
4.1.3	Mäntsälä	35
4.2	Yhdyskuntarakenne.....	36
5.	Aineistot.....	37
5.1	Historialliset kartta-aineistot	37
5.2	Paikkatietoaineistot	38
5.2.1	Maastotietokanta	38
5.2.2	Digiroad.....	39
5.2.3	Maaperäaineisto	39
5.2.4	Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä YKR	39
5.2.5	Urban zone -liikkumisvyöhykkeet.....	40
6.	Menetelmät	41
6.1	Karttojen digitointi ja oikaisu.....	41
6.2	Maankäytön luokittelu.....	42
6.2.1	Maatalousmaat	42
6.2.2	Niityt.....	43
6.2.3	Vesistöt	43
6.2.4	Rakennetut alueet	43
6.2.5	Muut maankäyttömuodot	44
6.3	Maisemaekologiset indeksit.....	44
6.4	Maiseman muutoksen tilastollinen tarkastelu	45
7.	Tulokset	47
7.1	Maankäyttö tutkimusalueilla vuosina 1955–2009	47
7.2	Maiseman maankäyttötyyppien osuudet	51
7.2.1	Maatalousmaat	52

7.2.2	Niityt.....	55
7.2.3	Rakennetut alueet	56
7.3	Maiseman pirstoutuneisuus.....	57
7.3.1	Maatalousmaat ja niityt.....	57
7.3.2	Rakennetut alueet	58
7.3.3	Viheralueet.....	58
7.3.4	Kaikki maankäyttötyypit.....	61
7.4	Maankäyttökuvioiden muoto	61
7.5	Topografian vaikutus maisemanmuutokseen	64
7.6	Maaperän vaikutus maisemanmuutokseen.....	66
7.7	Maiseman muutos suhteessa väestönkasvuun	68
7.8	Maiseman muutos suhteessa yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyyteen ja autonomistukseen	71
8.	Tulosten tarkastelu.....	76
8.1	Maatalousmaiseman kaupungistuminen	76
8.2	Maiseman pirstoutuneisuus suhteessa kaupunki-maaseutu -gradienttiin ja luonnonoloihin	79
8.3	Tutkimusalueiden yhdyskuntarakenteen kehitys	83
8.4	Muutosten maisemaekologiset vaikutukset.....	86
8.4.1	Viheralueiden koko ja muoto	86
8.4.2	Estevaikutukset ja käytävät.....	87
8.4.3	Täydennysrakentamisen vaikutus.....	89
8.5	Tulosten luotettavuus.....	90
9.	Johtopäätökset	92
10.	Kiitokset.....	96
11.	Kirjallisuus.....	97

1. Johdanto

Maisema on luonnon- ja kulttuuriympäristön muovaama kokonaisuus, johon on viime vuosikymmeninä vaikuttanut erityisesti kaupungistuminen. Muutamassa vuosikymmenessä myös Helsingin nykyisen metropolialueen maisema on monin paikoin muuttunut maatalousmaisemasta kaupunkimaisemaksi. Maisemanmuutosta voidaan luonnonmaantieteessä tutkia maisemaekologisesta viitekehyksestä, joka tarjoaa menetelmiä maiseman muutoksen kvantitatiiviseen tarkasteluun (Turner & Gardner 1991; McGarigal & Marks 1995).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan, kuinka luonnonympäristö ja kaupungistuminen ovat vaikuttaneet maisemaan Helsingin metropolialueella. Maatalousmaiseman alueellisesta ja ajallisesta eli spatiaalis-temporaalisesta muutoksesta on tehty paljon maisemaekologista tutkimusta (mm. Luck & Wu 2002; Antrop 2004; Van Eetvelde & Antrop 2004; Weng 2007; Buciega et al. 2009), myös Suomessa (esim. Hietala-Koivu 1999; 2002; 2004). Sen sijaan tutkimustietoa kaupungistumisen vaikutuksesta maisemaan on Suomesta tarjolla hyvin vähän. Myös kansainvälisesti kaupunkimaisen maankäytön spatiaalis-temporaalisen muutoksen tutkimukselle erityisesti kaupungin ja maaseudun rajalta on valtava tarve – sekä tutkimuksellisesta että käytännön suunnittelun näkökulmasta (Antrop 2000b; Hasse & Lathrop 2003).

Helsingin metropolialueella kaupunkiseudun laajeneminen oli kaikkein kiivainta 1950–1960-luvulla (Urban sprawl... 2006: 12), minkä vuoksi tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan 1950-luvun jälkeistä maiseman kehitystä. Myös yhdyskuntarakenteen hajautumisen aiheuttama rakennetun alueen leviäminen maatalousmaisemaan on korostunut vasta 1950-luvun jälkeisenä aikana. Tutkimuksen tavoitteena on kolmen tutkimusalueen avulla selvittää:

- Helsingin metropolialueen maiseman erityispiirteitä ja niiden spatiaalis-temporaalista muutosta vuosina 1955–2009 sekä arvioida niihin vaikuttaneita tekijöitä
- miten keskusetaisyyteen perustuva kaupunki-maaseutu -gradientti ilmenee tutkimusalueilta lasketuissa tunnusluvuissa ja indekseissä
- arvioida maiseman muutosten vaikutuksia luonnon monimuotoisuuden sekä yhdyskuntarakenteen kannalta

On tärkeää, että maisemaekologisen tutkimuksen tuottamat tiedot ovat suoraan hyödynnettävissä käytännön suunnitteluun ja ongelmien ratkaisuun. Voidaan jopa kärjistää, että maisemaekologian oikeutus tieteenalana on riippuvainen siitä, että kuulu ekologisten prosessien ja aluesuunnittelun välillä täytetään (Opdam et al. 2002). Siksi tässä tutkimuksessa maiseman muutoksen kuvailun ohella arvioidaan myös maiseman kuvastamaa yhdyskuntarakenteen kehitystä ja sen ympäristövaikutuksia.

2. Maisema

2.1 Maiseman määritelmiä

Maisema-käsitettä (engl. *landscape*) käytetään hyvin erilaisissa tieteenaloissa, minkä takia sen määrittely ei ole yksiselitteistä (esim. Forman 1995: 13–14, Raivo 1999: 104). Maiseman määritelmä riippuu aina myös mittakaavasta (Farina 2000: 2). 1800-luvulla vaikuttanut maantieteilijä Alexander von Humboldt määritteli maiseman seuraavasti: ”the total character of a region” (Farina 1995: 2). Määritelmä korostaa maiseman alueellisuutta ja kokonaisvaltaisuutta. Kulttuurimaantieteessä maiseman käsitteeseen taas liittyy vahvasti maiseman aistittavuus ja kokemuksellisuus (Raivo 1999: 104). Usein juuri tutkimuksen teoreettinen viitekehys määrää maisemakäsitteen sisällön (McGarigal & Marks 1995).

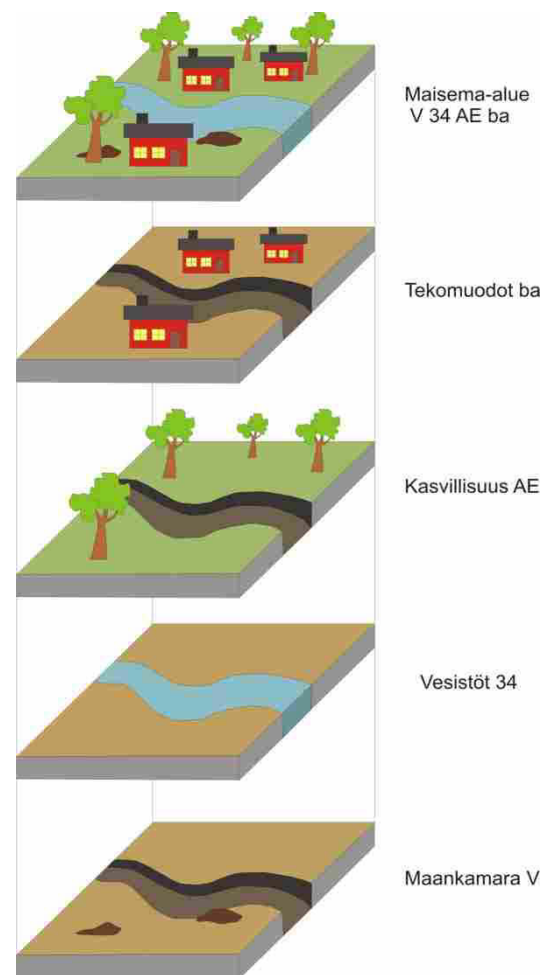
Maisemaekologiassa maisema ymmärretään mosaiikiksi, jossa on luokiteltavia hierarkkisia tasoja (McGarigal & Marks 1995; Hietala-Koivu 1996). Tieteenalassa korostetaan maiseman ekologista ulottuvuutta eikä niinkään ihmisen suhdetta maisemaan. Esimerkiksi Forman (1995: 13) määrittelee maiseman ”kilometrien laajuiseksi mosaiikiksi, jossa samantyyppiset paikalliset ekosysteemit toistuvat”. Turnerin ja Gardnerin (1991: 4) mukaan maisema taas voidaan ymmärtää yksinkertaisimmin ”spatiaalisesti heterogeeniseksi alueeksi”. Ihmisen ja luonnon yhteisvaikutuksena syntyneitä kokonaisuuksia voidaan kutsua kulttuurimaisemaksi, jota myös maatalousmaisema edustaa. Maatalousmaisema on muodostunut pitkänaikaisen viljelyn ja karjatalouden myötävaikutuksesta (Maisemanhoito 1992: 10; Hietala-Koivu 2003: 11). Maatalousmaisema ei käsitä ainoastaan maatalousalueita kuten peltoja, vaan siihen kuuluvat kaikki maatilatalouden muovaamat maankäyttötyypit kuten niityt, laitumet, maatilarakennukset, pihat, tiet, ojat ja niiden varret sekä metsiköt.

2.2 Maisematutkimus

Maisematutkimuksessa pyritään vastaamaan siihen, mikä tai mitä maisemassa on muuttunut sekä milloin ja miten muutokset ovat tapahtuneet (Käyhkö 2007). Maisemaa muokkaavat sekä luonnonprosessit että kulttuuriset tekijät (Hietala-Koivu 1996). Luonnonelementit ohjaavat pääasiassa maiseman visuaalista sisältöä, kun taas kulttuuriset tekijät ovat keskiössä, kun tarkastellaan maiseman muovautumista (Raivo 1999: 104). Maisema on dynaaminen kokonaisuus, jonka historian, eli kerroksellisuuden tunteminen on perustana erityisesti maatalousmaiseman tutkimuksessa ja suunnittelussa (Hietala-Koivu 1996; Käyhkö 2007).

2.2.1 Maisemamaantieteestä maisemaekologiaan

Maisematutkimuksella on pitkät perinteet maantieteessä. Perinteisessä maisemamaantieteessä tutkitaan maisemien syntyä ja levinneisyyttä sekä analysoidaan visuaalisia ja kulttuurisia maisema-arvoja maankäytön suunnittelua varten (Alalammi 1993: 10; Hietala-Koivu 1996). J. G. Granö (1882–1956) oli suomalaisen maisemamaantieteen uranuurtaja, joka kehitti 1930-luvulla aikaansa edellä olevan karttapohjaisen maisematarkastelumenetelmän (mm. Granö 1951), jota on havainnollistettu kuvassa 1. Maisematarkastelussa muodostetaan ensin erilliset maisemaelementtejä kuvaavat karttatasot, ja kun ne yhdistetään, kukin maisema-alue saa ominaisuuksiaan kuvaavan maisemakaavan. Hietala-Koivun (1996; 2003: 10) mukaan Granön kehittämä metodi vastaa nykyisten paikkatietojärjestelmien pohjalla olevaa synteettistä ajattelutapaa.



Kuva 1. Maisemaelementit ja niistä muodostuva maisema-alue J. G. Granön mukaan (Hietala-Koivu 2003: 10 pohjalta).

Luonnonmaantieteellistä tutkimusta tehdään yhä useammin maisemaekologisessa viitekehyksessä (Käyhkö 2007). Alun perin muun muassa Darwinin ja von Humboldtin tutkimuksista muovautunut maisemaekologia (*landscape ecology*) on suhteellisen nuori ja monitieteinen tieteenala, jonka määritelmä ja käsitteet eivät ole vielä täysin vakiintuneet (esim. Forman 1995: 28; Hietala-Koivu 1996; Farina 2000: 2; Moss 2000). Eriäviä näkemyksiä alan tutkijoilla on esimerkiksi esteettisten ja visuaalisten tekijöiden osuudesta maisemaekologiassa (Hietala-Koivu 1996). Termiä maisemaekologia käytti ensimmäisenä saksalainen maantieteilijä Carl Troll (Troll 1939 cit. Turner 1989: 172). Tieteenalan muotoutuminen liittyy myös ympäristöongelmien tiedostamiseen 1970-luvulta lähtien (Opdam et al. 2002). Maisemaekologiassa tutkitaan aluekokonaisuuksien koon, muodon, laadun ja sijainnin vaikutusta ekosysteemin toimintaan sekä maisemamosaiikin spatiaalis-temporaalista muutosta (Forman 1995: 20; Hietala-Koivu 1996; Käyhkö 2007). Eliöiden näkökulmasta maisemaekologinen tutkimus on erilaisten elinympäristölaikkujen, niiden reunavyöhykkeiden, ekologisten käytävien sekä askelkivien muodostaman verkoston tutkimusta (Hietala-Koivu 1996).

Maisemaekologiassa maiseman elementtejä ovat ympäristöstään erottuvat homogeeniset maankäyttökuviot (*patches*), niiden väliset käytävät (*corridors*) sekä edellisiä ympäröivä matriksi (*matrix*). Käytävät edustavat maiseman lineaarisia kohteita kuten teitä ja virtavesiä (Forman 1995: 4). Tärkeitä käsitteitä maisemaekologiassa ovat myös rakenne (*structure*), toiminta (*function*) ja muutos (*change*). Rakenteella tarkoitetaan ekosysteemien alueellisia eroja; energian, aineen ja lajien alueellista jakautumista suhteessa maisemaelementtien kokoon, muotoon, määrään. Toiminta viittaa maisemaelementtien vuorovaikutukseen, kuten materia- ja energiavirtoihin. Muutos taas kuvaa rakenteen ja toiminnan muutosta ajassa (Turner & Gardner 1991: 4–5). Maiseman muutoksen mekanismeja ovat esimerkiksi maisemaelementtien pirstoutuminen, leikkautuminen, kutistuminen tai häviäminen ajan kuluessa (Forman 1995: 408).

Ihmisen vaikutus maisemaan huomioidaan maisemaekologiassa muun muassa siten, että maisemaa tarkastellaan ”ihmisen mittakaavassa” ja että maisemaekologiset mallit sisältävät myös ihmisvaikutuksen myötä syntyneitä habitaatteja (Forman 1995: 4; Nassauer 1995). Maisemaekologiaa on kuitenkin kritisoitu siitä, ettei alan tutkimuksessa huomioida riittävästi kulttuuristen tekijöiden vaikutusta maisemaan (Nassauer 1995; Irwin & Geoghegan 2001), vaikka ihmisen toiminta on tärkein yksittäinen maisemanmuutoksia säätelevä tekijä (Antrop

2000a; Käyhkö 2007). Kulttuuristen tekijöiden kuten yhdyskuntarakenteen muuttumista ohjaavien sosiaalisten ja demografisten tekijöiden tunnistaminen korostuu tutkittaessa kaupungistumisen vaikutusta maisemaan.

2.2.2 Maisemaekologian tutkimusmenetelmät

Maisemaekologinen tutkimus perustuu yleensä kartta-, satelliittikuva- tai ilmakuvapohjaisiin analyyseihin. 1980-luvulta lähtien tutkimusta on yhä useammin tehty käyttäen hyväksi GIS-menetelmiä, kaukokartoitusta ja spatiaalista mallinnusta (esim. Turner & Gardner 1991: 8–9; Forman 1995: 33–34; Hietala-Koivu 2003: 11; Käyhkö 2007). Maismaelementit digitoidaan ensin kartoilta, ilma- tai satelliittikuvilta, luokitellaan ja niihin lisätään ominaisuustieto (Dunn et al. 1991: 179–181; Hietala-Koivu 2003: 11). Ajallinen ja alueellinen mittakaava määräävät käytettävän aineiston ominaisuudet (Käyhkö 2007).

Maismaelementtien koon, muodon ja sijainnin tutkimiseksi maisemaekologiassa käytetään erilaisia indeksejä (McGarigal & Marks 1995). Yksinkertaisin tunnusluku on PLAND (%LAND), joka kuvaa eri tai maankäyttö- tai maanpeitetyyppien jakautumista maisemassa prosentteina kokonaisalasta:

$$PLAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100 \quad [1]$$

jossa a_{ij} = maankäyttötyypin ij osuus maisemassa (m^2)

A = maiseman kokonaispinta-ala (m^2)

Maankäyttökuvioiden tiheys eli laikkutiheys PD (*patch density*) ja maankäyttökuvioiden keskikoko MPS (*mean patch size*) taas kuvaavat maiseman pirstoutumista (McGarigal & Marks 1995; Hietala-Koivu 1999) ja indeksit ovat toistensa käänteislukuja:

$$PD = \frac{n_i}{A} \times 10\,000 \times 100 \quad [2]$$

jossa n_i = maankäyttötyypin i lukumäärä maisemassa

A = maiseman kokonaispinta-ala (m^2)

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_{ij}} \times \frac{1}{10\,000} \quad [3]$$

jossa a_{ij} = maankäyttötyypin ij kokonaispinta-ala maisemassa (m^2)

n_{ij} = maankäyttötyypin ij lukumäärä maisemassa

Mitä korkeampi PD tai pienempi MPS on, sitä rikkonaisempi ja monimuotoisempi maisema on.

MSI (*mean shape index*) sekä ED (*edge density*) ovat maankäyttökuvioiden muodon mittareita. MSI-indeksi perustuu maankäyttökuvioiden piiri-pinta-alasuhteeseen kertoen niiden muodon epäsäännöllisyydestä (McGarigal & Marks 1995). Indeksien kaava vektorimuotoiselle aineistolle on seuraava:

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi} \times a_{ij}} \right)}{n_{ij}} \quad [4]$$

jossa p_{ij} = maankäyttötyypin ij piiri (m)

a_{ij} = maankäyttötyypin ij pinta-ala (m^2)

n_{ij} = maankäyttötyypin ij lukumäärä maisemassa

Indeksin minimiarvo on 1, joka vastaa vektorimuodossa ympyrää tai rasterimuodossa neliömuotoista maankäyttökuviota. Indeksien voidaan laskea myös painottaen maankäyttökuvioiden pinta-aloja (AWMSI, *area-weighted mean shape index*). ED-indeksi kertoo maankäyttökuvioiden rajojen kokonaispituuden summan suhteessa maiseman pinta-alaan (McGarigal & Marks 1995).

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} \times 10\,000 \quad [5]$$

jossa e_{ik} = maankäyttötyypin i rajaviivan kokonaispituus maisemassa (m)

A = maiseman kokonaispinta-ala (m^2)

SHEI (*Shannon's evenness index*) taas kertoo maiseman maankäyttötyyppien jakautumisen tasaisuudesta maisemassa:

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)}{\ln m} \quad [6]$$

jossa P_i = maankäyttötyypin i osuus maisemassa

m = maankäyttötyyppien kokonaismäärä maisemassa

Mitä korkeampi indeksin arvo on, sitä tasaisemmin eri maankäyttötyypit ovat jakautuneet (McGarigal & Marks 1995; Hietala-Koivu 1999; 2002; Weng 2007). SHDI (*Shannon's diversity index*) kuvaa niin ikään maiseman monimuotoisuutta, johon vaikuttavat maiseman maankäyttötyyppien kokonaismäärä sekä eri maankäyttötyyppien osuus maiseman kokonaispinta-alasta:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i) \quad [7]$$

jossa P_i = maankäyttötyypin i osuus maisemassa

m = maankäyttötyyppien kokonaismäärä maisemassa

SHDI saa arvon 0, jos maisema koostuu yhdestä ainoasta maankäyttökuviosta. Indeksien arvo kasvaa sen mukaan, mitä suurempi maankäyttötyyppien lukumäärä on, tai mitä tasaisemmin eri maankäyttötyyppejä edustavien maankäyttökuvioiden pinta-ala on jakautunut (McGarigal & Marks 1995; Luoto 2000 ; Hietala-Koivu et al. 2004).

Maiseman ominaisuuksia ja muutoksia kaupunki-maaseutu -gradientilla voidaan tutkia muun muassa kaupunkiekologisessa tutkimuksessa paljon käytetyn, spatiaaliseen gradienttiin perustuvan menetelmän avulla (mm. Medley et al. 1995; Luck & Wu 2002; Weng 2007; Merenlender et al. 2009). Menetelmässä maisemaa tutkitaan kaupungin ja sitä ympäröivän vaihettumisvyöhykkeen läpi kulkevan profiililinjan avulla. Profiilille voidaan laskea maisemaekologisia indeksejä, jotka vaihtelevat linjan eri osissa kaupungistumisen intensiteetin mukaan. Analyysiin voi liittää myös profiililinjan ajallisen tarkastelun (Weng 2007). Tarpeeksi tarkka spatiaalinen mittakaava on tarpeen tarkasteltaessa kaupungin laajenemisen vaikutusta maisemaan (Theobald 2001).

3. Maisema kaupungin ja maaseudun rajalla

Historiallinen maankäyttö ja maatalouden kehitys ovat vaikuttaneet maisemaan kaikkialla. Maiseman muovautumiseen vaikuttaa yhä enemmän myös maankäytön sääntely eli kaavoitus sekä kaupunkialueen laajeneminen (Maisemanhoito 1992: 14), joka korostuu suurten kaupunkien läheisillä alueilla, jossa eri maankäyttömuodot joutuvat kilpailemaan maa-alasta (mm. Luck & Wu 2002; Van Eetvelde & Antrop 2004). Maataloustuotannon kehityksen aiheuttamien maisemamuutosten vaikutusta on paikoin mahdoton erottaa kaupungistumisen tai paikallisten tekijöiden vaikutuksista maisemaan.

3.1 Maisemaan vaikuttavat tekijät

3.1.1 Luonnonympäristö

Kaupunkien läheisen maiseman erityispiirteet määräytyvät pitkälti luonnonympäristön perusteella, sillä se säätelee myös kaupunkialueen leviämistä. Maisemaan vaikuttavia luonnonympäristön tekijöitä ovat muun muassa maantieteellinen sijainti ja ilmasto, topografia, maa- ja kallioperä sekä kasvillisuus.

Ilmasto voi vaikuttaa maisemaan siten, että maatalous kehittyy intensiiviseksi maanviljelylle suotuisassa ilmastossa, mikä johtaa maatalousmaan pinta-alan kasvuun. Maaperä taas vaikuttaa maiseman muovautumiseen siten, että ja vettä pidättävät hienorakeisten maalajien alueet on useimmiten otettu viljelykäyttöön, kun taas viljelyyn sopimattomien maalajien alueita on jäänyt muuhun maankäyttöön. Rakentaminen keskittyy tyypillisesti sora- ja hiekka-alueille, jotka ovat maalajeista parasta rakennusmaata. Moreenimaalajien rakennettavuutta heikentää niiden routivuus, jos hienoainesta on paljon. Savimaalajit ovat rakentamisen kannalta kaikkein ongelmallisimpia, sillä ne puristuvat kuormittaessa kokoon ja routivat helposti. Savikoille rakennettaessa rakennusten tukirakenteet onkin vietävä savipatjan alapuolisiin kantaviin maakerrokseen (Kukkonen et al. 1996).

Topografia vaikuttaa maisemaan muun muassa siten, että suuri rinteen kaltevuus johtaa tasaisempia alueita korkeampaan maiseman monimuotoisuuteen (SHDI) sekä maankäyttökuvioiden kompleksisempaan muotoon. Runsas vesistöjen kuten avo-ojien ja

jokien määrä maisemassa taas pienentää maankäyttökuvioiden keskikokoa (MPS) (Forman 1995: 114–115, 121–122; Luoto 2000). Maaperän sekä topografian alueellinen vaihtelu aiheuttaa myös kasvillisuuden ja siten koko maiseman laikuittaisuutta, kun erilainen kasvilajisto suosii erilaisten maalajien alueita (Forman 1995: 4).

3.1.2 Maatalouden ajallinen kehitys

Maatalousmaiseman muovautumiseen ovat vaikuttaneet luonnonolojen ohella maatalousteknologian kehittyminen, tuotantoa ohjaava lainsäädäntö sekä kunkin valtion maatalouspoliittiset tavoitteet (Maisemanhoito 1992: 11; Ihse 1995; Hietala-Koivu 1996). Suomessa maaseutukulttuurin lähtökohtia olivat Itä-Suomessa laajalti harjoitettu kaskitalous ja viljely sekä rautakaudella Lounais-Suomen savikkoalueilta alkanut peltojenraivaus, viljely ja kiinteä asutus (Maisemanhoito 1992: 11; Luoto 2000; Vainio et al. 2001: 18–22). Varhaisin lain säätelemä maanjakotapa oli sarkajako, jonka puutteita alettiin 1700-luvun puolivälissä paikata isojaolla, ja myöhemmin viljelypalstoja on yhdistelty uusjaolla. Sarkajaon jälkeisen maajakolainsäädännön tavoitteena oli kunkin talon peltojen ja niittyjen saaminen mahdollisimman yhtenäisiin lohkoihin, mikä on johtanut Suomelle tyypillisen maaseudun haja-asutuksen kehittymiseen (Maisemanhoito 1992: 11).

Lannoituksen tarve kasvoi pysyvän peltoviljelyn myötä, mikä johti karjatalouden yleistymiseen. 1860-luvulla viljatuotteiden markkinahinnat laskivat, ja Suomessa siirryttiin yhä enemmän viljanviljelystä karjatalouteen (Maisemanhoito 1992: 11–13). Karjatalouden sivutuotteina ovat syntyneet monet perinnemaisematyypeistä kuten hakamaat, metsälaitumet ja lehdesniityt. 1880-luvulla niittyjen osuus maatalousalueiden kokonaisalasta oli jopa 62 %, mutta osuus putosi nopeasti perinteisen karjatalouden vähentymisen myötä. 2000-luvulle tullessa niittyjen osuus peltoalasta oli enää 1 % (Vainio et al. 2001; Luoto et al. 2003). Niityt ovat vähentyneet viime vuosikymmeninä rajusti myös Ruotsissa (Ihse 1995). Laidunnuksen vähentymisellä on täten ollut merkittävä vaikutus maatalousmaisemaan, jossa muun muassa putkilokasvien lajimäärä on sen seurauksena vähentynyt (Luoto et al. 2003).

Vanhanaikaisen maatalouden muovaamien perinnemaisemien ohella pensaikot, kiviröykkiöt ja pientareet ovat myös viime vuosikymmeninä vähentyneet (Maisemanhoito 1992: 14). Toisaalta esimerkiksi Hietala-Koivun tutkimuksessa (1999) pensaikot, puurykelmät sekä

kivikot eivät olleet vähentyneet vuosina 1958–1997 Yläneen alueella. Samassa tutkimuksessa maatalojen piha-alueiden määrä oli tarkasteluajanjaksona kasvanut 500 %, ja kasvu on saattanut tapahtua perinteisten maatalonläheisten laidunmaiden kustannuksella.

Maatalouden teknologia alkoi kehittyä rajusti 1950-luvulla Länsi-Euroopassa sekä Yhdysvalloissa, ja maatalouden koneellistumisen, ylituotannon ja maaltamuuton myötä maatalojen määrä on viime vuosikymmeninä vähentynyt Suomessa. Sen sijaan tilakoot ovat kasvaneet (Maisemanhoito 1992: 14; Hietala-Koivu 2002). Muun muassa tuotantoyksiköiden kasvu on johtanut maiseman yksipuolistumiseen (Hietala-Koivu 2002; 2004). Myös uusjaot ovat osasy syy maiseman homogenisoitumiseen, sillä ne ovat yhtenäistäneet maatalojen viljelyaloja (Maisemanhoito 1992: 14). Käyttämättä jääneitä rakennuksia kuten aittoja ja latoja on purettu (Maisemanhoito 1992: 14; Hietala-Koivu 1999; 2002). Maiseman monimuotoisuuden väheneminen näkyi muun muassa SHEI- ja SHDI-indeksien laskuna Nurmijärven alueella vuosina 1954–1997 (Hietala-Koivu et al. 2004). Tosin vuodesta 1995 lähtien vesistöjen suojavyöhykkeet, jotka EU:n maatalouden ympäristötukiohjelman myötä muuttuivat pakollisiksi, ovat jonkin verran lisänneet joki- ja purovarsialueiden määrää (Hietala-Koivu 1999; 2002).

Tärkein yksittäinen Suomen maatalousmaisemaa muovannut tekijä on viime vuosikymmeninä ollut peltojen salaojitusten tukeminen, joka on vähentänyt avo-ojia ja niiden varsia (Maisemanhoito 1992: 14; Hietala-Koivu 1999; Hietala-Koivu et al. 2004). Salaojituksen kasvu on merkittävä tekijä myös maatalousmaiseman yksipuolistumisessa, jota esimerkiksi ilmensi laikkutiheyden (PD, *patch density*) lasku Yläneellä tarkasteluvuosina 1958–1997 (Hietala-Koivu 1999).

Kaupungistuminen heijastuu ajan kuluessa maatalouden harjoittamiseen muun muassa lypsykarjatalouden vähentymisenä, mikä liittyy muun muassa kaupunkimaisten maankäyttömuotojen aiheuttamaan peltojen pirstoutuneisuuteen sekä tuotannon jatkamisen epävarmuuteen (Uudenmaan... 1980: 13, Maisemanhoito 1992: 14). Suomessa kaupungistuneen Uudenmaan maatalojen tilarakenne on muuta maata heterogeenisempi. Maatalojen koon suuret erot johtuvat siitä, että toisaalta erikoistuneiden pientilojen pito on taajamien lähellä kannattavaa hyvien markkinayhteyksien takia ja toisaalta suuret tuotantokustannukset suosivat suurta tilakokoa (Uudenmaan... 1980: 9–11). Myös Van Eetvelde ja Antropin (2004) mukaan maatalouden intensiteetti ja tuotantoyksiköiden koko

kasvatvat taajamien liepeillä. Toisaalta maatalousalueiden merkitys virkistyskäytölle kasvaa kaupungistumisen myötä. Kaupungin läheisillä maatalousalueilla maatalouteen liittykin usein virkistyspalveluja kuten hevostalleja (Helsingin... 1980: 2; Buciega et al. 2009).

3.1.3 Yhdyskuntarakenteen hajautumisen vaikutus

Yhdyskuntarakenteella tarkoitetaan sitä, miten yhdyskunnan eri toiminnot kuten asutus, työpaikat, palvelut ja viheralueet ovat sijoittuneet toisiinsa nähden. Historiallisesti kaupungit ovat levittäytyneet ympäristöönsä väestönkasvun aiheuttaman paineen myötä, mutta nykyään Euroopassa kaupunkialueen laajeneminen jatkuu jopa alueilla, joilla väestö ei enää kasva (Urban sprawl... 2006: 6). Kaupunkiseutujen pinta-alan kasvu liittyykin nykyään niiden yhdyskuntarakenteen hajautumiseen (*urban sprawl*) (Brown et al. 2005; Urban sprawl... 2006: 5). Esimerkiksi 1950-luvulta lähtien eurooppalaisten kaupunkien vaatima pinta-ala on kasvanut 78 % 1950-luvun tasosta, kun taas väestö on samalla aikavälillä kasvanut vain 33 %. Valtaosa kaupunkiseutujen valtaamasta maa-alasta on entisiä maatalousalueita (Urban sprawl... 2006: 5, 11). Myös Yhdysvalloissa yhdyskuntarakenteen hajautuminen on yksi tärkeimmistä maisemaa muuttavista tekijöistä (Hasse & Lathrop 2003).

Ilmiön syyt ovat taloudellisia, demografisia, sosiaalisia ja liikenteellisiä. Yhdyskuntarakenteen hajautumista edistää muun muassa halvan maatalousmaan saatavuus. Koska maan hinta määräytyy sijainnin ja rakentamispaineen perusteella, maa on kalleinta kaupunkialueen sisällä. Halvempia tontteja – jotka ovat toistaiseksi maatalouskäytössä tai ainakin maisemallisesti maaseutumaisia – on tarjolla kaupunkialueen läheisyydessä, mutta varsinaisen kaupunkirakenteen ulkopuolella (Urban sprawl... 2006: 17; Buciega et al. 2009). Liikenneverkon kehitys määrää pitkälti kaupungin laajenemisen suunnan (Antrop 2004; Van Eetvelde & Antrop 2004). Yhdyskuntarakenteen hajautuminen aiheuttaa muun muassa maiseman pirstoutumista (Alig et al. 2004; Van Eetvelde & Antrop 2004). Koska hajautumista aiheuttava alhaisen tehokkuuden asuinrakentaminen muuttaa perinteistä maatalousmaisemaa paljon enemmän kuin olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen perustuva rakentaminen, kaupunkisuunnittelulla pystytään vaikuttamaan suuresti siihen, millaiseksi kaupungin läheinen maisema muotoutuu (Saizen et al. 2006).

3.2 Maisemalliset erityispiirteet

Kaupungistuvan maatalousmaiseman erityispiirteitä on käsitelty tässä luvussa erilaisten esimerkkien avulla. Maiseman kuvaamisen tärkeimmät ominaisuudet ovat eri maankäyttötyyppien jakautuminen maisemassa, maiseman pirstoutuneisuus sekä maankäyttökuvioiden muoto. Maiseman heijastamaa yhdyskuntarakennetta ja sen tutkimusmenetelmiä esitellään luvussa 3.2.4.

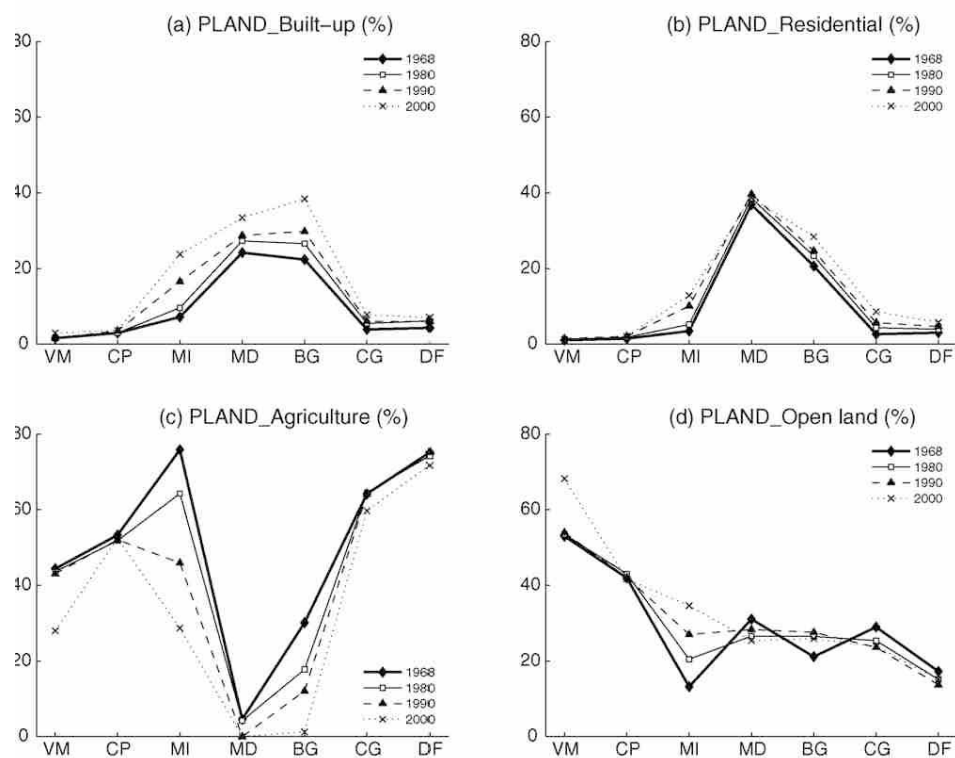
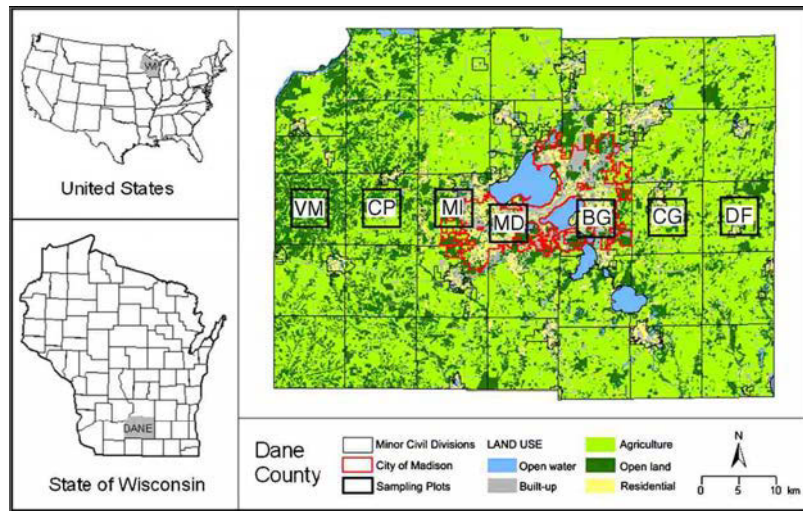
3.2.1 Maankäyttötyyppien osuudet maisemassa

Kaupungin läheiselle maisemalle on tyypillistä, että niiden peltoala vähenee voimakkaasti (Helsingin... 1980: 2–3; Uudenmaan... 1980: 7; Alig et al. 2004; Brown et al. 2005). Esimerkiksi Uudellamaalla voimakkaan maaltamuuton vuosina 1969–77 maa- ja metsätalousalueita siirtyi muuhun käyttöön eniten Espoossa (pinta-alan muutos -46 %), Vantaalla (-25 %), Keravalla (-31 %) ja Järvenpäässä (-63 %) (Uudenmaan... 1980: 7). Koko Helsingin kaupunkiseudulla rakentamisen kasvu oli suurinta vuosina 1950–1960, jolloin kaupunkimainen rakentaminen valtasi noin 3,9 % uutta maa-alaa vuosittain (Urban sprawl... 2006: 12).

Wisconsinin osavaltiossa Yhdysvalloissa sijaitsevan Madisonin kaupungin maiseman spatiaalis-temporaalista kehitystä vuosina 1968–2000 tutkittiin kaupungin halki kulkevan 60 kilometrin profiililinjan avulla (kuva 2) (Weng 2007). Kuvan 2a ja 2b diagrammeista näkyy, että rakennetun alueen ja asuinalueiden osuus (PLAND) kasvoi kaupungistumisen myötä sekä alueellisesti että ajallisesti, kun taas maatalousalueilla (kuva 2c) vaikutus oli päinvastainen. Rakennetun alueen osuus kasvoi maatalousalueiden kustannuksella eniten kaupungin reuna-alueella koealoissa MI ja BG. Maatalousmaiseman maankäytön osuus pieneni kaupungin reuna-alueille tultaessa myös Phoenixin metropolialueelta sekä Etelä-Ranskasta tehdyissä tutkimuksissa (Luck & Wu 2002; Van Eetvelde & Antrop 2004).

