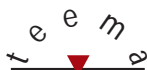


Jyrki Kangas, Annika Kangas ja Timo Pukkala

## Alue-ekologinen ote metsäsuunnittelussa: onko metsäsuunnittelun tutkimuksella tarjota eväitä siihen?



### Mistä on kysymys?

**M**etsäsuunnittelun yhteydessä tehtävän alue-ekologisen tarkastelun päätarkoitus on osoittaa keinot vaalia kohdealueen eliöstön, erityisesti alueella esiintyvien harvinaisten lajien, elinvoimaisuutta. Tavoitteena on löytää otollisimmat tavat turvata eliölaajien leviämismahdollisuudet ja kelvollisten elinympäristöjen esiintyminen suunniteltavalla alueella. Suunnittelua, jossa pääpaino on nimenomaan alue-ekologisissa tarkasteluissa, on alettu kutsua alue-ekologiseksi suunnitteluksi (esim. Hallman ym. 1996). Sen iskusanoja ovat avainbiotoopit sekä ekologiset käytävät ja askelkivet. Ekologisessa tutkimuksessa tällaista katsantokantaa kutsutaan maisemaekologiaksi (englanniksi ”landscape ecology”).

Alue-ekologinen suunnitteluote on nykyisin erityisen voimakas Metsähallituksen hallinnassa olevissa valtionmetsissä, joille kaikille on päätetty laatia alue-ekologiset suunnitelmat muutaman tulevan vuoden aikana. Alue-ekologisia suunnitelmia on Metsähallituksessa tuotettu jo parin vuoden ajan. Myös yksityismetsätaloudessa on jo tehty selvityksiä alue-ekologisten tarkastelujen liittämistä suunnitteluun. Aihepiirin tutkimus on voimistunut viime aikoina merkittävästi.

Valtaosalla alue-ekologisen suunnittelun piiriin tulevista metsistä on myös puuntuotannollis-talou-

dellisiä tavoitteita. Ekologisten näkökohtien huomioon ottaminen talousmetsissä johtaakin monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun: ekologisten tarkastelujen lisäksi on laadittava talouslaskelmat ja tarvittaessa myös mm. virkistyskäytölliset arviot. Talousmetsien suunnittelussa olisikin alue-ekologisen suunnittelun sijasta perusteltua puhua aluetason monitavoitteisesta metsäsuunnittelusta ja alueellisesta metsäsuunnitelmasta tai yksinkertaisesti alue-suunnitelmasta.

Metsäsuunnittelun eräänä keskeisenä tehtävänä on selvittää eri käyttömuotojen ja tavoitteiden keskinäiset suhteet sekä tuottaa päätöstukea tavoitteiden erilaisten painotusten vaikutuksista vaihtoehtoisten suunnitelmien suositeltavuuteen. Suunnittelun kriittisiä vaiheita ovat erityisesti

- metsien hoidon ja käytön tavoitteiden ja niiden painoarvojen määrittäminen
- alueen tuotantomahdollisuuksien selvittäminen
- vaihtoehtoisten suunnitelmien tuottaminen
- kunkin suunnitelmavaihtoehdon toteuttamisen seuraamusten ennustaminen
- vaihtoehtojen arviointi tavoitteiden kannalta, sekä
- osallistavassa suunnittelussa myös eri osallistujien näkökulmista tapahtuvat tarkastelut.

Metsäsuunnittelun alue-ekologisten tarkastelujen päätehtävät ovat:

- alueen ekologisesti olennaisten piirteiden selvitys;

- kattaen eliöstön, elinympäristöt ja niiden kehittämismahdollisuudet, ottaen huomioon myös ympäröivien alueiden ominaisuudet
- vaihtoehtoisten alue-ekologisten ratkaisujen (ekologiset kohteet ja verkostot sekä ekologiset yhteydet) tuottaminen
  - erilaisten alue-ekologisten ratkaisujen seuraamusten ennustaminen ja
  - vaihtoehtoisten suunnitelmien arviointi eliöstön elinvoimaisuuden näkökulmasta.

