

Ron Store

Maiseman huomioonottavan metsikkökuvioinnin tuottaminen paikkatietojärjestelmällä

Store, R. 1996. Maiseman huomioonottavan metsikkökuvioinnin tuottaminen paikkatietojärjestelmällä. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1996(3): 245–262.

Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jossa paikkatietojärjestelmän avulla tarkennetaan metsäsuunnittelussa käytettävää puuston ja kasvupaikan perusteella tehtyä metsikkökuviointia maisemallisesti tärkeissä kohteissa, kuten vesistöjen rannoilla sekä virkistysreittien ja teiden varsilla. Lisäksi uuden metsikkökuvioinnin kuviot ryhmitellään paikkatietoanalyysien avulla maisemaluokkiin, joita hyödynnetään hakkuita kohdennettaessa.

Menetelmän käytöstä saatavaa hyötyä arvioitiin kolmen tapaustutkimuksen avulla. Niissä verrattiin tavallisella kuvioinnilla ja tarkennetulla kuvioinnilla tehtyjen metsäsuunnitelmien tuottamaa maisemaa grafiikkakuvien ja numeeristen tunnusten avulla. Metsäsuunnitelmat tehtiin MONSU-ohjelmistolla siten, että suunnitelmien mukaisten hakkuiden tuottamat nettotulot olivat molemmissa suunnitelmissa yhtäsuuret. Tutkimuksessa oli kuusi vertailtavaa metsäsuunnitelmaparia, joista kaikissa raati valitsi tarkennetulla kuvioinnilla tehdyn suunnitelman tuottaman maiseman peruskuvioinnilla toteutetun suunnitelman tuottamaa maisemaa kauniimmaksi.

Tarkentamalla numeerisessa metsäsuunnittelussa käytettävää puuston ja kasvupaikan perusteella tehtyä metsikkökuviointia sekä hyödyntämällä paikkatietoanalyysijä sijainniltaan tärkeiden metsikkökuvioiden etsimisessä, saadaan maisemallisesti parempi lopputulos nettotuloja pienentämättä. Menetelmän tuottaman hyödyn määrään vaikuttavat tilalle asetettu tulotavoite ja tilan maisemalliset ominaisuudet. Tutkimuksessa kehitetty menetelmä mahdollistaa automaattisen tavan tarkentaa metsikkökuviointi uudeksi kuvioinniksi, joka palvelee metsäsuunnittelua paremmin kuin alkuperäinen kuviointi.

Asiasanat: paikkatietojärjestelmät, metsäsuunnittelu, metsikkökuviointi, metsämaisema, AHP-menetelmä

Kirjoittajan yhteystiedot: Metla, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus.

Faksi (06) 871 164, sähköposti ron.store@metla.fi

Hyväksytty 23.9.1996

1 Johdanto

1.1 Metsämaiseman kauneus metsäsuunnittelun tavoitesuurena

Viime aikoina muut kuin puuntuotannolliset näkökohdat ovat saaneet yhä suuremman painon metsätalouden päätöksenteossa. Talousmetsissä sekä metsälöiden koon pieneneminen että omistuksen siirtyminen maanviljelijöiltä kaupunkilaisille ovat pienentäneet puunmyyntitulojen merkitystä ja näin monipuolistuttaneet metsänomistajien metsälöilleen asettamia tavoitteita (Järveläinen 1988). Kansalaisten lisääntynyt ympäristötietoisuus ja vaatimukset viihtyisämmästä elinympäristöstä ovat vaikuttaneet metsien hoitoon ja metsien virkistyskäytön nopea kasvu viime vuosikymmeninä on luonut paineita erityisesti miellyttävän ulkoiluympäristön kehittämiseen ja säilyttämiseen.

Kaunista metsämaisemaa pidetään tärkeänä ulkoilukokemuksen miellyttävyyteen vaikuttavana tekijänä (Eskelinen 1979, Karhu ja Kellomäki 1980). Metsämaisemalla tarkoitetaan metsiköiden ja metsäalueiden muodostamaa kokonaisuutta, jossa on ihmisen toiminnan seurauksena havaittavissa enemmän tai vähemmän kulttuurivaikutusta (Ohjekirje maiseman... 1970). Maisema jaetaan elementteihin sen mukaan tarkastellaanko maisemaa ekologisesti toimivana kohteena vaiko aineettomana ja esteettisenä havaintona. Tässä tutkimuksessa maisema jaetaan kolmeen pääelementtiin, joita käsitellään ihmisen näkemänä ja kokemana esteettisenä elämyksenä.