Avoimen maan kuten niittyjen osuus (kuva 2d) ei Madisonin ympäristössä riippunut niinkään kaupungistumisesta vaan siihen vaikutti ennemminkin topografia (Weng 2007). Avoimen maan (kuva 2d) ja maatalousmaan (kuva 2c) suhteen oli havaittavissa kuitenkin ajallisen muutoksen myötä yhteys erityisesti koealojen VM ja MI kohdalla. Kun

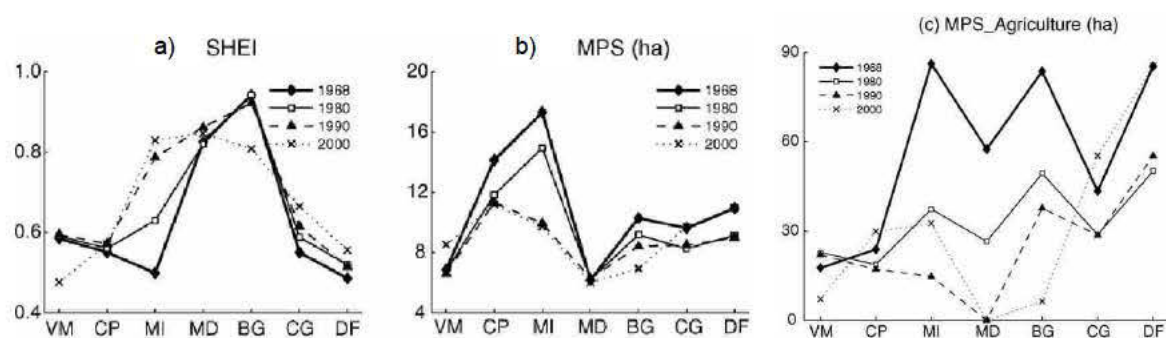
maatalousalueiden osuus kyseisillä koaloilla vähentyi voimakkaasti, avoimen maan osuus kasvoi, mikä liittyy luultavasti maatalojen lakkautuksiin.



Kuva 2. Kaupungistumisen vaikutus eri maankäyttötyyppien osuksiin (PLAND) ajallisesti ja alueellisesti Madisonin kaupunkialueen profiilia pitkin: a) rakennettujen alueiden osuus b) asuinalueiden osuus c) maatalousmaiden osuus d) avoimen maan osuus maiseman pinta-alasta. Vaaka-akselin kirjainlyhenteet kuvaavat kartassa esitetyn profiililinjän koaloja, joista keskimäinen (MD=Madison) kuvaa kaupungin keskusta-alueita ja reunimmaisista jo hyvin maaseutumaisesta maisemaa (Weng 2007).

3.2.2 Maiseman pirstoutuneisuus

Maatalousalueet ovat kaupungin ja maaseudun rajalla tyypillisesti muiden maankäyttömuotojen kuten asutuksen, teollisuuden ja teiden pirstomia (Antrop 2004; Helsingin... 1980: 2–3; Uudenmaan... 1980: 1). Maiseman pirstoutuneisuus voidaan todeta maisemaekologisin indeksien kuten SHEI:n (*Shannon's evenness index*) tai MPS:n (*mean patch size*) avulla (Weng 2007).



Kuva 3. Madisonin profiililinjan koealojen maiseman a) Shannonin tasaisuusindeksi (SHEI, *Shannon's evenness index*) b) laikkujen keskikoko (MPS, *mean patch size*) ja c) pelkkien maatalousalueiden keskikoko (MPS). Vaaka-akselin kirjaimet kuvaavat profiilin koealoja, joista keskimmainen (MD) kuvaa kaupungin keskustaa (Weng 2007).

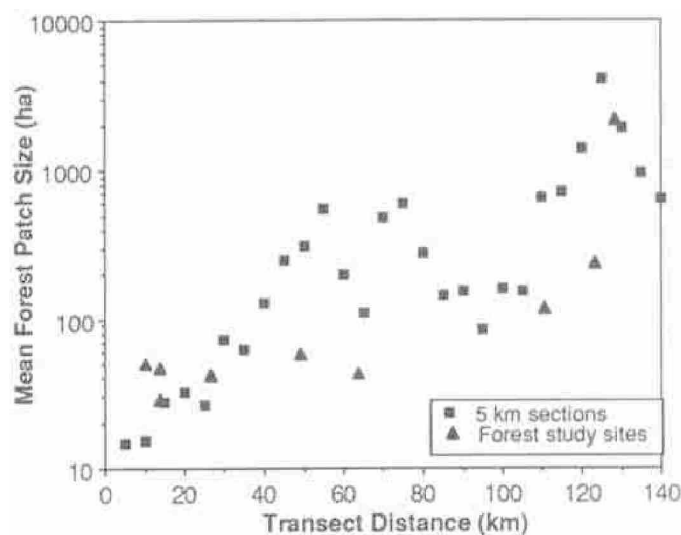
Kuvasta 3a voidaan nähdä, että eri erilaisten maankäyttötyyppien jakautuminen maisemassa (SHEI) oli Madisonissa tasaisempaa kaupunkimaisilla kuin maatalousvaltaisilla koealoilla. Ajallisesti SHEI kasvoi erityisesti keskustanviereisillä koealoilla, kuten MI ja CG, mikä kertoo eri maankäyttömuotojen lisääntymisestä kaupungin reuna-alueella maatalousalueiden kustannuksella (Weng 2007).

Kuvan 3b mukaan maankäyttökuvioiden keskikoko, MPS, oli pienin kaupungin keskustassa kasvaen hieman keskustasta etäännyttäessä. Ajallisesti MPS laski erityisesti kaupungin keskustan viereisillä koealoilla, mikä kertoo Wengin (2007) mukaan siitä, että suuria peltolohkoja on kaupungin lähellä jaettu pienemmiksi maatalousalueiksi ja tonteiksi. Tulokset Phoenixin metropolialueen pirstoutuneisuudesta noudattelivat Madisonin tuloksia (Luck & Wu 2002).

Kun tarkastellaan pelkkiä maatalousalueita (kuva 3c), MPS oli alhaisin Madisonin keskustan koealalla kasvaen keskustasta etäännyttäessä. MPS-arvon ajallinen lasku oli kaupungissa ja

sen reuna-alueilla rajua (koealat MD, MI ja BG), mikä kertoo maatalousalueiden pirstoutumisesta muiden maankäyttömuotojen vuoksi. Tosin kaupungistumisen voimakkuus, maataloustuotannon tehostuminen ja alueelliset tekijät selittävät paljolti MPS-arvoja. Esimerkiksi kahden pienen eteläranskalaisen kaupungin välissä sijaitsevan Le Fleix'n kylän peltolohkoja oli vuosina 1960–1999 yhdistelty maataloustuotannon tehostuessa siten, että nykyään alueen maatalousalueiden keskikoko on paljon suurempi kuin aikaisemmin (Van Eetvelde & Antrop 2004). Maataloustuotannon tehostumisen vaikutus maisemaan on tällöin ollut kaupungistumisen vaikutusta suurempi.

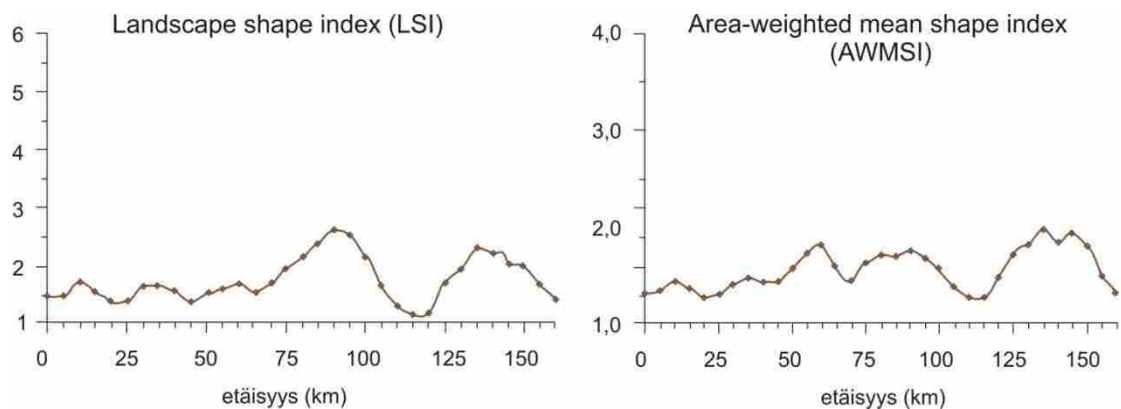
Maatalousalueiden ohella myös metsäkuvioiden pirstoutuminen kaupunkialueita lähestyttäessä on voimakasta (esim. Medley et al. 1995; Alig et al. 2004). Kuvassa 4 on esitetty New Yorkin alueelta tehdyn tutkimuksen tulokset metsäkuvioiden keskikoon muutoksesta suhteessa kaupunki-maaseutu -gradienttiin. Metsälaikut pienenevät merkittävästi kaupungin keskustaa lähestyttäessä, mikä kertoo rakennetun alueen maisemaa pirstovasta vaikutuksesta (Medley et al. 1995).



Kuva 4. Metsäkuvioiden keskikoko (MPS, *mean patch size*) hehtaareina New Yorkin kaupunkialueelta 140 kilometriä koilliseen ulottuvalla profiililinjalla. Vaaka-akselin nollakohta on lähinnä kaupungin keskustaa. Kuvaajan neliöt ja kolmiot edustavat havaintopisteitä (Medley et al. 1995).

3.2.3 Maankäyttökuvioiden muoto

Kaupungistumisen vaikutuksista maankäyttökuvioiden muotoon on tehty melko vähän tutkimusta. Phoenixin metropolialueen maisemaa tutkittiin alueen läpi kulkevan profiililinjan avulla (Luck & Wu 2002). Maisemaekologisista maankäyttökuvioiden muotoa kuvaavista muuttujista tutkimuksessa käytettiin indeksejä LSI (*landscape shape index*) ja AWMSI (*area-weighted mean shape index*). Maatalousalueiden LSI- ja AWMSI-arvot on esitetty kaupunkialueen läpi kulkevan profiilin avulla kuvassa 5. Mitä pienemmät indeksien arvot kuvaaja saa, sitä yksinkertaisemman muotoisia maankäyttökuviot ovat.



Kuva 5. Phoenixin profiililinjan maatalousalueiden muotoa kuvaavien muotoindeksien LSI (*landscape shape index*) ja AWMSI (*area-weighted mean shape index*) arvot on esitetty pystyakselilla. Vaaka-akselin arvot ovat etäisyyksiä profiilin alkupisteestä. Kaupungin keskusta-alue sijoittuu profiilin alusta lukien noin 110–120 kilometrin välille (Luck & Wu 2002 pohjalta).

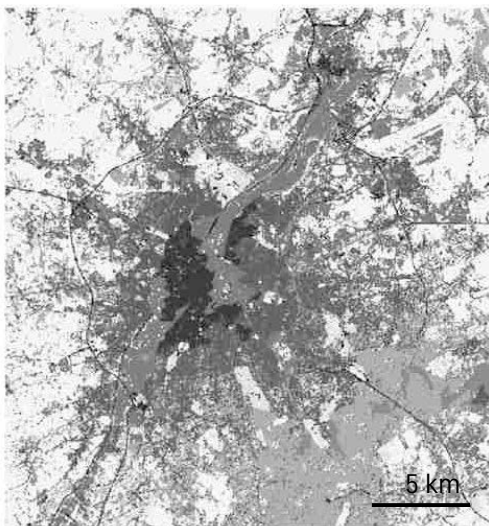
Kuvan 5 mukaan maatalousalueiden LSI- ja AWMSI-arvot heittelehtivät paljon profiilin eri osissa, mutta molempien indeksien arvot olivat alhaisimpia kaupungin keskusta-alueella. Maatalousalueiden muodon hajanaisuus kasvaa selkeästi kaupunkialueen molemmiin puolin noin 20 kilometrin säteellä keskustasta. Yli 100 kilometrin päässä kaupungin keskustasta maatalousalueiden muoto on taas hyvin säännöllinen ja myös LSI-indeksin arvo laskee. Muilla maankäyttötyypeillä maankäyttökuviot olivat epäsäännöllisimmän muotoisia kaupungin keskustassa (Luck & Wu 2002). Itä-Flanderin maakunnasta Belgiasta tehdyssä tutkimuksessa maankäyttökuvioiden muoto oli pitkulaisin mutta reunaviivoiltaan säännöllisin kaupungin keskustan rakennetuilla alueilla, mutta toisaalta myös maatalousalueilla kaukana kaupungista (Antrop & Van Eetvelde 2000).

Luonnonympäristö sekä tuotannolliset ja paikalliset tekijät vaikuttavat kuitenkin suuresti maatalousalueiden ja muiden maankäyttökuvioiden muotoon, joten yleistyksiä maankäyttökuvioiden muodosta kaupunkien lähellä on vaikea tehdä. Esimerkiksi Tucsonista Arizonasta tehdyssä tutkimuksessa kaupungistuminen ei vaikuttanut maiseman maankäyttökuvioiden muodon kompleksisuuteen (DiBari 2007).

3.2.4 Yhdyskuntarakenne

Kaupungin ja maaseudun rajalla voidaan Antropin mukaan (2000a) erottaa kaksi vyöhykettä: sisempi ja ulompi vyöhyke. Sisempi vyöhyke (*inner fringe*) on funktionaalisesti osa kaupungin ydintä, mutta siinä on morfologisesti piirteitä sekä maaseutu- että kaupunkimaisemasta. Ulompi vyöhyke (*outer fringe*) on morfologisesti maaseutua, mutta funktionaalisesti se on osa kaupunkia. Tässä vyöhykkeessä esimerkiksi maatalousrakennukset ovat tyypillisesti vain asumiskäytössä.

Kun kaupungin pinta-ala kasvaa, laajeneminen tapahtuu tyypillisesti suurten teiden myötäisesti, mikä saa aikaan morfologialtaan tähtimäisen kaupunkialueen (*star-shaped urban sprawl*). Näiden kaupungistuneiden kielekkeiden väleissä voi maatalousalueita säilyä erittäin hyvin (Antrop 2004). Kuvassa 6 on esitetty Brysselin kaupungin maankäyttörakenne (kuva 6), josta näkee, kuinka Brysselin läheiset maatalousalueet ovat jääneet rakennettujen alueiden muodostamien kielekkeiden puristukseen.



Kuva 6. Brysselin kaupungin tähtimäinen rakenne. Vuoden 1990 satelliittikuvasta luokitellut maankäyttötyypit: musta ja tummanharmaa = rakennetut alueet; vaaleanharmaa = metsät; valkoinen = maatalousalueet (Antrop 2004).

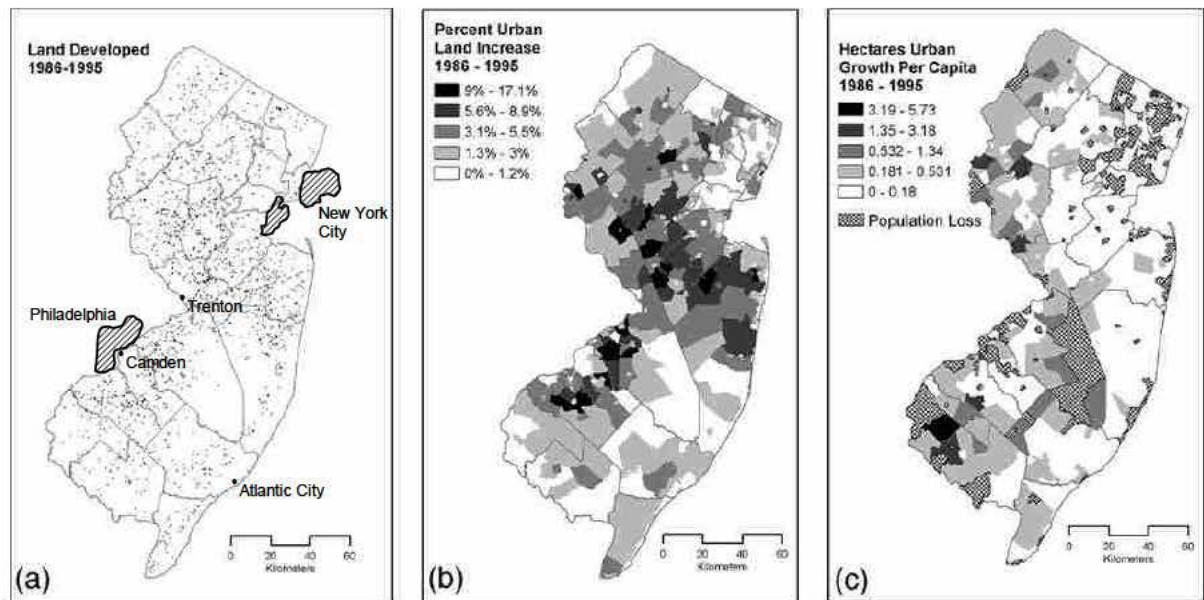
Yhdyskuntarakenteen hajautumisen tutkimusmenetelmät

Yhdyskuntarakenteen hajautumista ja sen vaikutuksia voidaan tutkia yhdistämällä maisemanmuutokseen tietoja erilaisista yhdyskuntaa kuvaavista muuttujista kuten väestömääristä (Hasse & Lathrop 2003). Tutkimus painottuu amerikkalaisiin tutkimusalueisiin.

Yhdysvaltojen Floridan, Georgian ja Oregonin osavaltioiden yhdyskuntarakenteen hajautumista tutkittiin käyttäen hyväksi muun muassa väestömäärää suhteessa rakennetun pinta-alan kasvuun ja maatalousalueiden pinta-alan supistumiseen (Nelson 1999). Tällöin indikaattorina voitiin käyttää esimerkiksi maatalousmaan poistumaa asukasta kohti; eli kuinka paljon maatalousmaata on poistunut käytöstä jokaista uutta asukasta kohti.

New Jerseyyn osavaltiosta tehdyssä tutkimuksessa kehitettiin indikaattoreita, jotka kertovat, missä päin tutkimusaluetta yhdyskuntarakenteen kehitys on ollut kaikkein epäedullisinta – eli hajautuminen kaikkein laaja-alaisinta vuosina 1986–1995 (Hasse & Lathrop 2003). Tällöin voitiin arvioida myös rakentamisen ohjauksen eli kaavoituksen toteutumista käytännössä sekä ekologisesti tärkeiden kohteiden säilymistä maisemassa. Tutkimuksessa asukasmääriin verratut indikaattorit olivat uusien rakennettujen alueiden tehokkuus, maatalousalueiden, kosteikkojen ja metsien ydinalueiden vähentyminen sekä vettä läpäisemättömän pinnan kasvu.

Kuvassa 7 on Hassen ja Lathropin (2003) tutkimuksen tulos rakennetun alueen tehokkuudesta. Maankäyttöaineistosta erotettiin ensin vuosina 1986–1995 rakentuneet alueet (kuva 7a). Sen jälkeen tieto muutettiin kunnittaiseksi rakennetun alueen lisäykseksi (kuva 7b). Lopuksi rakennetun alan kasvua verrattiin väestömäärän muutokseen samana aikana (kuva 7c) ja voitiin todeta, että kaupungin reunamilla, joissa yhdyskuntarakenne on hajautumassa, rakentaminen kulutti eniten maa-alaa henkilöä kohden (Hasse & Lathrop 2003).

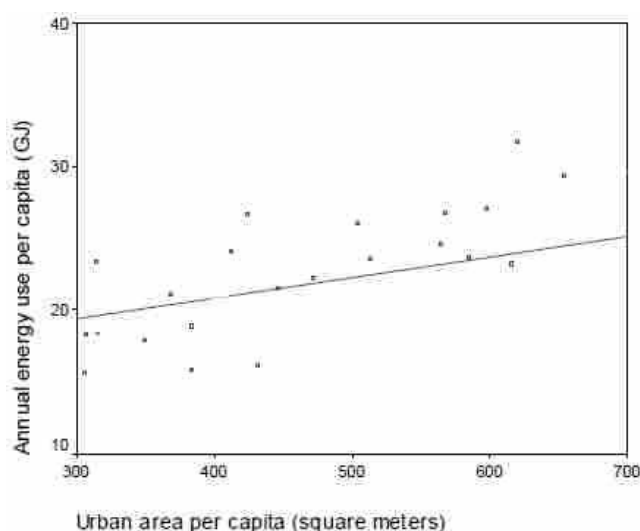


Kuva 7. New Jersey'n kaupunkirakenteen hajautuminen kuvattuna maiseman muutoksena. a) Vuosina 1986–1995 rakentuneet alueet. b) Rakennetun alueen osuuden kasvu kunnittaisesta pinta-alasta 1986–1995. c) Rakennetun alueen vaatima pinta-ala hehtaareina kunnittain jokaista uutta asukasta kohden vuosina 1986–1995 (Hasse & Lathrop 2003 pohjalta).

Madisonista tehdyssä tutkimuksessa maisemaekologisia indeksejä (PLAND, PD ja MPS) verrattiin asutokuntien määrään kaupunki-maaseutu-gradientin eri osissa, jolloin saatiin selville kaupungin laajenemisen luonteen alueelliset erot (Weng 2007). Keskustan viereisillä alueilla asuinrakentaminen perustui olemassa olevaan yhdyskuntarakenteeseen kaavoituksen nojalla, mitä ilmensi laikkutiheyden (PD) pysyminen lähes samana vuosina 1968–2000, vaikka samana aikana asutokuntien määrä lisääntyi jopa 5 000 asutokunnalla. Kaupungin reunamien maaseutualueilla yhdyskuntarakenteen hajautuminen näkyi asuinrakentamisen pirstaleisuutena, mistä kertoi asuinrakentamisen pinta-alan osuuden (PLAND) sekä laikkutiheyden (PD) dramaattinen nousu asutokuntien määrän kasvaessa vuosina 1968–2000. Kaupungin reuna-alueet olivat ajanjakson aikana täyttyneet pääteitä pitkin leviävästä alhaisen tehokkuuden pientaloasutuksesta, mikä oli mainittu ongelmaksi myös kaupungin kaavaselostuksessa. Maisemaekologinen tutkimustieto antaakin aluesuunnittelijoille tärkeää tietoa siitä, millaisia kaupunkirakenteen ongelmat alueella ovat ja mille alueille on kohdistettava toimenpiteitä rakenteen hajautumisen estämiseksi (Weng 2007).

Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyys

Kun yhdyskuntarakenne hajautuu, etäisyydet asuinalueilta keskustaan pitenevät, mikä johtaa usein henkilöauton käytön yleistymiseen asukkaiden työ- ja asiointimatkoilla (Kalenoja et al. 2011). Auton käyttö ja kuljettujen matkojen pituus näkyvät liikenteen energian kulutuksen kasvuna. Kuvassa 8 vaaka-akselilla on esitetty rakennetun alueen pinta-ala asukasta kohden, ja pystyakselilla liikenteen aiheuttama energiankulutus asukasta kohden. Kuvasta nähdään, että muuttujien välillä vallitsee positiivinen korrelaatio: mitä suuremmaksi rakennettu pinta-ala asukasta kohden muodostuu, eli mitä hajautuneempi yhdyskuntarakenne on, sitä suurempi on myös liikenteen aiheuttama energiankulutus (Naess 2003).



Kuva 8. Liikenteen energiankulutuksen ja rakennetun alueen laajuuden (per henkilö) suhde pohjoismaisissa kaupungeissa (Naess 2003).

Yhdyskuntarakenteen tutkimuksessa onkin olennaista tarkastella sen liikenteellisiä vaikutuksia. Rakenteen hajautumista voidaan tutkia yhdyskuntarakenteen ja liikenteen yhdistävällä vyöhykemallilla, jota on hyödynnetty käytännön suunnittelussa Hollannissa jo 1990-luvulla ns. ABC-mallin avulla (Schwanen et al. 2004) ja sittemmin muun muassa Ruotsissa ja Suomessa (Vägverket 2003; Kosonen 2007; Stenvall 2010; Kalenoja et al. 2011). Suomessa vyöhykemenetelmää ovat viime aikoina kehittäneet erityisesti Kuopion kaupunki ja Suomen ympäristökeskus (Kosonen 2007; Kalenoja et al. 2011). Nämä liikkumisvyöhykkeet perustuvat keskusetaisyyteen sekä joukkoliikenteen palvelutasoon. Vyöhykkeet voidaan jaotella karkeasti jalankulku- joukkoliikenne- sekä autovyöhykkeisiin,

joilla liikkumisen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt vaihtelevat huomattavasti (Kalenoja et al. 2011).

Jalankulkuvyöhykkeellä tarkoitetaan tiiviisti rakennettua, 1–2 kilometrin etäisyydelle kaupungin keskustasta ulottuvaa aluetta, jossa sijaitsee paljon työpaikkoja ja palveluita. Pääkeskustan lisäksi kaupunkiseuduilla on pienempiä alakeskuksia, joissa on oma jalankulkuvyöhykkeensä. Jalankulkuvyöhykkeellä kuljetaan pääasiassa jalan, minkä takia liikkumisen hiilidioksidipäästöt jäävät alhaisiksi (Kosonen 2007; Kalenoja et al. 2011).

Joukkoliikennevyöhyke muodostuu kaikkiin suuriin tai keskisuuriin kaupunkeihin alueille, jossa on hyvä raide- tai bussiliikenteen joukkoliikennetarjonta. Joukkoliikenteessä voi olla hyvin tiheä vuoroväli, ja varsinkin raideyhteyden ansiosta matka-aika keskustaan on lyhyt auton käyttöön verrattuna, minkä takia joukkoliikennettä myös käytetään paljon (Kosonen 2007; Kalenoja et al. 2011).

Autovyöhykkeen alueet sijaitsevat usein kaupunkiseudun reunamilla. Vyöhyke on tyypillisesti väljästi rakennettu, eikä alueen väestöpohja täten riitä joukkoliikenteen järjestämiseksi. Siksi vyöhykkeen asutokunnat saattavat joutua omistamaan useita autoja päivittäisen liikkumisen järjestämiseksi, mikä tarkoittaa, että liikkumisen hiilidioksidipäästöt ovat huomattavia muihin vyöhykkeisiin verrattuna (Kosonen 2007; Kalenoja et al. 2011).

3.3 Kaupungistumisen maisemaekologiset vaikutukset

Ekologialla tarkoitetaan eliöiden ja niiden ympäristön vuorovaikutuksen tutkimusta (Forman 1995: 19). Ekologisesti kestävänsä maiseman kehitys taas edellyttää, että maisemarakenne pystyy pitämään yllä välttämättömiä ekologisia prosesseja (Opdam et al. 2002). Siksi on tiedettävä, millä tavalla maisema on vuorovaikutuksessa näiden prosessien kanssa.

3.3.1 Maankäyttötyyppien osuudet maisemassa

Rakennetun alueen osuuden kasvaessa maiseman luonnolliset häiriötekijät korvautuvat antropogeenisillä häiriöillä kuten tallauksella ja kilpailulla vieraslajien kanssa (Forman 1995: 63). Kaupungistuminen muuttaa myös kaupunkien fyysikaalista ympäristöä: pienilmasto

muuttuu lämpösaarekeilmiön myötä ja sadanta sekä pintavalunta lisääntyvät rakennetun alueen pinta-alan kasvaessa (Oke 1967; Hough 1995: 39; Zipperer et al. 1997).

Teiden rakentamisella on erityisen suuret ekologiset vaikutukset. Sen lisäksi, että niiden rakentaminen kasvattaa rakennetun alueen osuutta pinta-alasta, ne toimivat maisemassa käytävinä, jotka joko ohjaavat maisemassa tapahtuvaa liikettä, tai useimmiten estävät vuorovaikutusta käytävän molemmin puolin. Paikallisesti kaksikaistaisilla teillä on suurimmat ekologiset vaikutukset eläinkuolemien myötä, mutta leveämpien moottoriteiden vaikutukset ovat vielä suuremmat, sillä ne vievät liittymineen laajan alueen luonnontilaista pinta-alaa. Koska eläimet eivät edes yritä ylittää leveitä moottoriteitä, populaatiot joutuvat eristyksiin toisistaan, mikä saattaa johtaa paikallisiin sukupuuttoihin (Forman & Alexander 1998). Estevaikutus voi ulottua jopa kilometrien päähän tiestä muun muassa liikennemelun vuoksi (van der Zande et al. 1980).

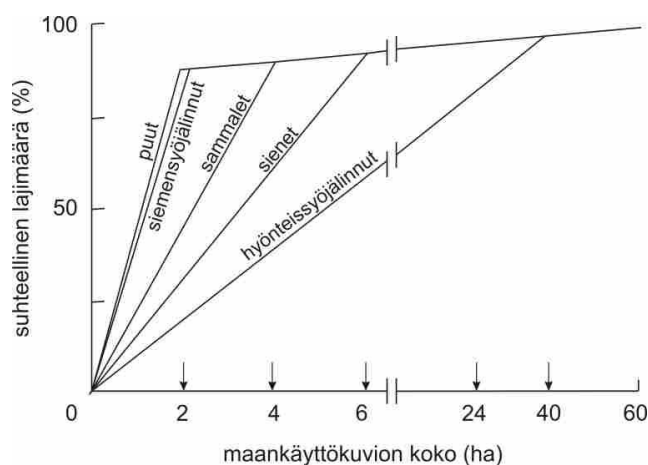
Teiden rakentaminen ei ole välttämättä ekologisesti huono asia, sillä jos tienpientareet ovat leveät, ne voivat jopa lisätä lajimääriä. Monet ns. ruderaattilajit ovat luonnonniittyjen kadottua löytäneet kasvupaikan teiden varsilta (Forman & Alexander 1998). Eläimet käyttävät hiljaisia teitä kulkureitteinä, ja autonrenkaat toimivat kasvien siementen levittäjinä (van der Zande et al. 1980). Ihmisen rakentamia tiekäytäviä tärkeämpiä kaupungistuvassa maisemassa ovat kuitenkin luonnontilaisen kasvillisuuden käytävät, joiden säilyttäminen maisemassa on tärkeää populaation geneettisen vaihtelun turvaamiseksi (ekologiset käytävät). Ne toimivat myös suojana ja eroosion hillitsijöinä maatalousalueiden yhteydessä (Forman 1995: 145).

3.3.2 Maiseman pirstoutuminen

Maiseman pirstoutumisella on monia ekologisia vaikutuksia kaupungeissa ja niiden vaikutusalueella. Pirstoutuminen ilmenee elinympäristön kokonaispinta-alan vähenemisenä, laikkujen koon pienenemisenä, niiden määrän kasvamisena sekä laikkujen eristäytymisenä toisistaan. Laikkujen koon (MPS) pieneneminen vähentää usein lajimäärää suuriin maankäyttökuvioiden verrattuna (Fahrig 2003). Lajien häviäminen maankäyttökuvioiden koon pienentyessä perustuu paljolti genetiikkaan ja reuna-alueen lisääntymiseen. Kun kuvion koko pienenee, se kykenee ylläpitämään pienempiä populaatioita, ja geneettinen vaihtelu

vähenee sisäsiittoisuuden tai läheisten lajien kanssa risteytymisen myötä. Lajien sopeutumiskyky elinympäristöönsä taas pienenee geneettisen vaihtelu vähentyessä, mikä voi johtaa paikallisiin sukupuuttoihin (Forman 1995: 67; Fahrig 2003). Maankäyttökuvioiden eristyneisyys saattaa myös vähentää lajimäärään, mutta eristyneisyyden vaikutus riippuu ennen kaikkea elinympäristöjen kokonaismäärästä maisemassa (Fahrig 2003).

Eliöryhmille voidaan määritellä elinympäristölaikun vähimmäispinta-ala (*minimum area point*), joka riittää turvaamaan lajiston monimuotoisuuden tietyissä olosuhteissa (kuva 9). Puille ja siemensyöjälinnuille riittää esimerkiksi laikku, joka on pinta-alaltaan noin 2 hehtaaria, kun taas hyönteissyöjälinnut saattavat vaatia jopa 40 hehtaarin kokoista elinympäristöä (Forman et al. 1976; Fahrig 2003). Mitä korkeammalle ravintoketjuun laji sijoittuu, sitä herkempi se on maankäyttökuvion koon muutoksille. Lajikoostumus muuttuu myös siten, että pienten laikkujen lajisto koostuu lähinnä generalistilajeista, jotka valtaavat alaa spesialistilajeilta laikun koon pienentyessä (Forman 1995: 58). Pienten maankäyttökuvioiden lajit ovat usein myös ns. reunalajeja, jotka viihtyvät maankäyttökuvion reuna-alueella (Hobbs & Huanneke 1992). Tietyt elinympäristöjen sisäosissa elävät lajit häviävät nopeasti asutuksen levitessä luonnontilaisille alueille (Merenlender et al. 2009).



Kuva 9. Lajimäärän suhde maankäyttökuvion pinta-alaan eri eliöryhmillä. Vaaka-akselilla on maankäyttökuvion koko ja pystyakselilla osuus koko alueen lajimäärästä. Poikkiviiva kuvaa laikkukokoa, joka riittää turvaamaan lajiston monimuotoisuuden (Forman 1995: 60 pohjalta).

Maankäyttökuvioiden koon vaikutus eliöstöön ei ole kuitenkaan yksiselitteinen, eikä maiseman pirstoutuminen aina johda lajimäärän pienenemiseen (Hobbs & Huanneke 1992).

Pieni laikku koostuu usein vain yhdentyypisistä habitaatista, kun taas suuremmissa laikuissa on todennäköisemmin useampia habitaatteja. Toisaalta monessa pienessä maankäyttökuviossa on yhteensä enemmän erilaisia habitaatteja kuin yhdessä isossa, mikä nostaa lajimäärää (Hobbs & Huanneke 1992; Forman 1995: 46–47). Maatalousmaiden koon pieneneminen ei välttämättä ole huono asia ekologian ja biologisen tuottavuuden kannalta, sillä mitä isompi peltoalue on, sitä laajamittaisempaa on myös maaperän eroosio ja evapotranspiraatio. Toisaalta jos maatalousalueet ovat pirstoutuneet moniin pieniin lohkoihin, negatiivisia ekologisia vaikutuksia aiheutuu maatalouskoneiden ja karjan kuljetuksista lohkojen välillä (Forman 1995: 48–53). Ekologisia etuja on siten sekä isoissa että pienissä kuvioissa, mutta haittoja lähinnä pienissä. Maiseman pirstoutumista voimakkaammin lajirunsauteen maisemassa vaikuttaa kuitenkin elinympäristöjen kokonaispinta-ala maisemassa (Fahrig 2003).

Maankäyttökuvioiden pienenemisestä huolimatta lajimäärä kaupungistuvassa maisemassa on usein ympäröiviä maaseutualueita suurempi, sillä monet vieraslajit yleistyvät ihmisvaikutuksen kasvaessa, ja lajit hyötyvät kaupungistumisen aiheuttamasta maiseman monimuotoisuudesta (Wania et al. 2006). Viereinen maankäyttö vaikuttaa paljon lajikoostumukseen. Esimerkiksi vieraslajeja esiintyy paljon enemmän asuinalueisiin rajautuvissa metsissä kuin metsissä, jotka rajautuvat teihin tai maatalousalueisiin (Moran 1984 cit. Pickett et al. 2001; Hansen et al. 2005).

3.3.3 Maankäyttökuvioiden muoto

Ihmistoiminnan vaikutuksesta syntynyt maisema sisältää tyypillisesti maankäyttökuvioita, joiden rajat ovat melko suoraviivaisia (Antrop & Van Eetvelde 2000). Ekologian kannalta se on huono asia, sillä rajojen käyräviivaisuus helpottaa eliöiden liikkumismahdollisuuksia maankäyttökuvioiden raja-alueilla. Maankäyttökuvioiden rajojen painaumat toimivat esimerkiksi suojapaikkoina saalistajilta, tuulelta sekä liialta kuumuudelta tai kylmyydeltä (Forman 1995: 107, 109).

Kaupunkialueen laajenemisesta johtuvalla maankäyttökuvioiden epäsäännöllisellä muodolla voi olla erilaisia ekologisia vaikutuksia. Mitä epäsäännöllisempi kuvion raja on, sitä paremmin maankäyttökuvio on vuorovaikutuksessa ympäröivän matriksin kanssa. Jos laikun

muoto on hyvin pitkänomainen, elinympäristölaikkujen sisäosissa viihtyvät lajit vähenevät. Myös lajimäärä on suurempi ympyränmuotoisessa laikussa. Maankäyttökuvion pyöreä muoto on täten ekologian kannalta mahdollisesti paras, mutta on hyvä, jos laikussa on lisäksi useampia ulokkeita (Forman 1995: 125, 132). Maankäyttökuvioiden koko on kuitenkin usein muotoa tärkeämpi lajirunsauteen vaikuttava tekijä – ainakin puilla ja pensaille (Pincheira-Ulbrich et al. 2009).

3.3.4 Maisemaekologisesti hyvän maisemarakenteen kriteerit

Maisemaekologisesti hyvän kaupungistuvan maisemarakenteen kriteerit voidaan edellisten lukujen perusteella tiivistää seuraaviin periaatteisiin (Forman 1995: 437–490; Fahrig 2003):

- suurikokoisia luonnontilaisia maankäyttökuvioita on muutamia
- pienikokoisia maankäyttökuvioita on paljon isojen laikkujen reuna-alueella
- suurikokoisia maankäyttökuvioita yhdistää viherkäytävien verkosto päävesistöjen ympärillä tai askelkivien sarja
- maatalousalueet eivät sijaitse jyrkillä rinteillä
- rakennetut alueet eivät sijaitse viljavimpien maalajien alueella
- luonnontilaisia kasvillisuuskuviota on myös rakennettujen alueiden lomassa
- maisema on monimuotoinen

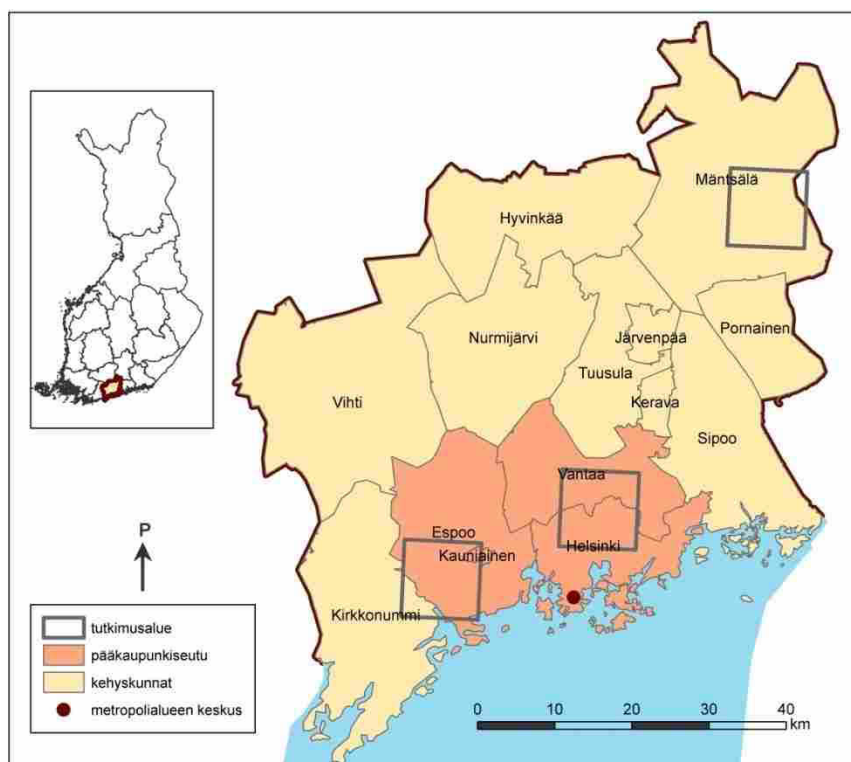
Isojen maankäyttökuvioiden suojeleminen maisemassa on tärkeää, sillä kaskadi-efekti (*cascade effect*) voi aiheuttaa ravintoketjun myötä lajien joukkokatoa, jos esimerkiksi tietty elinympäristölaikkujen sisäosissa elävä avainlaji häviää maiseman pirstoutumisen takia (Forman 1995: 63). Suurikokoisten maankäyttökuvioiden ohella pienet laikut ovat tärkeitä, sillä ne toimivat askelkivinä eliöille sekä sijaitessaan suurten laikkujen reuna-alueella tekevät laikkujen reunaviivoista monimutkaisempia. Ne myös lisäävät maiseman populaatioiden geneettistä vaihtelua. Maatalousalueiden sijoittuminen suhteessa topografiaan on tärkeää eroosion ehkäisemiseksi. Maiseman monimuotoisuudella taas tarkoitetaan maankäyttökuvioiden ja käytävien ominaisuuksien suurta vaihtelua maisemassa. Kaupunkialueella sijaitsevat suuret kasvillisuuskuviot ovat tärkeitä. Vaikka niissä kasvaa tyypillisesti vähän elinympäristöjen sisäosissa viihtyviä lajeja, alueet ovat paikallisesti

merkittäviä parantaen mikroilmastoa ja vähentäen tulvia (Forman 1995: 47; Pauleit et al. 2005).