Alue-ekologiset arvioinnit on pystyttävä liittämään kiinteäksi osaksi suunnitteluprosessia ja laskelmia siten, että suunnitelmavaihtoehtojen ekologia näkökohtia voidaan arvioida rinnan puuntuotannollisten, virkistysellisten ym. tavoitteiden kanssa. Alue-ekologisen näkökulman integrointiin osaksi suunnittelua liittyy toistaiseksi runsaasti epävarmuutta. Onkin tärkeää, että tarkasteltavaksi tuotetaan useita erilaisia suunnitelmavaihtoehtoja, joita arvioidaan kaikki käytettävissä oleva ekologinen ja muu informaatio hyödyntäen – mukaanlukien arviot informaation epävarmuudesta. Metsäekologinen tutkimus tuottaa kiihtyvällä tahdilla alue-ekologisissa arvioinneissa tarpeellista tietämystä (Jokimäki ym. 1998).

Metsäsuunnittelun tutkimus on pyrkinyt ja pyrkii edelleen tuottamaan menetelmiä, tekniikoita ja informaatiota, joilla voidaan helpottaa suunnitteluprosessin kaikkia vaiheita; erikseen ja yhdessä. Suunnittelun perustehtävät ovat samat olivatpa tavoitteet ja niiden painoarvot mitkä tahansa. Tutkimuksen tuloksista löytyykin eväitä myös alue-ekologiaan tarkasteluihin ja niiden liittämiseen osaksi monitavoitteista suunnittelua.

### **Esimerkki alue-ekologisista suunnittelu- tutkimuksista: monitavoitteisen vertailun perusmalli**

Metsäsuunnitelmien monitavoitteisessa vertailussa tuotetaan tarkasteltavaksi joukko "valmiita" kokonaissuunnitelmia. Monitavoitteisen päätöstuen menetelmin on mahdollista vertailla suunnitelmia yhteismitallisesti eri tavoitteiden suhteen. Kokonaisvaltaisia vertailuja voidaan laatia antamalla painoarvot eri tavoitesuureille, kuten hakkuutuloille ja lajiston elinvoimaisuudelle.

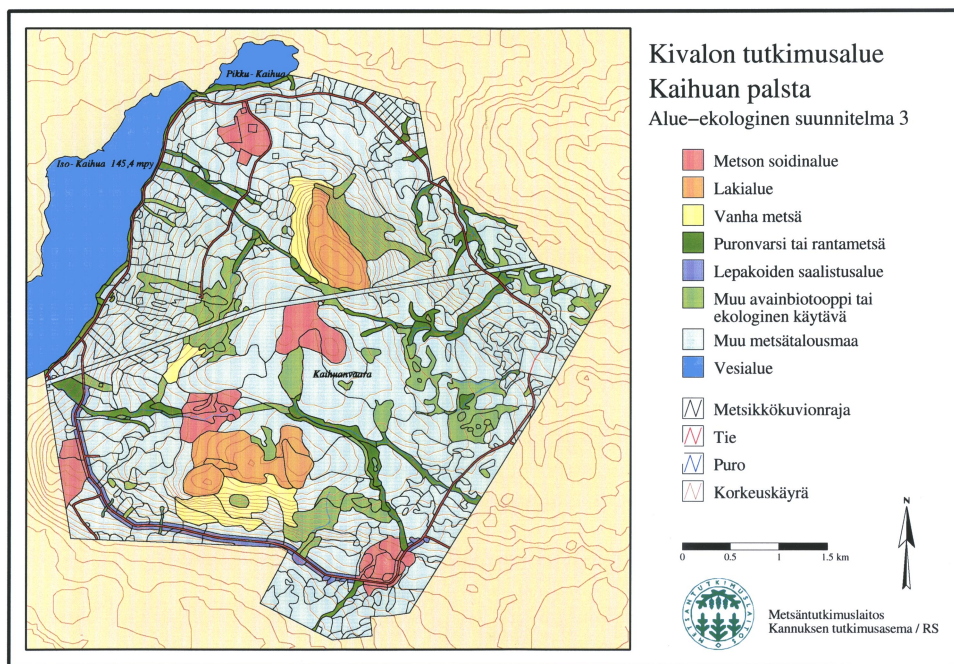
Analyttinen hierarkiaprosessi (AHP) on esimerkiksi monitavoitteisen vertailun menetelmistä (ks. Kangas ym. 1992). Tosin tutkimuksissa nykyisin käytettävät menetelmät poikkeavat monin kohdin AHP:n perusversiosta. AHP:n heikkouksia on paikattu mm. tilastotieteellisesti edistyneisemmin menetelmin (esim. Alho ja Kangas 1997). AHP:n periaatteita on käytännössä sovellettu Metsähallituksen luonnonvarasuunnittelun osallistavan suunnittelun päätösanalyysissä (Heinonen 1997, Pykäläinen ja Loikkanen 1997, Pykäläinen 1998) ja mm. Lapin metsästrategian valmistelussa (Kajala 1997).