Lähimaisema on tietyn yksittäisen metsikkökuvion sisäinen maisema, jota tarkastellaan joko metsikön sisältä tai metsikön välittömästä läheisyydestä. Metsäalueen maisemalla tarkoitetaan rajatun metsäalueen lähimaisemien muodostamaa kokonaisuutta. Se koostuu yksittäisten metsikkökuvioiden maisemista siten, että edellisten metsikkökuvioiden maisema vaikuttaa seuraavien kuvioiden maiseman kokemiseen. Metsäalueen maisemaa tarkastellaan yleensä joltakin reitiltä, esimerkiksi tieltä tai hiihtoladulta. Kaukomaiseman tarkastelussa havainnointipiste sijaitsee etäällä tarkasteltavasta alueesta, jolloin maisema sisältää samanaikaisesti useita metsikkökuvioita ja mahdollisesti myös muita maisemaelementtejä, kuten peltoa tai vettä.

Hyvän ulkoiluympäristön ominaisuuksiin kuuluu maisemallisesti vaihteleva ja kaunis metsäluonto (Lovén 1973b). Lähimaiseman kauneuteen vaikuttavista metsikön ominaisuuksista tärkeimpiä ovat puulajisuhteet, puuston ikä ja tiheys, runkojen järeys sekä alikasvoksen määrä. Maisemallisesti arvokkaassa metsikössä puuyksilöt ovat kookkaita, mutta ne sijaitsevat harvassa luoden avaran vaikutelman (esim Kellomäki 1975, Savolainen ja Kellomäki 1981, Kardell 1991). Yhden puulajin metsiköissä koivua pidetään maisemallisesti arvokkaampana kuin mäntyä ja kuusta. Sekametsiä pidetään yleensä yhden puulajin metsiä kauniimpina ja metsikön arvostus kasvaa puulajien lukumäärän lisääntyessä. (esim Mikola 1973, Karhu ja Kellomäki 1980, Savolainen ja Kellomäki 1981).

Metsäaluetasolla on metsikkötasoa vähemmän tutkittu metsämaiseman kauneuden muodostumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tehdyissä tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että metsäalueen vaihtelevuus lisää alueen maisemallista kauneutta ja vaihteleva maisema lisää alueen sopivuutta virkistyskäyttöön (Lovén 1973a, Kellomäki 1975, Eskelinen 1979, Axelsson-Lindgren 1990). Vaihtelua tuovat vesistöt, suot, kalliot, topografinen vaihtelu sekä puustoltaan ja kooltaan erilaiset metsikkökuviot. Yleisesti maiseman oletetaan olevan sitä arvostetumpi mitä vaihtelevampi se on, sillä hyvin vaihtelevat maisemat ovat harvinaisia.

Kaukomaiseman kokemiseen vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä ovat maisemaelementtien muoto, mittakaava ja maiseman vaihtelevuus (Lucas 1991). Lovénin (1973a) ja Kellomäen (1984) mukaan kaukomaisemassa on oleellista myös näkymän laajuus. Kaukomaiseman pääelementtejä ovat vesistöt, maastonmuodot ja kasvillisuus. Kaukomaiseman kannalta tärkeitä metsiköiden ominaisuuksia ovat metsikkökuvioiden muoto ja puulajisuhteet sekä metsiköiden välinen vaihtelu ja jäsentyminen maisematilaksi. Merkittävä yksityiskohta on avointa tilaa rajaavan puuston latvusmuodot. Kuusen muodostama vaaranlakimetsän profiili on karkea, koska se muodostaa latvuksillaan terävän siluetin. Lehtipuiden ja männyn muodostamat siluetit ovat sen sijaan pyöreämpiä. (Antikainen 1993). Havupuut antavat maisemalle perusilmeen muodostamalla suurilla hallitsevilla pintoja, johon lehtipuut luovat vuodenaikaista vaihtelua.

Metsämaisemalle on luonteenomaista dynaamisuus. Maisema muuttuu puiden ja pensaiden kasvaessa ja kuollessa, vaikka ihminen ei puuttuisikaan metsän kehitykseen. Suurimmat ja nopeimmat muutokset metsämaisemassa aiheutuvat kuitenkin yleensä ihmisen toiminnasta, erityisesti hakkuista. Maisemanhoidon kannalta kriittisin vaihe on metsän uudistaminen, koska uudistushakkuilla on suuret välittömät vaikutukset metsämaisemaan. Lisäksi uudistamisen menetelmän, uudistettavan puulajin sekä uudistettavan kuvion koon, muodon ja rajauksen valinnat vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen. Maisemallisesti onnistuneessa toimenpiteiden rajauksessa käsittelykuviot noudattavat maastokuvioiden luonnollisia rajoja ja myötäilevät alueen pinnanmuodostusta (Mikola 1973, Hull 1988, Antikainen 1993). Tärkeissä maisemakohteissa kuvioinnin tulee lisäksi olla riittävän pienipiirteistä.

