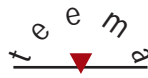


Ron Store ja Ari Nikula

# Paikkatietojärjestelmät alue-ekologisessa suunnittelussa ja tutkimuksessa



## Johdanto

**S**uomessa alue-ekologisen suunnittelun periaatteita on sovellettu erityisesti Metsähallituksen isännöimien valtion metsien hoidon ja käytön suunnitteluun. Tavoitteena on, että alue-ekologinen suunnittelu kattaa kaikki Metsähallituksen hallinnassa olevat maat vuoden 2000 loppuun mennessä. Alue-ekologisessa suunnittelussa pyritään laajan alueen ekologisen kokonaistarkastelun kautta löytämään keinot alueen monimuotoisuuden turvaamiseen tai lisäämiseen. Menetelmä on kehitetty erityisesti talousmetsien suunnittelua varten ja sen tarkoituksena on turvata metsäalueen luontaisen eliöstön elinvoimaisuus pitkällä aikavälillä. Yleensä tämä tapahtuu säilyttämällä arvokkaat luontokohteet, kuten avainbiotoopit, metson soidinalueet, kulonkiertämät ja uhanalaisille eliölajeille tärkeät elinympäristöt sekä parantamalla lajien leviämismahdollisuuksia ns. ekologisten käytävien ja askelkivien avulla.

Käytännön alue-ekologisen suunnittelun ongelmiksi Itkonen (1997) mainitsee mm. suunnitteluresurssien niukkuuden ja nykyisten inventointitietojen puutteellisuuden. Näiden ongelmien voittamiseksi tarvitaan apuvälineitä, joiden avulla pystytään lisäämään suunnittelun tehokkuutta mm. hyödyntämällä mahdollisimman monipuolisesti olemassa olevia inventointitietoja ja muita informaatiolähteitä. Suuntaus yksittäistä metsikköä laajempien alueiden tarkasteluun ja eri tietolähteiden yhdistämiseen met-

säsuunnittelun yhteydessä on luonnollinen paikkatietojärjestelmien sovelluskohde.

## Paikkatietojärjestelmät

Paikkatietojärjestelmät (Geographical Information Systems, GIS) ovat tietokonepohjaisia järjestelmiä, joita käytetään paikkaan sidotun tiedon hankintaan, analysointiin sekä tulosten esittämiseen (Aronoff 1989). Toisin sanoen ne ovat tietokoneohjelmistoja, joiden avulla voidaan hallita tietoa, jonka sijainti tunnetaan. Paikkatietojärjestelmät eroavat muista tietojärjestelmistä siinä, että paikkatietojärjestelmillä kyetään hallitsemaan paikkatietokannassa olevien kohteiden topologia eli kohteiden sijainti suhteessa toisiinsa.

Topologianhallinnan ansiosta paikkatietojärjestelmillä voidaan tehdä analyysejä, jotka perustuvat sekä tiedon sijaintiin että ominaisuuksiin. Näillä paikkatietoanalyyseillä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla tietyn alueen paikkaansidotusta tiedosta tuotetaan informaatiota, joka auttaa ymmärtämään ja ennustamaan spatiaalisia ilmiöitä (Bonham-Carter 1994). Tiukasti määritellen paikkatietoanalyytit käsittävät ne operaatiot, joiden tulokset riippuvat tiedon paikantumisesta siten, että jos kohteen sijaintia muutetaan, myös tulokset muuttuvat (Berry 1995).

Alue-ekologisen suunnittelun näkökulmasta yksi paikkatietojärjestelmän tärkeimmistä ominaisuuks-

sista on kyky yhdistää eri muodoissa ja mittakaavoissa olevia tietoaineistoja. Näitä aineistoja ovat esimerkiksi erilaiset kartat, paikkaan sidotut laajakartat ja vaikkapa satelliittikuvilta arvioidut metsikkötunnukset. Monissa tapauksissa paikkatietoanalyysien avulla pystytään johtamaan olemassa olevista tiedoista uutta tietoa ja täydentämään inventointitietojen puutteita. Erityisesti paikkatietojärjestelmien edut tulevat esille käsiteltäessä laajoja alueita, kuten esimerkiksi alue-ekologisessa suunnittelussa tehdään. Laajojen alueiden analysointi ja käsittely pelkästään maastoinventointien avulla ja manuaalisesti kuluttaisi kohtuuttomasti suunnitteluresursseja.