4. Tutkimusalue

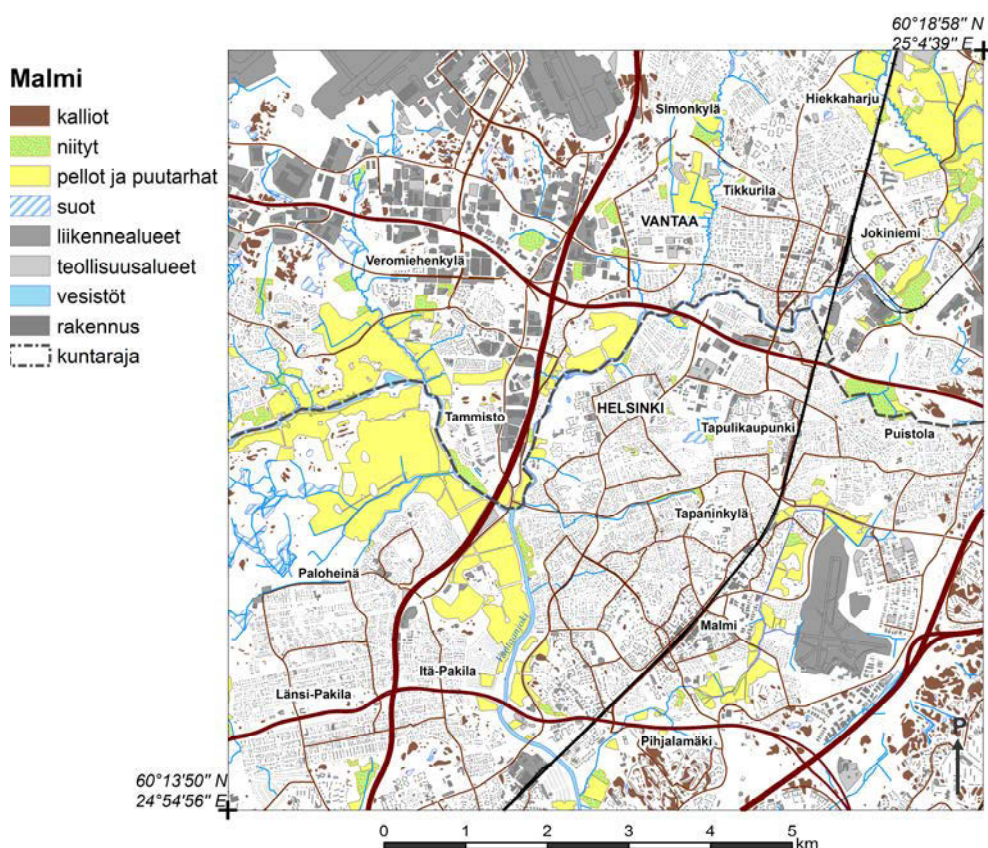
Helsingin metropolialueella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa Helsinkiä ja sitä ympäröivän 13 kunnan muodostamaa toiminnallista kokonaisuutta, joka voidaan luokitella pääkaupunkiseutuun ja sen kehyskuntiin. Pääkaupunkiseutuun kuuluvat Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen, ja kehyskuntiin Järvenpää, Kerava, Mäntsälä, Nurmijärvi, Pornainen, Tuusula, Hyvinkää, Kirkkonummi, Sipoo sekä Vihti (kuva 10).

Helsingin metropolialueelta valittiin kolme erityyppistä tutkimusaluetta edustamaan koko alueen maisemassa ilmenneitä muutoksia. Tutkimusalueet valittiin keskusetaisyyden perusteella, minkä tyyppistä liukuvaa tutkimusaluevalintaa on käytetty kaupunki-maaseutu -gradienttia tutkivassa maisemaekologisessa tutkimuksessa mm. yhdysvaltalaisista kaupungeista (mm. Luck & Wu 2002; Weng 2007).



Kuva 10. Tutkimusalueiden sijainti Helsingin metropolialueella (Maastotietokanta 2009).

Tutkimusalueet olivat noin yhden peruskarttalehden kokoisia: 9,25 x 9,25 kilometriä. Niiden sijainti metropolialueella on esitetty kuvassa 10. Helsingin keskustaa lähin tutkimusalue, Malmi (peruskarttalehti 2043 04, kuva 11) edustaa pitkälti kaupungistunutta maisemaa. Espoon tutkimusalue (Espoon peruskarttalehti 2032 12, kuva 12) sijaitsee pääkaupunkiseudulla noin 15 kilometrin päässä Helsingin keskustasta ja edustaa kaupungin ja maaseudun rajan sisempää vyöhykettä, jossa maiseman morfologia on paikoin hyvin kaupunkimaista, mutta siinä on myös maaseutumaisia piirteitä (Antrop 2000a). Maaseutumaisin tutkimusalue sijaitsee pääkaupunkiseudun kehyskunnassa, Mäntsälässä (peruskarttalehti 2044 11, kuva 13) noin 50 kilometrin päässä Helsingin keskustasta. Alue edustaa maisemaa, joka on morfologisesti maaseutua mutta silti osa metropolialueen toiminnallista aluetta (Antrop 2000a), mistä kertoo muun muassa se, että lähes 30 % Mäntsälän työllisistä käy töissä pääkaupunkiseudulla (Schulman & Jaakola 2009: 13).

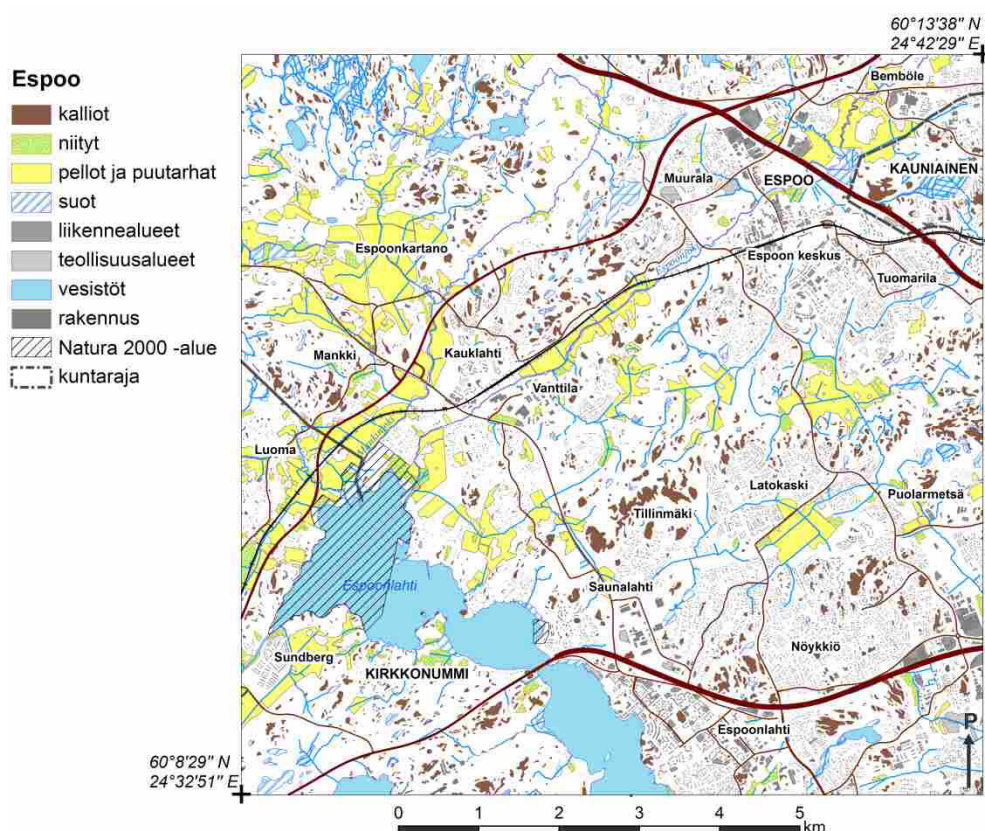


Kuva 11. Malmin tutkimusalue vuonna 2009 (Maastotietokanta 2009).

Malmin tutkimusaluetta dominoivat taaja asutus ja leveät moottoriliikenneväylät: Tuusulanväylä, Lahdenväylä, Kehä I, Kehä III sekä päärata. Alueella on myös kaksi lentokenttää, Helsinki-Vantaa ja Malmi, sekä niihin liittyvää infrastruktuuria.

Vantaajokilaakson ja Keravanjoen varsilla on kuitenkin jäljellä myös maatalousalueita. Helsingin ja Vantaan kaupungin raja halkoo aluetta kulkien Vantaanjoen keskellä (kuva 11).

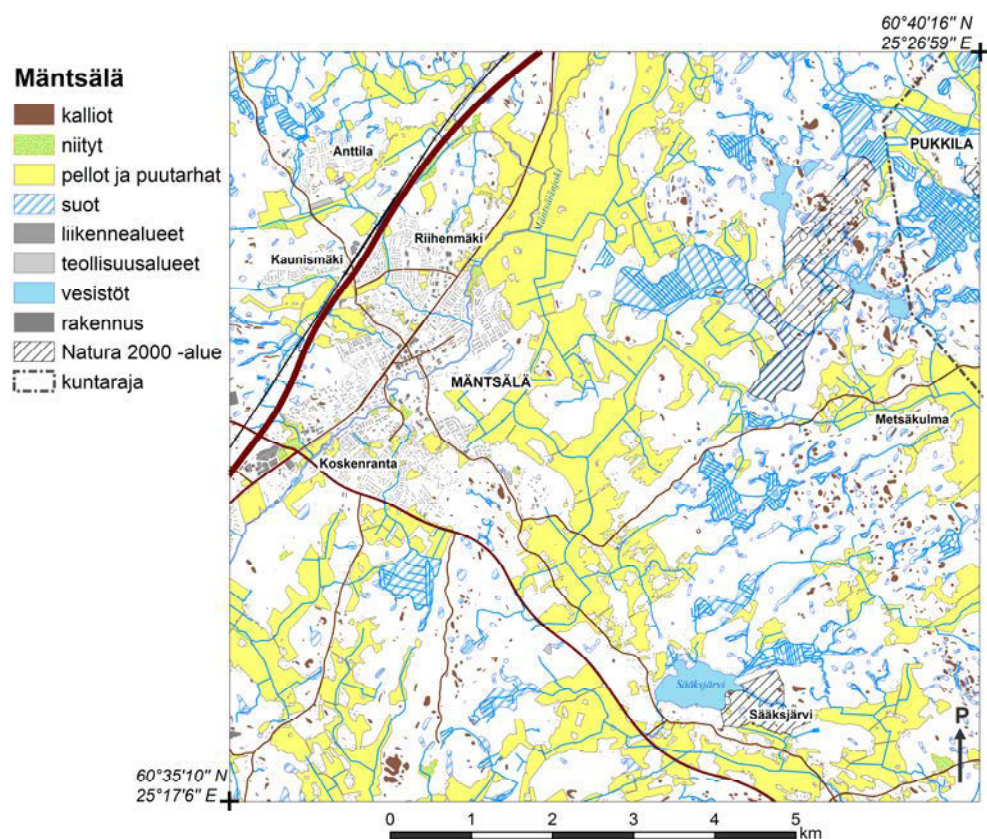
Espoon tutkimusalue sijaitsee rannikolla, ja meri työntyy alueelle Espoonlahtena. Alue on paikoin taajaan rakennettu, mutta paikoin jäljellä on runsaasti maatalousalueita ja metsiä. Aluetta halkovat Länsiväylä, Turunväylä sekä rantarata. Tutkimusalue osuu Espoon kaupungin ohella myös Kauniaisten ja Kirkkonummen puolelle (kuva 12). Alueella on myös Espoonlahden-Saunalahden Natura 2000 -alue. Espoonlahden pohjukassa alueen luontoarvot perustuvat linnuille tärkeään ruovikkoiseen merenlahteen sekä sen rannikon jalopuulehtoon ja perinnemaisemaan. Saunalahden pieni alue taas perustuu meriuposkuoriaisen (*Macroplea pubipennis*) suojeluun, sillä alue on mahdollisesti lajin ainoa tunnettu pysyvä esiintymispaikka maailmassa (Uudenmaan ympäristökeskus 1999).



Kuva 12. Espoon tutkimusalue vuonna 2009 (Maastotietokanta 2009; Natura 2000... 2010).

Mäntsälän tutkimusaluetta voi kuvailla hyvin maaseutumaiseksi, ja maatalousalueita ryhmittävät ojitetut suot. Asutus keskittyy alueen länsiosaan keskustaajaman ympärille. Luoteessa tutkimusaluetta halkovat Lahden moottoritie sekä oikorata. Osa alueesta kuuluu

Pukkilan kuntaan (kuva 13). Tutkimusalueella sijaitsee kaksi Natura 2000 -aluetta, joista suuremman, Metsäkulman alueen luontoarvot perustuvat lähes luonnontilaisen vanhan metsän ja soiden muodostamaan mosaiikkiin (Uudenmaan ympäristökeskus 2002a). Sääksjärven rannalla sijaitseva Peltolan vanhan metsän Natura-alue perustuu niin ikään alueen vanhaan metsään ja korpisoihin (Uudenmaan ympäristökeskus 2002b).



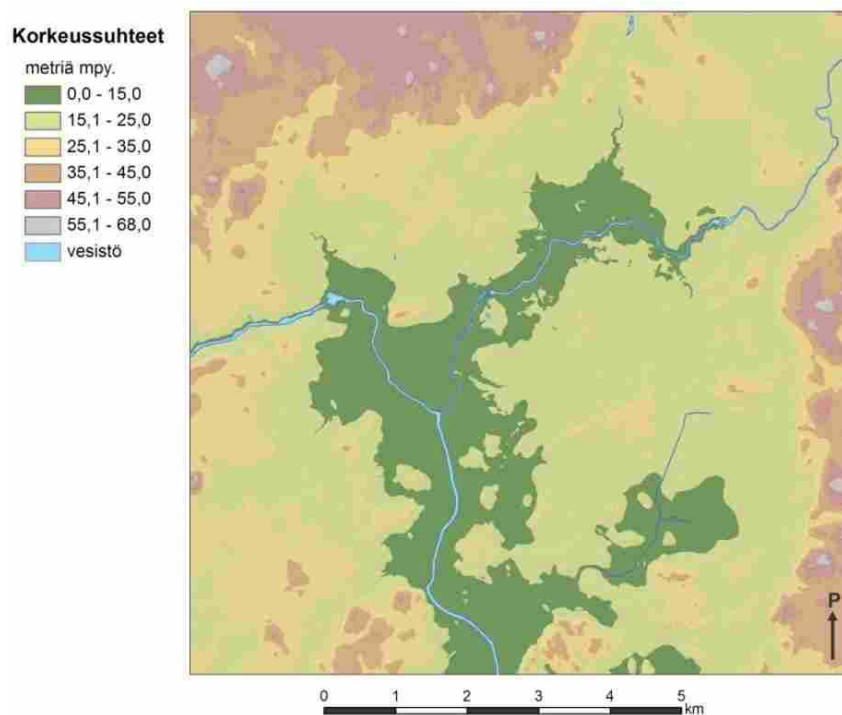
Kuva 13. Mäntsälän tutkimusalue vuonna 2009 (Maastotietokanta 2009; Natura 2000... 2010).

4.1 Topografia ja maaperä

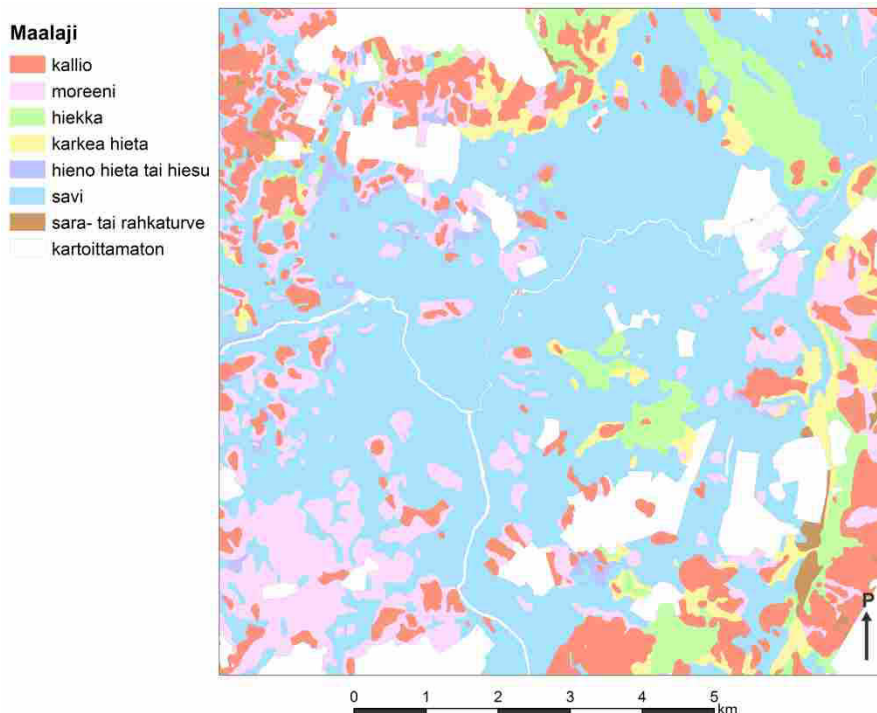
4.1.1 Malmi

Malmin tutkimusalueen topografia on esitetty kuvassa 14. Alueen korkeimmat kohdat (yli 65 metriä mpy.) sijaitsevat itäosassa sekä luoteiskulmassa. Alavinta on tutkimusalueen eteläreunassa Viikissä (alle 5 metriä mpy.), sekä Vantaan jokilaaksossa. Tutkimusalueen suhteelliset korkeuserot ovat keskimäärin 8,8 metriä.

Malmin tutkimusalueen maaperästä suurin osa (43 %) on savikkoa, jossa myös Vantaanjoki meanderoi (kuva 15). Savipatjan paksuus jokilaaksossa on suurimmillaan jopa 23–25 metriä (Kielosto et al. 1997). Tutkimusalueen kaakkois- ja luoteisosissa on lisäksi paljon kallio- ja moreenimaita: kallioalueita on noin 15 % ja moreenia 13 % tutkimusalueen maaperästä. Moreenia on erityiseen runsaasti alueen lounaisosassa Pakilassa. Sora- ja hiekkamuodostumista merkittävin on luoteiskulman Hiekkaharjun harjujakso. Tutkimusalueen hiekka-alueita on pitkälti myös hyödynnetty maa-aineksenotossa, ja myöhemmin hylätty ja maisemoitu (Kielosto et al. 1997). Kartoittamattomina alueina kuvan 15 kartassa näkyvät myös vesistöt, täytemaa- ja kaatopaikka-alueet sekä suuret varikko- ja liikennealueet, joita tutkimusalueella on paljon.



Kuva 14. Malmin tutkimusalueen korkeussuhteet. Korkeusmalli laadittu Maastotietokannan (2009) pohjalta.

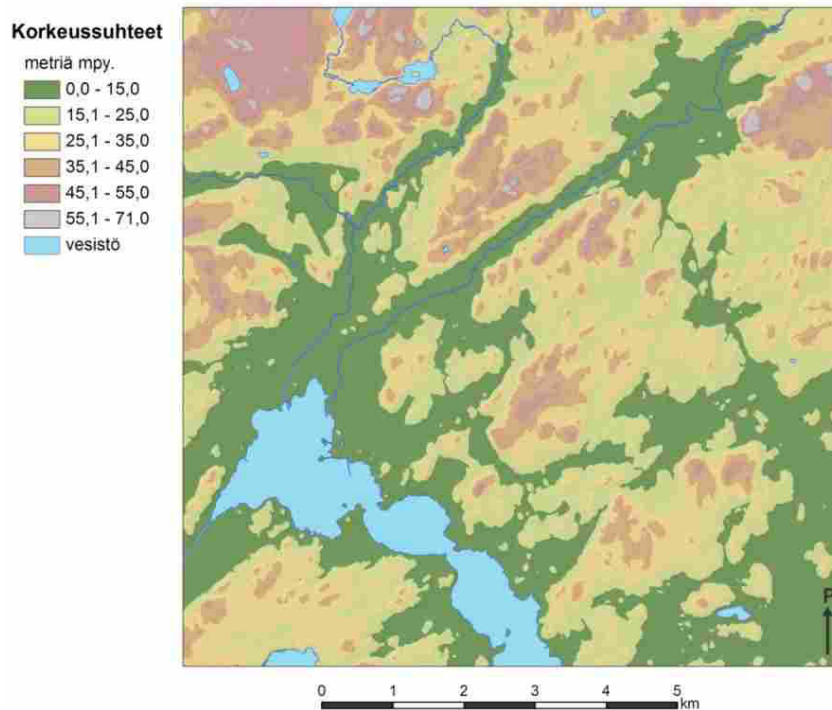


Kuva 15. Malmin tutkimusalueen maaperä (Maaperä... 2007b).

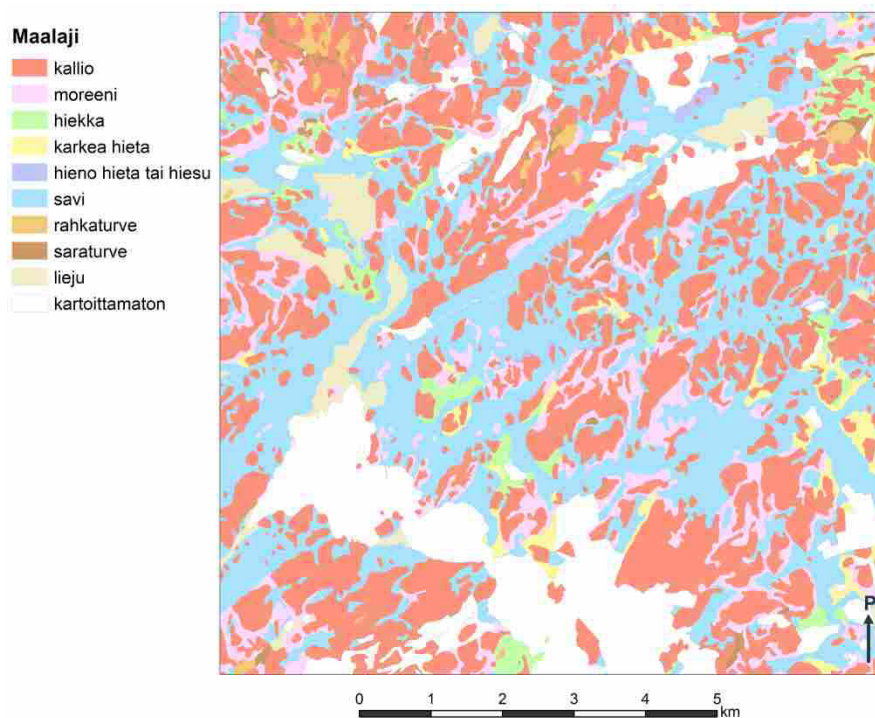
4.1.2 Espoo

Espoon tutkimusalueen topografia on esitetty kuvassa 16. Alueen korkokuvalla ovat tyypillisiä kallioiset kohoumat, joita halkovat kallioperän murroslinjoihin syntyneet jokilaaksot. Absoluuttiset korkeudet kasvavat rannikolta kohti tutkimusalueen pohjoisosaa. Korkein kohta sijaitsee luoteiskulmassa, joka kohoa yli 70 metriä meren pinnan yläpuolelle. Alavinta on Espoonlahden rannikolla. Tutkimusalueen suhteelliset korkeuserot ovat keskimäärin 17,5 metriä, ja ne ovat suurimpia Espoonjoen ja Espoonlahden ympäristössä (Haavisto-Hyvärinen et al. 1994).

Suurin osa Espoon tutkimusalueen maaperästä on suomalaiselle rannikkoseuduille tyypillisesti huuhtoutunut, mikä näkyy kallioiden suurena osuutena (40 %) tutkimusalueen pinta-alasta (kuva 17). Kalliokohoumia reunustavat moreenivyöt, joita on noin 10 % alueen maaperästä. Savikkoalueet keskittyvät jokilaaksoihin ja merenlahtien ympärille, ja ne peittävät neljänneksen tutkimusalueen pinta-alasta. Muista alueista poiketen Espoossa on paljon myös liejualueita, jotka keskittyvät jokilaaksoihin ja Espoonlahden pohjukkaan. Hiekkaiset harjualueet ovat pieniä ja hajanaisia. Yli 15 % tutkimusalueen maaperästä on kartoittamattomia sekä vesialueita (Haavisto-Hyvärinen et al. 1994).



Kuva 16. Espoon tutkimusalueen korkeussuhteet. Korkeusmalli laadittu Maastotietokannan (2009) pohjalta.

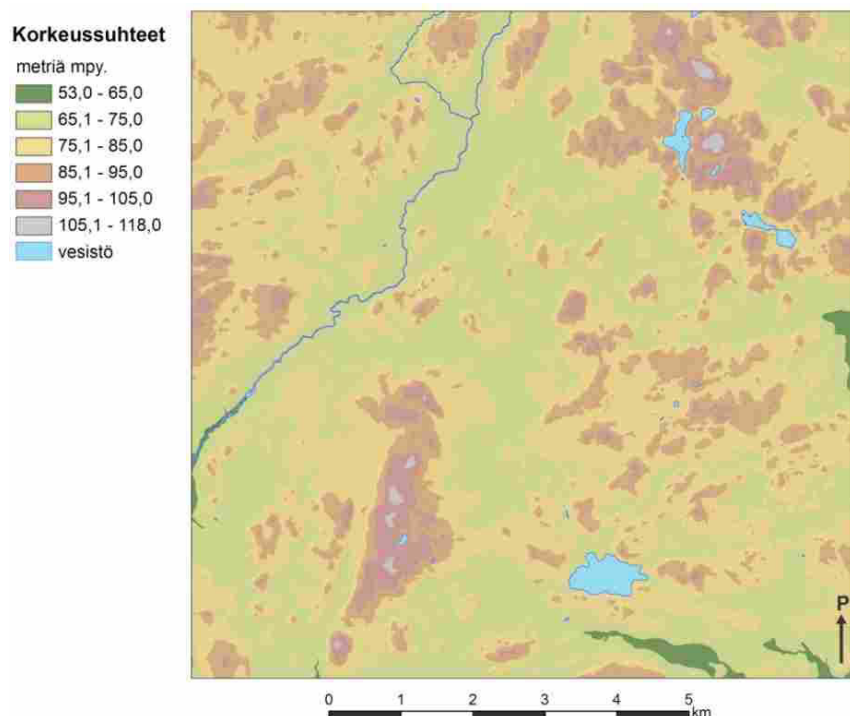


Kuva 17. Espoon tutkimusalueen maaperä (Maaperä... 2007a).

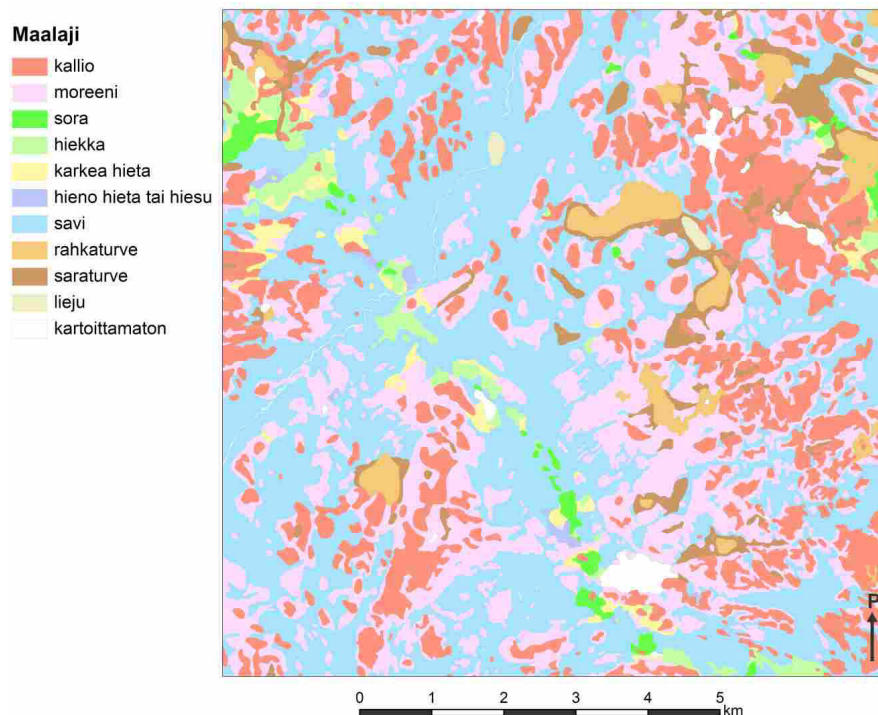
4.1.3 Mäntsälä

Mäntsälän tutkimusalueen korkeusvaihtelut on esitetty kuvassa 18. Korkeimmat kohdat sijaitsevat alueen koillisosassa (yli 105 metriä mpy.) sekä lounaisosassa. Alavimpia ovat alueen kaakkoisosan savikot. Tutkimusalueen suhteelliset korkeuserot ovat keskimäärin 13,5 metriä.

Kuvassa 19 on esitetty Mäntsälän tutkimusalueen maalajien alueellinen jakautuminen. Alueen yleisin maalaji on savi (43 % pinta-alasta). Savikot ovat sijoittuneet kallioperän ruhjevyyhykkeisiin, jossa myös Mäntsälänjoki virtaa. Maaperästä reilu viidennes taas muodostuu kallioista ja viidennes moreenista. Moreenikerrokset ovat alueella muutaman metrin paksuisia ja koostuvat lähinnä hiekkamoreenista (Kukkonen et al. 1996). Tutkimusaluetta halkoo luode-kaakko -suuntainen harjumuodostuma, joka on paikoin epäyhtenäinen. Lisäksi yli 6 prosenttia alueen pinta-alasta koostuu eloperäisistä maalajeista, lähinnä turvekerrostumista, jotka näkyvät maastossa keidassoina (Kukkonen et al. 1996).



Kuva 18. Mäntsälän tutkimusalueen korkeussuhteet. Korkeusmalli laadittu Maastotietokannan (2009) pohjalta.



Kuva 19. Mäntsälän tutkimusalueen maaperä (Maaperä... 2007c).

4.2 Yhdyskuntarakenne

Tutkimusalueet ovat yhdyskuntarakenteeltaan hyvin erityyppisiä. Malmin tutkimusalue sijaitsee lähellä metropolialueen keskusta, ja sen alueella asui 159 773 asukasta vuonna 2007. Espoon tutkimusalueen väkiluku vuonna 2007 oli 73 966 asukasta, ja Mäntsälän 10 452 asukasta (YKR 2010). Mitä lähempänä metropolin keskusta tutkimusalue sijaitsee, sitä enemmän alueella on myös palveluja ja työpaikkoja. Malmin tutkimusalueella työpaikkoja vuonna 2007 oli 68 566, Espoossa 22 400 ja Mäntsälässä 3 252 (YKR 2010). Myös joukkoliikenteen palvelutaso on Helsingissä ja Espoossa huomattavasti parempi ja suuren käyttäjämäärän takia kannattavampi pitää yllä kuin Mäntsälässä (Urban zone... 2010).

Maisemaan ratkaisevasti vaikuttavan rakentamisen ohjauksen eli kaavoituksen aste on tutkimusalueilla hyvin erilainen. Asemakaavoitus määrää, minkälaista rakentamista kullakin alueella sallitaan; mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Siinä osoitetaan paitsi rakennusten sijainti myös muun muassa koko ja käyttötarkoitus (Ympäristöministeriö 2010). Täten asemakaavoitetun alueen laajuus kertoo kunnan rakentamisen suunnitelmallisuudesta. Mäntsälän kunnassa noin 35 prosenttia vuonna 2006 valmistuneista asunnoista rakennettiin alueelle, jossa ei ole voimassaolevaa asemakaavaa, kun Espoossa vastaava luku oli noin 5 %,

ja Helsingissä käytännössä kaikki vuonna 2006 valmistuneet asunnot rakennettiin asemakaavoitetulle alueelle (Strandell & Harju 2008). Tästä voidaan päätellä, että rakentamisen ohjaus kasvaa metropolialueen reunalta ytimeen, jossa suuret asukas- ja työpaikkamäärät pakottavat rakentamisen tarkkaan ohjaukseen ja suunnitteluun. Mäntsälän tutkimusalueen pinta-alasta oli vuonna 2009 asemakaavoitettu noin 12 %, Espoon tutkimusalueesta noin 45 % ja Malmin tutkimusalueesta noin 90 prosenttia (YKR 2010).

5. Aineistot

Pääosa tutkimuksessa käytetyistä aineistoista oli digitaalisia paikkatietoaineistoja, ja lisäksi hyödynnettiin historiallisia kartta-aineistoja. Historialliset kartat saatiin käyttöön Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen laitoksen karttakokoelmasta. Paikkatietoaineistot ladattiin PaITuli-paikkatietopalvelusta, josta on mahdollista saada käyttöön eri aineistontuottajien paikkatietoaineistoja suomalaisten korkeakoulujen tutkimus- ja opetustarkoituksiin (PaITuli-paikkatietopalvelu 2010). Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR) sekä Urban zone -aineisto saatiin käyttöön Suomen ympäristökeskuksesta.

5.1 Historialliset kartta-aineistot

Tutkimuksessa käytetyt paperiset kartta-aineistot olivat Maanmittaushallituksen tuottamia peruskarttoja kultakin tutkimusalueelta kolmelta eri ajankohdalta (*Peruskartta 1:20 000...* 1956, 1958, 1961, 1974, 1975, 1978, 1989, 1991, 1991). Taulukkoon 1 on koottu käytettyjen peruskarttalehtien numerot sekä kartoitus- ja julkaisuvuodet. Ensimmäisen tarkasteluajankohdan (1955) kartat kuvaavat maastoa vuosina 1948–59. Toinen tarkasteluajankohta (1975) kuvaa maastoa vuosilta 1970–75 ja kolmas ajankohta (1990) vuosina 1986–88.

Suomen kartoituslaitoksen yksittäisten peruskarttojen kattama alue on pääsääntöisesti 100 km². Mäntsälän karttalehden leveys oli kuitenkin 12 kilometriä kattaen 120 km² kokoisen alueen maastossa johtuen Suomen kokonaiskoordinaattijärjestelmään (KKJ) ja meridiaanikaistoihin perustuvasta karttalehtijaosta. Siksi Mäntsälän karttalehdestä

tarkasteltiin vain lehden läntisintä osaa, jossa keskustaaajama sijaitsee, jotta tarkastelupinta-ala muihin tutkimusalueisiin verrattuna oli sama.

Taulukko 1. Tutkimuksen aineistona käytettyjen historiallisten karttojen julkaisu- ja kartoitusvuodet.

Karttalehti	Julkaisuvuosi	Kartoitusvuodet
Malmi (Vantaa) (2043 04)	1958	1954–55
	1978	1974–75
	1991	1987–88
Espoo (2032 12)	1961	1956–59
	1975	1972–73
	1991	1987–88
Mäntsälä (2044 11)	1956	1948–54
	1974	1970–71
	1989	1986–87

5.2 Paikkatietoaineistot

5.2.1 Maastotietokanta

Maastotietokanta on Maanmittauslaitoksen tuottama valtakunnallinen paikkatietoaineisto, jonka mittakaava on 1:5 000 – 1:10 000. Tietokanta sisältää maaston ja rakennetun ympäristön kohteita; kaiken peruskartoilta ilmenevän informaation vektorimuotoisina paikkatietoaineistoina. Maastotietokannan tietoja päivitetään 3 – 10 vuoden välein alueesta riippuen, mutta tärkeimpiä kohteita kuten tiestöä useammin (Maanmittauslaitos 2010).

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin Maastotietokantaa vuodelta 2009. Tutkimuksessa hyödynnettiin pääasiassa aineiston maankäyttötietoja, kuten maatalousmaat, niityt, vesistöt, erilaiset rakennetut alueet kuten teollisuus- ja varastoalueet sekä yksittäiset rakennukset. Aineiston taajamarajausta sekä tiestöä käytettiin myös rakennetun alueen rajaamisen apuna. Maastotietokannan tiestö on viivakohteista muodostuva aineisto, jonka ominaisuustietona on tien tyyppi, jotka on eritelty tarkemmin liitteessä 3.

5.2.2 Digiroad

Digiroad on kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä, joka sisältää viivamuotoiset tiedot teistä ja kaduista sekä liikkumisen suunnittelua palvelevat ominaisuustiedot (Digiroad... 2010). Aineisto on Liikenneviraston (ent. Tiehallinto) kehittämä. Digiroad sisältää autolla ajettavat tiet, autoille tarkoitetut lautta- ja lossiyhteydet, kevyen liikenteen väylät sekä rautatiet. Tässä tutkimuksessa aineistosta hyödynnettiin lähinnä teiden sijaintitietoa sekä ominaisuustietoa teiden leveydestä.

5.2.3 Maaperäaineisto

Geologian tutkimuskeskus on kartoittanut Suomen maaperän kairattujen maanäytteiden sekä ilmakehän ja karttatulkinnan avulla koko Suomesta (Geologian tutkimuskeskus... 2010). Tutkimuksessa käytetty Maaperä 1:20 000 -digitaalinen aineisto on koottu www-jakelua varten karttalehdittäin vuosina 1972–2006 kartoitetusta maaperän peruskartta-aineistosta. Aineistossa maalajit on esitetty polygoneina yhden metrin syvyydessä. Aineiston maaperäkuvion minimikoko on yleensä 2 hehtaaria; poikkeuksena kuitenkin saaret, suo- ja peltosaarekkeet sekä geologisesti merkittävät kohteet (Maaperä 1:20 000... 2007a; 2007b; 2007c).