Osa metsikkökuvioista on maisemallisesti arvokkaampia kuin toiset (Kaplan 1979a, Kardell 1991). Maisemallisesti merkittävät kuviot eli maisemakuviot ovat joko lähimaisemaltaan poikkeuksellisen kauniita tai sijaitsevat maisemallisesti tärkeällä paikalla. Maisemallisesti tärkeitä paikkoja ovat muun muassa teiden tai retkeilyreittien varret, mäkien harjanteet, pienet saaret sekä rannat. Maisemakuvioilla otetaan korostetusti huomioon maiseman kauneuden kehittyminen metsänkäsittelyä suunniteltaessa. Maisemahäiriöitä aiheuttavat metsätaloustoimenpiteet pyritään ohjaamaan muille kuvioille.

Tarve metsien monikäytön suunnitteluun on lisääntynyt merkittävästi viime vuosina. Uusien suunnittelumenetelmien kehittämistä ja käyttöönottoa ovat kuitenkin hidastaneet esimerkiksi maiseman kauneuden ennustamiseen ja arvioimiseen tarvittavien mallien ja menetelmien puuttuminen (Pukkala 1988). Monikäytön huomioonottaminen metsäsuunnittelussa onkin toistaiseksi toteutettu etupäässä ns. kuvailevin menetelmin, millä tarkoitetaan monikäyttösuunnitelman koostamista lähinnä suunnittelijoiden kokemusten ja näkemysten perusteella ilman vaihtoehtojen numeerista vertailua. (Hallikainen 1990).

Monitavoitteinen metsäsuunnittelu vaatii perinteistä suunnittelua enemmän maastotöitä, mikä kasvattaa suunnittelun kustannuksia. Metsäsuunnittelun kustannusten nousua voidaan hillitä hyödyntämällä entistä tehokkaammin tietokoneiden lasken-

tätehoa ja uusia kehittyneitä tietokoneohjelmistoja. Tällaisia ohjelmistoja ovat paikkatietojärjestelmät, jotka on kehitetty karttamuotoisen tiedon hallintaan ja analysointiin sekä kehittyneet metsäsuunnitteluohjelmistot, joihin on sisällytetty joitakin paikkatietojärjestelmän keskeisiä ominaisuuksia sekä mahdollisuus asettaa suunnitelmalle myös muita kuin puuntuotannollisia tavoitteita. Tällaisten ohjelmistojen käyttö suunnittelussa mahdollistaa kuvailevien suunnittelumenetelmien ja tietokonepohjaisten menetelmien yhdistämisen siten, että aikaa vieviä maastotyövaiheita voidaan siirtää tietokoneen hoidettavaksi.

1.2 Paikkatietojärjestelmät

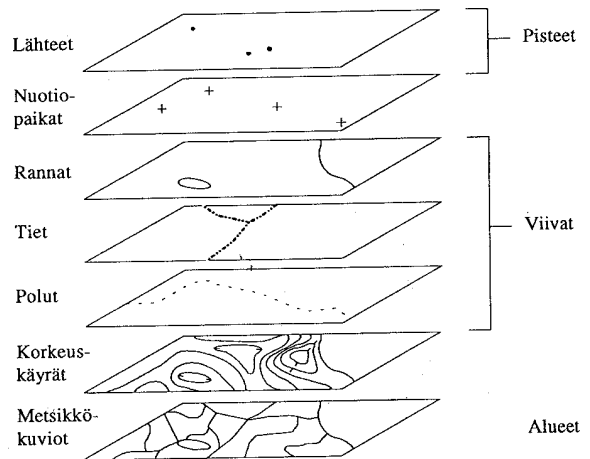
Paikkatietojärjestelmät (Geographical Information Systems, GIS) ovat tietokonepohjaisia järjestelmiä, joita käytetään paikkaan sidotun tiedon hankintaan, varastointiin ja analysointiin sekä tulosten esittämiseen (Aronoff 1989). Järjestelmä koostuu tietokonelaitteistosta, paikkatiedon hallintaohjelmistosta, henkilökunnasta ja organisaatiosta. Paikkatietojärjestelmät erottaa muista tietojärjestelmistä niiden kyky tuottaa uutta informaatiota analysoimalla ja yhdistämällä olemassa olevaa paikkaan sidottua tietoa. Paikkatieto kuvaa reaalia maailman kohdetta sijainti- ja ominaisuustiedon avulla. Sijaintitieto ilmoittaa kohteen sijainnin annetussa karttakoordinaatistossa ja ominaisuustieto sisältää kohteen ominaisuudet tietynä ajanhetkenä. Kaikki geometrisen tieto tallennetaan ja esitetään pisteinä, viivoina ja alueina (Burrough 1986). Tiedot voivat myös muodostaa laajempia kokonaisuuksia, kuten verkostoja tai aluejakoja (Rainio 1988).