### **Kaunis metsämaisema alue-ekologisen suunnittelun tavoitteena**

Käytännön alue-ekologisessa suunnittelussa on mukana myös muita kuin ekologisia tavoitteita. Esimerkiksi Metsähallituksen toteuttamassa alue-ekologisessa suunnittelussa tarkastellaan metsien käsittelyä myös metsien virkistyskäytön kannalta. Tällöin alue-ekologisen suunnittelun yhdeksi keskeiseksi tavoitteeksi nousee erilaisten metsänkäyttomuotojen yhteensovittaminen (Hallman ym. 1996).

Maiseman kauneuden näkökulmasta alue-ekologisella suunnittelulla pyritään ennenkaikkea paikallistamaan maisemallisesti arvokkaat kohteet. Tietty kohde voi olla maisemallisesti arvokas, koska se sijaitsee maisemallisesti tärkeällä paikalla tai sen esteettiset arvot ovat poikkeuksellisen suuret. Maisemallisesti keskeisiä paikkoja ovat mm. retkeilyreitien varret nuotiopaikkoineen, rantametsät ja näköalapaikkojen lähimetsät sekä toisaalta kohteet, jotka näkyvät hyvin laajoilta alueilta. Yksittäisen metsikön maisemalliseen arvoon vaikuttavat mm. puulajisuhteet, puuston ikä ja tiheys, runkojen järeys sekä aliskasvoksen määrä. Maisemallisesti arvostetut metsiköt ovat yleensä suhteellisen harvoja, mutta järeitä puita sisältäviä metsiköitä. Puulajeista koivu on arvostetumpi kuin mänty tai kuusi (Savolainen ja Kellomäki 1981).

Koska paikkatietojärjestelmäpohjaiset ratkaisut ovat viimeaikoina yleistyneet luonnonvaratietojen hallinnassa, on tarkoituksenmukaista pyrkiä hyödyntämään paikkatietojärjestelmien tarjoamia työ-

kaluja myös suunnittelun ja päätöksenteon apuna. Metsämaiseman kauneuden kannalta eniten käyttöä on löydetty vaikutusvyöhykkeiden muodostamiselle, näkyvyysanalyysille ja erilaisille sijaintitietoon pohjautuville analyysille.

### **Paikkatietojärjestelmä maiseman kauneuden vaalimisessa**

Paikkatietojärjestelmän maisemasuunnitteluun soveltuvilla työkaluilla voidaan etsiä sekä kauniita metsikkökuvioita että kohteita, jotka sijaitsevat maisemallisesti tärkeillä paikoilla. Maisemallisesti arvokkaiden metsikkökuvioiden paikallistaminen tapahtuu paikkatietojärjestelmässä tekemällä erilaisia hakuja ja analyysjä paikkatietokantaan tallettujen ominaisuus- ja sijaintitietojen avulla.

Etsittäessä tietyn alueen maisemallisesti kauneimpia metsikkökuvioita on tavallista, että hakukriteerit liittyvät pelkästään yksittäisten kuvioiden puustotietoihin. Tällaisissa hauissa ei hyödynnetä kuvioiden sijaintitietoja, ja haku voitaisiin tehdä myös ilman paikkatietojärjestelmää. Paikkatietojärjestelmän tuoma lisä tällaisiin hakutehtäviin liittyy kuvioiden naapurustotietojen hyödyntämiseen.