Metsäntutkimuslaitoksen mailla on käynnissä kokeilu, jossa testataan monitavoitteisen vertailun uusimpia tekniikoita. Testattavana ovat mm. alue-ekologisten asiantuntija-arvioiden luotettavuus ja asiantuntemuksen tiedustelutavat. Suunnittelun aikahorisontti kokeilussa on 20 vuotta ja alueella oletetaan olevan vain kaksi suunnitelman valintaan vaikuttavaa käyttömuotoa: puuntuotanto (kriteereinä nettotulot suunnittelukaudella ja kestävä puuntuotannon edellytykset tulevaisuudessa) sekä luonnonkirjon turvaaminen.

Ensimmäisessä vaiheessa alueelle on laadittu perusteellinen alue-ekologinen selvitys: mikä on alueen potentiaali luonnonkirjon suhteen. Alueen ominaisuuksia ja kehittämismahdollisuuksia on arvioitu erityisesti valtakunnallisesti tai alueellisesti harvinaisten, suunnittelualueen vaikutuspiirissä esiintyvien eliölaajien elinympäristövaatimusten näkökulmasta.

Selvityksen pohjalta on valittu viisi vaihtoehtoista ekologisten kohteiden ja yhteyksien verkostoa (kuva 1). Kutakin näin saatua perusratkaisua kohti on tuotettu kaksi erilaista koko alueen tuotanto-ohjelmaa, jotka poikkeavat toisistaan muiden kuin ekologisten kohteiden verkostoon kuuluvien alueiden käsittelyn suhteen. Koska näiden ns. välialueiden käsittelyt ovat erilaiset, myös tuotanto-ohjelmien ekologiset vaikutukset ovat erilaiset, vaikka niiden ekologisten kohteiden verkostot olisivatkin samat. Jatkotarkasteluun on siten tuotettu kymmenen sekä puuntuotannollisten että ekologisten vaikutusten kannalta erilaista suunnitelmavaihtoehtoa.

Spatiaalisia analyyseja ja paikkatietojärjestelmiä sekä metsätalouden laskentaohjelmistoja ja niihin sisältyviä optimointitekniikoita on hyödynnetty



**Kuva 1.** Esimerkki mahdollisesta ekologisten kohteiden ja yhteyksien verkostosta eräällä tutkimusalueella.

vaihtoehtojen tuottamisessa. Ne tehostavat olennaisesti monitavoitteisen vertailun eri vaiheita, myös vaihtoehtojen arviointia eri tavoitteiden kannalta. Paikkatiedon hallinta onkin avainasemassa metsäsuunnittelun alue-ekologisissa tarkasteluissa. Paikkatietojärjestelmien ja spatiaalisten analyysien aikaisempi tutkimus antaa hyvän pohjan alue-ekologistenkin analyysien kehittämiseksi (esim. Store ja Nikula 1997).