Paikkatietojärjestelmissä kartat jaetaan karttatasoihin, jotka koostuvat loogisesti yhteenkuuluvista geografisista kokonaisuuksista ja niiden ominaisuustiedoista. Karttataso kuvaa yhden muuttujan spatiaalista vaihtelua tietyllä alueella (Tomlin 1990). Pistemäiset kohteet, viivat ja alueet talletetaan yleensä eri karttatasoihin ja yhdessä karttatasossa esitetään vain yksi teema (kuva 1). Koska perinteinen paperikartta on sekä tiedon varastointi- että esitysväline, on paperikartoissa kerralla esitetty yleensä mahdollisimman monta karttatasoa, kuten esimerkiksi tiet, hallinnolliset rajat, maaperätiedot ja maas-

ton korkeus. Paikkatietojärjestelmissä kartat on talletettu numeerisessa muodossa ja niiden varastointi ja esitys ovat erillään toisistaan. Tällöin yksityiskohtia voidaan tallettaa huomattavasti enemmän. Kartan tuottaminen paikkatietojärjestelmässä tapahtuu yhdistämällä halutut karttatasot kartaksi.

Spatiaaliset analyysifunktiot käyttävät paikkatietojärjestelmän tietokannan sijaintitietoa ja ominaisuustietoa yhdessä ratkaistakseen reaali maailmaa koskevia ongelmia. Alueleikkaus on funktio, jossa luodaan uusi karttataso asettamalla kaksi tai useampia numeerisia karttatasoja päällekkäin. (Congalton ja Green 1992). Aritmeettisessä alueleikkauksessa karttatasojen sisältämää tietoa muokataan lisäämällä, vähentämällä, jakamalla tai kertomalla karttatason halutut arvot sijainniltaan vastaavalla toisen karttatason arvolla. Loogisella alueleikkauksella voidaan etsiä alueet, joissa tietyt ehdot ovat voimassa samanaikaisesti. Usein alueleikkauksia käytetään maankäytön suunnittelussa yhdistämään eri tietolähteistä peräisin olevaa tietoa. Tällöin on etsitty tiettyyn käyttötarkoitukseen sopivia alueita paikantamalla karttatasojen loogisten leikkausten avulla sellaiset alueet, joissa kaikki käyttömuodon sijoituspaikalle asettamat vaatimukset toteutuvat yhtäaikaan (esim. Jensen ja Christensen 1986, Siderelis ja Tribble 1988).

Vaikutusalueen muodostaminen on tekniikka, jonka avulla muodostetaan uusi alue ympäröimällä halutut pisteet, viivat tai alueet tietyltä etäisyydeltä (Congalton ja Green 1992). Vaikutusvyöhykkeen muodostamista on käytetty usein niiden kohteiden tunnistamisessa, jotka ovat tiettyä etäisyyttä lähempänä annettua pistettä tai viivaa (esim. Hart, ym. 1985, Walsh ja Butler 1989). Näkyvyysanalyysissä määritetään, mitkä alueet voi nähdä ja mitä alueita ei voi nähdä tietystä taso- ja korkeuskoordinaateilla määritetystä pisteestä (Dangermond 1984). Näkyvyysanalyysissä käytetään apuna numeerista maastomallia tarkastelualueen topografian määrittämiseen. Näkyvyysanalyysissä voidaan käyttää lisäksi erillistä karttatasoa, joka sisältää näkyvyyttä rajoittavia yksittäisiä elementtejä, kuten korkeita rakennuksia tai metsää. Maisemasuunnittelussa näkyvyysanalyysiä voidaan käyttää esimerkiksi tietystä pisteestä avautuvan näkymän kartoitukseen tai tien linjausta seuraavan pisteketjun avulla tielle näkyvien kuvioiden määrittämiseen. Maisemahäi-



Kuva 1. Sijaintitieto jaetaan karttatasoihin yleensä siten, että pistemäiset kohteet, viivat ja alueet talletetaan eri karttatasoihin ja lisäksi yhdessä karttatasossa esitetään vain yksi teema.

riöalueiden näkyvyyden kartoituksessa näkyvyysanalyysiä on käytetty mm. tutkittaessa, mistä pisteistä avohakattu metsikkökuvio voidaan nähdä (Smart ja Mason 1990, Davidson ym. 1992).