Jos naapurustanalyysjä ei käytetä, oletetaan, etteivät metsikkökuvioita ympäröivien alueiden ominaisuudet vaikuta kuvion maisemalliseen arvoon. Tällöin metsäalueen maiseman kauneus muodostuisi pelkästään yksittäisten kuvioiden maisema-arvojen summasta. Tämä oletus ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan tutkimuksissa on todettu, että metsäalueen maiseman kauneuteen vaikuttaa mm. se kuinka erilaiset metsikkökuviot ovat sijoittuneet suhteessa toisiinsa (spatiaalisuus) (Pukkala ym. 1995). Paikkatietojärjestelmän spatiaalisten analyysifunktioiden avulla on mahdollista käyttää puustotietoihin liittyvien hakukriteerien lisänä mm. kohteen naapurustoon liittyviä kriteerejä, ja näin ottaa alueen maisemallinen vaihtelu paremmin huomioon.

Maisemallisesti keskeisillä paikoilla sijaitsevien alueiden paikantamiseen on paikkatietojärjestelmässä monia työkaluja. Niissä hyödynnetään sekä kohdealueen sijainti- että ominaisuustietoja. Vastaavia hakuja on mahdollista tehdä myös manuaalisesti esimerkiksi paperikarttojen avulla. Käytännössä manuaalisesti tehtävät haut ovat osoittautuneet hyvin

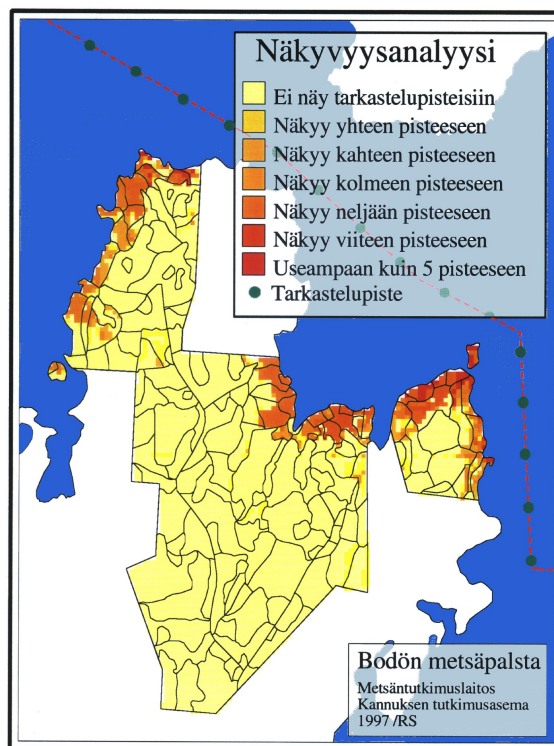
työläiksi ja ne soveltuvat parhaiten pienille pinta-aloille. Suurilla alueilla on järkevää käyttää hyväksi tietojärjestelmien tarjoamia työkaluja ja tietokoneiden laskentakapasiteettia ja suunnata ihmistyöresursseja toisenlaisiin työvaiheisiin.

Tavallisimmin maisemasuunnittelussa käytettyjä paikkatietoon perustuvia tekniikoita ovat vaikutusvyöhykkeiden muodostaminen, alueleikkaukset ja näkyyvyysanalyysit. Mahdollisia hakukriteerejä ovat tällöin esimerkiksi tarkasteltavan alueen etäisyys jostakin kohteesta, tiettyjen kriteerien yhtäaikaisten toteutumisen sekä tarkastelualueeseen rajoittuvien naapurialueiden ominaisuudet. Vaikutusvyöhykkeitä käytetään usein etsittäessä esimerkiksi maisemantarkastelureitteihin rajoittuvia kohteita. Vaikutusvyöhykkeiden muodostaminen (bufferointi, puskurialueen muodostus) on tekniikka, jonka avulla voidaan muodostaa uusi alue ympäröimällä tietyt kohteet halutulta etäisyydeltä.

Alueleikkaus on paikkatietojärjestelmän työkalu, jonka avulla voidaan yhdistää numeerisissa kartoissa olevaa tietoa. Yhdistämisen tarkoituksena voi olla paikallistaa alueet, joiden kohdalla tietyt kriteerit täyttyvät. Alue-ekologista suunnittelua varten voitaisiin etsiä kohteita, jotka ovat sekä maisemansa puolesta arvostettuja että sijaitsevat maisemallisesti tärkeillä paikoilla. Tällaisten kohteiden haku voisi tapahtua esimerkiksi etsimällä aineistosta alueita, joiden puusto on järeää koivikkoa ja sijaitsee rinteessä alle 100 metrin päässä järvenrannasta. Karttatasojen yhdistämistä tiettyjen sääntöjen avulla esimerkiksi haluttujen kohteiden löytämiseksi kutsutaan myös kartografiseksi mallinnukseksi.