Tavoitteena vaihtoehtoisten aluesuunnitelmien tuottamisessa on ollut luonnonkirjon ja hakkuumahdollisuuksien suhteen tehokkaiden ratkaisujen löytäminen. Ratkaisu ei ole kahden tavoitesuuren tapauksessa tehokas, jos sitä voidaan toisen – esimerkiksi luonnonkirjon – kannalta edelleen parantaa huonontamatta sitä samalla toisen – esimerkiksi hakkuumahdollisuuksien – kannalta.

Suunnitelmien arviointi käyttömuotojen ja päätösmuuttujien suhteen tapahtuu hyödyntäen tutkimuksen jalostamia uusia välineitä. Suunnitelma- vaihtoehtojen kokonaisvaltaisessa tarkastelussa kokeillaan perus-AHP:ia monipuolisempia analyysejä.

## Epävarmuutta, asiantuntemusta, optimointia ja matemaattisia malleja

Metsäsuunnittelun alue-ekologisiin tarkasteluihin liittyy toistaiseksi sekä teoreettisia, teknisiä että käytännöllisiä ongelmia. Keskeinen ongelma on ekologisen perustiedon puutteellisuus, minkä vuoksi suunnittelussa käytettävä informaatio on vajavaista. Ei yksinkertaisesti kyetä tutkimustietoon nojautuen riittävän luotettavasti ennustamaan, miten metsäalueen eliöstö kehittyisi eri suunnitelmavaihtoehtoissa.

Toisaalta epävarmakin informaatio on yleensä hyödyllisempi kuin toteamus, ettei käyttökelpoista tietoa ole ollenkaan. Suunnittelua varmuuden vallitessa ei itse asiassa ole olemassakaan: kaikkiin lähtötietoihin ja erityisesti ennusteisiin liittyy enemmän tai vähemmän epävarmuutta. Suunnitelmavaihtoehtojen seuraamusten ennustamiseen liittyvät epävarmuudet olisi hyvä tuntea, jotta suunnittelulaskelmien tuloksia osattaisiin tulkita oikein luottamatta sokeasti näennäisesti täsmälliseen numerotietoon.

Eräs lievityskeino perustiedon ongelmiin on eko-

logisen asiantuntemuksen mallintaminen, johon metsäsuunnittelun tutkimus on tuottanut työkaluja (esim. Kangas ja Mononen 1997). Asiantuntemukseen pohjautuen on kokeiluluonteisesti tuotettu malleja metsäsuunnitelmien arvioimiseksi eräiden riistalajien elinympäristövaatimusten kannalta. Asiantuntemusta on hyödynnetty myös monimuotoisuustarkastelujen liittämiseksi osaksi monitavoitteisen metsäsuunnittelun laskelmia. Suunnittelun laskentamenetelmiä on vastaavasti kehitetty paremmin erityyppistä informaatiota käsitteleviksi (esim. Pukala ym. 1997). Asiantuntemuksen mallinnuksen luotettavuuden arviointiin on kehitetty menetelmiä yhdessä tilastotieteilijöitten kanssa (esim. Alho ja Kangas 1997).

Edellä esitetty metsäsuunnitelmien monitavoitteisen vertailun esimerkki perustui alue-ekologisten selvitysten pohjalta muotoiltuihin ekologisten kohteiden ja yhteyksien verkostovaihtoehtoihin. Suunnittelualueen jako etukäteen määriteltyihin, tavoitteiltaan erilaisiin osa-alueisiin ja vyöhykkeisiin on suunnitteluopillisesti kuitenkin arveluttava, koska se ei välttämättä johda edes teoreettisesti tehokkaiseen ja optimaaliseen suunnitelmaan. Numeeriseen optimointiin perustuva lähestymistapa on tässä mielessä perustellumpi.