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä tutkimuksessa selvitetään paikkatietojärjestelmän käyttömahdollisuuksia maiseman huomioonottavassa metsäsuunnittelussa. Useissa aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että pyrittäessä maisemallisesti onnistuneisiin ratkaisuihin metsänkäsittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomioita metsikkökuvioiden kokoon ja rajaukseen (Mikola 1973, Karhu ja Kellomäki 1980, Lucas 1991). Tutkimuksen tavoitteena on kehittää menetelmä, jossa paikkatietojärjestelmän avulla tarkennetaan perinteistä puuston ja kasvupaikan perusteella tehtyä metsikkökuviointia sekä etsitään kuviot, jotka sijaitsevat maisemallisesti merkittävillä paikoilla.

Kuviointimenetelmän hyötyjä testataan selvittämällä, voidaanko maisemanhoidollisella metsikkökuvioiden rajauksella ja metsänkäsittelytoimenpiteiden sijoittelulla saavuttaa maisemallisesti parempi tulos nettotuloja pienentämättä. Menetelmän käytöstä saatavaa hyötyä arvioidaan kolmen tapaustutkimuksen avulla, joissa verrataan tavallisella kuvi-

oinnilla ja tarkennetulla kuvioinnilla tehtyjen suunnitelmien tuottamaa maisemaa grafiikkakuvien ja numeeristen tunnusten avulla. Tutkimuksessa kehitetystä menetelmästä on hyötyä, jos suunnitelmat, joissa on muodostettu lisäkuvioita paikkatietojärjestelmällä ja määritetty maisemaluokittaiset tärkeysarvot optimointilaskelmia varten, tuottavat suuremman kokonaishyödyn kuin ilman kuviointimenetelmää tuotetut vastaavat suunnitelmat.

2 Menetelmä

2.1 Uuden kuvioinnin tuottaminen

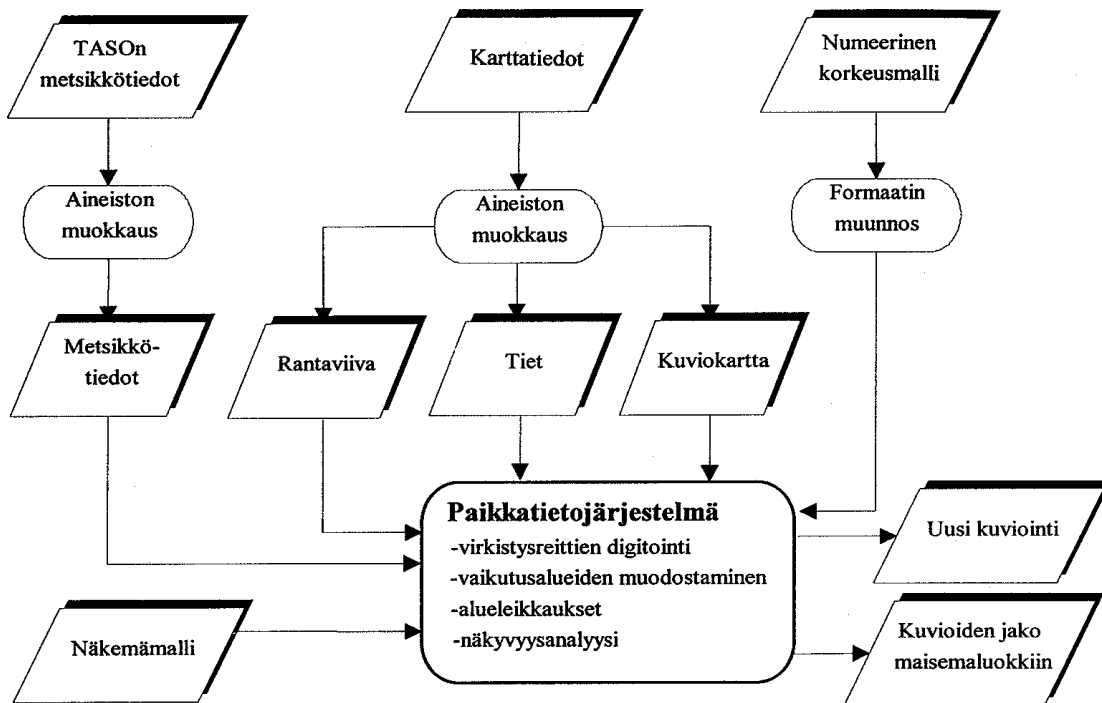
Tutkimuksessa valmistettiin puuston ja kasvupaikan perusteella tehdystä peruskuvioinnista uusi pienipiirteisempi metsikkökuviointi paikkatietojärjestelmällä. Lisäksi uuden kuvioinnin metsikkökuvioista etsittiin maisemallisesti merkittävät kohteet ja luokiteltiin kuvat niiden maisemallista tärkeyttä kuvastaviin maisemaluokkiin (kuva 2).