Näkyyvyysanalyysissä selvitetään alueiden välistä näkyyvyysuhteita. Analyysin tavoitteena voi olla selvittää mistä kohteista tietty avohakkuualue voidaan nähdä tai mitkä metsikkökuviot näkyvät tiettyyn maisemantarkastelupisteeseen (kuva 1). Näkyyvyysanalyysin perustana on numeerinen korkeusmalli, jonka lisänä usein käytetään toista karttatasoa, joka sisältää muita näkyyvyttä rajoittavia kohteita, kuten puustoa ja rakennuksia.

Paikkatietojärjestelmän työkalujen avulla on mahdollista tehostaa monien maisema- ja metsäsuunnitteluun kuuluvien työvaiheiden suorittamista (Store 1996). Kyseiset työkalut ovat kuitenkin vain apuvälineitä päätöksenteossa tarvittavan tiedon tuottamiseen, ja ratkaisu esimerkiksi maisemasyistä hak-



**Kuva 1.** Maisemallisesti herkkien kohteiden kartoittamisessa voidaan käyttää apuna näkyyvyysanalyysijä. Kuvassa on esitetty kohdealueen metsikkökuvioiden näkyyvyys läheiselle veneilyreitille.

kuiden ulkopuolelle jätettävistä metsiköistä jää aina päätöksentekijälle. Maiseman kauneuden ja ekologisten arvojen yhteistarkastelu alue-ekologisessa suunnittelussa on selkeä askel kohti erilaisten metsänkayttömuotojen nykyistä onnistuneempaa yhteensovittamista. Terminä alue-ekologinen suunnittelu on kuitenkin tässä yhteydessä käytettynä osittain harhaanjohtava, ja olisikin kuvaavampaa puhua aluetason metsäsuunnittelusta tai lyhyemmin aluesuunnittelusta silloin, kun suunnitteluun liittyy paljon myös muita kuin ekologisia tavoitteita

### Eläinten elinympäristöjen paikkatietoanalyysit

Paikkatiedon ja paikkatietoanalyysien käyttö eläin-ekologisessa tutkimuksessa on lisääntynyt viime

vuosina. Syynä on paitsi analyysimenetelmien kehittyminen myös maisemaekologian vilkastunut tutkimus ja sitä kautta lisääntynyt tietämys maiseman rakenteen ja eliöiden välisestä vuorovaikutuksesta. Eläinten elinympäristötutkimuksissa on tarkasteltava yksittäisiä habitaatteja laajempia alueita useastakin syystä; Useimpien metsissämme elävien selkärankaisten, mm. riistalajien, elinpiiri käsittää lukuisia habitaattityyppejä. Lisäksi jonkin eliölajin kannalta optimaaliseen habitaattiympäristöt eivät voi ylläpitää elinkykyisiä populaatioita, mikäli habitaatti tai alue on liian pieni. Sovelias elinympäristöt voivat myös sijaita eläimen kannalta liian kaukana tai olla eläimen karttamien habitaattien ympäröimiä.

Maisemaekologiaan pohjaavan eläinten elinympäristötutkimuksen ja aluetason metsäsuunnittelun, ns. alue-ekologisen suunnittelun välillä, on ilmeinen yhteys. Alue-ekologinen suunnittelu tähtää puuntuotannon lisäksi eri lajien elinympäristöjen huomioonottamiseen yksittäistä habitaattia laajemmilla alueilla ja elinympäristötutkimusten pyrkimyksenä on nimenomaan tutkia maiseman rakenteen ja lajien esiintymisen, tiheyden, lisääntymisenestymisen jne. välisiä riippuvuuksia. Yleisten periaatteiden lisäksi aluetason metsäsuunnittelu tarvitsee tuekseen konkreettisia mittoja ja tunnuksia, joita voidaan soveltaa käytännön suunnittelussa.