Optimointilähestymistavassa suunnitelmien kiinnostavat tunnuksot esitetään matemaattisten mallien avulla. Näitä malleja voidaan käyttää suunnittelu- ja optimointiosissa. Matemaattista optimointia varten asetetaan tavoiteyhtälö (esimerkiksi nettotulojen kestävän tason maksimointi) sekä rajoitteita (esimerkiksi vanhojen metsien osuudelle alaraja) – eli hyötymalli. Optimointi etsii kohdealueella tavoiteyhtälön maksimoivan tai minimoivan ja samalla rajoitteet toteuttavan metsiköittäisten tuotanto-ohjelmien yhdistelmän.

Optimointilähestymistavan etuja ovat tehokkuus, nopeus, objektiivisuus ja analyttisyys. Alue-ekologisten tarkastelujen ongelmana on kuitenkin niihin soveltuvien ekologisten mallien vähäisyys. Matemaattisen optimoinnin käyttöönottoa metsäsuunnittelijan jokapäiväiseksi työkaluksi hidastaa osin henkinen, osin myös taitotiedollinen kynnyks. Aika tekee kuitenkin koko ajan tehtäväänsä sekä ekologisten mallien että optimointilaskelmien eteen samalla kun tutkimus edistää kummankin käyttöä suunnittelussa.

Paitsi että lajikohtaisia ekologisia malleja on olemassa melko vähän, olemassa olevat mallitkaan eivät aina sovellu suunnitteluun. Suunnittelussa populaation kehityksen kuvauksessa tulisi olla mukana sellaisia tunnuksia, joihin metsänkäsittelyllä voidaan vaikuttaa. Ellei populaation kehitystä voida kuvata metsiä kuvaavien tunnusten funktiona, kaikki käsittelyvaihtoehdot arvioidaan laskelmissa lajille samanarvoisiksi. Yksi yleisesti käytetty tapa on mallittaa alueen soveltuvuutta kohdelajin elinympäristöksi eli habitaatiksi.

Vain harvoista lajeista on käytettävissä edes alustavasti sellaisia malleja, jotka mahdollistavat ekologiset riskianalyysit. Riskianalyysin avulla voitaisiin arvioida, millainen ekologisten kohteiden verkosto tai metsänkäsittelyohjelma täyttäisi minimivaatimukset lajien säilymiselle, tai millä todennäköisyydellä laji säilyy elinvoimaisena erilaisissa suunnitelmavaihtoehdoissa (Kangas ja Kangas 1998). Riskianalyysit toisivat valaisua suunnittelu-tehtävään sovellettiinpa vaihtoehtojen vertailussa sitten matemaattista optimointia tai mitä tahansa muuta lähestymistapaa.

Lajitason tarkastelujen ongelmana on lajien suuri määrä: kokonaisuuden hallinta voi hämärtyä tarvittavien analyysien paljoudessa. Tarkastelua onkin tarpeen pelkistää keskittymällä kohdealueella eläviin uhanalaisiin ja muihin harvinaisiin lajeihin sekä mahdollisiin indikaattorilajeihin.

Metsäsuunnittelun tutkimus on voimistunut huomattavasti viime vuosina Suomessa. Tutkimuksia alue-ekologisten tarkastelujen liittämiseksi osaksi metsäsuunnittelua toteutetaan metsätieteen, ekologian ja tilastotieteen tutkijoiden yhteistyönä. Monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun kehitettäviä menetelmiä testataan ja jalostetaan myös vuorovaikutuksessa käytännön metsätalouden kanssa. Kullakin lähestymistavalla on omat huonot ja hyvät puolensa. Erilaisia menetelmiä järkevästi yhdistämällä voidaan toisten eduilla korvata muiden puutteita. Esimerkiksi optimointilaskelmia ja ekologisten riskien analyysijä voidaan hyödyntää suunnitelmien monitavoitteisen vertailun syventämisessä.