Keskeisten maisemantarkastelureittien (tiet, polut ja hiihtoladut) ja rantojen sekä pistemäisten kohteiden (lähteet, nuotiopaikat) ympärille muodostettiin paikkatietojärjestelmällä vaikutusvyöhykkeet. Vaikutusvyöhykkeistä tehtiin leveydeltään vaihtelevia, jolloin niiden leveys määritettiin vyöhykkeellä sijaitsevan metsikkökuvion puuston perusteella. Vaikutusvyöhykkeiden muodostamista varten kullekin metsikkökuvioille laskettiin paikkatietojärjestelmässä näkemäarvo, joka kertoi, kuinka pitkälle kyseessä olevan kuvion sisällä voi nähdä. Näkemä laskettiin Kallion (1991) mallilla:

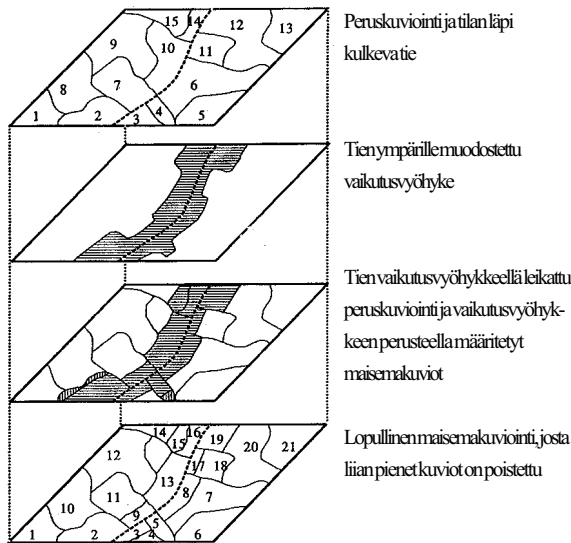
$$\text{Näkemä} = 0,207V_{\text{mä}} - 0,445V_{\text{ku}} + 4,179Hx - 0,007RL_{\text{taim}} + 23,477$$

missä $V_{\text{mä}}$ = männyn tilavuus (m^3/ha)
 V_{ku} = kuusen tilavuus (m^3/ha)
 Hx = puuston keskipituus (m)
 RL_{taim} = taimikon runkoluku (kpl/ha)

Metsikkökuvioille laskettuja näkemäarvoja ei kuitenkaan käytetty suoraan vaikutusvyöhykkeen leveytenä, vaan metsikkökuvioiden luokittelussa nä-



Kuva 2. Kuviointimenetelmän kehittämisen vaiheet.

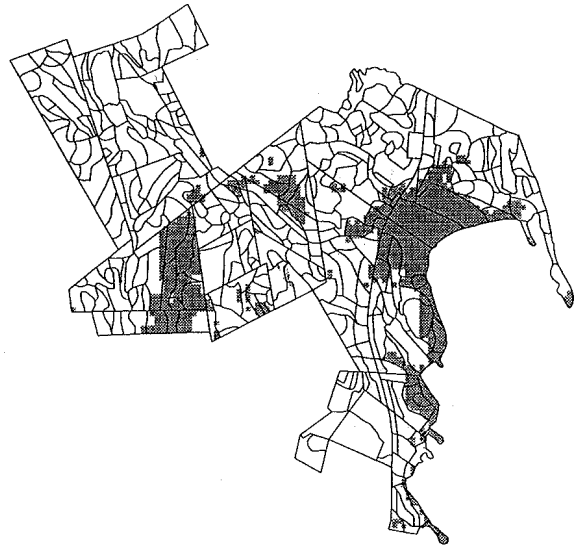


Kuva 3. Uusien kuvioiden muodostamisen periaate.