5.2.4 Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä YKR

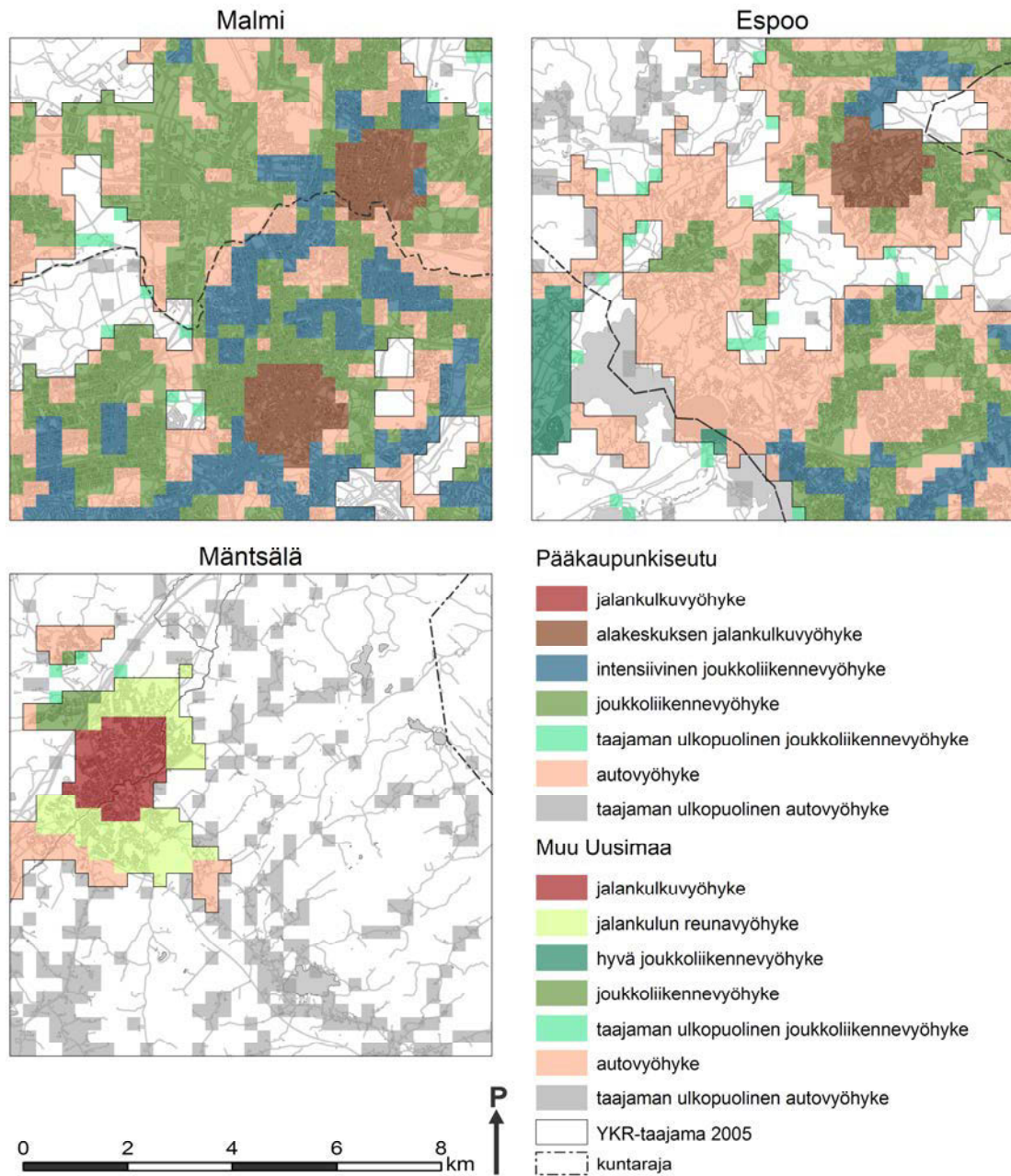
Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR) on ympäristöhallinnon kehittämä paikkatietopohjainen seurantajärjestelmä, jonka avulla voidaan tehdä erilaisia analyyseja sekä seurata ja tutkia yhdyskuntarakenteessa tapahtuvia muutoksia. Järjestelmä sisältää tietoa yhdyskuntarakenteen muuttujista kuten, väestöstä, työpaikoista, rakennuksista, asunnoista, maankäytöstä ja toimintojen saavutettavuudesta vuodesta 1980 lähtien. Tietoja voidaan laskea erilaisiin taajamarajauksiin tai niiden sisäisiin rakenteisiin (Ristimäki 1999). Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin YKR:n 250 x 250 metrin ruudukkoa, johon laskettiin tietoa muun muassa maankäytöstä, väestömääristä, rakentamisen tiiveydestä eli aluetehokkuudesta sekä yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyydestä.

5.2.5 Urban zone -liikkumisvyöhykkeet

Urban zone (UZ) on vuosina 2007–2010 toteutettu yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyyttä tutkiva hanke, jossa laadittiin Uudellemaalle vyöhykkeisyyteen perustuva paikkatietoaineisto, josta ilmenevät jalankulku-, joukkoliikenne- ja autovyöhykkeisiin kuuluvat alueet. Vyöhykejako on muodostettu YKR:n 250 x 250 metrin ruudukkoon, ja se on laadittu kahdelta poikkileikkausvuodelta: 1990 ja 2005 (Kalenoja et al. 2011). Vyöhykejakoon on lisäksi geokoodattu vuoden 2009 YTV:n henkilöliikennetutkimuksen haastatteluaineisto, mikä paljastaa päivittäisen liikkumisen erot eri vyöhykkeillä sekä liikenteestä aiheutuvat laskennalliset hiilidioksidipäästöt (Kalenoja et al. 2011).

Liitteiden 1 ja 2 taulukoissa on esitetty kriteerit, joilla UZ-vyöhykkeet on rajattu. Kriteerit olivat erilaisia, ja joukkoliikenteen osalta tiukempia pääkaupunkiseudulla, jossa joukkoliikenteen palvelutason vaatimuksetkin ovat muuta Uuttamaata kovempia. Vyöhykkeiden rajausta perustuu keskusetaisyyksiin, sekä joukkoliikenteen vuoroväliin ja kävelyetäisyyteen pysäkille.

Kuvassa 20 on esitetty vuoden 2005 UZ-vyöhykkeet Malmin, Espoon ja Mäntsälän tutkimusalueilta. Jalankulkuvyöhykettä esiintyy Malmin, Tikkurilan, Espoon keskuksen ja Mäntsälän keskustan ympäristössä. Valtaosa Malmin tutkimusalueesta kuuluu erilaisiin joukkoliikennevyöhykkeisiin. Espoon tutkimusalueella on lisäksi paljon autovyöhykettä, ja Mäntsälässä suuri osa tutkimusalueesta kuuluu taajaman ulkopuoliseen autovyöhykkeeseen.



Kuva 20. Urban zone -liikkumisvyöhykkeet Malmin, Espoon ja Mäntsälän tutkimusalueilla. Aineistot © SYKE/YKR ja Tilastokeskus (Maastotietokanta 2009; Urban zone... 2010).

6. Menetelmät

6.1 Karttojen digitointi ja oikaisu

Painetut peruskartat digitointiin valokuvaamalla ne Sony DSLR α 300 -järjestelmäkameralla. Kuvauksen tekniset tiedot on esitetty taulukossa 2. Kameran asetukset asetettiin siten, että

saavutetaan mahdollisimman hyvä spatiaalinen resoluutio. Digitaalisia karttakuvia käsiteltiin Corel Paint Shop Pro -kuvankäsittelyohjelmalla muun muassa lisäämällä terävyyttä ja kontrastia. Kuvan reunoja kohti pahenevan tynnyrivääristymän vaikutusta vähennettiin korjaamalla karttakuvia vääristymän poistoon tarkoitettulla työkalulla keskimäärin 4 pikselin verran.

Taulukko 2. Karttojen valokuvauksessa käytetyt parametrit.

Muuttuja	Arvo
aukkoluku (f)	5,6
polttoväli	35 mm
polttovälin kinofilmivastaavuus	52,5 mm
ISO-lukema (filmin valoherkkyys)	100

Karttakuvat georeferoitiin ESRI:n ArcMap-ohjelmalla EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmään käyttäen hyväksi keskimäärin 10 referenssipistettä yhtä karttalehteä kohti. Oikaisumenetelmänä käytettiin 1. asteen polynomifunktiota, joka ei muokkaa alkuperäisen kartan pinta-aloja yhtä voimakkaasti kuin korkeamman asteen polynomifunktioiden käyttö oikaisussa (Hughes et al. 2006).

6.2 Maankäytön luokittelu

Georeferoiduilta kartoilta digitoitiin ja luokiteltiin ArcMap-ohjelmalla maankäyttö viiteen eri luokkaan: maatalousalueet, niityt, rakennetut alueet, vesistöt sekä muut maankäyttömuodot. Pienin kartoitettavan alueen pinta-ala oli 0,01 ha eli 1 aari. Vuoden 2009 maankäyttö saatiin rakennettuja alueita ja pienvesiä lukuun ottamatta suoraan Maastotietokannasta (2009).

6.2.1 Maatalousmaat

Maatalousmaiksi digitoitiin Maastotietokannan 2009 tai vanhojen peruskarttojen maankäyttöluokat ”pelto” ja ”puutarha”. Maanmittauslaitoksen (2010: 35–36) mukaan Maastotietokannan maatalousmaalla tarkoitetaan muokkaukelpoista peltokasvien, marjapensaiden tai hedelmäpuiden viljelyyn käytettävää aluetta, jonka vähimmäiskoko on 0,1 hehtaaria. Käytöstä pois jätetty pelto on tallennettu aineistoon maatalousmaana siihen asti, ”kun sen saattaminen viljelykuntoon on mahdollista vähäisin raivaustoimenpitein”

(Maanmittauslaitos 2010: 36). Käytöstä poistettu pelto taas on tallennettu niittynä, jos se on luonnontilassa ja on todennäköistä, että sitä ei enää viljellä.

Peltolohkot digitoitiin siten, että lohkojen välissä kulkevat pelto-ojat tai niitä halkovat ajopolut eivät jakaneet lohkoja useaksi polygoniksi. Sen sijaan lohkot, joita erotti toisistaan ajopolkua leveämpi tie, digitoitiin omiksi polygoneikseen.

6.2.2 Niityt

Niityksi digitoitiin Maastotietokannan (2009) tai vanhojen peruskarttojen maankäyttöluokka ”niitty”. Niityn määritelmä aineiston metatietojen mukaan (Maanmittauslaitos 2010: 38) on luonnontilainen heinä- ja ruohokasveja kasvava alue, jonka vähimmäiskoko on 0,5 ha. Niityksi ei tulkittu rantavyöhykkeen soistuneita niittyjä, joita esimerkiksi löytyi paljon Espoonlahden merenrannoilta. Rantaniityt ja kosteikot luokiteltiin soiden tapaan luokkaan muut maankäyttömuodot.

6.2.3 Vesistöt

Vesistöt-maankäyttöluokka muodostettiin Maastotietokannan ”vakavesi”-, ”virtavesi”- ja ”virtavesialue”-luokista, johon kuuluivat polygoneina järvi- ja merialueet sekä yli 5 metriä leveät joet, ja viivamuotoisina alle 5 metriä leveät joet, purot ja ojat. Myös tekoaltaat luokiteltiin vesistö-luokkaan (Maanmittauslaitos 2010: 42–45). Viivamuotoiset pienvedet muutettiin polygoneiksi muodostamalla viivoille 0,5 metrin etäisyysvyöhykkeet, jolloin kaikkien pienvesien leveydeksi tuli yksi metri. Lopullinen vesistö-luokka muodostettiin yhdistämällä polygonimuotoiset isot vesialueet sekä polygoneiksi muutetut pienvedet. Luokkaa muokattiin vanhoilta peruskartoilta kunkin tarkasteluajankohdan mukaiseksi.

6.2.4 Rakennetut alueet

Rakennetuksi alueeksi digitoitiin Maastotietokannan (2009) pohjalta taajamat-alueet ja tontit. Maastotietokannasta luokiteltiin tähän luokkaan valmiiksi rajatut teollisuus- ja varastoalueet, täyttömaa-alueet, kaatopaikat, ampumaradat, urheilu- ja pallokentät sekä tiet, joita muokattiin vanhojen karttojen osalta kutakin tarkasteluajankohtaa vastaavaksi.

Tieaineistoina hyödynnettiin sekä Digiroad 2009 -paikkatietoaineistoa että Maastotietokantaa (2009). Tieaineistot olivat viivamuotoisia, ja jotta tiealueille saatiin laskettua pinta-alat, niiden ympärille luotiin etäisyysvyöhykkeet, jonka leveys oli puolet kunkin tieosuuden leveydestä. Digiroad-aineiston ominaisuustiedot sisälsivät tiedon teiden leveyksistä, mutta Maastotietokannan teiden leveyksinä käytettiin liitteen 3 taulukossa kuvattuja arvoja, jotka perustuvat metadatan kuvauksiin sekä liikenneteknisiin raportteihin (Tiehallinto 2006; Ratahallintokeskus 2009; Maanmittauslaitos 2010). Myös rautateiden raiteiden väliin jäivät alueet sekä kaksiajorataisten teiden keskikaistat luokiteltiin rakennetuksi alueeksi.

6.2.5 Muut maankäyttömuodot

Kaikki tutkimusalueiden maankäyttö, joka ei luokittunut maatalousalueisiin, niittyihin, vesistöihin tai rakennettuun alueeseen, luokiteltiin luokkaan muut maankäyttömuodot. Tämä alueluokka kuvastaa täten enimmäkseen luonnontilaisia tai muokattuja metsä- ja suoalueita, sekä hoidettuja ulkoilu- ja virkistysalueita, jotka eivät ole luokiteltavissa niityiksi.

6.3 Maisemaekologiset indeksit

Maisemaekologisia indeksejä laskettiin tutkimusalueilta ArcGIS-ohjelmiston Patch Analyst -laajennusosalla. Indeksejä voi työkalulla laskea sekä koko maiseman tasolla että yksittäisten maankäyttötyyppien tasolla.

Maiseman eri maankäyttöluokkien osuuksia ja niiden ajallista kehitystä tutkittiin PLAND-indeksin avulla sekä koko maisemalle alueittain että maatalousalueille, niityille ja rakennetulle alueelle erikseen. Tutkimusalueiden maiseman pirstoutuneisuutta kuvattiin maatalousalueiden, niittyjen ja rakennettujen alueiden keskikoon (MPS) avulla. Maankäyttökuvioiden muotoa taas tarkasteltiin eri maankäyttötyyppien MSI-indeksin sekä reunaviivan tiheyden (ED) avulla. Lisäksi koko maiseman pirstoutumista tutkittiin Shannonin tasaisuus- (SHEI) ja diversiteetti-indeksillä (SHDI). Maiseman pirstoutumista ja monimuotoisuutta tulisi tutkia nimenomaan koko maiseman tasolla, sillä ne ovat koko maiseman mittakaavassa tapahtuvia prosesseja (McGarigal & Cushman 2002; Fahrig 2003).

6.4 Maiseman muutoksen tilastollinen tarkastelu

Tutkimusalueiden maisemarakennetta tutkittiin tilastollisesti jakamalla kukin tutkimusalue 250 x 250 metrin kokoisiin ruutuihin, jotka vastaavat YKR-järjestelmän ruudukkoa. Täten jokaisen tutkimusalueen maisema jaettiin 1 369 ruutuun, jolloin tutkimusalueiden yhteenlaskettu maisemaruutujen määrä nousi 4 107 ruutuun ja otoskoko riittäväksi tilastolliseen tarkasteluun. Maiseman muutosta tarkasteltiin ruuduittain suhteessa tutkimusalueiden luonnonympäristöön: topografiaan ja maaperään sekä yhdyskuntarakenteeseen: väestömäärään, liikkumisvyöhykkeisiin ja autoistumiseen. Muutosta tutkittiin maaperä- ja topografian suhteen ajalta 1955–2009, kun yhdyskuntarakenteen kehitystä tarkasteltiin vuodesta 1975 vuoteen 2009, sillä YKR-seurantajärjestelmän tilastotiedot olivat käytettävissä vasta vuodesta 1980 lähtien. Hajontakuvat ja niihin sovitetut mallit sekä tilastolliset merkitsevyytestit tehtiin tilasto-ohjelmalla R.

Maiseman muutosta kuvaavina muuttujina käytettiin rakennetun alueen kasvua hehtaareina kussakin 250 x 250 metrin ruudussa, sekä vastaavasti maatalousmaan poistumaa hehtaareina kussakin ruudussa. Molemmissa vastemuuttujissa olivat mukana vain ne ruudut, joissa rakennetun alueen kasvua oli tapahtunut tai maatalousmaan pinta-ala vähentynyt. Myöskään ruudut, joissa rakennettuja alueita tai maatalousmaita ei ollut ollenkaan, eivät olleet mukana analyyseissä. Täten muuttujien arvot saivat vain positiivisia lukuarvoja.

Selittävinä muuttujina olivat luonnonympäristön tarkastelussa topografinen rikkonaisuus sekä maalaji. Topografinen rikkonaisuus laskettiin jokaisen ruudun minimi- ja maksimikorkeusarvon erotuksena (yksikkönä metri). Minimi- ja maksimikorkeusarvot ruuduittain laskettiin ArcMap-ohjelmalla Maastotietokannan (2009) korkeuskäyristä laaditun korkeusmallin pohjalta. Luokitteluasteikollinen maaperämuuttuja muodostettiin Geologian tutkimuskeskuksen maaperäaineiston pohjalta. Maalajit luokiteltiin viiteen luokkaan lähinnä raekoon perusteella (taulukko 3). Kunkin yksittäisen ruudun maalajiksi luokiteltiin maalaji, jota oli suurin osa ruudun pinta-alasta. Maiseman muutosta suhteessa maaperään tutkittiin tarkastelemalla tutkimusalueiden sisäisten ja alueiden välisten erojen tilastollista merkitsevyyttä epäparametrisella Kruskal-Wallis testillä.

Taulukko 3. Maalajien luokittelu viiteen luokkaan GTK:n paikkatietoaineiston pohjalta (Maaperä... 2007a, 2007b, 2007c).

Luokittelu	Luokitteluperuste	GTK:n aineiston maalajit
1	Kalliot ja moreenimaalajit	kallio moreeni
2	Karkearakeiset maalajit	sora hiekk karkea hieta
3	Hienorakeiset maalajit	hieno hieta hiesu savi
4	Eloperäiset maalajit	rahkaturve saraturve lieju
5	Kartoittamattomat alueet	vesialueet täyttömaat ja kaatopaikat kartoittamattomat alueet

Yhdyskuntarakenteen muutoksen kuvaamiseksi maiseman muutos kytkettiin tutkimusalueiden väestökehitykseen. Ruuduittainen väestötieto oli YKR-järjestelmässä vuosilta 1980, 1990 ja 2007, ja se liitettiin maiseman rakennetun alueen kasvuun sekä maatalousmaiden poistumaan vuosilta 1975, 1990 ja 2009. Maisemarakenteesta pystyttiin täten laskemaan muutoslukuja myös yhtä tutkimusalueen asukasta kohti ja paljastamaan eroja alueiden yhdyskuntarakenteen kehityksessä.

Väestötieto sekä rakennetun alueen kasvu liitettiin myös Urban zone -liikkumisvyöhykeaineistoon, joka oli tutkimusalueilta käytettävissä ruuduittain vuosilta 1990 ja 2005. Vuoden 1990 vyöhykejakoon laskettiin rakennetun alueen sekä väestön muutostiedot vuosilta 1975–1990, ja vuoden 2005 vyöhykejakoon liitettiin tiedot vuosilta 1990–2009. UZ-vyöhykejaon luokittelua yksinkertaistettiin taulukon 4 kuvaamalla tavalla, jolloin jokainen rakennettu ruutu luokiteltiin joko jalankulku-, joukkoliikenne- tai autovyöhykkeeseen.

Taulukko 4. Urban zone -vyöhykeaineiston luokittelu (Urban zone... 2010).

Luokittelu	Luokitteluperuste	Urban zone -vyöhyke
1	Jalankulkuvyöhykkeet	jalankulkuvyöhyke alakeskuksen jalankulkuvyöhyke jalankulun reunavyöhyke
2	Joukkoliikennevyöhykkeet	intensiivinen joukkoliikennevyöhyke joukkoliikennevyöhyke hyvä joukkoliikennevyöhyke taajaman ulkopuolinen joukkoliikennevyöhyke
3	Autovyöhykkeet	autovyöhyke taajaman ulkopuolinen autovyöhyke
4	Ei vyöhykeluokitusta	ruudut, joilla ei ole vyöhykeluokkaa (taajamien ulkopuoliset alueet, joissa ei ollut asukkaita tai työpaikkoja vuonna 1990 tai 2005)

Kuhunkin hajontakuvaan sovitettiin yleistetty additiivinen malli (*generalized additive model*, GAM), joka perustuu epäparametrisiin regressioihin ja tasoitustekniikoihin. Mallissa selittävien muuttujien tasoitus määräytyy vapausasteiden pohjalta, ja malli pyrkii itse etsimään tasaisen muodon aineiston perusteella ilman suuria lähtöoletuksia aineistolle (Crawley 2007: 611–612), minkä takia se soveltuu hyvin alueellisille aineistoille. GAM-mallin avulla aineistoista voi löytää monimutkaisia vasteita ja jopa kynnsarvoja (Crawley 2007: 613). GAM-mallien tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Mallin ja aineiston todellisten arvojen välistä epäjohdonmukaisuutta mitataan GAM-malleissa devianssilla (*deviance*), joka määritellään käytettäessä poisson-virhejakaumaa seuraavasti (Crawley 2007: 516):

$$2 \sum y \ln(y/\mu) - (y - \mu) \quad [8]$$

jossa y = todellinen havaintoaineisto

μ = havaintoaineistoon täydellisesti sovitettu malli

7. Tulokset

7.1 Maankäyttö tutkimusalueilla vuosina 1955–2009

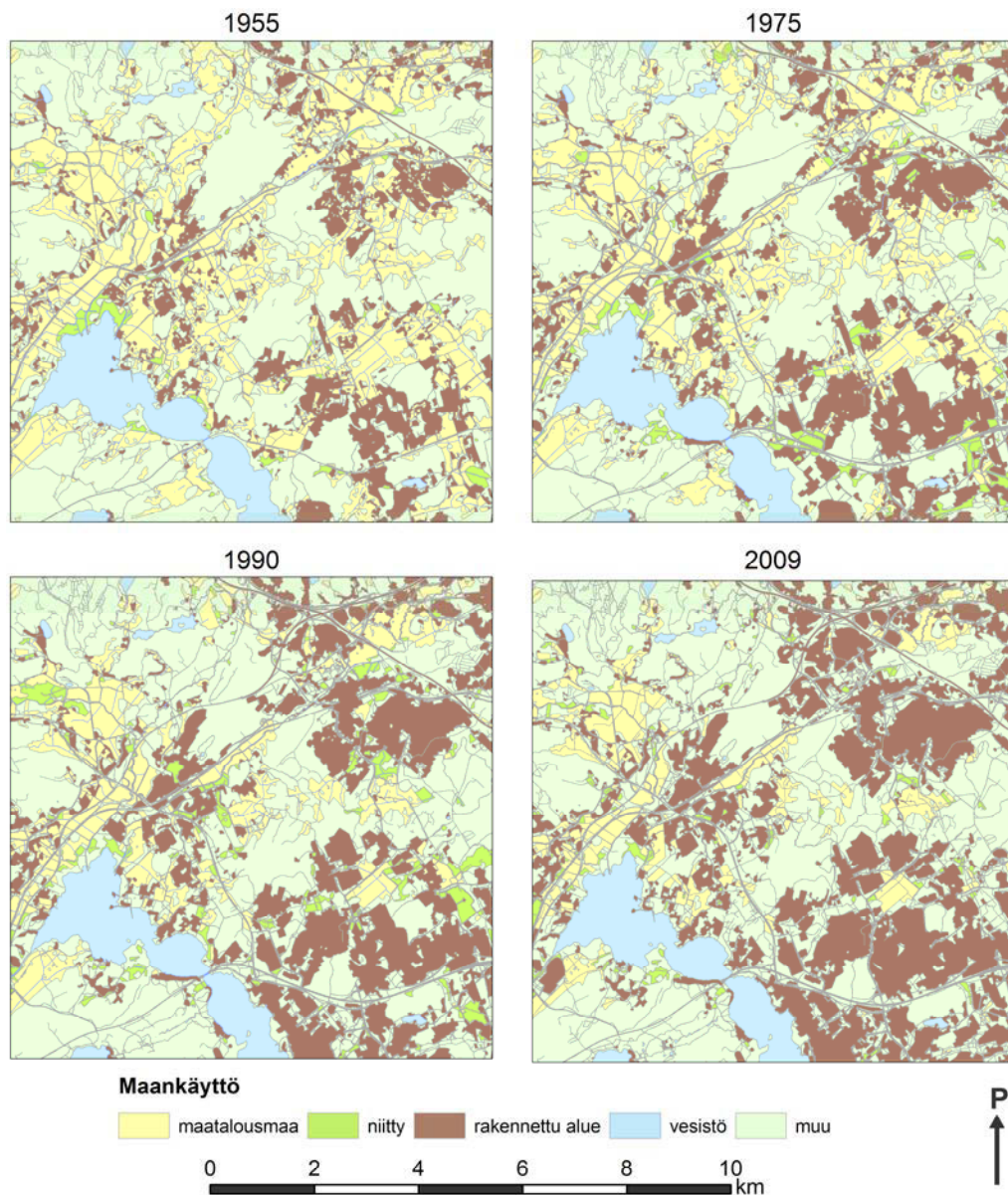
Malmin tutkimusalueen maiseman muutos on ollut rajua. Vuosina 1955–2009 alue muuttui maatalousvaltaisesta jokilaaksoalueesta pitkälti kaupungistuneeksi alueeksi (kuva 21).

Tärkeitä rakennetun alueen muutoksia olivat Tuusulanväylän, Kehä I ja Kehä III - moottoriteiden rakentaminen, jotka eivät vielä näy vuoden 1955 kartassa. Uudet liikenneväylät avasivat uusia alueita rakentamiseksi, mikä näkyy hyvin esimerkiksi Kehä III:n varren alueiden täyttymisenä teollisuusalueilla ja asuinrakennuksilla. Myös Helsinki-Vantaan lentokenttäalue laajeni vuodesta 1955 vuoteen 2009. Kartoista voi havaita niittyalueiden vähäisyyden vuonna 1955, runsauden vuonna 1975 ja jälleen vähenemisen vuosina 1990 ja 2009 (kuvat 21).



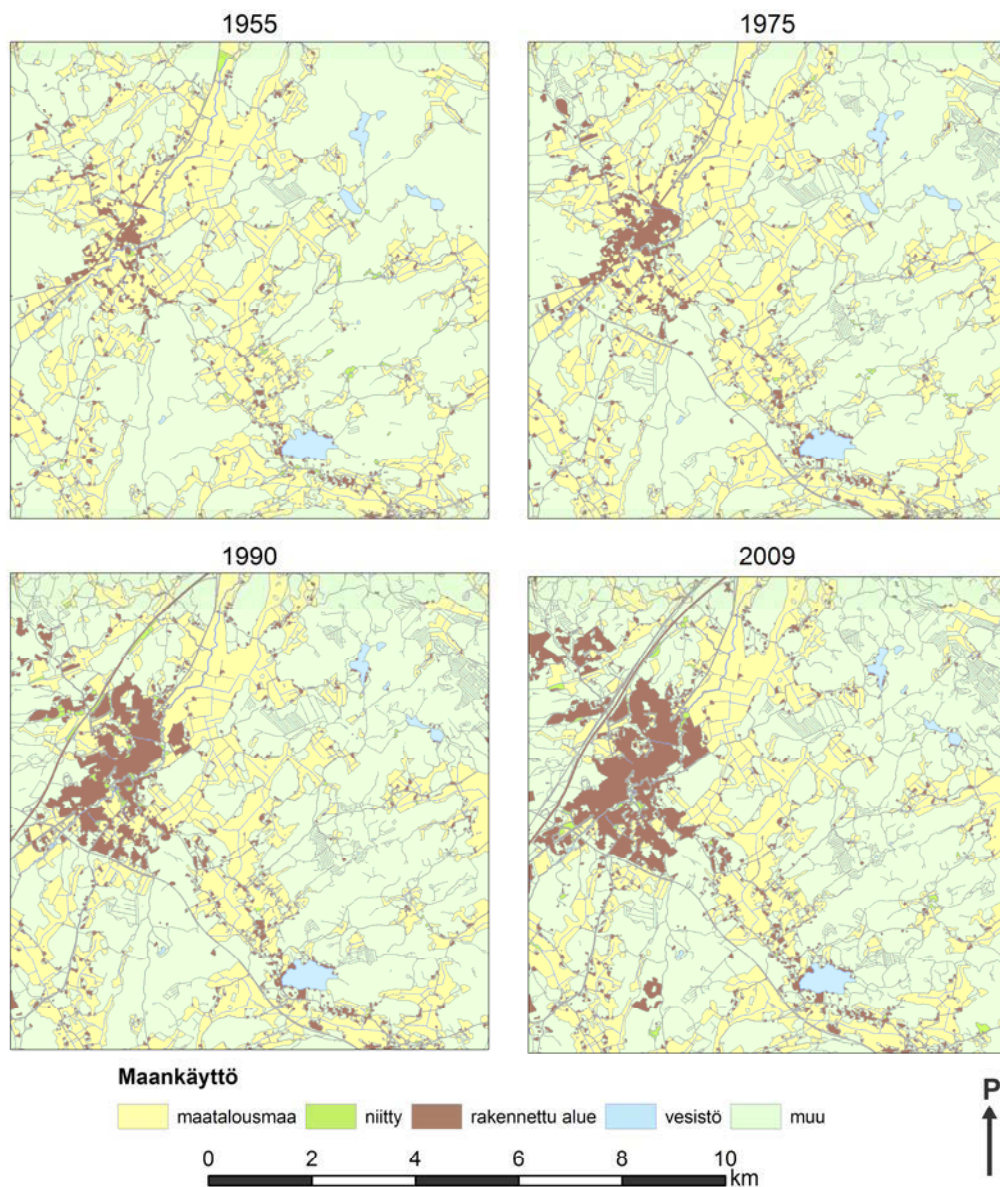
Kuva 21. Malmin tutkimusalueen maankäyttö vuosina 1955–2009.

Espeen tutkimusalueen maisema muuttui selvästi kaupunkimaisemmaksi vuosina 1955–2009. Isoja teitä rakennettiin erityisesti vuosina 1955–1975, kuten Kehä III, Länsiväylä sekä niitä yhdistävä Kaukalahdenväylä. Karttasarjassa näkyy myös rantaradan linjauksen muutos 1100 metrin matkalta Espoon aseman länsipuolella sekä radan 2 600 pitkä oikaisu Mankin kohdalla, jotka valmistuivat vuonna 1966 (Nummelin 2008: 112). Rakennetun alueen pinta-ala kasvoi erityisesti tutkimusalueen etelä- ja itäosan lähiöissä kuten Espoonlahdessa, Kivenlahdessa Espoon keskuksessa ja Tuomarilassa vuosina 1955–1990 (kuva 22).



Kuva 22. Espoon tutkimusalueen maankäyttö vuosina 1955–2009.

Mäntsälän tutkimusalue muuttui vuosina 1955–2009 pienestä maatalousvaltaisesta taajamasta kaupunkimaisemmaksi rakennetun alueen levitessä (kuva 23). Tärkeimmät muutokset alueella olivat Lahden moottoritien sekä oikoradan rakentaminen, jotka näkyvät vuoden 1990 ja 2009 kartoissa. Rakennettu alue levisi Mäntsälässä erityisesti keskustaajaman ympärille ja keskustasta kaakkoon kulkevan Porvoontien varrelle vuosina 1955–1975. Vuosina 1990–2009 asuinrakentamista syntyi jonkin verran uuden asemanseudun lähistölle ja radan länsipuolelle. Soiden ojitus yleistyi alueella selvästi vuosina 1955–2009.



Kuva 23. Mäntsälän tutkimusalueen maankäyttö vuosina 1955–2009.

7.2 Maiseman maankäyttötyyppien osuudet

Tutkimusalueiden maisemaa tarkasteltiin maankäyttötyyppien pinta-alojen osuuksien (PLAND) avulla. Tärkein muutos Malmin tutkimusalueen maankäytössä oli maatalousmaan pinta-alan osuuden lasku 40 prosentista vuonna 1955 alle 10 prosenttiin vuonna 2009 (kuva 24). Suurin lasku tapahtui vuosina 1955–1975. Samaan aikaan rakennetun alueen pinta-alan osuus maisemassa yli kaksinkertaistui. Niittyjen osuus oli suurimmillaan vuonna 1975, noin 6 prosenttia tutkimusalueen pinta-alasta, josta sen osuus väheni tasaisesti kohti nykyaikaa. Muiden maankäyttömuotojen sekä vesistöjen osuus maiseman pinta-alasta pysyi lähes samana koko tarkasteluajanjakson ajan.



Kuva 24. Maankäyttötyyppien pinta-alojen osuuksien (PLAND) muutokset tutkimusalueilla.

Espoon tutkimusalueella maatalousmaiden pinta-alan osuuden vähentyminen oli Malmin tutkimusaluetta maltillisempaa: noin 30 prosentista noin 10 prosenttiin vuosina 1955–2009.

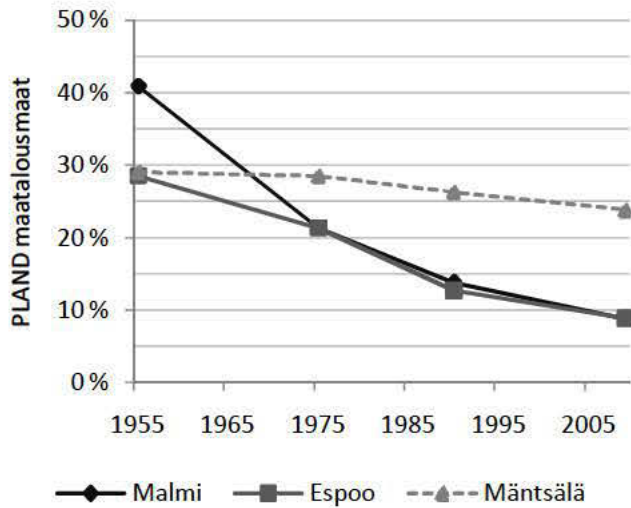
Muutos oli suurin vuosina 1975–1990. Rakennetun pinta-alan osuus kaksinkertaistui vuosina 1955–2009 noin 15 prosentista 30 prosenttiin. Niittyjen osuus pinta-alasta taas oli suurin vuonna 1975 (noin 4 %). Vesistöjen osuus (noin 7 %) pysyi lähes samana vuosina 1955–2009. Muiden maankäyttöluokkien eli lähinnä metsien ja soiden pinta-ala oli Espoon tutkimusalueella vuonna 2009 noin 50 prosenttia, ja osuus nousi hieman vuodesta 1975 vuoteen 2009 (kuva 24).

Mäntsälän tutkimusalueella maankäytön muutokset olivat kaikkein pienimpiä Malmin ja Espoon alueisiin verrattuna. Maatalousmaan osuus vuonna 1955 oli noin 30 prosenttia, ja se vähentyi vuosina 1955–2009 vain noin 6 prosenttiyksikköä. Rakennetun alueen osuus kasvoi hieman vuodesta 1955 vuoteen 1975, mutta suurin kasvu tapahtui vuosina 1975–1990 (3 prosenttiyksikköä) sekä 1990–2009 (2,5 prosenttiyksikköä). Vesistöjen osuus nousi ja muiden maankäyttömuotojen luokan osuus vähentyi hieman vuosina 1955–2009. Niittyjen osuus Mäntsälän maiseman pinta-alasta pysyi alle 0,5 prosentissa koko tarkasteluajan ajan (kuva 24).

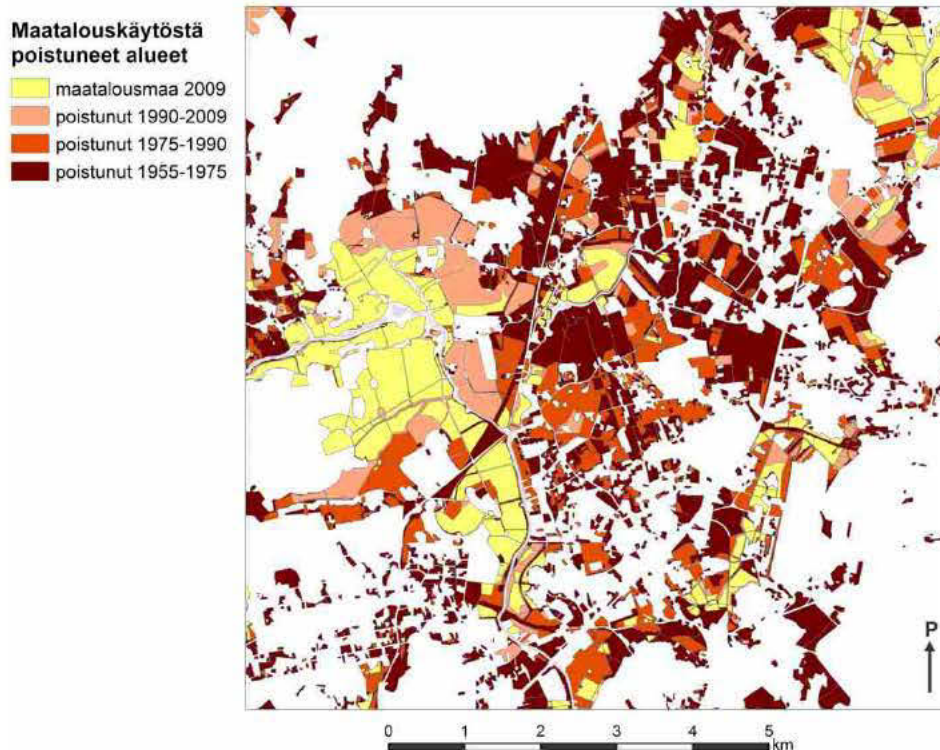
7.2.1 Maatalousmaat

Kuvassa 25 vertaillaan maatalousmaiden pinta-alan osuuden ajallisia muutoksia eri tutkimusalueilla. Kuvaajasta voi nähdä, että mitä voimakkaampaa kaupungistuminen alueella on, sitä rajumpaa on maatalousalueiden väheneminen. Malmin tutkimusalueella maatalousalueiden osuuden suurin väheneminen tapahtui vuosina 1955–1975, kun taas Espoossa väheneminen oli voimakkainta 1975–1990. Mäntsälässä maatalousalueiden osuus laski vain hieman ja melko tasaisesti vuodesta 1975 vuoteen 2009.