Lähtöleikkävyyden merkittäviä haasteita alan kehittämistyössä ovatkin sekä eri tieteenalojen synergian saavuttaminen että käytännön metsäsuunnittelun ja tutkimuksen yhteistyön edelleen tiivistäminen. Ne auttaisivat olennaisesti yhtäältä tieteellis-

ten edistysaskelten ottamista ja toisaalta tutkimusten käytännön vaikuttavuuden lisäämistä. Ennukset kummankin suhteen ovat tällä erää otolliset.

## Kirjallisuus

- Alho, J. & Kangas, J. 1997. Analysing uncertainties in experts' opinions of forest plan performance. *Forest Science* 43: 521–528.
- Hallman, E., Hokkanen, M., Juntunen, H., Korhonen, K.-M., Raivio, S., Savela, O., Siitonen, P., Tolonen, A. & Vainio, M. 1996. Alue-ekologinen suunnittelu. *Metsähallitus, Metsätalouden julkaisuja* 3. 47 s.
- Heinonen, P. 1997. Balancing forest uses at regional level: the case of State forests in western Finland. *EFI Proceedings* 14: 203–210.
- Jokimäki, J., Kangas, J., Varmola, M. & Virtanen, E. (toim.). 1998. Alue-ekologista tietoa metsäsuunnitteluun. *Metsäntutkimuspäivä Rovaniemellä 15.10.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 685. 116 s.
- Kajala, L. (toim.). 1996. Lapin metsästrategia. *MMM:n julkaisuja* 2/1996. 129 s.
- Kangas, A. & Kangas, J. 1998. Ekologiset mallit ja ekologisten riskien hallinta metsäsuunnittelussa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2/1998: 207–222.
- Kangas, J., Matero, J. & Pukkala, T. 1992. Analyttisen hierarkiaproessin käyttö metsien monikäytön suunnitteluun – tapaustutkimus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 412. 48 s.
- & Mononen, A. 1997. Ekologiseen asiantuntemukseen perustuvan numeerisen mallin tuottaminen metsäalueen biodiversiteetin arviointiin. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2/1997: 225–238.
- Pukkala, T., Kangas, J., Kniivilä, M. & Tiainen, A.-M. Integrating forest-level and compartment-level indices of species diversity with numerical forest planning. *Silva Fennica* 31(4): 417–429.
- Pykäläinen, J. 1997. Päätösanalyysimenetelmä Metsähallituksen alueelliseen luonnonvarasuunnitteluun. *Metsähallitus, Metsätalouden julkaisuja* 11. 33 s.
- & Loikkanen, T. 1997. An application of numeric decision analysis on participatory forest planning: the case of Kainuu. *EFI Proceedings* 14: 125–132.
- Store, R. & Nikula, A. 1997. Paikkatietoanalyysit metsäsuunnittelun työkaluina; esimerkkeinä maisema- ja riistatutkimukset. *Julkaisussa: Kangas, J., Heino, E. & Sepponen, P. (toim.). Metsäsuunnittelun uudet tuulet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 639. s. 41–49.

■ Kirjoittajista Jyrki Kangas on virkavapaalla Metlan Kannuksen tutkimusaseman johtajan tehtävistä ja toimii Metlan tutkimusohjelman "Metsän eri käyttömuotojen yhteensovittaminen" koordinaattorina. Hän johtaa MMM:n rahoittamaa tutkimushanketta "Alue-ekologisen metsäsuunnittelun menetelmät ja ekologiset perusteet". Annika Kangas on tutkijana Suomen Akatemian biodiversiteetin tutkimusohjelmassa toimipaikkanaan Metlan Kannuksen tutkimusasema. Timo Pukkala toimii metsätalouden suunnittelun professorina Joensuun yliopistossa. Hän johtaa Suomen Akatemian biodiversiteetin tutkimusohjelmaan kuuluvaa hanketta "Integrating landscape ecology into forest planning".