kemäluokkiin. Näkemäluokkia tehtiin kuusi kappaletta ja niiden leveys vaihteli 30 ja 80 metrin välillä. Kun kaikki vaikutusvyöhykkeet oli muodostettu, leikattiin peruskuviointi vaikutusvyöhykkeillä. Näin saatiin uusi kuviointi, jossa vaikutusvyöhykkeiden sisälle kokonaan jääneet peruskuvioinnin kuviot määritettiin sellaisinaan maisemakuvioksi. Osittain vaikutusvyöhykkeen sisälle jääneet kuviot jakautuivat alueleikkauksen yhteydessä vaikutusvyöhykkeen rajaa pitkin kahteen osaan, jolloin sisäpuolinen kuvio määritettiin maisemakuvioksi (kuva 3). Pinta-alaltaan liian pienet kuviot poistettiin yhdistämällä ne uudestaan alkuperäiseen kuvioon. Uusien kuvioiden minimikooksi asetettiin 30 aaria. Tästä alueleikkauksessa syntyneistä kuvioinnista käytetään myöhemmin nimeä maisemakuviointi

2.2 Maisemallisesti merkittävät kuviot

Osa uuden kuvioinnin metsikkökuvioista määritettiin maisemakuvioksi, koska ne näkyivät tärkeisiin maisemantarkastelupisteisiin tai -reiteille. Näiden kuvioiden etsiminen tapahtui paikkatietojärjestelmän näkyyvyysanalyysien avulla. Näkyyvyysanalyysissä käytettiin apuna kahta numeerista kor-



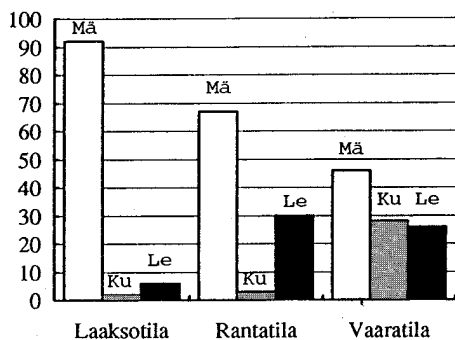
Kuva 4. Koalueen kuviokartta ja toiseen tai molempiin tarkastelupisteisiin näkyvät alueet.

keusmallia, jossa toisessa korkeussuuntaisena muuttujana oli maastonkorkeus ja toisessa kuvioittainen puuston pituus. Puuston- ja maastonkorkeusmallit laskettiin yhteen paikkatietojärjestelmässä, jolloin saatiin uusi yhdistetty korkeusmalli, jossa pisteen korkeus oli maaston korkeus lisättyä sen kuvion puuston pituudella, jonka alueella piste sijaitsi. Näkyyvyysanalyysiä varten tehtiin vielä yksi karttataso, johon merkittiin halutut maisemantarkastelupisteet.

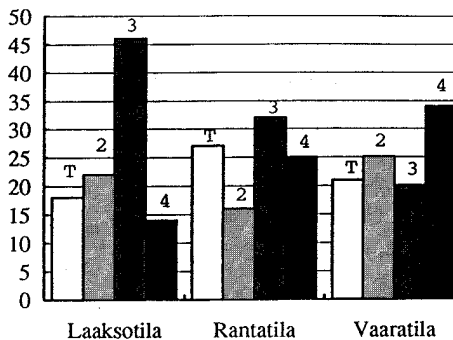
Näkyyvyysanalyysissä tutkittiin yhdistetyn korkeusmallin avulla mitkä pistekarttatason pisteet näkyivät maisemantarkastelupisteisiin. Kuviokartta leikattiin näkyyvyysanalyysin tuloksena syntyneellä karttatasolla ja ne kuviot, joiden pinta-alasta yli 50 % sijaitsi alueella, joka näkyi jompaan tai molempiin tarkastelupisteisiin, määritettiin maisemakuvioksi (kuva 4).

Vaikutusvyöhykkeiden muodostamisen ja maisemallisesti merkittävien kohteiden etsimisen tuloksena, kuvioille saatiin myös maisemaluokat. Myös peruskuvio, jotka eivät olleet maisemakuviota, muodostivat oman luokkansa. Näiden luokkien lisäksi tulivat yhdistelmäluokat eli kahden vaikutusvyöhykkeen alueella sijaitsevien kuvioiden ryhmät. Maisemaluokkia olivat:

Puulajisuhteet %



Kehitysluokkasuhteet %



Kuva 5. Puulaji- ja kehitysluokkasuhteiden vertailu koetiloilla. Puulajisuhteissa Mä=mänty, Ku=kuusi, Le=lehtipuut ja kehitysluokkasuhteissa T=taimikko, 2=nuori kasvatusmetsikkö, 3=vartunut kasvatusmetsikkö, 4=uudistuskypsä metsikkö.