Kun tarkastellaan maatalousalueiden alueellista jakautumista Malmin tutkimusalueella, maatalousalueita poistui käytöstä vuosina 1955–1975 eniten alueen pohjoisosassa, erityisesti nykyisen Vantaan puolella sekä Tuusulanväylän ja pääradan varressa (kuva 26). Parhaiten maatalousmaita säilyi Vantaanjoen varressa, sekä Itä-Vantaan Jokiniemessä, joskin nämäkin suuret yhtenäiset maatalousalueet kutistuivat edelleen vuosina 1990–2009.



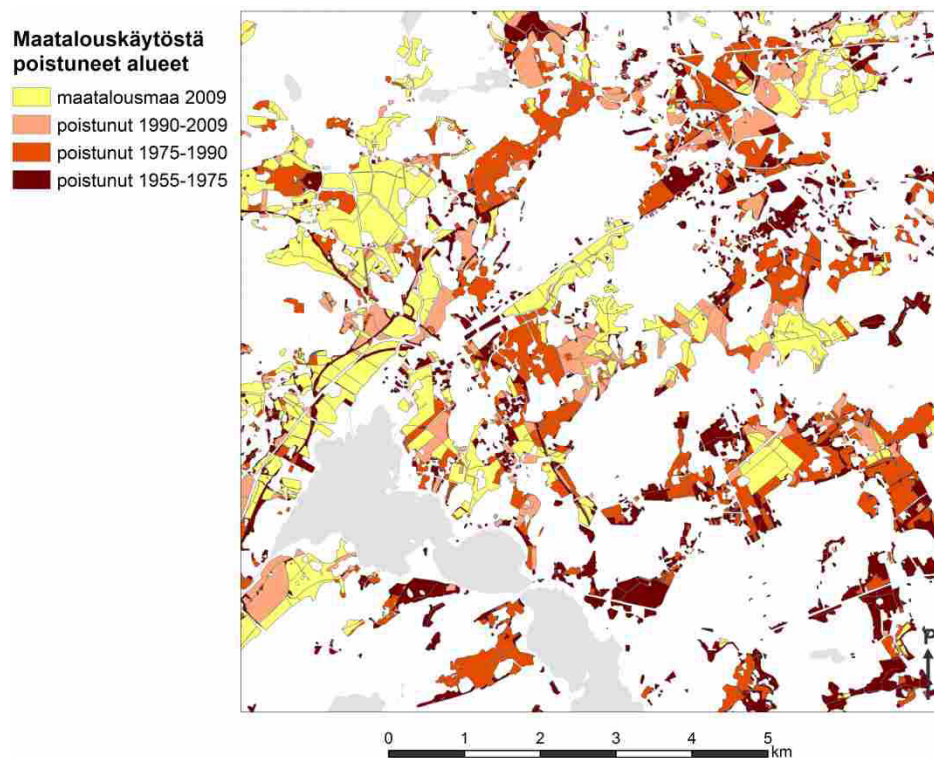
Kuva 25. Maatalousmaan pinta-alan osuuden (PLAND) muutokset tutkimusalueilla eri vuosina.



Kuva 26. Maatalousmaiden muutos Malmin tutkimusalueella.

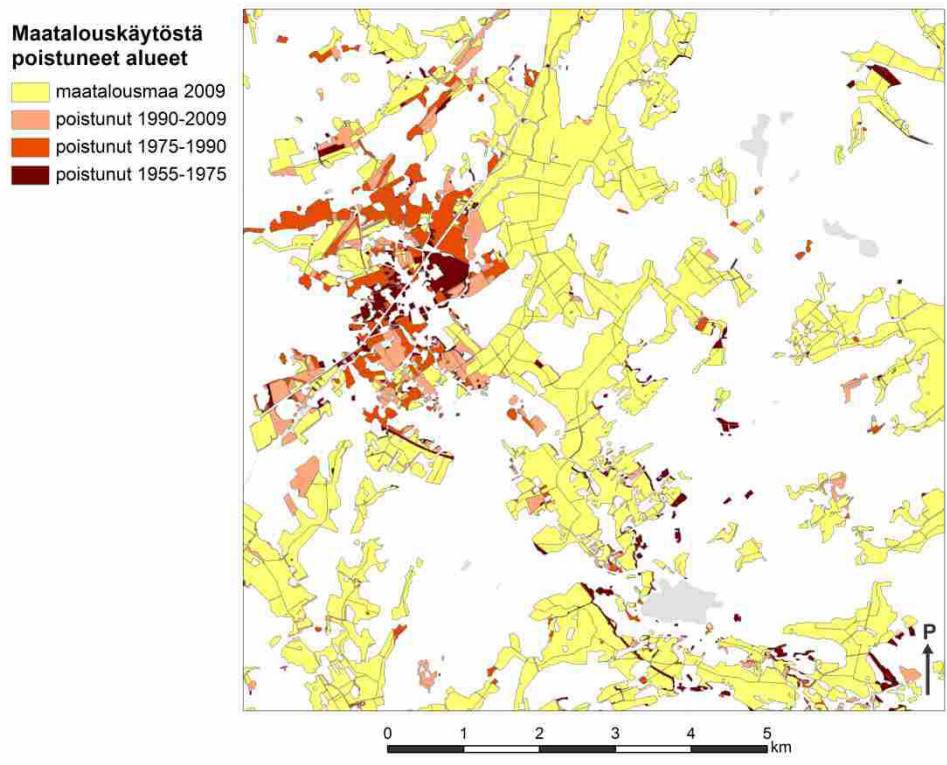
Espoon tutkimusalueella maatalousmaita hävisi vuosina 1955–1975 erityisesti lähiöiden kuten Espoon keskuksen ja Kivenlahden reunamilla sekä uusien tie- ja ratalinjausten alle alueen länsiosassa (kuva 27). Aluksi maatalouskäytöstä poistui erityisesti pinta-alaltaan pieniä maatalousmaita. Rajuimman poistuman eli vuosien 1975–1990 aikana

maatalousmaata siirtyi muuhun käyttöön muun muassa Muuralan, Puolarmetsän ja Kaukalahden alueilla. Laajimmat yhtenäiset maatalousalueet sijaitsivat vuonna 2009 Espoonkartanossa sekä rantaradan varrella Espoonlahden rannalla.



Kuva 27. Maatalousmaiden muutos Espoon tutkimusalueella.

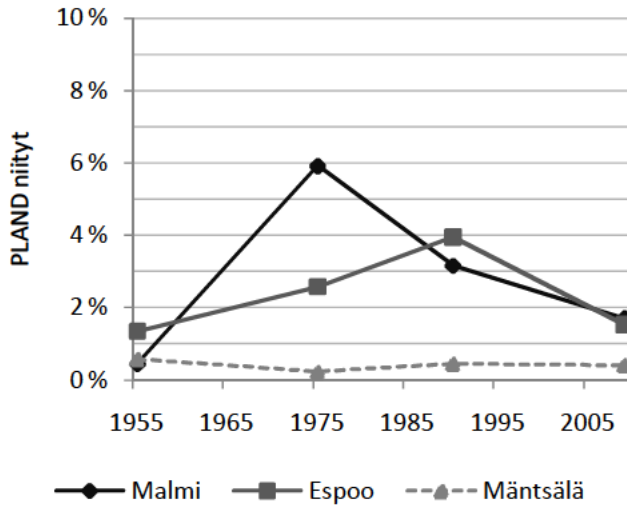
Kuva 28 esittää Mäntsälän maatalousalueiden muutoksia vuosina 1955–2009. Vuosina 1955–1975 maatalousalueita hävisi lähinnä keskustaajaman ydinalueilta sekä jonkin verran syrjäseuduilta. Maatalousalueiden poistuminen muuhun käyttöön – lähinnä rakennetuksi alueeksi – eteni vuodesta 1955 lähtien lähes kehämäisesti keskustaajaman ympärillä siten, että vuonna 2009 laajimmat maatalouskäytössä olleet alueet sijaitsivat keskustaajaman itäpuolen savikoilla ja tutkimusalueen eteläosassa.



Kuva 28. Maatalousmaan muutos Mäntsälän tutkimusalueella.

7.2.2 Niityt

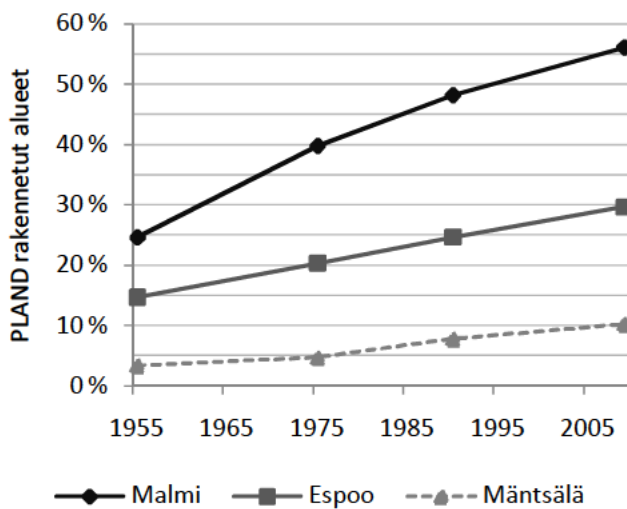
Niittyjen osuus tutkimusalueiden pinta-alasta oli tarkastelujakson aikana kauttaaltaan hyvin alhainen (alle 6 %), minkä voi nähdä kuvasta 29. Malmilla niittyjen osuus oli alhaisimmillaan vuonna 1955 ja korkeimmillaan vuonna 1975, jonka jälkeen osuus laski, mutta ei ihan vuoden 1955 tasoon. Espoossa niittyjen osuus oli niin ikään alhaisin vuonna 1955, mutta niittyjen osuus oli suurimmillaan vuonna 1990, jonka jälkeen se väheni lähes vuoden 1955 tasoon. Mäntsälässä niittyjen osuus pinta-alasta pysyi hyvin alhaisena, ja osuus oli suurimmillaan vuonna 1955.



Kuva 29. Niittyjen pinta-alan osuuden (PLAND) muutokset tutkimusalueilla eri vuosina.

7.2.3 Rakennetut alueet

Kaikkina tarkasteluvuosina rakennetun pinta-alan osuus oli suurin kaupungistuneimmalla tutkimusalueella, Malmilla (kuva 30). Kaikilla tutkimusalueilla rakennetun alueen pinta-alan osuus kasvoi vuotta 2009 kohden, mutta kasvun määrä sekä ajankohta, jona rakentaminen oli merkittävintä, vaihteli tutkimusalueen mukaan. Malmilla ja Espoossa rakennetun alueen pinta-alan osuuden kasvu oli suurinta vuosina 1955–1975, kun Mäntsälässä kasvu kiihtyi vasta vuoden 1975 jälkeen. Malmilla rakennetun alan osuuden kasvu oli kaikkein suurinta, lähes 32 prosenttiyksikköä.

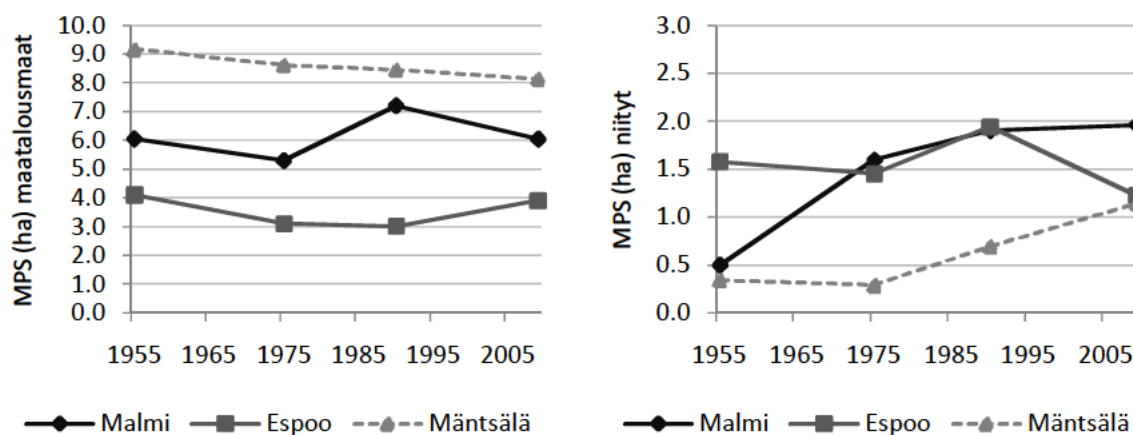


Kuva 30. Rakennetun alueen pinta-alan osuuden muutokset tutkimusalueilla eri vuosina.

7.3 Maiseman pirstoutuneisuus

7.3.1 Maatalousmaat ja niityt

Maiseman pirstoutuneisuutta tarkasteltiin MPS-indeksin avulla. Kuvassa 31 on esitetty maatalousmaa- ja niitty-luokkaan kuuluvien maankäyttökuvioiden keskikoko eri tutkimusalueilla sekä niiden ajallinen vaihtelu vuosina 1955–2009. Maatalousalueilla indeksin arvot olivat läpi koko tarkastelujakson suurimmat Mäntsälässä (noin 8–9 ha). Alhaisimmat indeksin arvot taas olivat Espoossa (noin 3–4 ha), ja Malmi sijoittui indeksin arvoissa muiden kahden tutkimusalueiden väliin (noin 5–7 ha). Ajallisesti tarkasteltuna maatalousmaiden keskikoko oli suurimmillaan Malmilla vuonna 1990, kun taas Espoossa ja Mäntsälässä vuonna 1955. Maatalousalueet olivat Malmilla keskikooltaan pienimpiä vuonna 1975, Espoossa vuonna 1990 ja Mäntsälässä vuonna 2009.

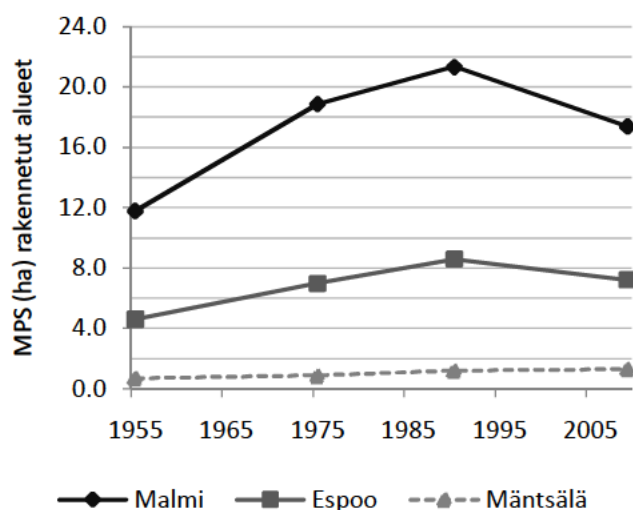


Kuva 31. Maatalousmaakuvioiden ja niittyjen keskimääräinen koko (MPS, *mean patch size*) hehtaareina tutkimusalueittain ja vuosittain.

Niittyjen keskikoko vaihteli sekä eri tutkimusalueiden kesken että ajallisesti voimakkaasti (kuva 31). Malmilla niityt olivat keskikooltaan pienimpiä (noin 0,5 ha) vuonna 1955, josta keskikoko nousi lähes 2 hehtaariin vuonna 2009. Espoossa niittyjen keskikoko oli vuosina 1955-1975 noin 1,5 hehtaaria. Vuonna 1990 keskikoko nousi lähelle 2 hehtaaria, mutta putosi vuoteen 2009 mennessä noin 1,2 hehtaariin. Mäntsälässä niittyjen keskikoko nousi Malmiin tapaan vuodesta 1955 vuoteen 2009, mutta keskikoko vuonna 2009 oli noin 1,1 hehtaaria. Mäntsälässä niityt olivat kaikista tutkimusalueista kooltaan pienimpiä. Vuonna 2009 Malmi tutkimusalueen niityt olivat keskikooltaan suurimpia.

7.3.2 Rakennetut alueet

Rakennettujen alueiden keskikoko alueittain on esitetty kuvassa 32. Malmilla rakennettujen alueiden keskikoko nousi vuoden 1955 noin 12 hehtaaria yli 20 hehtaariin vuonna 1990, mutta laski noin 17 hehtaariin vuonna 2009. Espoossa kehityskaari oli sama, mutta MPS-arvot olivat alhaisempia, korkeimmillaan noin 8 hehtaaria. Muista tutkimusalueista poiketen Mäntsälän rakennettujen alueiden keskikoko pysyi koko tarkasteluajanjakson ajan hyvin samana ja alhaisena, alle 2 hehtaarissa.



Kuva 32. Rakennettujen alueiden koko (MPS, *mean patch size*) hehtaareina tutkimusalueilla eri vuosina.

7.3.3 Viheralueet

Kuvissa 33, 34 ja 35 on esitetty muut maankäyttöluokat -luokan muutos vuodesta 1955 vuoteen 2009. Luokasta käytetään tässä nimitystä viheralueet, ja se sisältää luonnontilaisten alueiden lisäksi paljon talousmetsiä, ojitettuja soita, tienpientareita ja hoidettuja virkistysalueita, muttei kuitenkaan niittyjä. Malmin tutkimusalueella viheralueita vähentyi eniten (kuva 33). Erityisesti Vantaanjoen ja Helsinki-Vantaan lentokentän välinen alue pirstoutui vuodesta 1975 lähtien lentokenttäalueen laajentuessa. Tutkimusalueen kaakkoisosan suuri metsäalue pirstoutui jo vuosina 1955–1975 muun muassa Malmin lentokentän, Lahden moottoritien ja Pihlajamäen lähiön rakentamisen yhteydessä.

**Viheralueiden
väheneminen**

- alueet vuonna 2009
- hävinnyt 1990-2009
- hävinnyt 1975-1990
- hävinnyt 1955-1975
- vesistö



Kuva 33. Malmin viheralueiden muutos vuosina 1955–2009. Alueet koostuvat luonnontilaisista ja muokatuista metsistä ja soista, tienpientareista sekä hoidetuista virkistysalueista kuten puistoista.

**Viheralueiden
väheneminen**

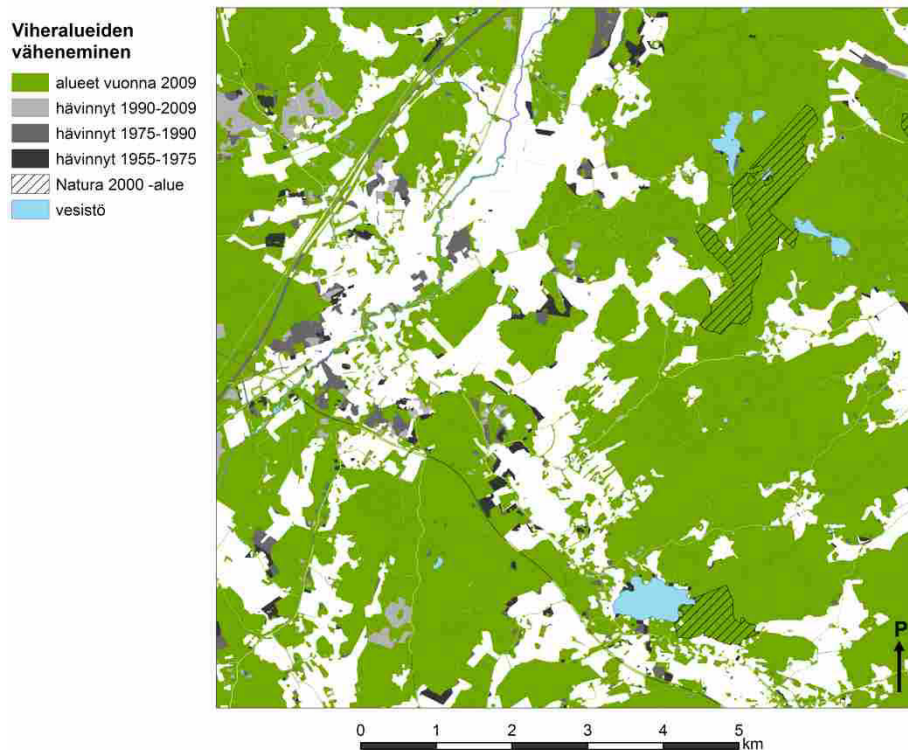
- alueet vuonna 2009
- hävinnyt 1990-2009
- hävinnyt 1975-1990
- hävinnyt 1955-1975
- Natura 2000 -alue
- vesistö



Kuva 34. Espoon viheralueiden muutos vuosina 1955–2009 (Natura 2000... 2010).

Espeen tutkimusalueella viheralueiden pirstoutuminen oli Malmia vähäisempää (kuva 34) painottuen alueen etelä- ja kaakkoisosaan. Erityisesti Kivenlahden ja Saunalahden alueiden rakentaminen näkyy kartassa viheralueiden pirstoutumisena vuosina 1955–2009. Tutkimusalueen pohjoisosassa metsäalueen pirstoutumista vuosina 1955–1975 aiheutti lähinnä Kehä III:n ja Muuralan alueen rakentaminen. Kauniaisissa tutkimusalueen koillisosassa rakentaminen vuosina 1955–1975 pirstoi suurta metsäaluetta. Alueella oli kuitenkin edelleen laajoja yhtenäisiä metsäalueita vuonna 2009.

Mäntsälän tutkimusalueella viheralueiden pirstoutuminen oli melko vähäistä vuosina 1955–2009, ja metsä- ja suoalueiden rakenne on seurausta lähinnä maatalousalueiden sijoittumisesta alueen savikoille (kuva 35). Jonkin verran viheralueita kuitenkin hävisi rakennetun alueen levitessä keskustaajaman ympärille ja Anttilaan Lahdenväylän itäpuolelle vuosina 1975–2009. Tutkimusalueella oli hyvin laajoja metsä- ja suoalueita myös vuonna 2009.

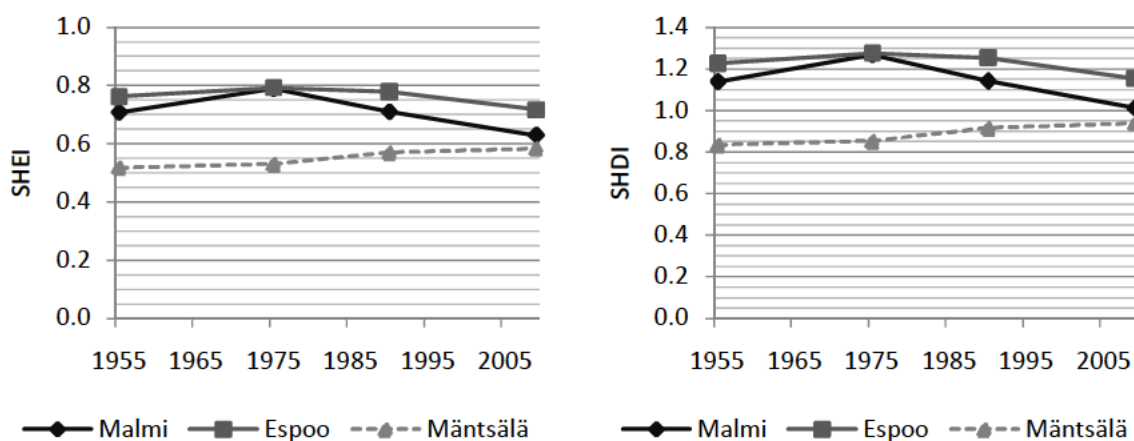


Kuva 35. Mäntsälän viheralueiden muutos vuosina 1955–2009 (Natura 2000... 2010).

7.3.4 Kaikki maankäyttötyypit

Koko maiseman pirstoutuneisuutta tarkasteltiin Shannonin tasaisuusindeksin (SHEI) ja diversiteetti-indeksin (SHDI) avulla (kuva 36). SHEI-indeksin arvot olivat kokonaisuudessaan korkeimpia Espoon tutkimusalueella ja alhaisimpia Mäntsälän tutkimusalueella. Malmilla indeksin arvo oli korkeimmillaan vuonna 1975, jolloin se oli Espoonkin arvoa korkeampi. Vuodesta 1975 vuoteen 2009 Malmin SHEI-indeksin arvo taas pieneni. Espoossa indeksin arvon ajallinen vaihtelu oli samankaltainen. Mäntsälässä SHEI-indeksin arvo taas oli alhaisin vuonna 1955, josta se nousi vuoteen 2009 tultaessa.

SHDI-indeksin arvot noudattelivat spatiaalis-temporaalisessa kehityksessään pitkälti SHEI-indeksin mallia. Arvot olivat suurimpia Espoon tutkimusalueella, ja alhaisimpia Mäntsälässä. Ajallisesti indeksin arvot olivat Malmilla ja Espoossa suurimmat vuonna 1975, ja Mäntsälässä vuonna 2009 (kuva 36).

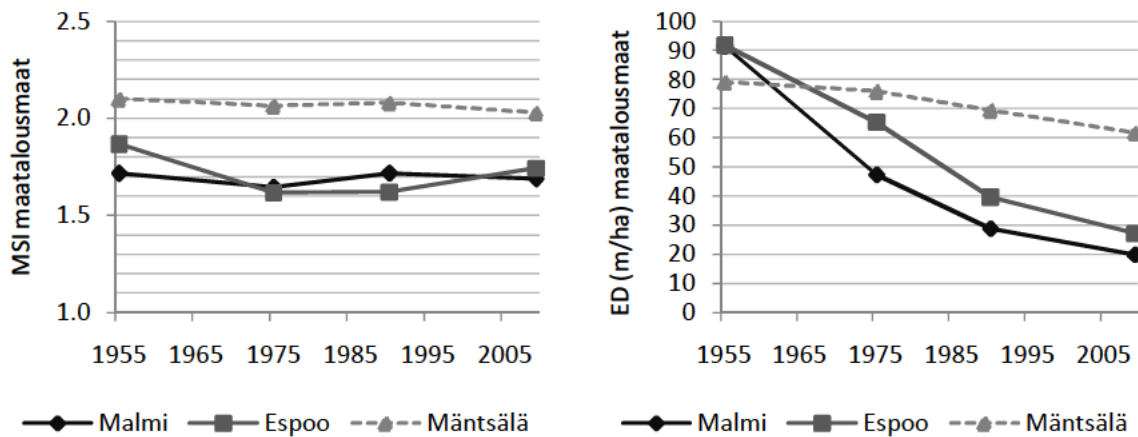


Kuva 36. Maiseman SHEI (*Shannon's evenness index*)- ja SHDI (*Shannon's diversity index*)-indeksien arvot tutkimusalueella eri vuosina.

7.4 Maankäyttökuvioiden muoto

Kuvassa 37 on esitetty maatalousmaiden muotoa kuvaavien MSI- ja ED-indeksien arvot alueittain sekä niiden ajallinen vaihtelu vuosina 1955–2009. Mitä alhaisemman arvon indeksi saa, sitä säännöllisemmän muotoisia maankäyttökuviot ovat.

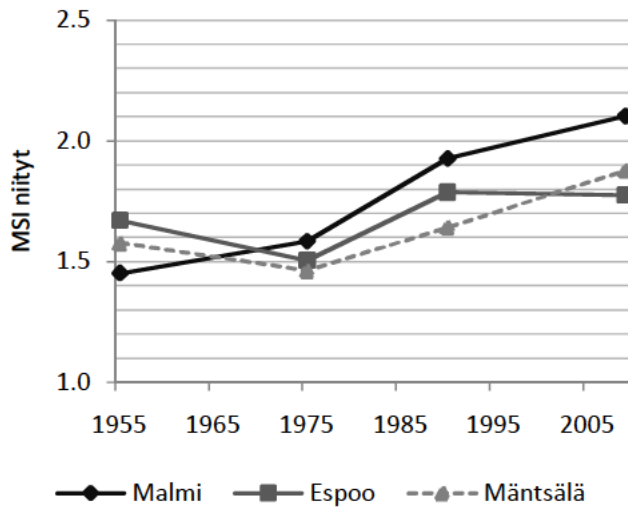
Kaikkein pienimmät MSI-indeksin arvot olivat Malmilla, jossa arvojen ajallinen vaihtelu oli vähäistä. Espoossa indeksin arvo vuonna 2009 oli myös alhainen, mutta MSI-arvo laski hieman vuodesta 1955 vuoteen 1990 asti, jonka jälkeen se on taas nousi vuotta 2009 kohden. Mäntsälässä maatalousmaat olivat kaikista tutkimusalueista epäsäännöllisimmän muotoisia, ja ajallinen vaihtelu oli pientä (kuva 37).



Kuva 37. Maatalousmaidten muotoa kuvaavan MSI (*mean shape index*)-indeksin sekä reunaviivan tiheyden (*ED, edge density*) arvot tutkimusalueella eri vuosina.

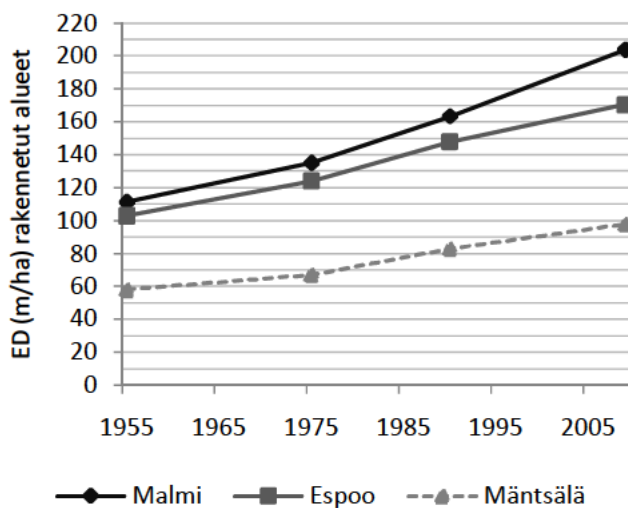
Maatalousmaidten reunaviivan tiheys (*ED*) oli kaikilla tutkimusalueilla suurin vuonna 1955. Indeksien arvo laski vuodesta 1955 lähtien, eli maatalousmaat muuttuivat säännöllisemmiksi vuosina 1955–2009. Ajallisesti *ED* oli vuonna 1955 pienin Mäntsälän tutkimusalueella, jossa maatalousalueet olivat kaikkein säännöllisimmän muotoisia. Sen sijaan vuosina 1975–2009 indeksin arvot olivat suurimmat Mäntsälässä, jossa maatalousalueet olivat tutkimusalueista kaikkein epäsäännöllisimmän muotoisia (kuva 37).

Kuvassa 38 on esitetty niittykuvien MSI-indeksien arvot. Indeksien arvo vaihteli sekä alueellisesti että ajallisesti paljon. Malmilla tutkimusalueella niityt olivat kaikkein säännöllisimmän muotoisia vuonna 1955, josta ne muuttuivat vuonna 2009 kohti epäsäännöllisemmiksi. Espoon tutkimusalueella indeksien arvo oli alhaisimmillaan vuonna 1975, jonka jälkeen se nousi kohti vuotta 2009, eli niittykuvien muoto muuttuivat epäsäännöllisemmiksi. Mäntsälässä indeksien ajallinen kehitys oli samankaltainen.



Kuva 38. Niittyalueiden muotoa kuvaavan MSI (*mean shape index*)-indeksin arvot tutkimusalueella eri vuosina.

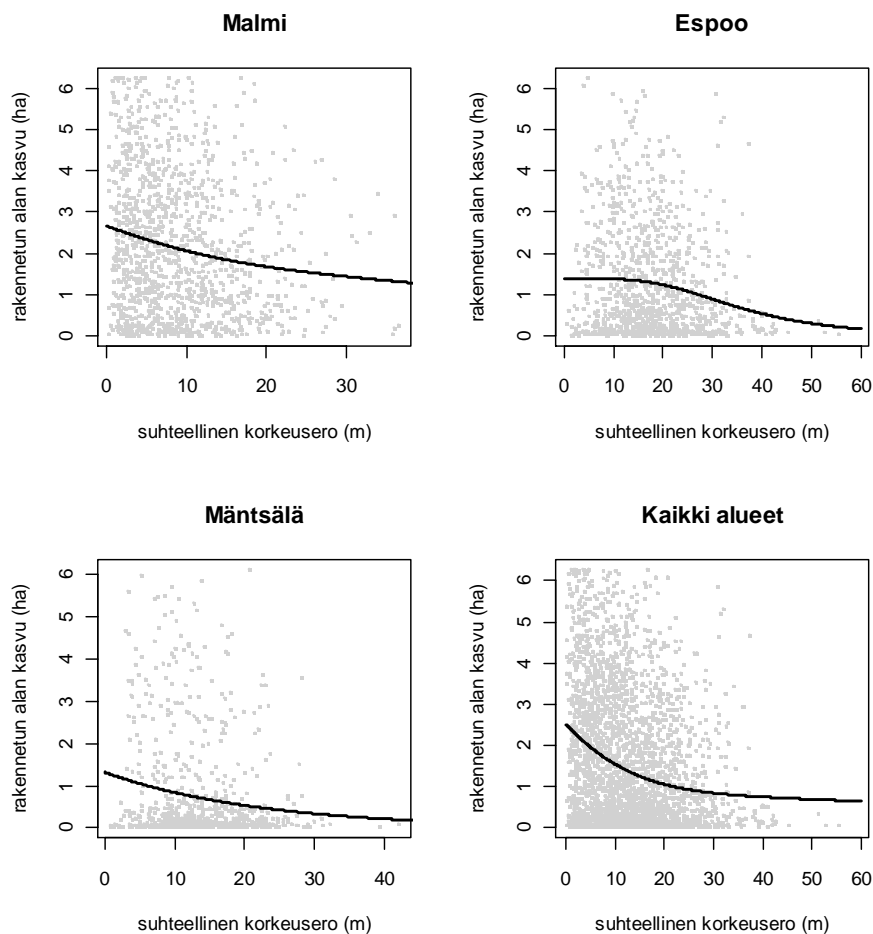
Rakennettujen alueiden ED-indeksin alueellinen ja ajallinen kehitys on esitetty kuvassa 39. Rakennetut alueet olivat koko tarkastelujakson ajan epäsäännöllisimmän muotoisia Malmin tutkimusalueella ja säännöllisimmän muotoisia Mäntsälässä. Espoon arvot olivat vuotta 2009 lukuun ottamatta hyvin lähellä Malmin tutkimusalueen arvoja. Ajallisesti rakennetut alueet muuttuivat kaikilla alueilla epäsäännöllisemmän muotoisiksi vuosina 1955–2009.



Kuva 39. Rakennettujen alueiden reunaviivan tiheys (ED, *edge density*) tutkimusalueella eri vuosina.

7.5 Topografian vaikutus maisemanmuutokseen

Topografian vaikutusta maiseman muutokseen tutkittiin selvittämällä, kuinka paljon topografinen rikkonaisuus (maksimi- ja minimikorkeusarvojen erotus 250 x 250 metrin ruudussa) selittää rakentumista Helsingin metropolialueella vuosina 1955–2009. Myös maatalousalueiden ruuduittaista pinta-alaa suhteessa topografiseen rikkonaisuuteen vuosina 1955–2009 tutkittiin.



Kuva 40. Rakennetun alueen kasvu hehtaareina vuosina 1955–2009 suhteessa topografiseen rikkonaisuuteen 250 x 250 metrin ruuduittain.

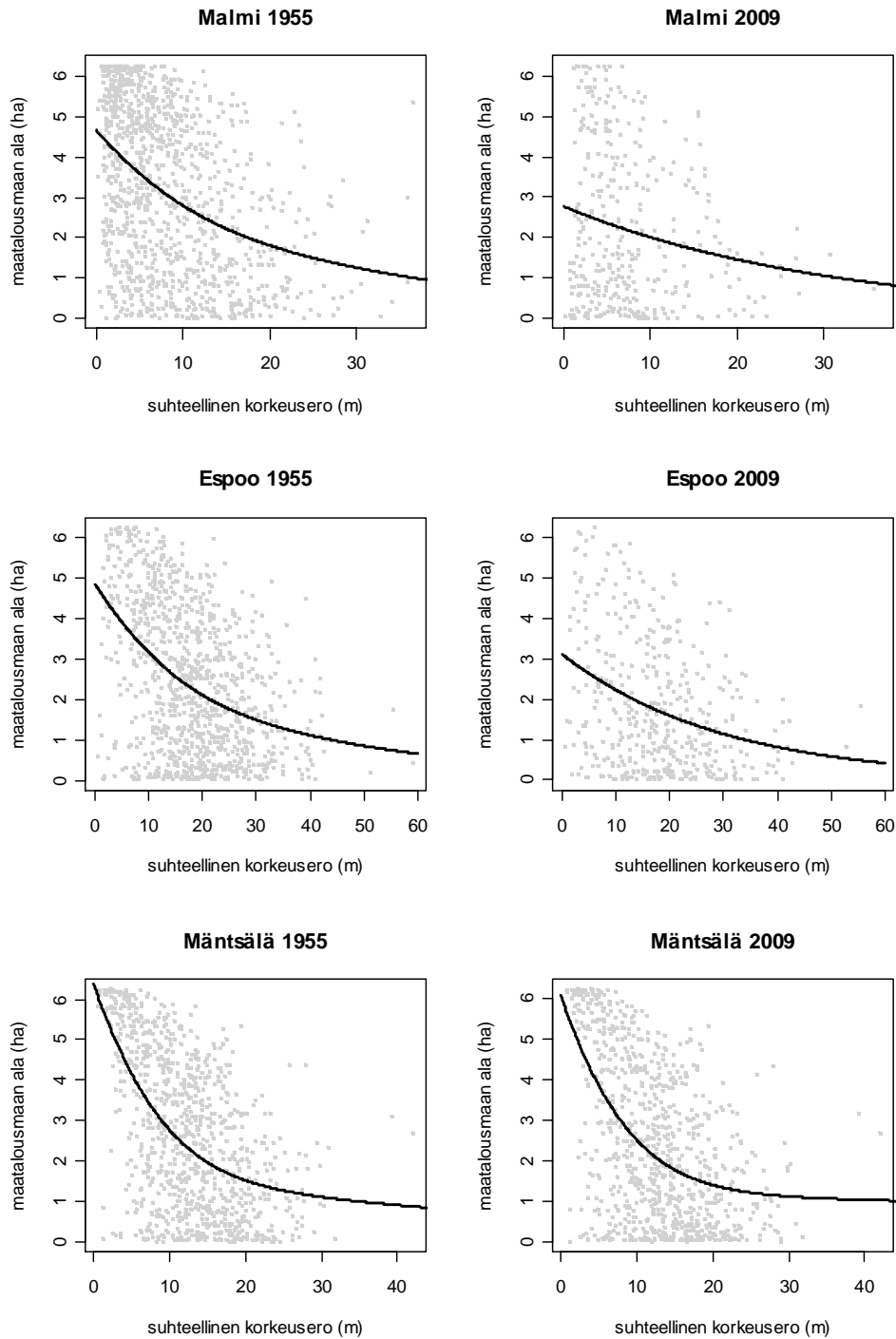
Kuvassa 40 on esitetty rakennetun alueen kasvu vuosina 1955–2009 suhteessa maiseman topografiseen rikkonaisuuteen. Hajontakuvaan on sovitettu yleistetty additiivinen malli (GAM) vapausasteilla 3. Vasteet eri tutkimusalueilla muodostuivat hyvin erilaisiksi, ja kaikki trendit olivat tilastollisesti merkitseviä alle 1 %:n riskitason. Malmilla ($n=1259$) suhteellisiin korkeuseroihin perustuva malli selitti vain 2,93 % devianssista, Espoossa

(n=1058) 3,11 % ja Mäntsälässä (n=745) 3,46 %. Kaikki alueet huomioiva malli (n=3012) selitti 7,65 % devianssista.