Ehkä helpoimmin mielletäviä mittoja jonkin alueen rakenteesta ovat jonkin habitaattityypin, esimerkiksi tietynlaisten metsiköiden, pinta-ala ja osuus kokonaispinta-alasta. Esimerkiksi metsosta (Rolstad ja Wegge 1989) ja liito-oravasta (Mönkkönen ym. 1997) tehdyt tutkimukset osoittavat kuitenkin, että eläinten elinympäristöjen tarkastelussa on kiinnitettävä huomiota pinta-alan lisäksi useisiin muihin elinympäristöä kuvaaviin tunnuksiin. Metsäsuunnittelua varten vastattavat kysymykset voidaan tiivistää esimerkiksi seuraavasti: Mitä habitaattia tarvitaan? Miten paljon? Millaisina kokonaisuuksina ja minne? Miten laajoille alueille tietoa tulisi soveltaa? Paikkatietojärjestelmillä ja -aineistoilla tämän tyyppisiä kysymyksiä voidaan tarkastella sangen joustavasti (ks. Helle ja Nikula 1996, Helle ym. 1996).

## Riista- ja metsäaineistot

Paikkatietomenetelmiin perustuvien elinympäristö-

tutkimusten edellytys on, että eläimistä on käytävissä paikannettuja havaintoja. Riistakolmiolaskentojen (Lindén ym. 1996) paikannukset muodostavat yhden paikkatietotutkimuksiin soveltuvan eläinaineiston. Riistakolmiolaskennat perustuvat maastoon merkittyihin, yhteensä noin 1 500 pysyvään laskentalinjaan. Laskennan aikana kukin havaintopaikka tai laskentalinjan ylittänyt jälki paikannetaan peruskartoille. Paikannuksen yhteydessä kirjataan ylös myös laji ja suorissa havainnoissa myös muita tunnuksia. Kertyneet havainnot on tutkimuksissa viety paikkatietokantaan ja niitä on edelleen tarkasteltu yhdessä puustoa ja muuta maankäyttöä kuvaavien tietojen kanssa.

Metsiä ja muita maankäyttömuotoja kuvaavina tietoina on käytetty pääosin VMI:n tuottamia luokiteltuja satelliittikuvia (Tomppo 1991, 1993, 1996), mutta jossain määrin myös aikaisempia, maanmittauslaitoksen toimesta luokiteltuja satelliittikuvia (Vuorela 1997). VMI:n perusluokitus tuottaa jokaiselle 25 m × 25 m maisemaelementille tiedon männyn, kuusen ja lehtipuiden kokonaistilavuudesta, iästä, boniteetista sekä muista, yhteensä n. kahdestakymmenestä tunnuksesta (ks. tarkemmin esim. Tomppo ja Katila 1993). Paikkatietojärjestelmässä monikanavaisesta luokituskuvasta voidaan tuottaa tutkittavan lajin kannalta oleelliset maisemaluokat yhdistämällä eri kerrosten tietoja. Metsät luokitellaan tavallisimmin kokonaistilavuuden ja puulajivaltaisuuden mukaan. Lisäämällä mukaan digitaalisessa muodossa olevia muita maankäyttöaineistoja (vedet, pellot, asutus, tiet jne.) voidaan analyysissä tarkastella myös muiden kuin metsäalueiden vaikutusta eläinlajeihin (esim. Helle ja Nikula 1995).

## Maisemarakenteen analyysit

Paikkatietojärjestelmän avulla eläinhavaintojen ympäriltä ”leikataan” luokitelluista satelliittikuvista halutun suuruinen alue, josta sitten analysoidaan maiseman rakennetta kuvaavia tunnuksia. Tärkeimpiä tunnuksia ovat kunkin maisemaluokan pinta-ala ja osuus maisemasta, laikkujen keskimääräinen koko, erillisten laikkujen määrä, reunamitat sekä samanlaisten laikkujen etäisyys toisistaan. Maisemaa kuvaavia tunnuksia valittaessa on tärkeää, että niillä on selvä merkitys tutkittavan lajin kannalta.

Samoin on tärkeää, että useita tunnuksia tarkastellaan yhtä aikaa, jotta maiseman rakennepiirteet saadaan paremmin kuvattua. Useat kuvatut tunnukset on periaatteessa helppo laskea esimerkiksi käytännön metsäsuunnitteluun käytettävien paikkatietojärjestelmien avulla, joten tällaisten tunnusten voidaan ajatella soveltuvan myös aluetason metsäsuunnitteluun.

Maisema-analyyseistä saatuja mittoja ja eläinaineistoja voidaan käyttää pelkistetysti ilmaisten neljänlaisiin analyyseihin, jotka kukin valottavat hie-man eri puolia eläinten elinympäristövaatimuksista. Ensiksikin, vertaamalla havaintopaikan ympäristössä olevien habitaattien määrää satunnaismaisemiin voidaan tehdä johtopäätöksiä lajin suosimisista, karttamista tai sille neutraaleista habitaateista. Toiseksi, kun lajin esiintymistä selitetään habitaattien koolla, etäisyydellä toisistaan, reunamitoilla jne., saadaan selkoa muista maiseman rakennetunnuksista, jotka tulisi metsäsuunnittelun yhteydessä ottaa huomioon. Kolmanneksi, tarkastelemalla esimerkiksi alueittaisia populaatiotiheyksiä ja alueen maisematunnuksia voidaan päätellä lajin tavoite-tason kannalta keskeisten habitaattien määrä ja muut rakennetunnukset alueella. Neljänneksi, useilla mit-takaavoilla tehtävillä analyyseillä pyritään vastaamaan kysymykseen oikeasta maisemakoosta, jota kunkin lajin yhteydessä tulisi tarkastella.

## Lopuksi

Paikkatietojärjestelmät tarjoavat työkalut mm. eri muodoissa olevan tiedon yhdistämiseen ja numeeriseen analysointiin, minkä ansiosta niistä on muodostumassa tärkeä apuväline monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun. Paikkatietoanalyysien avulla tuotettu informaatio metsän eri käyttömuotojen vaatimasta ympäristöstä on keskeisellä sijalla yhdistettäessä käyttömuotojen mukaisia tavoitteita numeeriseen metsäsuunnitteluun. Paikkatietojärjestelmien käyttö paikkatiedon hallinnassa ja analysoinnissa mahdollistaa kuvailevien suunnittelumenetelmien ja numeeristen menetelmien yhdistämisen siten, että kuvailevien menetelmien aikaa vieviä vaiheita voidaan siirtää tietokoneen hoidettaviksi.

Spatiaalisen tiedon hallintamenetelmiensä ansiosta paikkatietojärjestelmät ovat potentiaalinen apu-

väline yhdistettäessä puuntuotannon optimointimalleja alueen muiden käyttömuotojen asettamiin rajoitteisiin. Perusrajoitteiden määrittely, kuten hakuilta rajoitettujen kohteiden valinta (maisema-alueet, säästettävät kuviot, vaikutusvyöhykkeet) on paikkatietojärjestelmien avulla helppoa (esim. Næsset 1997a,b) ja jäljelle jäävien kuvioiden käsittelyvaihtoehtojen optimointi melko suoraviivaista. Ongelmallisempaa kuitenkin on, mikäli spatiaaliset rajoitteet riippuvat esimerkiksi kuvioiden keskinäisestä käsittelyjärjestyksestä (vierekkäisten kuvioiden laadun huomioonottaminen) tai jos tavoitteena on eläinlajeille tärkeiden elinympäristölaikkujen ylläpitäminen riittävän lähellä toisiaan.