Kaikilla tutkimusalueilla rakennetun alan kasvu vähentyi topografisen rikkonaisuuden kasvaessa. Malmin ja Mäntsälän tutkimusalueella rakentamisen väheneminen korkeuserojen kasvaessa oli melko tasaista. Espoossa se alkoi vähetä vasta kun ruuduittaiset korkeuserot kasvoivat 20–30 metrin suuruisiksi. Kaikki tutkimusalueet huomioivan mallin mukaan rakentaminen Helsingin metropolialueella vuosina 1955–2009 väheni voimakkaasti korkeuserojen kasvaessa nolasta 20 metriin. Suhteellisten korkeuserojen ylittäessä 20 metriä niillä ei enää ollut merkittävää vaikutusta rakennetun alan kasvuun (kuva 40).

Kuvassa 41 on esitetty maatalousmaiden pinta-ala ruuduittain suhteessa topografiseen rikkonaisuuteen vuosina 1955 ja 2009 eri tutkimusalueilla. GAM-mallit olivat jokaisella tutkimusalueella tilastollisesti merkitseviä alle 1 %:n riskitason. Malmin tutkimusalueella malli selitti vuonna 1955 15,2 % devianssista (n=1097) ja vuonna 2009 3,58 % (n=343). Espoossa malli selitti vuonna 1955 16,9 % devianssista (n= 1006) ja vuonna 2009 11,11 % (n=423). Mäntsälän tutkimusalueella malli taas selitti vuonna 1955 peräti 26,6 % devianssista (n=947) ja vuonna 2009 24 % (n=842).

Kaikilla tutkimusalueilla maatalousmaan ruuduittainen pinta-ala väheni voimakkaasti suhteellisten korkeuserojen kasvaessa. Kaikkein selvin trendi oli Mäntsälässä vuonna 1955. Vähiten suhteellinen korkeusero selitti maatalousmaan pinta-alaa Malmin tutkimusalueella vuonna 2009 (kuva 41).

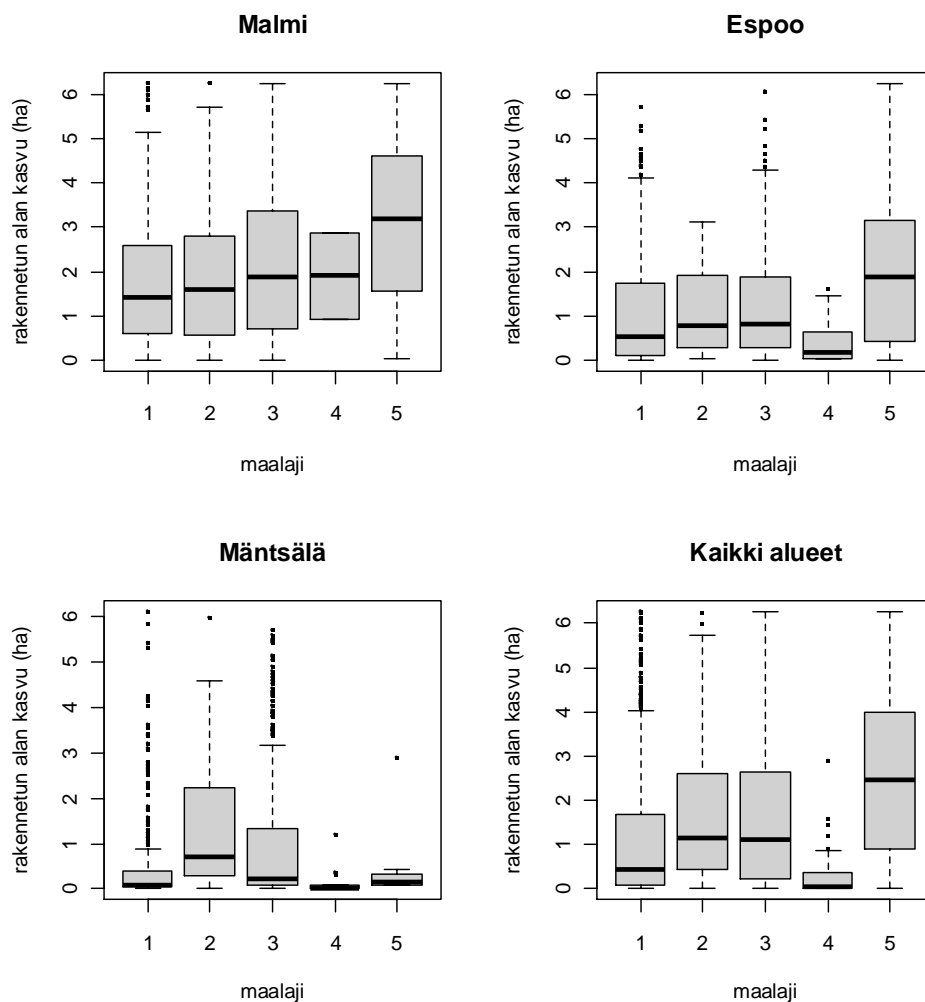


Kuva 41. Maatalousmaan ala hehtaareina tutkimusalueilla vuosina 1955 ja 2009 suhteessa topografiseen rikkonaisuuteen 250 x 250 metrin ruuduittain.

7.6 Maaperän vaikutus maisemanmuutokseen

Kuvan 42 laatikkokuvat esittävät rakennetun alan kasvua vuosina 1955–2009 eri maalajityyppien alueella tutkimusalueittain. Malmin tutkimusalueella rakennettiin

enimmäkseen GTK:n maaperäaineiston kartoittamattomille alueille, eli esimerkiksi taajama-alueille tai täyttömaille. Toiseksi eniten Malmin rakentaminen keskittyi hienorakeisten maalajien alueelle eli savikoille, joita on 43 prosenttia tutkimusalueen pinta-alasta. Paljon rakennettiin myös orgaanisten maalajien alueelle.



Kuva 42. Rakennetun alueen kasvu hehtaareina vuosina 1955–2009 suhteessa maaperään 250 x 250 metrin ruuduittain. 1= kalliot ja moreenimaalajit, 2= karkearakeiset maalajit, 3= hienorakeiset maalajit, 4= eloperäiset maalajit, 5= kartoittamattomat alueet. Harmaa laatikko kuvaa arvojen keskikvartiilia ja sen sisällä oleva poikkiviiva mediaania (Maaperä... 2007a, 2007b, 2007c).

Espoossa niin ikään eniten rakennettiin alueille, joiden maalajia ei ollut maaperäaineistossa kartoitettu. Melko paljon Espoon tutkimusalueella rakennettiin myös savikoille sekä sora- ja hiekkamaille (karkearakeiset maalajit) sekä moreeni- ja kalliomaille. Mäntsälässä

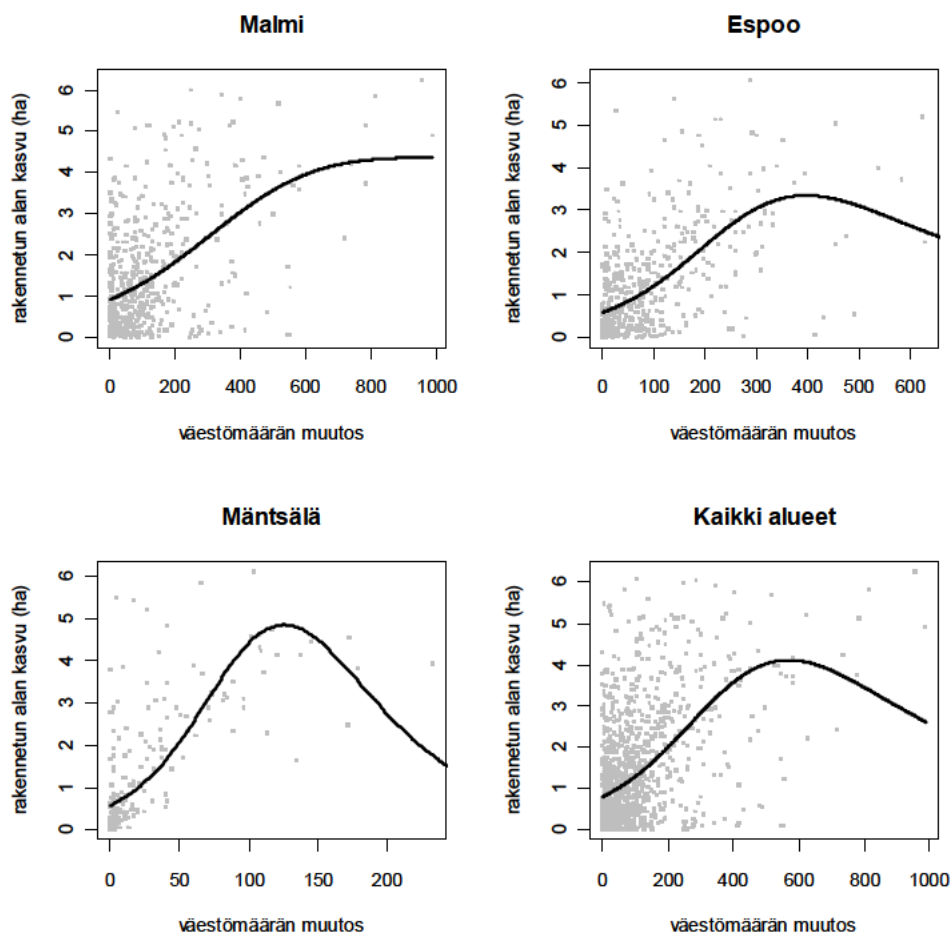
rakentaminen keskittyi sora- ja hiekkamaille muista alueista poiketen, ja seuraavaksi eniten rakennettiin savikoille. Kartoittamattomien maalajien alue korostui tarkastellessa kaikkia tutkimusalueita. Eri maaperätyypeille rakentamisen erot olivat tilastollisesti merkitseviä sekä yksittäisten alueiden sisällä että tutkimusalueiden välillä (p-arvo < 0,001) Kruskal-Wallis testillä mitattuna.

7.7 Maiseman muutos suhteessa väestönkasvuun

Rakennetun alueen kasvua verrattiin väestömäärän muutoksiin vuosina 1975–2009. Eri tutkimusalueiden trendit muodostuivat hyvin erilaisiksi. Muuttujien hajontakuvat ja niihin sovitettut GAM-mallit on esitetty kuvassa 43. Kaikki trendit olivat tilastollisesti merkitseviä alle 1 %:n riskitason. Malmin tutkimusalueella (n=554) väestömäärän muutos selitti 21,1 % rakennetun alueen arvojen devianssista. Espoossa (n=520) malli selitti vielä enemmän, 34,9 %, devianssista ja Mäntsälässä (n=251) peräti 51,0 %. Kaikki tutkimusalueet huomioitaessa (n=1325) malli selitti 23,7 % devianssista.

Kaikilla tutkimusalueilla rakennettu pinta-ala lisääntyi voimakkaasti väestömäärän kasvaessa. Malmin tutkimusalueella noin 600 asukkaan kohdalla ruudun rakennettu pinta-ala ei enää kasvanut merkittävästi. Espoon tutkimusalueella noin 400 asukkaan lisäyksen jälkeen väestömäärän lisääntyminen jopa pienensi rakennetun alueen kasvua ruudussa. Samanlainen trendi ilmeni myös Mäntsälän tutkimusalueella vielä voimakkaampana, ja rakennetun alueen kasvu taittui mallin mukaan jo noin 120 asukkaan kohdalla. Kaikki tutkimusalueet huomioiden raja oli noin 600 asukkaan lisäyksellä, jonka jälkeen väestömäärän lisäys ei aiheuttanut rakennetun pinta-alan kasvua, vaan vähensi sitä (kuva 43).

Kun rakennetun pinta-alan kasvu jaettiin kunkin ruudun väestömuutoksella, saatiin tieto siitä, kuinka paljon kukin uusi asukas on vaatinut uutta rakennettua maa-alaa vuosina 1975–2009. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Malmin ja Espoon tutkimusalueella rakennettua pinta-alaa syntyi vajaat 0,02 hehtaaria asukasta kohden, kun taas Mäntsälässä luku oli yli nelinkertainen (0,08 ha). Kaikilla tutkimusalueilla asukkaan vaatima rakennettu ala pienentyi verrattaessa osamuutoksia vuosina 1975–1990 ja 1990–2009. Espoossa väheneminen oli suhteellisesti merkittävä: jälkimmäisen ajanjakson luku oli noin 30 % aiempaa pienempi.



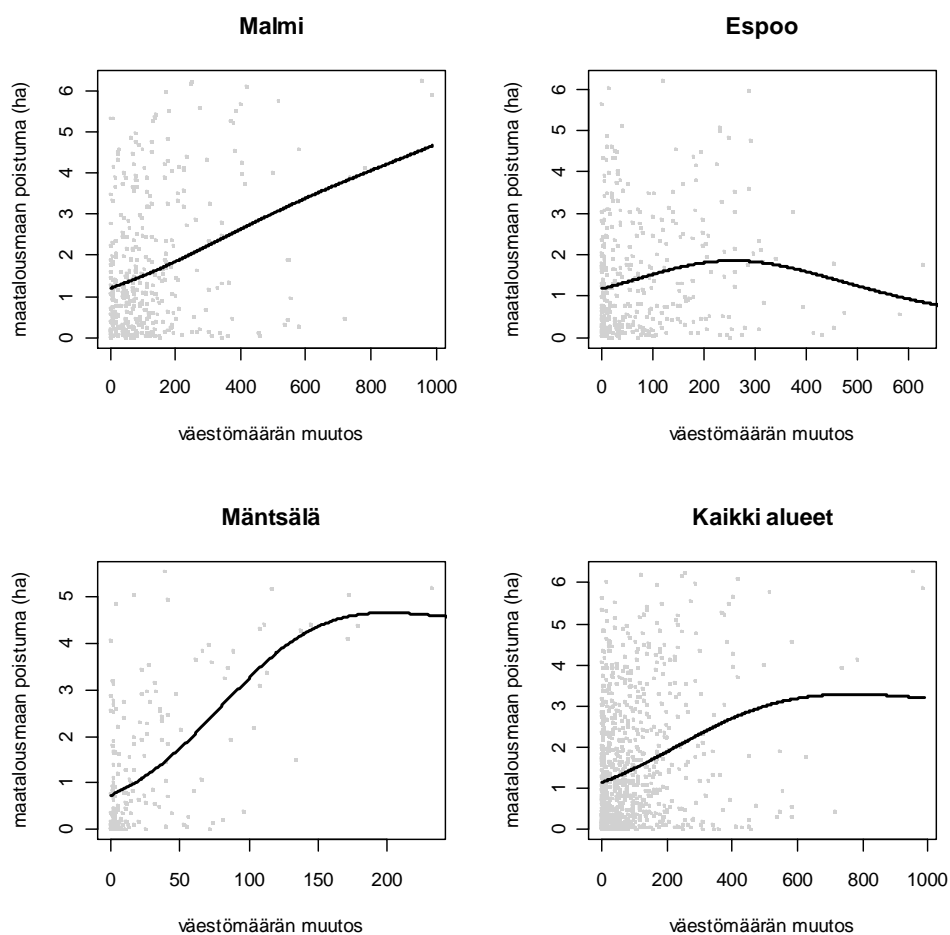
Kuva 43. Rakennetun alan kasvu 250 x 250 metrin ruudussa suhteessa väestömäärään vuosina 1975–2009. Väestötiedot ovat vuosilta 1980–2007 (YKR 2010).

Taulukko 5. Rakennetun alueen pinta-alan kasvu hehtaareina asukasta kohden (YKR 2010).

Alue	1975–1990	1990–2009	1975–2009
Malmi	0.018	0.016	0.019
Espoo	0.020	0.014	0.018
Mäntsälä	0.079	0.062	0.082
Kaikki alueet	0.022	0.018	0.022

Väestömäärän muutokseen verrattiin myös maatalousmaan poistumaa (kuva 44). Malmiin tutkimusalueella (n=391) väestömäärä selitti 9,32 % maatalousmaan poistuman devianssista, Espoossa (n=395) vain 3,11 % ja Mäntsälässä (n=207) jopa 30,2 %. Kaikki tutkimusalueet huomioiden (n=993) malli selitti 7,19 % devianssista. Kaikki trendit olivat tilastollisesti merkitseviä alle 1 %:n riskitason. Malmilla maatalousmaan poistuman ja väestömäärän riippuvuus oli lähes lineaarista, kun taas Espoossa maatalousmaan poistumalla ja väestömäärän muutoksella ei ollut suurta riippuvuutta. Mäntsälässä väestömäärän noustessa

noin 150 asukkaaseen maatalousmaiden poistuma suureni voimakkaasti. Jos taas asukasmäärän lisäys ylitti noin 150 asukasta, maatalousmaan poistumat eivät enää lisääntyneet. Kaikki tutkimusalueet huomioiden maatalousmaiden poistumien kasvu tasaantui noin 600 asukkaan lisäyksen jälkeen (kuva 44).



Kuva 44. Maatalousmaan poistuma ruudussa suhteessa väestömäärään vuosina 1975–2009. Väestötiedot ovat vuosilta 1980–2007 (YKR 2010).

Maatalousmaan poistuma asukasta kohden oli kaikkein pienin Malmilla (0,015 hehtaaria). Espoossa luku oli hieman suurempi, ja Mäntsälässä kaikkein suurin (0,071 ha) – lähes viisinkertainen Malmin lukuun verrattuna (taulukko 6). Malmin ja Espoon tutkimusalueilla asukaskohtainen luku oli suurempi vuosina 1975–1990 kuin vuosina 1990–2009, mutta Mäntsälässä vuosina 1990–2009 maatalousmaata poistui käytöstä asukasta kohden aiempaa ajanjaksoa enemmän.

Taulukko 6. Maatalousmaan poistuma hehtaareina asukasta kohden (YKR 2010).

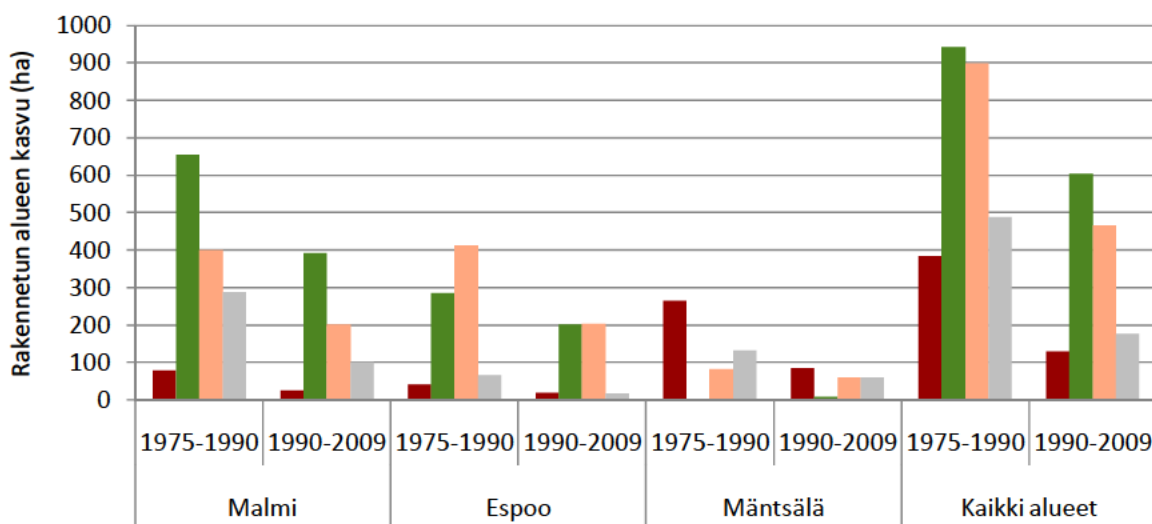
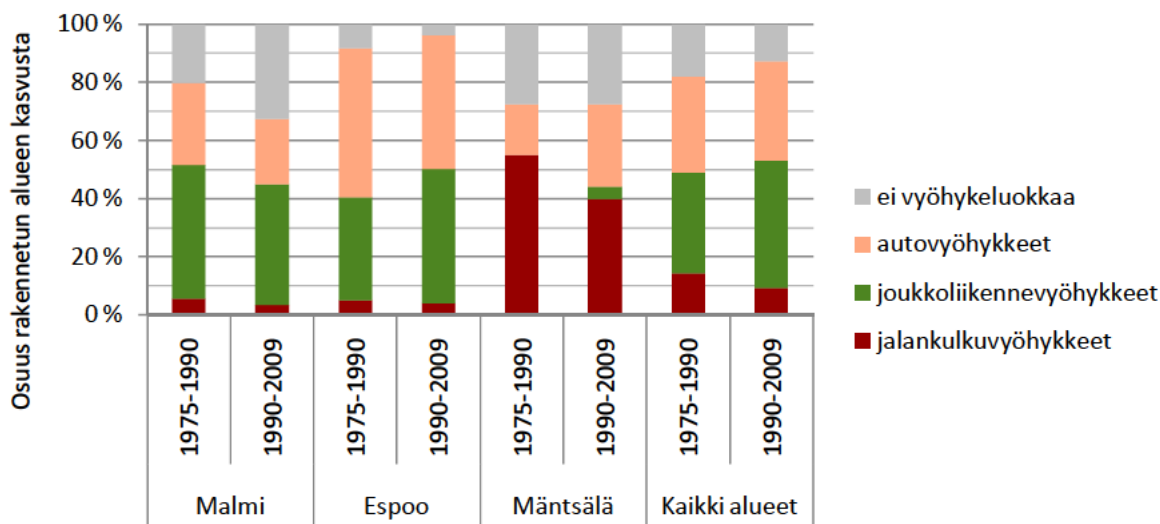
Alue	1975–1990	1990–2009	1975–2009
Malmi	0.016	0.010	0.015
Espoo	0.039	0.011	0.024
Mäntsälä	0.057	0.064	0.071
Kaikki alueet	0.025	0.013	0.020

7.8 Maiseman muutos suhteessa yhdyskuntarakenteen vyöhykkeisyyteen ja autonomistukseen

Rakennetun alueen ruuduittaista kasvua verrattiin UZ-liikkumisvyöhykkeisiin kahtena ajankohtana: vuosina 1975–1990 ja 1990–2009 (kuva 45). Ensimmäisen tarkasteluajankohdan rakennetun alueen kasvua verrattiin vuoden 1990 liikkumisvyöhykkeisiin, ja jälkimmäisen ajanjakson vuoden 2005 vyöhykejakoon.

Malmin tutkimusalueella rakennetun alueen pinta-alan kasvu oli suurinta joukkoliikennevyöhykkeillä sekä absoluuttisesti että suhteellisesti molempina ajanjaksoina. Seuraavaksi eniten rakennettiin autovyöhykkeille. Joukkoliikennevyöhykkeille rakentamisen osuus väheni Malmilla noin 4,5 prosenttiyksikköä, ja autovyöhykkeille rakentamisen 5,8 prosenttiyksikköä vertailtaessa vuosia 1975–1990 ja 1990–2009. Espoon tutkimusalueella rakennetun alueen pinta-alan kasvu oli suhteellisesti suurinta autovyöhykkeillä vuosina 1975–1990, mutta osuus väheni vuosina 1990–2009 joukkoliikennevyöhykkeille rakentamisen osuuden kasvaessa. Absoluuttisina lukuina Espoossa rakennettiin yhtä paljon (noin 200 ha) auto- ja joukkoliikennevyöhykkeille jälkimmäisenä ajanjaksona. Mäntsälän tutkimusalueella suurin osa rakentamisesta keskittyi jalankulkuvyöhykkeille molempina ajanjaksoina. Jalankulkuvyöhykkeille rakentamisen osuus vähentyi kuitenkin yli 15 prosenttiyksikköä vuodesta 1990 lähtien. Samalla autovyöhykkeiden rakennetun alueen pinta-alan osuus kasvoi lähes 11 prosenttiyksikköä (kuva 45).

Kaikilla tutkimusalueilla yhteensä jalankulkuvyöhykkeille rakentamisen osuus vähentyi vuosina 1990–2009 vuosien 1975–1990 tasosta, joukkoliikennevyöhykkeille rakentamisen kasvoi ja autovyöhykkeille rakentamisen osuus pysyi melko samana. Ajallisesti kaikilla tutkimusalueilla on havaittavissa, että absoluuttinen rakennetun alan kasvu oli suurempaa vuosina 1975–1990 kuin 1990–2009 (kuva 45).

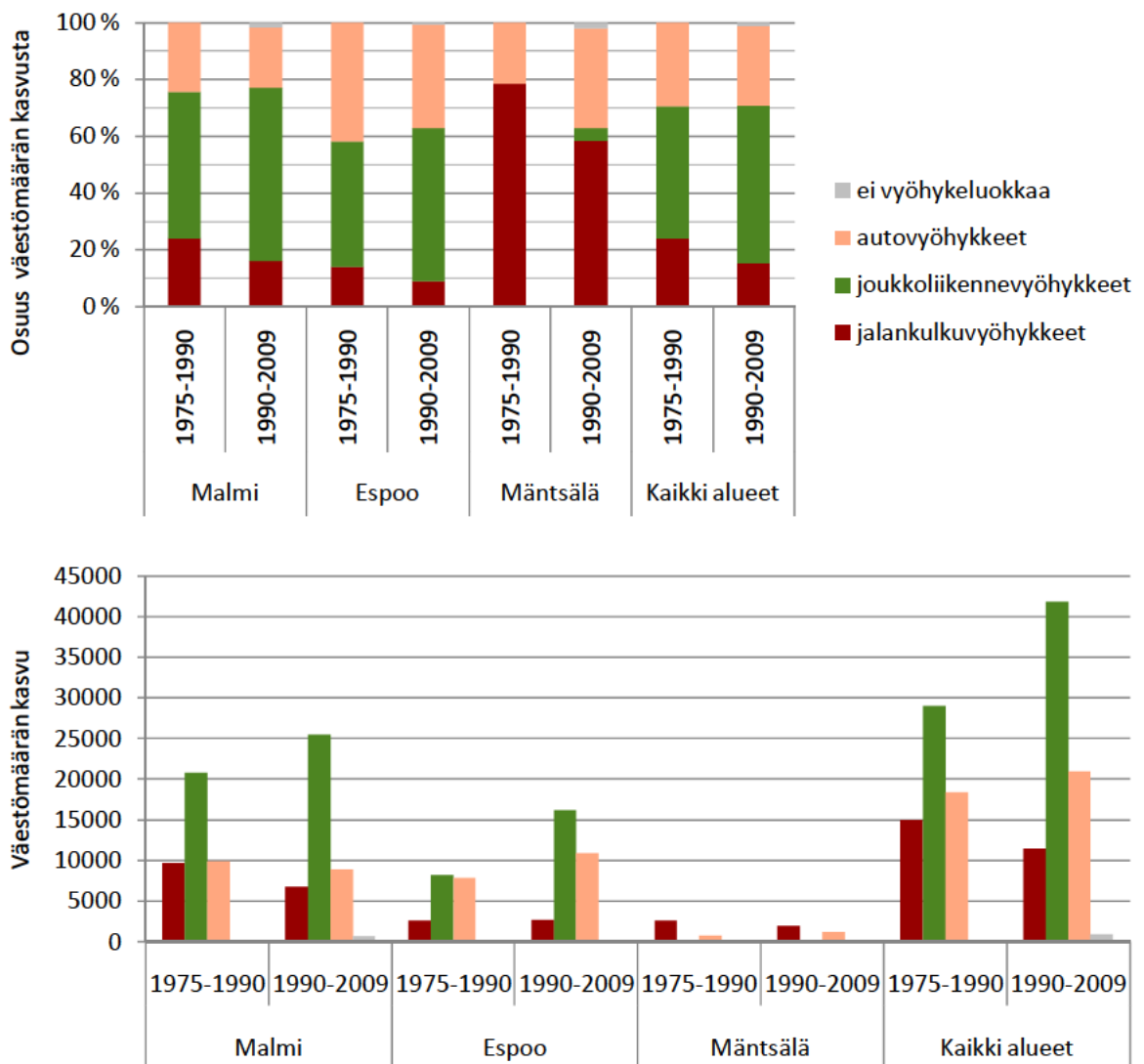


Kuva 45. Rakentaminen eri yhdyskuntarakenteen vyöhyketyypeille vuosina 1975–2009 (vyöhyketieto vuosilta 1990 ja 2005). Yläkuvassa on rakennetun pinta-alan prosenttiosuudet ja alakuvassa absoluuttinen rakennetun alueen pinta-ala eri vyöhykkeillä (Urban zone... 2010).

Kun tarkastellaan väestönkasvun sijoittumista liikkumisvyöhykkeille vuosina 1975–1990 ja 1990–2009 (kuva 46), Malmilla suurin osa väestönkasvusta sijoittui molempina ajanjaksoina joukkoliikennevyöhykkeille. Joukkoliikennevyöhykkeiden osuus väestönkasvusta oli suurempi jälkimmäisenä ajanjaksona. Auto- ja jalankulkuvyöhykkeiden absoluuttinen väestönkasvu oli lähes samanlaista vuosina 1975–1990, mutta vuosina 1990–2009 autovyöhykkeiden väestön lisäys oli jalankulkuvyöhykkeitä suurempi. Espoossa vuosina 1975–1990 väestönkasvu oli yhtä suurta joukkoliikenne- ja autovyöhykkeillä, mutta jälkimmäisenä ajanjaksona väestönkasvu oli suurempaa joukkoliikennevyöhykkeillä.

Mäntsälässä lähes 80 % väestönkasvusta sijoittui jalankulkuvyöhykkeille vuosina 1975–1990, mutta vuosina 1990–2009 enää alle puolet. Autovyöhykkeiden osuus väestönkasvusta nousi Mäntsälässä yli 13 prosenttiyksikköä kahden tarkasteluajankohdan välillä.

Kaikki tutkimusalueet huomioiden väestönkasvu oli voimakkaampaa vuosina 1975–1990 kuin sen jälkeen. Joukkoliikennevyöhykkeiden osuus väestönkasvun sijoittumisessa nousi, ja jalankulkuvyöhykkeiden väheni, kun taas autovyöhykkeiden osuus pysyi melko samana verrattaessa vuosia 1975–1990 ja 1990–2009 (kuva 46).



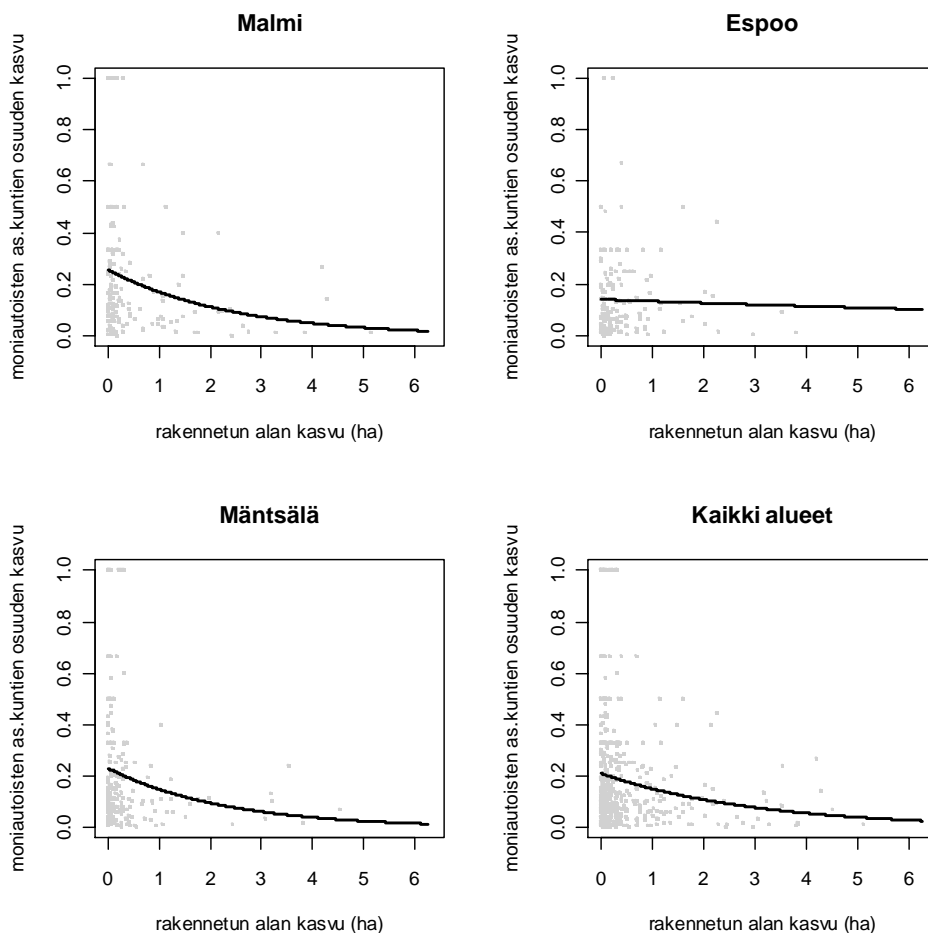
Kuva 46. Väestön sijoittuminen eri yhdyskuntarakenteen vyöhyketyypeille vuosina 1975–2009 (vyöhyketieto vuosilta 1990 ja 2009). Yläkuvassa on rakennetun pinta-alan prosenttiosuudet ja alakuvassa absoluuttinen rakennetun alueen pinta-ala eri vyöhykkeille (Urban zone... 2010; YKR 2010).

Rakennetun alueen laajenemisen vaikutusta autonomistukseen tarkasteltiin vertaamalla kaksi tai useampia autoja omistavien asutokuntien osuuden keskimääräistä kasvua 250 x 250 metrin ruudussa rakennettua hehtaaria kohden eri tutkimusalueilla vuosina 1990–2009 (taulukko 7). Luvut olivat hyvin pieniä, mutta selvä gradientti Malmin tutkimusalueelta maaseutumaisimpaan Mäntsälään oli havaittavissa. Espoon tutkimusalueella moniautoisten asutokuntien osuus nousi tarkasteluajanjaksona 0,012 prosenttiyksikköä rakennettua hehtaaria kohden; nousu oli 3,5-kertainen Malmin lukuun verrattuna. Mäntsälässä osuuden kasvu oli 0,022 prosenttiyksikköä, 6,5-kertainen Malmiin verrattuna.

Taulukko 7. Moniautoistuminen suhteessa rakennetun alueen muutokseen vuosina 1990–2009 (YKR 2010).

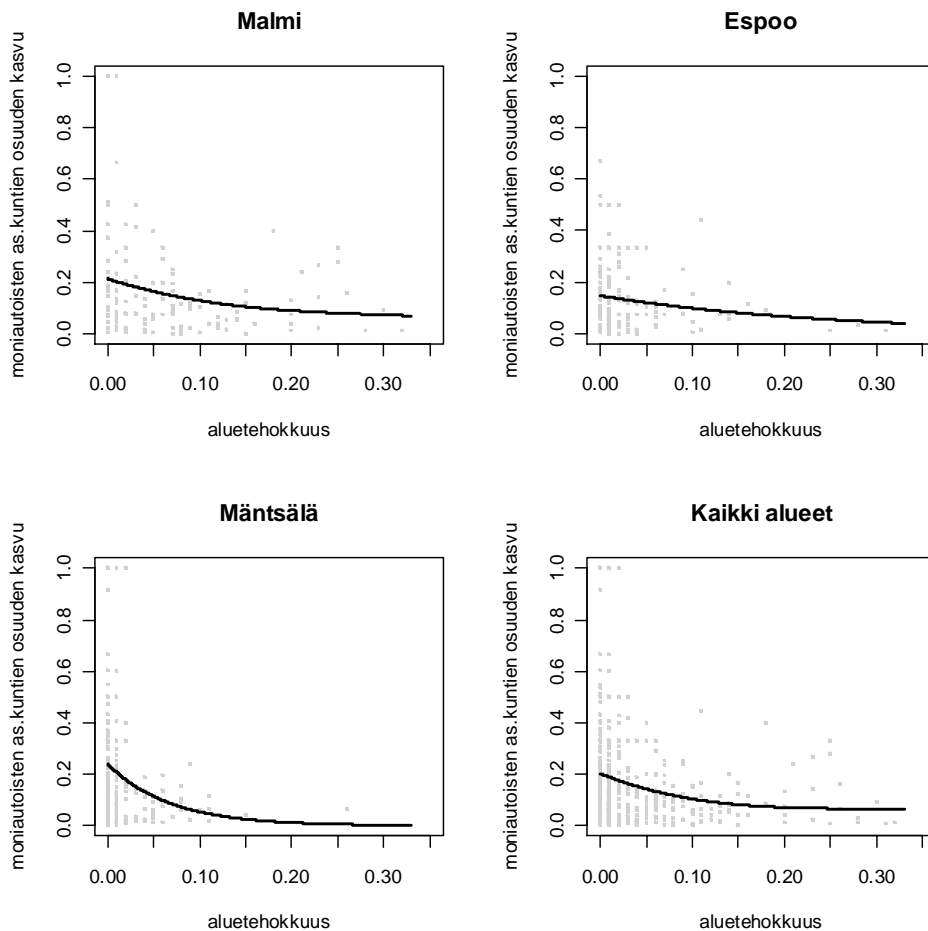
Alue	Moniautoisten asutokuntien osuuden kasvu rakennettua hehtaaria kohden (%-yksikköä)
Malmi	0,0034
Espoo	0,012
Mäntsälä	0,022
Kaikki alueet	0,0030

Kuvassa 47 on esitetty, kuinka rakennetun alueen ruuduittainen pinta-ala vaikutti moniautoisuuden kasvuun yksittäisissä 250 x 250 metrin ruuduissa. Hajontakuviin sovitettiin GAM-mallit, joiden trendi kaikilla tutkimusalueilla oli tilastollisesti merkitsevä alle 1 %:n riskitasen. Vähintään kaksi autoa omistavien asutokuntien osuuden kasvu ruudussa oli selvästi sitä pienempää, mitä enemmän rakennettu pinta-ala kasvoi. Malmin tutkimusalueella (n=161) hajontakuvan GAM-malli selitti 6,9 % moniautoisten asutokuntien osuuden kasvun devianssista. Espoossa (n=173) trendi oli hyvin heikko, ja malli selitti vain 0,1 % devianssista. Mäntsälässä (n=193) rakennetun alan kasvu ruudussa selitti 4,5 % moniautoisten asutokuntien osuuden kasvun devianssista, ja kaikki alueet sisältävä malli taas selitti 3,4 % devianssista (kuva 47).



Kuva 47. Moniautoisten asuntokuntien osuuden kasvu suhteessa rakennetun alueen pinta-alan kasvuun 250 x 250 metrin ruuduissa vuosina 1990–2009 (YKR 2010).

Kuvassa 48 on esitetty vähintään kaksi autoa omistavien asuntokuntien osuuden kasvu suhteessa aluetehokkuuteen ruuduittain. Toisin kuin kuvassa 47, aluetehokkuudessa huomioidaan koko ruudun rakennettu kerrosala, eli myös rakennusten korkeus vaikuttaa lukuun. Vaaka-akselin aluetehokkuusarvo saatiin jakamalla vuoden 2007 ruuduittainen rakennettu kerrosalan määrä kunkin ruudun maapinta-alalla. Kaikilla tutkimusalueilla moniautoisten asuntokuntien osuuden kasvu pieneni aluetehokkuuden kasvaessa. Malmin tutkimusalueella (n=135) malli selitti noin 8,9 % devianssista, kun taas Espoossa (n=162) vain 3,4 %. Mäntsälän tutkimusalueella malli selitti (n=219) eniten, 9,0 % moniautoisuuden kasvun devianssista. Kaikki tutkimusalueet huomioon ottaen GAM-malli selitti 7,1 % devianssista.



Kuva 48. Moniautoisten asuntokuntien osuuden kasvu vuosina 1990–2009 suhteessa rakentamisen tehokkuuteen vuonna 2007 250 x 250 metrin ruuduissa (YKR 2010).

8. Tulosten tarkastelu

8.1 Maatalousmaiseman kaupungistuminen

Ihmistoiminnan ollessa vielä melko vähäistä vuonna 1955 kaikkein kaupungistuneimmalla Malmin tutkimusalueella noin 40 % alueen pinta-alasta oli maatalousaluetta, mikä on 10 prosenttiyksikköä muita tutkimusalueita enemmän. Tästä voi päätellä, että Malmilla maatalouden harjoittamisen edellytykset olivat tutkimusalueista parhaat johtuen lähinnä luonnonoloista: hienorakeisia maalajeja on vajaa puolet alueen pinta-alasta ja korkeuserot ovat vähäisiä. Rakentamispainne on kuitenkin kohdistunut alueelle jo varhain, sillä alue sijaitsee melko lähellä Helsingin keskustaa, mikä on näkynyt rajuna maatalousmaiseman muutoksena.

Maatalousmaan pinta-alan vähentyminen tutkimusalueilla on linjassa muiden kaupunki-maaseutu -gradienttia käsitelleiden tutkimusten (esim. Luck & Wu 2002; Weng 2007) kanssa. Kaupungistumisen eri vaihe eri tutkimusalueilla on myös nähtävissä: Malmilla maatalousalueiden suurin väheneminen tapahtui jo vuosina 1955–1975, kun taas Espoossa maatalousalueiden väheneminen oli voimakkainta yhtä tarkasteluajankohtaa myöhemmin (1975–1990). Mäntsälässä maatalousalueiden väheneminen ei ollut vielä muita tutkimusalueista poiketen tasoittunut, sillä todellinen kaupungistuminen on siellä vasta viime vuosikymmenellä alkanut. Maatalousmaan poistuma oli suurinta Malmilla, mikä kertoo alueen jo varhain kasvaneesta rakentamispaineesta. Rakennetun alueen osuuden kasvussa oli havaittavissa samankaltainen trendi: Malmin tutkimusalueella kasvu oli suurinta vuosina 1955–2009, Espoossa ja Mäntsälässä vuosina 1975–2009.

Vuosina 1955–1975 rakennetut tiehankkeet aiheuttivat maatalousalueiden voimakasta vähentymistä väylien varsilla, esimerkiksi Malmin tutkimusalueella Kehä III:n ja Tuusulanväylän varrella. Espoossa lähiöiden kuten Kivenlahden ja Espoon keskuksen rakentaminen vuosina 1955–1975 aiheutti maatalousalueiden voimakasta vähentymistä. Kuvassa 49 on Kaukalahdenväylän varressa sijaitseva entiselle peltoaukealle rakennettua Vanttilan asuinalueita, sekä toisaalta perinteisenä säilynyttä maatalousmaisemaa Finnoontien varressa. Mäntsälän tutkimusalueella lähes kaikki suuret maatalousalueet, jotka olivat poistuneet käytöstä vuosina 1955–2009, sijaitsivat nykyisen keskustaaajaman läheisyydessä, mikä viittaa siihen, että maanviljelystä keskustan lähellä on tullut kannattamatonta.

Kaupungistumiskehityksen vaikutus niittyjen pinta-alan osuuden muutoksiin oli selkeä. Malmin tutkimusalueella niittyjen osuus pinta-alasta nousi rajusti vuodesta 1955 vuoteen 1975, samalla kuin maatalousmaita poistui käytöstä ja kaupungin rakentuminen oli merkittävää. Niityt syntyivät tällöin käytöstä poistetuille maatalousmaille. Maatalousmaiden muuttuminen niityiksi kaupungistumisen myötä havaittiin myös Yhdysvaltojen Madisonista tehdyssä tutkimuksessa (Weng 2007). Vuosina 1975–2009 niittyjen osuus vähentyi Malmilla enimmäkseen niiden muuttuessa rakennetuksi alueeksi rakentamispaineen takia tai metsittyessä. Kuvassa 50 kaksi kuvaa samalta tontilta, jossa vielä vuonna 2006 oli niitty, mutta vuonna 2010 tontille on rakennettu pientaloja.



Kuva 49. Entiselle peltoaukealle rakennettua tiivistä pientaloaluetta Espoon Vanttilassa. Maiseman avoimuus muistuttaa entisestä maankäytöstä. Oikealla perinteistä maatalousmaisemaa Espoon Finnoontien varressa. Espoo 6.3.2010. Kaikki valokuvat tekijän ottamia.



Kuva 50. Täydennysrakentamista Jokiniemessä Malmin tutkimusalueella. Vasemman puoleinen kuva on otettu vuonna 2006, ja neljässä vuodessa tiiviin kerrostaloalueen viereen on rakennettu pientaloasutusta. Samalla entinen niittyalue on muuttunut vahvasti päällystetyksi rakennetuksi alueeksi. Vantaa 13.5.2006 ja 11.7.2010.

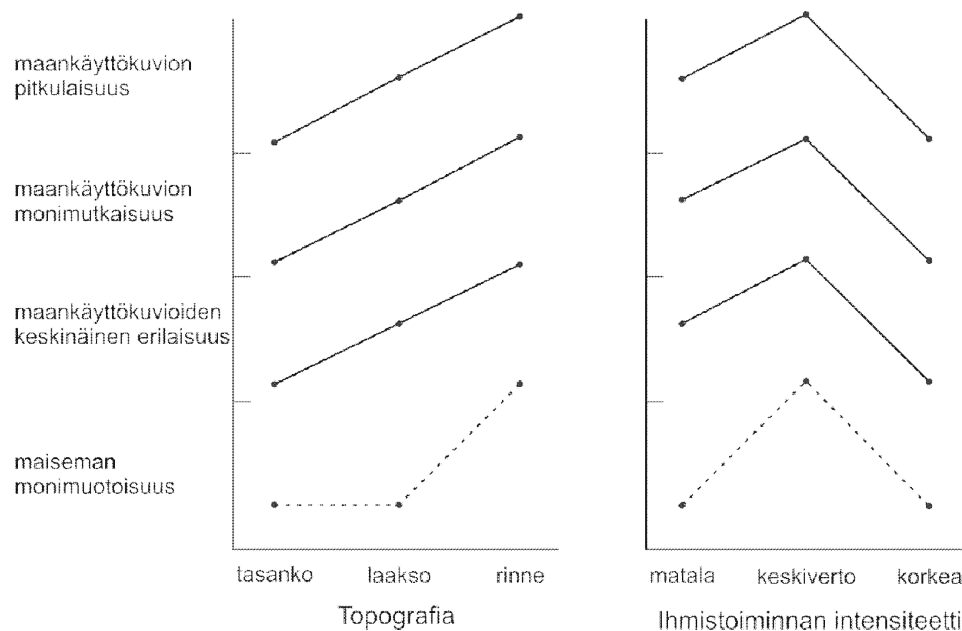
Espoon tutkimusalueen niittyjen osuuden muutokset noudattivat samaa kaavaa kuin Malmilla: voimakkaimman rakentamisen kauden jälkeen vuonna 1990 niittyjen osuus pinta-alasta oli suurimmillaan, ja sen jälkeen niiden osuus laski rajusti rakentamispaineen ja tonttipulan pahetessa. Mäntsälässä kaupungistuminen ei ole vielä ollut niin merkittävää, että sillä olisi ollut suurta vaikutusta niittyjen määrään eri ajankohtina. Mäntsälässäkin on kuitenkin havaittavissa, että kun suurimmat niittyalueet sijaitsivat vuonna 1955 melko hajallaan ympäri tutkimusaluetta, vuosina 1990 ja 2009 suurimmat niityt sijaitsivat

keskustaajaman läheisyydessä, jossa myös maatalousalueita poistui paljon käytöstä. Rakentamispaineen kasvaessa maatalous muuttui kaikilla tutkimusalueilla todennäköisesti kannattamattomaksi, sillä silloin myös tonttien hinnat kohoavat ja peltoja on kannattavampaa lohkoa rakennettaviksi tonteiksi.

Muiden maankäyttömuotojen eli lähinnä metsien ja soiden pinta-alan osuus pysyi kaikilla tutkimusalueilla melko samana. Pienet osuuden vaihtelut vuosina 1955–2009 alueilla liittyvät toisaalta entisille metsäalueille rakentamiseen ja toisaalta entisten maatalousmaiden metsittymiseen. Vesistöjen pinta-alan osuuden pieni kasvu Mäntsälässä johtuu lähinnä soiden ojituksista, jotka lisääntyivät alueella selvästi vuodesta 1955 vuoteen 2009.

8.2 Maiseman pirstoutuneisuus suhteessa kaupunki-maaseutu -gradienttiin ja luonnonoloihin

Maatalousalueiden koko (MPS) kertoo ihmistoiminnan voimakkuudesta: maaseutumaisimmalla tutkimusalueella Mäntsälässä pellot olivat suurimpia vuosina 1955–2009. Maatalousalueiden keskikoko taas oli kaikkein pienin Espoon tutkimusalueella, mikä kertoo maiseman pirstoutumisesta toisaalta kaupungistumisen ja toisaalta vaihtelevan topografian takia. Madisonista tehdyssä tutkimuksessa maatalousalueiden MPS oli pienin kaikkein kaupungistuneimmalla koealalla (Weng 2007), joten Espoon Malmia suurempaan arvoon vaikuttaa todennäköisesti juuri topografinen rikkonaisuus. Myös koko maiseman monimuotoisuus SHEI- ja SHDI-indeksien kuvastamana oli suurinta Espoon tutkimusalueella. Tulos noudattelee hyvin muiden tutkimusten tuloksia (esim. Luck & Wu 2002; Weng 2007), joiden mukaan maiseman monimuotoisuus ei ole kaikkein suurinta kaikkein kaupungistuneimmilla alueilla vaan maaseudun ja kaupungin rajalla. Formanin (2005: 115) mukaan selitys ilmiölle on se, että täysin kaupungistunut sekä lähes luonnontilainen alue ovat tasapainossa, kun taas kaupungin leviämisyvyöhykkeessä maaseudun rajalla maisema ei ole vielä tasapainotilassa vaan jatkuvassa muutoksen tilassa (kuva 51).



Kuva 51. Topografian ja ihmistoiminnan vaikutus maisemaan (Forman 1995: 115 pohjalta).

Kaupungistumisen vaikutuksen maiseman monimuotoisuuteen voi huomata vertailemalla eri tutkimusalueiden kehitystä toisiinsa. Kun Malmin tutkimusalueen rakentuminen oli voimakkainta (1955–1975), SHEI- ja SHDI-indeksien arvot nousivat. Kun kaupungistumisen vauhti tämän jälkeen vakiintui, myös indeksien arvot kääntyivät laskuun. Espoonkin tutkimusalueen indeksien arvot lähtivät laskuun vuoden 1990 jälkeen, kun taas Mäntsälässä, jossa kaupungistuminen on vasta alkamassa, SHEI:n ja SHDI:n trendi oli ainoana nousujohteinen vuosina 1990–2009. Indeksien arvojen laskun Espoossa ja Malmilla voi päätellä johtuvan juuri kaupungistumisesta eikä esimerkiksi maataloustuotannon tehostumisesta, sillä maaseutumaisimmallakin Mäntsälän tutkimusalueella maiseman monimuotoisuus kasvoi ajallisesti, toisin kuin esimerkiksi Hietala-Koivun (2002; 2004) tutkimuksissa Toholammilta, Nurmijärveltä ja Liperistä, joissa kaupungistumisen vaikutus tutkimusalueilla oli hyvin pieni.

1950-luvulla kiihtynyt maatalouden tehostuminen ja tilakokojen suureneminen ei näkynyt kovien selkeästi myöskään peltokokojen suurenemisena; trendit olivat vaihtelevia vuodesta 1955 vuoteen 2009. Ainoastaan Malmin tutkimusalueella vuosina 1975–1990 maatalousmaiden keskimääräinen koko nousi lähes 2 hehtaaria, mutta kasvu johtui ennemminkin pienten maatalousalueiden ottamisesta rakennuskäyttöön, kuin olemassa

olevien peltolohkojen yhdistämisistä. Kaikkein maaseutumaisimmassa Mäntsälässäkin maatalousalueiden MPS-indeksin trendi oli hieman laskeva.

Niittyjen keskikoko oli Mäntsälässä pienin, mutta se nousi Malmin tapaan vuodesta 1975 lähtien, mikä todennäköisesti kertoo yhä suurempien maatalousalueiden poistumisesta viljelykäytöstä keskustaajaman lähistöllä. Malmin tutkimusalueella niittyjen keskikoon kasvu taas liittyy pienten niittyjen täydennysrakentamiseen, sillä niittyjen määrä Malmilla laski Malmilla paljon vuosina 1975–2009. Espoossa niittyjen keskikoko vaihteli kaikkein vähiten, mihin saattaa liittyä se, että Espoonlahden rannoilla oli läpi koko tarkastelujakson rantaniittyjä – mukaan lukien Natura 2000 -alue – joiden koko pysyi melko samana.

Rakennettujen alueiden keskikoon muutokset liittyvät taajamoitumiskehitykseen: vuosina 1955–1990 Malmilla ja Espoossa rakennettujen alueiden keskikoko nousi voimakkaasti, kun pieniä rakennettuja alueita yhdistyi toisiinsa täydennysrakentamisen myötä. Vuosina 1990–2010 rakennettujen alueiden MPS on kääntynyt laskuun, mikä saattaa kertoa kokonaan uusien asuinalueiden tarpeesta, kun taajamia ei ole enää haluttu tiivistää. Mäntsälän maaseutumainen haja-asutusluonne taas näkyy hyvin pienenä rakennettujen alueiden keskikokona vuosina 1955–2009. Kaupunki-maaseutu -gradientti on havaittavissa selkeästi rakennettujen alueiden keskikoossa, jota kaupungistuminen vaikuttaa kasvattavan.

Kaupungistuminen ei näytä vaikuttaneen tutkimusalueiden maatalousmaihin siten, että ne olisivat epäsäännöllisemmän muotoisia kaupungin ja maaseudun rajalla, toisin kuin Luckin ja Wun (2002) tutkimuksessa. Trendi on Espoon tutkimusalueilla jopa päinvastainen. Sen sijaan maatalousmaiden muoto oli kaikkein säännöllisin kaupungistuneimmalla Malmilla, mikä noudattelee Phoenixin metropolialueelta tehdyn tutkimuksen tuloksia (Luck & Wu 2002). Niittykuvioiden osalta kaikilla tutkimusalueilla oli havaittavissa kehitys epäsäännöllisemmän muotoiseksi kaupungistumisen edetessä. Kaupungistuminen näkyi alueellisesti ja ajallisesti myös rakennettujen alueiden ED-indeksin nousuna, mikä vastaa Phoenixin metropolialueen tuloksia rakennettujen alueiden muodon epäsäännöllisyydestä (Luck & Wu 2002). Tämä saattaa johtua siitä, että kaupungissa rakennetut alueet ja niityt ovat muiden maankäyttöjen puristuksessa, mikä saattaa johtaa niiden hajanaiseen muotoon.

Kaikilla tutkimusalueilla suhteellisten korkeuserojen lisääntyminen vähensi rakentamista, mikä on luonnollista, sillä rakentaminen on haastavampaa ja kalliimpaa rinteille kuin

tasaisemmille alueille. Tutkimusalueiden väliset erot heijastelivat alueiden erilaisia topografisia olosuhteita. Korkeuseroiltaan vähäisellä ja kaupungistuneella Malmilla sekä Mäntsälässä, jossa kaupungistuminen on vielä vähäistä ja korkeuserot hieman suuremmat, rakennetun alan kasvun trendi oli hyvin samankaltainen. Malmilla vain rakennetut pinta-alat ovat kauttaaltaan suurempia. Sen sijaan topografisesti kaikkein rikkonaisimmalla Espoon tutkimusalueella rakentaminen väheni vasta suhteellisten korkeuserojen ylittäessä 20 metriä, mikä kertoo siitä, että jos alueella ylipäänsä halutaan rakentaa, on pakko rakentaa myös topografisesti rikkonaisille alueille. Paine alueen rakentamiseen on kuitenkin suuri. Muilla alueilla taas rakentamisen kasvu väheni eniten juuri korkeuserojen kasvaessa 0 metrillä 20 metriin.

Maatalousalueiden pinta-ala väheni suhteellisten korkeuserojen kasvaessa vielä paljon jyrkemmin kuin rakentaminen. Trendi oli kaikkein voimakkain ja ajallisesti vähiten muuttunut Mäntsälässä, jossa ihmisvaikutus on kaikkein vähäisintä. Tällaisella alueella kynnysarvona maatalousmaan voimakkaimpaan vähenemiseen voidaan pitää 10 metriä, jonka jälkeen suhteellisten korkeuserojen vaikutus peltoalan vähenemiseen heikkenee. Kaupungistuminen näyttää vaikuttavan maatalousmaan poistumaa lieventävästi: maatalousmaan poistuma ei ole enää niin jyrkkää suhteellisten korkeuserojen kasvaessa. Ilmiö näkyy sekä ajallisesti Espoon ja Malmin tutkimusalueiden kehityksessä että alueellisesti maaseutu-kaupunki-gradientilla Mäntsälästä Malmille. GAM-mallin heikko selityksaste Malmin tutkimusalueella vuonna 2009 kertoo siitä, että maatalousmaan poistumaan vaikuttaa kaupungistumisen myötä yhä suurempi joukko tekijöitä topografisen rikkonaisuuden ohella.

Eri maalajityypille rakentaminen vuosina 1955–2009 korosti niin ikään tutkimusalueiden erilaisia maaperäolosuhteita. Kaupungistumisen aiheuttaman rakentamispaineen vaikutus näkyy kuitenkin vahvasti erityisesti savialueille rakentamisessa. Vaikka Mäntsälän ja Malmin pinta-alasta on saman verran savikkoa (43 %), Mäntsälässä savikoille rakennettiin hyvin vähän verrattuna Malmiin. Havainto tukee tietoa siitä, että sora- hiekkamaat ovat parasta rakennusmaata, ja alueella, jossa rakentamispaine on alhainen, rakennetaan ensin karkearakeisten maalajien alueelle, ja vasta paineen kasvaessa otetaan käyttöön heikommin rakentamiseen soveltuvien maalajien alueet.

8.3 Tutkimusalueiden yhdyskuntarakenteen kehitys

Mäntsälän tutkimusalueella väestönkasvu selitti yli 50 % rakennetun alueen pinta-alan kasvun arvojen devianssista, kun Espoossa ja Malmilla luku oli yli 10 ja 20 prosenttiyksikköä pienempi. Tästä voidaan päätellä, että vähäisen ihmisvaikutuksen alueella Mäntsälässä rakentaminen keskittyi nimenomaan asuinalueisiin. Malmin ja Espoon tutkimusalueilla maankäyttö on ollut kaupungistumisesta johtuen sekoittuneempaa ja alueelle rakennettiin vuosina 1975–2009 myös paljon työpaikka-, varasto, ja palvelualueita kuten myös suuria tiehankkeita.

Rakennetun alan kasvun ja väestönkasvun suhteesta voidaan arvioida myös rakentamisen tehokkuutta. Kun Malmin tutkimusalueella noin 6 hehtaarin pinta-alasta rakennettiin vuosina 1975–2009 puolet, alueen vastaava väestön kasvu oli noin 400 asukasta. Espoon tutkimusalueella 3 hehtaarin rakennetun alan kasvua vastasi taas 300 asukkaan väestönkasvu ja Mäntsälässä ainoastaan noin 70 asukkaan lisäys. Rakentaminen Mäntsälän tutkimusalueella oli täten huomattavan väljää verrattuna kahteen pääkaupunkiseudun tutkimusalueeseen. Siksi myös yhden asukkaan vaatima rakennettu pinta-ala oli Mäntsälässä huomattavasti kaupunkimaisempia alueita suurempi.

Maatalousmaan poistuman ja väestönkasvun välinen riippuvuus oli merkittävin niin ikään Mäntsälän tutkimusalueella, mistä voidaan päätellä, että ilman voimakasta rakentamispainetta väestönkasvu näyttää ensin lisäävän maatalousmaiden poistumaa rajusti, mutta häviämä tasaantuu tietyn kynnyksarvon jälkeen. Väestönkasvu selitti Espoon tutkimusalueella hyvin vähän maatalousmaan poistumaa, mikä voi johtua siitä, että alueen laajimmat maatalousalueet sijaitsivat ja sijaitsevat edelleen alueen länsiosassa Espoon ja Kirkkonummen rajalla, kun taas väestönkasvu on ollut suurinta alueen etelä- ja itäosassa.

Alueiden väliset erot olivat suuret: maatalousmaan 3 hehtaarin poistuman aiheutti Malmilla noin 500 asukkaan, mutta Mäntsälässä jo 100 asukkaan väestönkasvu. Täten myös maatalousmaan poistuma henkilöä kohden oli Mäntsälässä kaikkein suurin. Mäntsälässä myös ainoana alueena maatalousmaan poistuma henkilöä kohden oli suurempaa vuosina 1990–2009 kuin vuosina 1975–1990, mikä kertoo alueen kaupungistumisen alkaneen vaikuttaa alueella kiihtyneinä maatalousmaan lakkautuksina vasta 1990-luvulla. Suuri

asukaskohtainen maatalousmaiden poistuma kertonee myös alueen alhaisesta rakentamistehokkuudesta, joka vie paljon maapinta-alaa – myös maatalousmailta.

Yhdyskuntarakenteen liikkumisvyöhykkeille rakentamisessa Malmin ja Espoon tutkimusalueiden kehitys on ollut suotavaa. Autovyöhykkeille rakentaminen sekä vyöhykkeen osuus väestönkasvusta väheni merkittävästi vuosina 1975–2009. Vähän liikkumistarvetta aiheuttaville jalankulkuvyöhykkeille rakentaminen sekä jalankulkuvyöhykkeiden osuus väestönkasvusta sen sijaan väheni molemmilla alueilla, sillä ne rakennettiin jo melko tiiviiksi vuosina 1975–1990; joitain alueita ei ainakaan Malmin tutkimusalueella pystytä enää tiivistämään ilman, että asukkaiden elämänlaatu kärsisi.

Mäntsälässä rakennettiin ja väestö sijoittui viime vuosikymmeninä eniten jalankulkuvyöhykkeille noin 2,5 kilometrin säteelle keskustasta, mikä parhaimmillaan vähentää liikkumisen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä, sillä asiointi vyöhykkeellä jalan tai pyörällä on helppoa. Vuosina 1990–2009 autovyöhykkeille rakentamisen osuus kuitenkin nousi, mikä ei ole yhdyskuntarakenteen kehityksen kannalta suotavaa, sillä alueen alhaisella rakentamistehokkuudella taajama-alue joutuu levittäytymään hyvin laajalle alueelle suhteessa väestömäärään. Tällöin alueen väestöpohja ei riitä joukkoliikenteen järjestämiseen, mikä johtaa yksityisautoilun ja liikkumisen hiilidioksidipäästöjen lisääntymiseen (Kalenoja et al. 2011). Alueelle on kehittynyt Mäntsälän juna-aseman (kuva 52) myötä joukkoliikennevyöhyke, joka kuitenkin sijaitsee hieman sivussa kuntakeskuksesta, mikä haittaa sen hyödyntämistä. Alueelle täytyisikin sijoittaa yhä enemmän asuinrakentamista, jotta joukkoliikenteen käyttäjämäärä kasvaisi.

Mäntsälän tutkimusalueen vähäinen asemakaavoitusprosentti (12 %) ja rakentamisen suunnittelemattomuus selittää osaltaan alueen yhdyskuntarakenteen hajautumista, joka ilmeni myös alhaisena rakennettujen alueiden keskikokona (MPS) samoin kuin Madisonin maaseutumaisilla alueilla (Weng 2007). Suomen maaseutualueilla on kansainvälisesti tarkasteltuna helppoa saada rakennuslupia yksityismaille rakentamiseen, mitä on tärkeä tekijä haja-asutuksen leviämisessä maisemaan (Overbeek 2009).

Mäntsälän tutkimusalueen autovyöhykkeiden osuuden kasvu näkyi myös moniautoistumisen yleistymisenä verrattuna muihin tutkimusalueisiin. Mäntsälässä myös rakentamistehokkuuden vaikutus vähintään kahden auton omistuksen lisääntymiseen oli

tutkimusalueista voimakkain. Aluetehokkuuden ja moniautoistumisen suhteen voidaan Mäntsälässä nähdä aluetehokkuuden kynnyksisarvo (noin 0,10–0,15), jota väljemmin alueella ei kannattaisi rakentaa, mikäli halutaan hillitä autonomistuksen kasvua. Espoossa rakentamisen tehokkuus vaikutti moniautoistumiseen kaikkein vähiten, eli voidaan olettaa, että alueella kahden tai useampien autojen omistusta selittävät pääasiassa muut tekijät, kuten esimerkiksi tulotaso ja demografia.



Kuva 52. Z-juna Mäntsälän rautatieasemalla, joka avattiin vuonna 2006. Mäntsälä 16.9.2010.



Kuva 53. Näkymä Vantaanjoen ylittävältä samalta sillalta etelään Helsingin puolelle ja pohjoiseen Vantaan puolelle. Helsingin puolella avautuvat Haltialan pellot ja Vantaan puolella Tammiston asuinalueita ja hoidettua viheraluetta. Helsinki ja Vantaa 10.9.2010.

Kuntarajan vaikutuksen maankäyttöön voi parhaiten havaita Malmin tutkimusalueella, jossa Vantaanjokea pitkin kulkeva Helsingin ja Vantaan kaupunkien raja aiheuttaa paikoin hyvin erilaista maankäyttöä joen eri puolilla johtuen alueiden erillisestä yleiskaavoituksesta (kuva 53). Helsingin puolella avautuu Haltialan perinteinen maatalousmaisema ja Vantaan puolella entiselle maatalousmaalle rakennettu Tammiston asuinalue.

8.4 Muutosten maisemaekologiset vaikutukset

Maiseman muutoksella on ollut kaupungistumisen myötä suuria ekologisia vaikutuksia Helsingin metropolialueella. Sen lisäksi, että monien eliöiden elintila on supistunut rakennetun alueen osuuden kasvettua, myös alueiden ilmastolliset ja hydrologiset olosuhteet ovat muuttuneet. Rakennetun alueen pinta-alan kasvu oli merkittävintä Malmin tutkimusalueella, jossa todennäköisesti myös pienilmasto on muuttunut eniten, ja tulva- ja eroosioherkkyys on kasvanut päällystetyn pinnan lisääntymisen myötä, minkä voi nähdä kuvassa 50. Muutosten maisemaekologisia vaikutuksia tutkimusalueilla arvioidaan tässä luvussa pääasiassa maiseman nykytilan (vuosi 2009) perusteella.

8.4.1 Viheralueiden koko ja muoto

Malmin tutkimusalueella suurikokoisia viheralueita ei ole paljon jäljellä voimakkaan rakentamisen takia. Ydinalueeltaan suurin metsäalue sijaitsee tutkimusalueen länsiosassa Haltiavuoren alueella, joka on osa Helsingin Keskuspuistoa. Suurten viheralueiden pirstoutuminen Vantaanjoen pohjoispuolella sekä alueen kaakkoisosassa on johtanut todennäköisesti elinympäristöjen sisäosissa viihtyvien lajien häviämiseen alueilla, sillä laikkujen reuna-alueen osuus on kasvanut pirstoutumisen myötä. On hyvin todennäköistä, että Malmin tutkimusalueella elinympäristöjen sisäosissa viihtyviä metsälajeja tapaa ainoastaan Keskuspuistoon kuuluvalla alueella. Tosin silläkin alueella ihmisen aiheuttama tallaus ja muut häiriöt ovat hyvin merkittäviä. Malmin alueen lajisto koostuukin todennäköisesti paljolti reuna-, generalisti- sekä vieraslajeista. Vuosina 1955–2009 myös pienten metsälaikkujen alueita hävisi ympäri tutkimusaluetta, mikä vähentää suurtenkin viheralueiden lajiston geneettistä vaihtelua. Malmin tutkimusalueen viheralueiden rajat ovat melko suoraviivaisia, sillä suuret viheralueet rajautuvat suoraan ihmistoiminnan alueisiin kuten asuinalueisiin tai peltolohkoihin, mikä vaikeuttaa eläinten liikkumista alueella

Espoon tutkimusalueella suuria viheralueita on lähinnä itäosassa Espoon Keskuspuistossa, Kirkkonummen puolella Espoonlahden lounaisrannalla sekä tutkimusalueen luoteisosassa. Elinympäristölaikkujen sisäosissa viihtyviä lajeja löytyy todennäköisesti juuri näiltä alueilta. Pieniä pirstaleisia viheralueita on myös hyvin paljon etenkin alueen länsiosassa, ja näiden alueiden lajisto koostuu todennäköisesti generalisti- ja reunalajeista. Länsiosan pienet metsälaikut toimivat hyvinä askelkivinä suurempien metsälaikkujen lajeille ja kasvattavat niiden lajiston geneettistä vaihtelua.

Viheralueiden reunaviivat ovat Espoon tutkimusalueella hyvin vaihtelevia. Esimerkiksi Keskuspuiston eteläpuolisella alueella rakennettuihin alueisiin rajautuvat metsät ovat reunoiltaan hyvinkin suoraviivaisia, mutta pohjoisempana Keskuspuiston pohjoispuolella maatalousmaihin vaihtuvien metsäalueiden rajat ovat melko käyräviivaisia. Rajojen heterogeenisyys kasvattaa alueen lajiston monimuotoisuutta, sillä tarjolla on pienellä alueella hyvin erityyppisiä habitaatteja. Elinympäristölaikut ovat Espoon tutkimusalueella kauttaaltaan hyvin erikokoisia ja -muotoisia, mikä todennäköisesti lisää alueen lajimäärää.

Mäntsälän tutkimusalueella on hyvin laajoja yhtenäisiä metsä- ja suoalueita erityisesti alueen itäosassa, jossa sijaitsee myös kaksi vanhojen metsien Natura 2000 -aluetta. Tutkimusalueella esiintyykin monia lajeja, jotka ovat herkkiä ihmisvaikutukselle sekä viihtyvät elinympäristölaikkujen sisäosissa, kuten esimerkiksi monia vanhojen metsien lajeja, jotka vaativat selviytyäkseen vanhaa puustoa sekä paljon lahoppuuta (Uudenmaan ympäristökeskus 2002a, 2002b). Keskustaajaman reunamilla rakennettujen alueiden ja peltojen lomassa on paljon pieniä metsälaikkuja, joissa esiintyy todennäköisesti paljon reunalajeja ja jotka voivat toimia askelkivinä. Suuret metsäalueet ovat paikoin melko pyöreän muotoisia sisältäen kuitenkin useita loobeja eli ulokkeita. Lajien selviytymisen kannalta kyseinen muoto on Formanin (1995: 125) mukaan paras mahdollinen.

8.4.2 Estevaikutukset ja käytävät

Lajien liikkuminen ja leviäminen on todennäköisesti hyvin vaikeaa Malmin tutkimusalueella. Alueelle on rakentunut kolme leveää moottoritietä, ja erityisesti Tuusulantien ja Kehä I:n sekä pääradan risteyspaikat ovat ongelmallisia alueita eläinten liikkumisen kannalta (Väre & Krisp 2005: 21), mikä taas aiheuttaa populaatioiden geneettisen vaihtelun vähenemistä.

Esimerkiksi Kehä III eristää kaikki sen eteläpuoliset viheralueet pohjoisen suuntaan, eikä tielle ole rakennettu minkäänlaisia eläinten käytössä olevia alikulkuja (Väre & Krisp 2005: 24). Täten Kehä III:n ja aidatun lentokenttäalueen jäävät viheralueet ovat hyvin eristyneitä ja paikallisten sukupuuttojen vaara on huomattava. Myös Lahden moottoritien sekä sen varren rakentaminen on pirstonut alueen kaakkoisosan yhtenäisen viheralueen aiheuttaen suurta estevaikutusta. Moottoriteiden melu leventää teiden estevaikutusta, ja Helsinki-Vantaan lentokentästä lounaaseen ulottuvalla alueella myös lentomelu on merkittävää (Niskanen et al. 2008: 21; Leskelä et al. 2010).

Espoon tutkimusalueen Keskuspuiston viheralueet ovat pahasti pirstoutuneet ja eristyneet joka suunnalta muista metsäalueista Kehä III:n, Turunväylän ja Länsiväylän leveiden moottoriteiden takia. Kirkkonummelta Kivenlahteen kulkeva Kantatie 51 halkoo myös lounaisosan suurta metsäaluetta. Tietä ollaan vielä leventämässä moottoritieksi vuoteen 2013 mennessä (Liikennevirasto 2011). Espoon tutkimusalueella erityisesti Turunväylän ja Länsiväylän ympäristöt erottuivat Väre ja Krispin (2005: 22) selvityksessä estevaikutukseltaan korkeiksi alueiksi. Eläinten liikkumisen vaikeutuminen näkyy alueen lajiston geneettisen vaihtelun pienenemisenä ja tiekuolemien kasvuna (Väre et al. 2003).

Teiden estevaikutusta ja eläinkuolemia voidaan välttää erilaisilla eläimille tarkoitettujen vihersiltojen- ja alikulkujen rakentamisella, joiden rakentaminen Suomessa alkoi vasta 1990-luvun lopulla (Väre et al. 2003: 19). Myös Kantatie 51 rakentamisen yhteydessä rakennetaan vähintään 35 metriä leveä vihersilta pääasiassa hirvieläinten kulun ohjaamiseksi moottoritien ylitse Porkkalaniemeltä Nuuksioon tiekuolemien välttämiseksi (Väre et al. 2003: 20; Liikennevirasto 2011). Silta toimii samalla eri populaatioita yhdistävänä ekologisena käytävänä vähentäen väylän estevaikutusta. Alikulkuja tulisi Väre ja Krispin (2005: 23) mukaan rakentaa Espoossa erityisesti vilkasliikenteiselle Finnoontielle, joka tällä hetkellä eristää Espoon Keskuspuiston kahdeksi alueeksi.

Mäntsälässä tärkeimmät estevaikutukset muodostuvat Lahden moottoritiestä sekä oikoradasta, jotka samansuuntaisina kulkiessaan ovat eläimille hyvin hankalia ylittää. Toinen merkittävä tieväylä on luode-lounas -suuntainen Porvoontie, joka halkoo osittain lounaisen suurta metsä- ja suokuviota. Se on kuitenkin estevaikutukseltaan heikko, sillä se on melko kapea ja sen liikennemäärät ovat moninkertaisesti alhaisemmat kuin esimerkiksi Kantatiellä 51 Espoon tutkimusalueella (Liikennevirasto 2009).

Malmin tutkimusalueella Vantaanjokilaakson kapeahko viherkäytävä sitä reunustavine maatalousalueineen on tärkeä yhteys pohjoiseen eläinten liikkumisen kannalta, ja yhdistyessään Keskuspuistoon se muodostaa tärkeän osan myös maakunnallista ekologista verkostoa (Väre & Krisp 2005: 21). Joenvarren kasvillisuusvyöhyke on todennäköisesti tärkeä myös Vantaanjoen vedenlaadulle. Tutkimusalueen muut käytävät ovat kapeita ja usein epäyhtenäisiä. Viherkäytävät reunustavat kaikkia moottoriteitä, joiden pientareilla voi kasvaa täydennysrakennetuilta niityiltä kadonneita ruderaattikasvilajeja.

Espoon tutkimusalueella suuret viheralueet ovat melko hyvin yhdistyneet toisiinsa viherkäytävin. Paikoin käytävät ovat kuitenkin hyvin kapeita ja hajanaisia, kuten yhteys Keskuspuistosta Etelä-Espooseen. Espoonjoki kulkee pääosin kapeassa ja katkonaisessa viherkäytävässä, ja Mankinjoki suuren yhtenäisen metsäalueen läpi, mikä todennäköisesti parantaa joen vedenlaatua. Espoonlahtea reunustaa etenkin sen pohjoisrannan Natura2000-alueella leveä kosteikkokasvillisuusvyöhyke, jolla on myös positiivinen vaikutus merenlahden vedenlaatuun, jota alueen maatalous uhkaa (Helminen et al. 2008).

Mäntsälässä peltoaukeiden keskellä virtaavan Mäntsälänjoen varressa on joen eteläpäässä hyvin kapea viherkäytävä, mutta pohjoisosassa joki rajautuu suoraan maatalousalueisiin, mikä voi aiheuttaa ongelmia joen vedenlaadulle. Maatalousalueita ylittäviä metsäaluekäytäviä on Mäntsälässä vähän, mutta suurten viheralueiden reunoilla on paljon pieniä metsälaikkuja, jotka voivat toimia askelkivien sarjoina yhdistäen suurempia metsäalueita.

8.4.3 Täydennysrakentamisen vaikutus

Täydennysrakentaminen entisille niittyalueille on ollut merkittävää Malmilla ja Espoossa vuosina 1975–2009, mikä voi olla ekologisesti ongelmallista, sillä tällaisten puolittain luonnontilaisten avomaiden biodiversiteetti saattaa olla hyvin suuri. Monet perinteisen maatalousmaiseman lajit voivat löytää tällaisilta alueilta uusia elinympäristöjä, mikäli ne eivät ole herkkiä ihmisvaikutuksen aiheuttamalle häiriölle (kuva 54).

Vaikka viherrakenne Mäntsälässä on säilynyt tutkimusalueista parhaimpana ja suuret alueet luonnontilaisina, väestömäärään suhteutettuna rakentaminen on ollut muita tutkimusalueita tehottomampaa ja muun muassa maatalousmaata on poistunut henkeä kohti moninkertainen

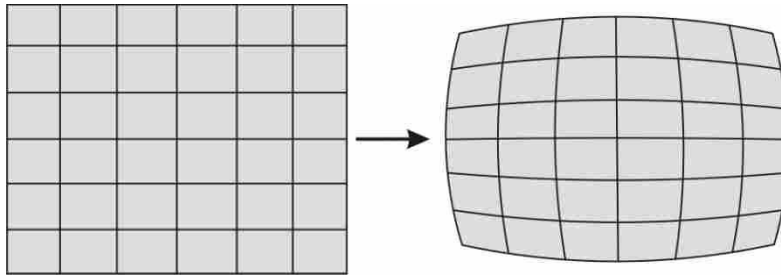
määrä pääkaupunkiseudun tutkimusalueisiin verrattuna. Väljästi rakennettujen alueiden myötä ihmisvaikutukselle altistuva alue suurenee, ja vuosikymmenien maisemanmuutoksen aikana hävinneiden viheralueiden – erityisesti metsien – määrä voi olla usein suurempi kuin valmiiksi tiiviisti rakennetuilla alueilla (Pauleit et al. 2005).