Spatiaalisuuteen liittyvät menetelmät vaativatkin vielä runsaasti kehitystyötä, eikä suunnittelujärjestelmistä yleensä löydy riittäviä työkaluja spatiaalisten kriteerien kytkemiseksi numeeriseen metsäsuunnitteluun. Jatkossa tutkittua tietoa ja uusia menetelmiä tarvitaan erityisesti eri lajien laadullisten ja spatiaalisten elinympäristövaatimusten yhdistämiseksi metsätalouden suunnitteluprosessiin. Osaltaan vielä kehittymättömien suunnittelujärjestelmien lisäksi ongelmana näiden menetelmien soveltamisessa on se, että alue-ekologiseen suunnitteluun soveltuvaa tietoa on ja ilmeisesti tulee myös olemaan vain osasta eliölajeja.

## Kirjallisuus

- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems: a management perspective. WDL Publications, Ottawa. 294 s.
- Berry, J. 1995. Spatial reasoning for effective GIS. GIS World, Colorado. 208 s.
- Bonham-Carter, G. 1994. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Computer methods in the geosciences, Vol. 13. Pergamon, Ottawa. 398 s.
- Hallmann, E., Hokkanen, M., Juntunen, H., Korhonen, K.-M., Raivio, S., Savela, O., Siitonen, P., Tolonen, A. & Vainio, M. 1996. Alue-ekologinen suunnittelu. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 3/1996. 59 s.
- Helle, P. & Nikula, A. 1995. Wildlife-wilderness relationships in northern forest landscapes: an integrative use of wilderness census and forest resources data. Arctic Centre Publications 7: 27–43.
- & Nikula, A. 1996. Usage of geographic information

- systems in analyses of wildlife triangle data. *Finnish Game Research* 49: 26–36.
- , Nikula, A., Kumpu, P. & Kurki, S. 1996. Riistakolmiolaskentojen paikannettujen havaintojen käyttö tutkimuksessa. *Suomen Riista* 42: 56–66.
- Itkonen, P. 1998. Metsähallituksen alue-ekologinen suunnittelu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 685: 85–89.
- Lindén, H., Helle, E., Helle, P. & Wikman, M. 1996. Wildlife triangle scheme in Finland: methods and aims for monitoring wildlife populations. *Finnish Game Research* 49: 4–11.
- Mönkkönen, M., Reunanen, P., Nikula, A., Inkeröinen, J. & Forsman, J. 1997. Landscape characteristics associated with the occurrence of flying squirrel *Pteromys volans* L. in old-growth forests of northern Finland. *Ecography* 20(6): 632–642.
- Næsset, E. 1997a. A spatial decision support system for long term forest management planning by means of linear programming and a geographical information system. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 77–88.
- 1997b. Geographical information systems in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review. *Forest Ecology and Management* 93: 121–136.
- Pukkala, T., Nuutinen, T. & Kangas, J. 1995. Integrating scenic and recreational amenities into numerical forest planning. *Landscape and Urban Planning* 32: 185–195.
- Rolstad, J. & Wegge, P. 1989. Capercaillie *Tetrao urogallus* populations and modern forestry – a case for landscape ecological studies. *Finnish Game Research* 46: 43–52.
- Savolainen, R. & Kellomäki, S. 1981. Metsän maisemallinen arvostus. Summary: Scenic value of forest landscape. *Acta Forestalia Fennica* 170. 74 s.
- Store, R. 1996. Maiseman huomioonottavan metsikkökuvioinnin tuottaminen paikkatietojärjestelmällä. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1996(3): 245–262.
- Tomppo, E. 1991. Satellite image-based National Forest Inventory of Finland. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 28, Part 7-1: 419–424.
- 1993. Multi-source National Forest Inventory of Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 444: 52–59.
- 1996. Multi-source National Forest Inventory of Finland. *EFI Proceedings* 7: 27–41.
- & Katila, M. 1993. Satelliittipohjainen valtakunnan metsien inventoinnin tietotuotanto. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 479: 21–26.
- Vuorela, A. 1997. Satellite based land cover and forest classification of Finland. *Reports of the Geodetic Institute* 97(2): 41–51.

■ Kirjoittajat toimivat tutkijoina Metlassa, Store Kannuksen tutkimusasemalla ja Nikula Rovaniemen tutkimusasemalla.