Kuva 54. Niityt ja muut avo- ja joutomaat ovat biodiversiteetiltään usein hyvin monipuolisia. Kuvassa kiuru Jokiniemessä Malmin tutkimusalueella. Vantaa 11.7.2010.

8.5 Tulosten luotettavuus

Tutkimuksessa virheitä voivat aiheuttaa erilaiset aineiston laadinnassa ja käsittelyssä tapahtuneet virheet. Esimerkiksi vanhojen karttojen valokuvauksessa tynnyrivääristymä, jonka periaate on esitetty kuvassa 55, voi aiheuttaa vääristymiä kohteiden muotoihin ja pinta-aloihin. Myös karttojen georeferoinnin onnistuminen vaikuttaa olennaisesti pinta-alojen oikeellisuuteen. Vanhojen karttojen kartoituksen tarkkuuden erot saattavat niin ikään vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin. Esimerkiksi peltojen kartoitus oli vuoden 1955 kartoissa hieman pienipiirteisempää kuin myöhemmin laadituissa peruskartoissa, mikä saattaa vaikeuttaa muun muassa MPS-arvojen tulkintaa.



Kuva 55. Tynnyrivääristymän vaikutus pinta-aloihin. Vääristymä on suurinta kuvan reuna-alueilla.

Erilaiset digitointivirheet ja karttatulkinnassa tapahtuneet virheet voivat niin ikään vaikuttaa tuloksiin. Digitoitaessa vanhojen peruskarttojen maankäyttö digitointiin kuitenkin muokkaamalla ne aina uudemman ajankohdan aineistoista, jotta digitoinnin eroavaisuuksia tai suoranaisia virheitä ei tulkittaisi maiseman muuttumiseksi ja virhetulkintojen mahdollisuus vähenisi. Digitointitarkkuus asettaa kuitenkin paljon rajoitteita tuloksista tehtäville päätelmille. Tämän tutkimuksen digitointitarkkuus ei esimerkiksi riitä rakennettujen alueiden sisällä sijaitsevien viheralueiden verkoston inventointiin. Niin ikään rakennetun alueen tehokkuus – onko kyseessä väljä pientalo- vai tiivis kerrostaloalue – ei näy rakennetun alueen digitoinneissa. Näitä tekijöitä voitiin tutkimuksessa kuitenkin arvioida YKR:n kerrosalatiedosta lasketun ruuduittaisen aluetehokkuuden perusteella. Digitointitarkkuus ei myöskään riittänyt perinteisen maatalouden synnyttämien pientarha-alueiden kuten pensaikkojen ja pientareiden muutosten tarkasteluun.

On syytä muistaa, että maisemaekologiset indeksit eivät huomioi maiseman muutoksen kaikkia ulottuvuuksia. Esimerkiksi MPS-indeksi ei ole spatiaalisesti eksplisiittinen, koska indeksin arvo ei ole riippuvainen kuvioiden sijainnista ja kuvioiden keskinäisestä sijoittumisesta. Tietyn ED-indeksin arvon taas voi saavuttaa yhtä lailla kaksi tai 10 maankäyttökuvioita, ne voivat olla aggregoituneet lähelle toisiaan tai hyvin hajallaan maisemassa (McGarigal & Marks 1995). Muotoa kuvaavat indeksit, kuten MSI ja ED, ovat sikäläkin hyvin suuntaa antavia, sillä niiden arvot eivät kerro, johtuuko maankäyttökuvion epäsäännöllisyys esimerkiksi sen pitkänomaisesta muodosta vai reunaviivan käyräviivaisuudesta. Siksi esimerkiksi viheralueiden muotoa on tässä tutkimuksessa päädytty kuvailemaan karttatulkinnan pohjalta.

Tilastollisiin tarkasteluihin liittyy aina virhepäätelmien riski. Yleistetyissä additiivisissa malleissa (GAM) vapausasteet määräävät pitkälti mallin sovittamisesta pistejoukkoon. Mikäli käytetään liian korkeita vapausasteita, mallista voi tulla ylisovittava, ja vallitseva trendi voi hukkaa aineiston pieniin vaihteluihin. Tässä tutkimuksessa optimaalista vapausasteiden määrää kokeiltiin vertailemalla erilaisia vapausasteita, ja päädyttiin käyttämään 3 vapausastetta, jotta trendit tulisivat selkeästi näkyviin.

Topografian vaikutusta maatalousalueiden poistumaan tarkastelevissa GAM-malleissa havaintojen devianssin selitysaste pieneni vuodesta 1955 vuoteen 2009. Ero on todennäköisesti todellinen, mutta lisäksi devianssin selitysasteen pieneneminen saattoi johtua myös n-määrien pienenemisestä.

Rakennetun pinta-alan suhteesta asukasmäärään on syytä huomioida, että kaikki rakennetut alueet eivät ole asuinalueita, joten kovin pitkälle meneviä päätelmiä rakentamisen määrästä henkilöä kohden ei voi tehdä. Absoluuttisiin lukuihin keskittymisen sijaan alueiden väliset erot ovat olennaisia. Koska pitkälle kaupungistuneilla Malmin ja Espoon tutkimusalueilla on huomattavasti enemmän pelkkiä työpaikka- ja palvelualueita kuin Mäntsälässä, per henkilö - lukujen voidaan olettaa olevan suhteellisesti liioittelevampia Malmilla ja Espoossa kuin Mäntsälässä.

9. Johtopäätökset

Tutkimusalueiden maiseman muutos heijasteli kunkin alueen kaupungistumiskehitystä. Malmin tutkimusalueella kaupungistuminen oli edennyt pisimmälle näkyen merkittävänä rakennetun pinta-alan lisääntymisenä ja maatalousmaiden poistumana. Epäedullisimpien savimaalajien alueelle rakentaminen oli yleisintä Malmin tutkimusalueella, mikä kertoo alueen suuresta rakentamispaineesta.

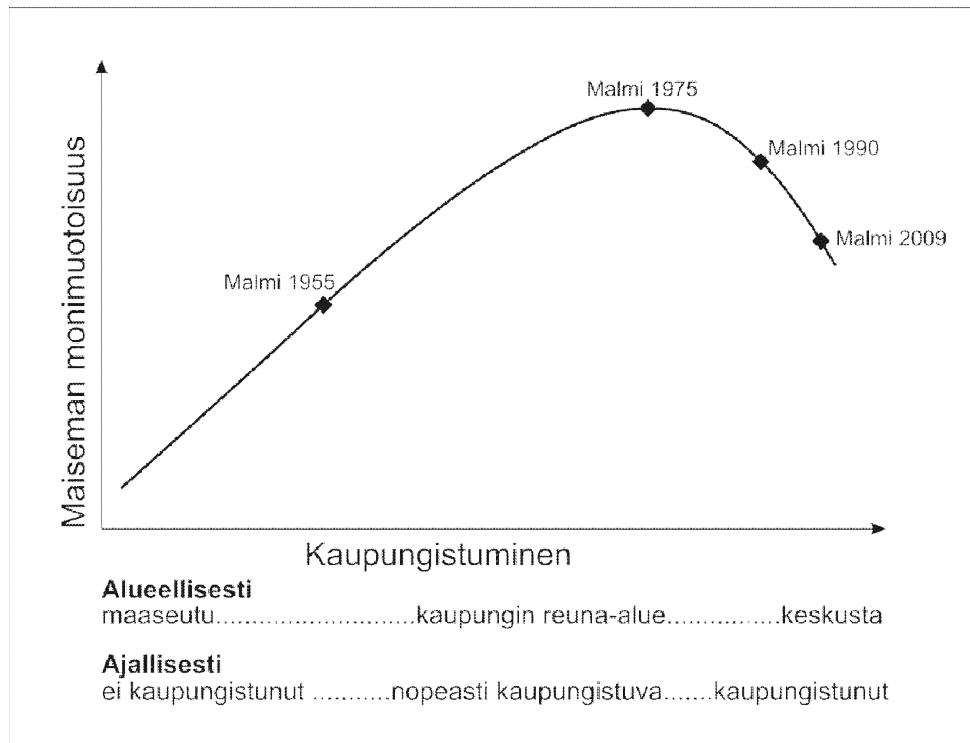
Topografian vaikutus maiseman muutokseen oli muista tutkimusalueista poikkeava Espoossa, jossa melko suurelta suhteelliset korkeuserot – jopa 20 metriä – eivät vaikuttaneet rakennetun alan kasvuun, mikä selittyy toisaalta alueen muita alueita suuremmalla topografisella rikkonaisuudella sekä rakentamispaineella. Maatalousmaat olivat sijoittuneet topografisesti kaikkein tasaisimmille alueille maaseutumaisimmassa

Mäntsälässä, ja kaupungistumisen ja rakentamispaineen vaikutus näkyi myös ajallisesti siten, että pääsääntöisesti kaikilla tutkimusalueella suurempi osa maatalousmaista sijoittui topografisesti rikkonaisemmille alueille vuonna 2009 kuin vuonna 1955. Väestönkasvu selitti kaikilla tutkimusalueilla pitkälti sekä rakennetun alueen kasvua että maatalousmaiden poistumaa; erityisesti maaseutumaisimmalla Mäntsälän tutkimusalueella, jossa vuosina 1975–2009 rakennetut alueet olivat pitkälti asuinalueita.

Maatalouden 1950-luvulla kiihtynyt tehostuminen ei näkynyt selkeästi maatalousmaiden keskikoon kasvuna tutkimusalueiden maisemassa; maatalouskäytäntöjen muutoksen vaikutusten tutkimus saattaisi vaatia hieman pienipiirteisempää tarkastelua alueilla. Maiseman muutokseen johtaneita tekijöitä taas voitaisiin selittää tarkemmin alueiden maanomistusolosuhteita selvittämällä.

Malmilla ja Espoossa maatalousalueita muuttui viljelemättömiksi niityiksi runsaasti voimakkaimman rakentumisen yhteydessä, ja niittyjen määrä vähentyi myöhemmin täydennysrakentamisen takia. Mäntsälän tutkimusalueella taas niittyjen osuus pysyi hyvin muuttumattomana ja alhaisena Malmiin ja Espooseen verrattuna, mikä kertoo siitä, että kaupungistumisella on suuri vaikutus maatalousmaiden ohella myös niittyjen määrään maisemassa. Kaupungistuminen vaikuttaisi tutkimuksen perusteella myös johtavan niitylaikkujen ja rakennettujen alueiden epäsäännöllisempään muotoon.

Tutkimustulokset vahvistivat aiempien tutkimuksen tuloksia maiseman monimuotoisuuden suhteesta kaupunki-maaseutu -gradienttiin: kaupungistuneimman ja maaseutumaisimman tutkimusalueen välissä sijaitsevalla Espoon tutkimusalueella maiseman monimuotoisuus oli MPS-, SHEI- ja SHDI-indekseillä mitattuna kaikkein suurin. Kuvassa 56 on tiivistetty ilmiön periaate, jonka mukaan sekä alueellisesti että ajallisesti kaupungin nopeasti kaupungistuva reuna-alue on maisemaltaan kaikkein monimuotoisin. Espoon tutkimusalueen suuri topografinen rikkonaisuus muihin alueisiin verrattuna todennäköisesti vielä vahvisti ilmiön vaikutusta. Tutkimusalueiden spatiaalis-temporaalinen maiseman muutos voidaan asettaa kuvaajan eri kohtiin kaupungistumisen vaiheen mukaan. Kuvassa 56 on havainnollistettu Malmin tutkimusalueen maiseman monimuotoisuuden muutosta kaupungistumisen intensiteetin kasvaessa. Monimuotoisuus oli suurimmillaan vuonna 1975, jolloin tutkimusalue vielä edusti kaupungin nopeasti kaupungistuvaa reuna-alueita, jota jo vuonna 1990 vastasi paremmin Espoon tutkimusalue.



Kuva 56. Kaavakuva maiseman monimuotoisuuden suhteesta kaupunki-maaseutu -gradienttiin. Pystyakselilla on kuvattu maiseman monimuotoisuutta ja vaaka-akselilla kaupungistumisen sekä alueellista että ajallista intensiteettiä. Maiseman spatiaalis-temporaalinen monimuotoisuus on merkittäväntä kaupungin reuna-alueilla – ei kaupungin keskustassa, jossa kaupungistuminen on edennyt pisimmälle. Kuvaan on havainnollistettu Malmin tutkimusalueen maiseman monimuotoisuuden ajallinen muutos (Weng 2007 pohjalta).

Taulukossa 8 on arvioitu tutkimusalueiden maisemarakennetta maisemaekologian näkökulmasta. Kriteerit on kehitetty tämän tutkimuksen ja Formanin (1995) teoksen pohjalta. Suurten viheralueiden määrässä Mäntsälä on tutkimusalueista huomattavasti ekologisim, ja indikaattori noudatteli selvästi kaupunki-maaseutu -gradienttia siten, että Malmilla suuria viheralueita oli kaikkein vähiten. Askelkivinä toimivien pienten viherlaikkujen määrässä Espoo ja Mäntsälä ovat melko samanveroisia, mutta Malmin tutkimusalueelta niiden määrä on vähäinen. Espoossa ja Mäntsälässä niin ikään viheralueiden muoto on luonnon monimuotoisuuden kannalta suotuisampi, sillä laikut ovat pyöreämpiä ja niiden reunat käyräviivaisempia kuin Malmilla. Ekologisten käytävien määrässä tutkimusalueet ovat melko samanveroisia: kaupungistuneimman Malmin tutkimusalueenkin tärkeintä käytävää Vantaanjokea ympäröi paikoin leveä vihervyöhyke.

Suuren rakentamispaineen takia sekä Malmin että Espoon tutkimusalueilla pellot sijaitsevat paikoin alueilla, joiden topografinen rikkonaisuus on suuri, mikä kasvattaa maiseman eroosioherkkyyttä. Toisaalta Mäntsälän tutkimusalueella maatalousmaat ovat suurikokoisempia kuin Espoossa ja Malmilla, mikä taas kasvattaa maiseman eroosioalttiutta. Rakentamispaine on Malmin tutkimusalueella johtanut myös laajamittaiseen savimaalajien alueelle rakentamiseen, mikä on ravinnontuotannon kannalta ongelmallista. Muilla tutkimusalueilla hienorakeisten maalajien alueet ovat pitkälti säilyneet maatalouskäytössä (taulukko 8).

Taulukko 8. Tutkimusalueiden maisemaekologinen rakenne kuvattuna erilaisilla indikaattoreilla. Alueiden maisemarakennetta on arvioitu pääosin suhteessa toisiinsa.

Asteikko on yhdestä --merkistä kahteen +-merkkiin:

- ++ = ekologisesti hyvin suotuisa rakenne
- + = ekologisesti suotuisa rakenne
- = ekologisesti haitallinen rakenne

Indikaattori	Malmi	Espoo	Mäntsälä
suurten viheralueiden määrä	-	+	++
pienten viheralueiden määrä – askelkivet	-	+	+
viheralueiden muoto	-	+	+
käytävät – lajien leviäminen	+	+	+
maatalousmaidan koko ja sijainti suhteessa topografiaan – eroosioherkkyys	-	-	-
rakennettujen alueiden sijainti suhteessa viljavimpiin maalajeihin	-	+	+
maiseman monimuotoisuus – biodiversiteetti	-	+	-
viheralueiden määrä rakennettujen alueiden seassa *	-	+	++
luonnonvarojen kulutus henkilöä kohti	++	+	-
autoistuminen – liikenteen hiilidioksidipäästöt	+	+	-

*) arvioitu aluetehokkuuden perusteella

Maiseman ja elinympäristöjen monimuotoisuus on kaikkein suurinta kaupungin reuna-alueella sijaitsevalla Espoon tutkimusalueella, ja indikaattori käyttäytyy kuvan 67 periaatteen mukaisesti. Viheralueiden määrä rakennettujen alueiden sisällä voidaan rakentamisen tehokkuuden perusteella arvioida kaikkein suurimmaksi Mäntsälässä, ja pienimmäksi Malmilla. Luonnonvarojen kulutus henkilöä kohti eli tutkimuksessa selvitetty maatalousmaan poistuma ja rakennetun maa-alan lisäys henkilöä kohti oli huomattavasti

suurin Mäntsälän tutkimusalueella johtuen rakentamisen alhaisesta tehokkuudesta. Moniautoistuminen oli Mäntsälässä niin ikään muita tutkimusalueita merkittävämpää.

Kaikki indikaattorit huomioon ottaen Espoon tutkimusalueen maisemarakenne muodostui tutkituista alueista maisemaekologisesti kaikkein parhaimmaksi. Tästä voidaan päätellä, että maisemarakenne, jossa ihmisvaikutus ja viheralueet ovat melko tasaisesti jakautuneet maisemassa, on maisemaekologisesti paras vaihtoehto. Taaja asutus ei täten ole ekologisesti epäedullista, vaan kun asukastiheydet ovat suuret, ekologisia hyötyjä tulee luonnontilaisen pinta-alan säästymisestä sekä vähäisistä liikenteen hiilidioksidipäästöistä. Jos taas asukkaita sijoitetaan liikaa samalle alueelle, maisema yksipuolistuu ja luonnon monimuotoisuus vähenee.

10. Kiitokset

Haluan kiittää pro gradu -työn ohjaajaa luonnonmaantieteen professori Miska Luotoa avusta ja ideoista tutkimuksen toteuttamisessa. Haluan myös kiittää erikoistutkija Mika Ristimäkeä ja Suomen ympäristökeskusta gradun aiheen ideointiavusta sekä YKR- ja Urban Zone -paikkatietoaineistojen käyttöoikeudesta. Kiitos ystäväilleni vertaistuesta ja avusta pro-gradun tekemisen aikana. Velille, siskolle ja vanhemmille myös kiitos korvaamattomasta tuesta.

11. Kirjallisuus

- Alig, R. J., J. D. Kline & M. Lichtenstein (2004). Urbanization on the US landscape: looking ahead in the 21st century. *Landscape and Urban Planning* 69, 219–234.
- Alalammi, P. (1993; toim.). Maisemat, asuinympäristöt. *Suomen kartasto 350*. 234 s. Maanmittaushallitus ja Suomen maantieteellinen seura, Forssa.
- Antrop, M. (2000a). Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77, 17–28.
- Antrop, M. (2000b). Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landscape Ecology* 15, 257–270.
- Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning* 67, 9–26.
- Antrop, M. & V. Van Eetvelde (2000). Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics. *Landscape and Urban Planning* 50, 43–58.
- Ympäristöministeriö (2010). Asemakaavoitus. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1117&lan=fi#a1>. 6.8.2010.
- Brown, D. G., K. M. Johnson, T. R. Loveland & D. M. Theobald (2005). Rural land-use trends in the conterminous United States, 1950–2000. *Ecological Applications* 15, 1851–1863.
- Buciega, A., M. Pitarch & J. Esparcia (2009). The context of rural–urban relationships in Finland, France, Hungary, The Netherlands and Spain. *Journal of Environmental Policy & Planning* 11: 1, 9–27.
- Crawley, M. J. (2007). *The R book*. 942 s. Wiley, Chichester.
- DiBari, J. N. (2007). Evaluation of five landscape-level metrics for measuring the effects of urbanization on landscape structure: the case of Tucson, Arizona, USA. *Landscape and Urban Planning* 79, 308–313.
- Digiroad - tietolajien kuvaus (2010). Version 1.7. 59 s. Tiehallinto, Helsinki.
- Dunn, C. P., D. M. Sharpe, G. R. Guntenspergen, F. Stearns & Z. Yang (1991). Methods for analyzing temporal changes in landscape pattern. *Teoksessa* Turner, M. G. & R. H. Gardner (toim.): Quantitative methods in landscape ecology. *Ecological Studies* 82, 173–198.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34, 487–515.

- Farina, A. (2000). *Principles and methods in landscape ecology*. 235 s. Kluwer academic publishers, Dodrecht.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. 632 s. Cambridge university press, Cambridge.
- Forman, R. T. T. & L. E. Alexander (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29, 207–231.
- Forman, R. T. T., A. E. Galli & C. F. Leck (1976). Forest size and avian diversity in New Jersey woodlots with some land use implications. *Oecologia* 26, 1–8.
- Geologian tutkimuskeskus GTK (2010). Maaperäkartoitus 1:20 000 / 1:50 000. http://www.gsf.fi/kartoitus/maapera/mpkartoitus20000_50000.html. 12.8.2010.
- Granö, J. G. (1951). Maantieteelliset alueet. *Teoksessa* Granö, J. G.; R. Jurva, J. Keränen, U. Kujala, A. Laitakari & U. Pesonen: *Suomen maantieteen käsikirja*, 364–394. Suomen maantieteellinen seura ja Otava, Helsinki.
- Haavisto-Hyvärinen, M., C.-G. Stén & B. Backman (1994). *Espoon maaperäkartan 2032 12 selitys*. Maaperäkarttojen selitykset. 30 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Hansen, A. J., R. L. Knight, J. M. Marzluff, S. Powell, K. Brown, P. H. Gude & K. Jones (2005). Effects of exurban development on biodiversity: patterns, mechanisms and research needs. *Ecological Applications* 15: 6, 1893–1905.
- Hasse, J. E. & R. G. Lathrop (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied Geography* 23, 159–175.
- Helminen, S.- L., P. Soini & R. Yrjölä (2008). Espoonlahden hoito- ja käyttösuunnitelma. *Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja* 23. 58 s.
- Helsingin taajamanläheiset maatalousalueet (1980). *Helsingin seutukaavaliiton julkaisuja B* 5. 16 s.
- Hietala-Koivu, R. (1996). Maantiede ja maisemaekologia maaseudun maiseman muutostutkimuksessa. *Terra* 108: 3, 172–182.
- Hietala-Koivu, R. (1999). Agricultural landscape change: a case study in Yläne, southwest Finland. *Landscape and Urban Planning* 46, 103–108.
- Hietala-Koivu, R. (2002). Landscape and modernizing agriculture: a case study of three areas in Finland in 1954–1998. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91, 273–281.
- Hietala-Koivu, R. (2003). Lost field margins. A study of landscape change in four case areas in Finland between 1954–1998. *Annales Universitatis Turkuensis* 165. 81 s.
- Hietala-Koivu, R. (2004). Loss of biodiversity and its social cost in an agricultural

- landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103, 75–83.
- Hobbs, R. J. & L. F. Huenneke (1992). Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6: 3, 324–337.
- Hough, M. (1995). *Cities and natural processes*. 326 s. Routledge, Lontoo.
- Hughes, M. L., P. F. McDowell & A. Marcus (2006). Accuracy assessment of georectified aerial photographs: Implications for measuring lateral channel movement in a GIS. *Geomorphology* 74, 1–16.
- Ihse, M. (1995). Swedish agricultural landscapes – patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape and Urban Planning* 31, 21–37.
- Irwin, E. G. & J. Geoghegan (2001). Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85, 7–23.
- Kalenoja, H., M. Ristimäki & M. Tiitu (2011). Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet. Vyöhykkeiden kriteerit, alueprofiilit ja liikkumistottumukset. *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja* 15. 97 s.
- Kielosto, S., M. Mäkilä & E. Herola (1997). *Vantaan kartta-alueen maaperä*. Maaperäkarttojen selitykset, lehti 2043 04. 15 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Kosonen, L. (2007). Kuopio 2015: Jalankulku-, joukkoliikenne- ja autokaupunki. *Suomen ympäristö* 36. 99s.
- Kukkonen, M., M. Mäkilä & E. Herola (1996). *Mäntsälän maaperäkartan 2044 11 selitys*. Maaperäkarttojen selitykset. 15 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.
- Käyhkö, N. (2007). Maiseman muutosten tutkiminen paikkatietomenetelmien ja kartografian avulla. *Terra* 119: 2, 83–92.
- Leskelä, T., T. Linnanto & M. Viinikainen (2010) Helsinki-Vantaan lentoasema, Lentokonemeluselvitys, toteutunut tilanne vuonna 2009. *Finavian julkaisusarja A* 3. 9 s.
- Liikennevirasto (2009). Liikennemääräkartta 2009. <http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/26602.pdf>. 18.2.2011.
- Liikennevirasto (2011). Kantatie 51 Kirkkonummi – Kivenlahti. http://www.tiehallinto.fi/servlet/page?_pageid=70&_dad=julia&_schema=PORTAL30&menu=2372&_pageid=71&linkki=613&julkaisu=380&kieli=fi. 16.2.2011.
- Luck, M. & J. Wu (2002). A gradient analysis of urban landscape patterns: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology* 17, 327–339.

- Luoto, M. (2000). Spatial analysis of landscape ecological characteristics of five agricultural areas in Finland by GIS. *Fennia* 178: 1, 15–54.
- Luoto, M., S. Rekolainen, J. Aakkula & J. Pykälä. (2003) Loss of plant species richness and habitat connectivity of grasslands associated with agricultural change in Finland. *Ambio* 32, 447–452.
- Maastotietokanta (2009). Paikkatietoaineisto. Maanmittauslaitos, Helsinki.
- Maanmittauslaitos (2010). *Maanmittauslaitoksen maastotietokohteet*. Maastotietokannan metatiedot. 108 s.
- Maaperä 1:20 000 digitaalinen kartoitusaineisto – WWW jakelu* (2007a). Karttalehti: 2032 12 Espoo. Geologian tutkimuskeskus GTK.
- Maaperä 1:20 000 digitaalinen kartoitusaineisto – WWW jakelu* (2007b). Karttalehti: 2043 04 Vantaa. GTK.
- Maaperä 1:20 000 digitaalinen kartoitusaineisto – WWW jakelu* (2007c). Karttalehti: 2044 11 Mäntsälä. GTK.
- Maisemanhoito (1992). Maisema-alueyöryhmän mietintö I. *Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, mietintö* 66. 199 s.
- McGarigal, K. & S. A. Cushman (2002). Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological Applications* 12, 335–45.
- McGarigal, K. & B. J. Marks (1995). *FRAGSTATS – spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, 122 s. United States department of agriculture, Forest service ja Pacific Northwest research station, Portland (OR).
- Medley, K. E., M. J. McDonnell & S. T. A. Pickett (1995). Forest-landscape structure along an urban-to-rural gradient. *The Professional Geographer* 47: 2, 159–168.
- Merenlender, A. M., S. E. Reeda & K. L. Heise (2009). Exurban development influences woodland bird composition. *Landscape and Urban Planning* 92, 255–263.
- Moran, M. A. (1984). Influence of adjacent land use on understory vegetation of New York forests. *Urban Ecology* 8, 329–340.
- Moss, M. R. (2000). Interdisciplinarity, landscape ecology and the ‘transformation of agricultural landscapes’. *Landscape Ecology* 15, 303–311.
- Nassauer, J. I. (1995). Culture and changing landscape structure. *Landscape Ecology* 10: 4, 229–237.
- Natura 2000 -kohteet (2010). Paikkatietoaineisto. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

- Nelson, A. C. (1999). Comparing states with and without growth management: analysis based on indicators with policy implications. *Land Use Policy* 16, 121–127.
- Niskanen, I., J. Päivänen, L. Virrankoski, M. Alanko, S. Jokinen, M. Pesu, P. Leppänen & L. Gröhn (2008). Helsingin kaupungin meluntorjunnan toimintasuunnitelma. *Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja* 15. 78 s.
- Nummelin, M. (2008). *Rantarata*. 184 s. Kustantaja Laaksonen, Jyväskylä.
- Oke, T. R. (1967). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7: 8, 769–779.
- Opdam, P., R. Foppen & C. Vos (2002). Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology* 16, 767–779.
- Overbeek, M. (2009). Rural areas under urban pressure in Europe. *Journal of Environmental Policy & Planning* 11: 1, 1–7.
- PaITuli-paikkatietopalvelu (2010). CSC – Tieteen tietotekniikan keskus. <http://www.csc.fi/tutkimus/alat/geotieteet/paikkatieto/paituli>. 29.7.2010
- Pauleit, S., R. Ennos & Y. Golding (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change – a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning* 71, 295–310.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2032 12 Espoo. Maanmittaushallitus, Helsinki 1961.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2032 12 Espoo. Maanmittaushallitus, Helsinki 1975.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2032 12 Espoo. Maanmittaushallitus, Helsinki 1991.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2043 04 Malmi. Maanmittaushallitus, Helsinki 1958.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2043 04 Vantaa. Maanmittaushallitus, Helsinki 1978.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2043 04 Vantaa. Maanmittaushallitus, Helsinki 1991.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2044 11 Mäntsälä. Maanmittaushallitus, Helsinki 1956.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2044 11 Mäntsälä. Maanmittaushallitus, Helsinki 1974.
- Peruskartta 1:20 000*, lehti 2044 11 Mäntsälä. Maanmittaushallitus, Helsinki 1989.
- Pickett, S. T. A., M. L. Cadenasso, J. M. Grove, C. H. Nilon, R. V. Pouyat, W. C. Zipperer, & R. Costanza (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32, 127–57.
- Pincheira-Ulbrich, J., J. R. Rau & F. Peña-Cortes (2009). Patch size and shape and their relationship with tree and shrub species richness. *Phyton – International Journal of Experimental Botany* 78, 121–128.

- Raivo, P. (1999). Maisema ja suomalaisuus. *Teoksessa* Westerholm, J. & P. Raento (toim.): *Suomen kartasto 1999: 100-vuotisjuhlakartasto*, 104–107. Suomen maantieteellinen seura ry ja WSOY, Porvoo.
- Ratahallintokeskus (2009). Verkkoselostus 2011. *Ratahallintokeskuksen julkaisusarja F 5*. 35 s.
- Ristimäki, M. (1999). Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä – ehdotus yhdyskuntarakenteen seurannan järjestämiseksi ja kehittämiseksi. *Suomen ympäristö* 344. 74 s.
- Saizen, I., K. Mizuno & S. Kobayashi (2006). Effects of land-use master plans in the metropolitan fringe of Japan. *Landscape and Urban Planning* 78, 411–421.
- Schulman, H. & A. Jaakola (toim.) (2009). KARA – kaupunkirakenteen kehityspiirteet, esitutkimus Helsingin ja Turun työssäkäyntialueilta. *Helsingin kaupungin tietokeskus: tutkimuskatsauksia* 6. 67 s.
- Schwanen, T., M. Dijst & F. M. Dieleman (2004). Policies for urban form and their impact on travel: the Netherlands experience. *Urban Studies* 41: 3, 579–603.
- Stenvall, M. (2010). Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan rakennemallien 2035 UrbanZone liikkumisvyöhykkeet ja henkilöliikenteen vaikutusten arviointi. *Uudenmaan liiton julkaisuja E 107*. 20 s.
- Strandell, A. & K. Harju (2008). Asuinrakentamisen ohjauksessa suuret erot Helsingin metropolialueella. *Asu ja rakenna* 1, 17–21.
- Theobald, D. M. (2001). Land-use dynamics beyond the American urban fringe. *Geographical Review* 19: 3, 544–564.
- Tiehallinto (2006). Hyvä väyläomaisuuden hallinta kevyen liikenteen väylillä. *Tiehallinnon selvityksiä* 39. 68 s.
- Troll, C. (1939). *Luftbildplan and ökologische Bodenforschung*, s. 241–298. Z. Ges. Erdkunde, Berliini.
- Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecological Systematics* 20, 171–197.
- Turner, M. G. & R. H. Gardner (1991). Quantitative methods in landscape ecology: an introduction. *Teoksessa* Turner, M. G. & R. H. Gardner (toim.): *Quantitative methods in landscape ecology*. *Ecological Studies* 82, 3–14.
- Urban sprawl in Europe - the ignored challenge (2006). European environment agency (EEA). *EEA Report* 10. 56 s.

- Urban zone -vyöhykkeet (2010). Paikkatietoaineisto. Suomen ympäristökeskus/YKR ja Tilastokeskus, Helsinki.
- Uudenmaan maatalousmaisema (1980). *Uudenmaan seutukaavaliittojen julkaisuja* 2. 79 s.
- Uudenmaan ympäristökeskus (1999). *Suomen Natura 2000 -kohteet*. Espoonlahti-Saunalahti. 3 s.
- Uudenmaan ympäristökeskus (2002a). *Suomen Natura 2000 -kohteet*. Metsäkulma. 3 s.
- Uudenmaan ympäristökeskus (2002b). *Suomen Natura 2000 -kohteet*. Peltolan vanha metsä. 2 s.
- Vainio, M., H. Kekäläinen, A. Alanen & J. Pykälä (2001). Suomen perinnebiotoopit: perinnemaisemaprojektin valtakunnallinen loppuraportti. *Suomen ympäristö* 527. 163 s.
- van der Zande, A. N., T. Keurs & W. J. van der Weidjen (1980). The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – evidence of a long distance effect. *Biological Conservation* 18: 4, 299–321.
- Van Eetvelde, V. & M. Antrop (2004). Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes – two examples from Southern France. *Landscape and Urban Planning* 67, 79–95.
- Vägverket (2003). Två metoder för gemensam planering av bebyggelse och trafik. *Publikation* 147. 59 s.
- Väre, S., M. Huhta & A. Martin (2003). Eläinten kulkujärjestelyt tiealueen poikki. *Tiehallinnon selvityksiä* 36. 98 s.
- Väre, S. & J. Krisp (2005). Ekologinen verkosto ja kaupunkien maankäytön suunnittelu. *Suomen ympäristö* 780. 52 s.
- Wania, A., I. Kühn & S. Klotz (2006). Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany – spatial gradients of species richness. *Landscape and Urban Planning* 75. 97–110.
- Weng, Y. (2007). Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and Urban Planning* 81, 341–353.
- YKR (2010). Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä. Suomen ympäristökeskus ja Tilastokeskus, Helsinki.
- Zipperer, W. C., T. W. Foresman, S. M. Sisinni & R. V. Pouyat (1997). Urban tree cover: an ecological perspective. *Urban Ecosystems* 1, 229–246.

LIITE 1. Urban zone -liikkumisvyöhykkeiden muodostamisperusteet pääkaupunkiseudulla (Kalenoja et al. 2011).

Vyöhyke	Kriteeri
jalankulkuvyöhyke	alueet, jotka ovat enintään 2 km:n etäisyydellä Helsingin keskustasta
alakeskuksen jalankulkuvyöhyke	joukkoliikenteen ja kaupan palvelutasoon sekä asukas- ja työpaikkamääriin perustuvassa paikkatietoanalyysissä esiin nousevat toimintojen keskittymät
jalankulun reunavyöhyke	alueet, jotka ovat 2–5 km:n etäisyydellä Helsingin keskustasta
intensiivinen joukkoliikennevyöhyke	alueet, joissa joukkoliikenteen vuoroväli enintään 5 min bussiliikenteessä ja 10 min raideliikenteessä, kävelyetäisyys enintään 250 m bussipysäkille ja enintään 400 m raideliikenteen pysäkille
joukkoliikennevyöhyke	alueet, joissa joukkoliikenteen vuoroväli enintään 15 min, kävelyetäisyys enintään 250 m bussipysäkille ja enintään 400 m raideliikenteen pysäkille
autovyöhyke	taajama-alueet, jotka eivät täytä muiden vyöhykkeiden kriteerejä
taajaman ulkopuolinen joukkoliikennevyöhyke	taajaman ulkopuoliset rakennetut alueet, joissa joukkoliikenteen vuoroväli enintään 60 minuuttia, kävelyetäisyys pysäkille 500 m/ 1000 m sekä aikaetäisyys Helsingin keskustaan enintään 75 min.
taajaman ulkopuolinen autovyöhyke	taajaman ulkopuoliset rakennetut alueet, jotka eivät täytä joukkoliikennevyöhykkeiden kriteerejä

LIITE 2. Urban zone -liikkumisvyöhykkeiden muodostamisperusteet pääkaupunkiseudun ulkopuolella (Kalenoja et al. 2011).

Vyöhyke	Kriteeri
jalankulkuvyöhyke	alueet, jotka ovat enintään 1 km:n etäisyydellä kuntakeskuksesta
jalankulun reunavyöhyke	alueet, jotka ovat 1–2,5 km:n etäisyydellä kuntakeskuksesta
hyvä joukkoliikennevyöhyke	alueet, joissa joukkoliikenteen vuoroväli enintään 30 min, kävelyetäisyys enintään 250 m bussipysäkille ja enintään 400 m raideliikenteen pysäkille. Sisältää myös seudullisen liikenteen alueet, joissa vuoroväli enintään 30 min, etäisyys pysäkille 500 m/ 1000 m ja aikaetäisyys Helsingin keskustaan enintään 45 min.
joukkoliikennevyöhyke	taajama-alueet, joissa seudullisen joukkoliikenteen vuoroväli enintään 60 min, kävelyetäisyys pysäkille 500 m/ 1000 m sekä aikaetäisyys Helsingin keskustaan enintään 75 min
autovyöhyke	taajama-alueet, jotka eivät täytä muiden vyöhykkeiden kriteerejä
taajaman ulkopuolinen joukkoliikennevyöhyke	taajaman ulkopuoliset rakennetut alueet, joissa joukkoliikenteen vuoroväli enintään 60 min, kävelyetäisyys pysäkille 500 m/ 1000 m sekä aikaetäisyys Helsingin keskustaan enintään 75 min
taajaman ulkopuolinen autovyöhyke	taajaman ulkopuoliset rakennetut alueet, jotka eivät täytä joukkoliikennevyöhykkeiden kriteerejä

LIITE 3. Eri tietyyppien digitoinnissa käytetyt etäisyysvyöhykkeet ja niiden määräämät tieleveydet (Tiehallinto 2006; Ratahallintokeskus 2009; Maanmittauslaitos 2010).

Tietyyppi (Maastotietokanta)	Kuvaus (Maastotietokannan metatiedot)	Etäisyysvyöhyke (m)	Tien leveys (m)
autotie Ia	moottoritien kaksi- tai useampikaistainen ajorata	5,00	10,00
autotie Ib	muun kaksiajorataisen kuin moottoritien kaksi- tai useampikaistainen ajorata tai yksiratainen, kaksi- tai useampikaistainen autotie, jonka ajoradan leveys yli 8m	4,50	9,00
autotie IIa	yksiajoratainen, kaksikaistainen autotie, jonka ajoradan leveys yli 6,5 – 8 m	3,50	7,00
autotie IIb	yksiajoratainen, kaksikaistainen autotie, jonka ajoradan leveys yli 5 – 6,5 m	3,00	6,00
autotie IIIa	yksiajoratainen, yksikaistainen autotie, jonka ajoradan leveys on 4 – 5 m.	2,25	4,50
autotie IIIb	yksiajoratainen, yksikaistainen autotie, jonka ajoradan leveys on 3 – 4 m.	1,50	3,00
ajotie	yksiajoratainen, yksikaistainen autotie, jonka ajoradan leveys on alle 3 m.	1,25	2,50
ajopolku	ajamalla syntynyt traktorilla tms. liikennöitävä väylä tai vähintään 2 m leveä kuntorata	1,00	2,00
kävely- ja pyörätie	liikennemerkillä kävelyyn tai pyöräilyyn osoitettu väylä	1,50	3,00
rautatie	henkilö- ja/tai tavaraliikenteen käyttämä kiskoilla varustettu kulkuväylä sivuraiteineen	2,50	5,00