1. Nuotiopaikkaa ympäröivät kuviot
Koealueella on kaksi ladunvarressa sijaitsevaa nuotiopaikkaa.
2. Peruskuviot
Eivät sijaitse maisemallisesti erityisen keskeisellä paikalla.
3. Polunvarsikuviot
Sijaitsevat latujen ja polkujen varrella.
4. Rantakuviot
Vesistöön rajoittuvat kuviot.
5. Tarkastelupisteeseen näkyvät kuviot
Kuviot, jotka näkyvät joko toiseen tai molempiin maisemantarkastelupisteisiin.
6. Tienvarsikuviot
Sijaitsevat joko Lomakolin tai Käränkävään tien varrella.
7. Tarkastelupisteeseen näkyvät rantakuviot
Kuviot, jotka ovat sekä rantakuvioita että tarkastelupisteeseen näkyviä kuvioita.
8. Tien- ja polunvarsikuviot
Kuviot, jotka ovat sekä tienvarsikuvioita että polunvarsikuvioita.

3 Tapaustutkimukset

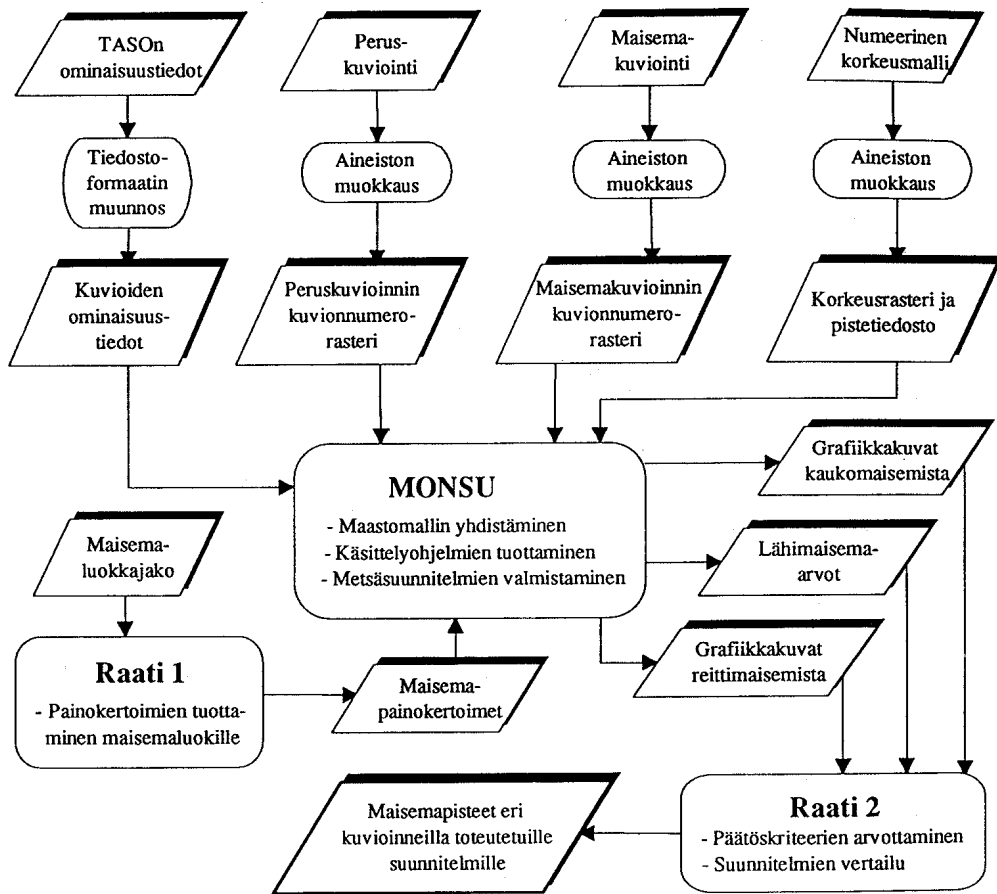
3.1 Aineisto

Tutkimuksen aineisto kerättiin alueelta, joka sijaitsi Kolin Käränkävään läheisyydessä Lieksan kau-

pungin alueella (yhtenäiskoordinaatit 3642000, 7008000). Tutkimusalueen kokonaispinta-ala oli 350 hehtaaria ja sen alueella sijaitsevat tilat olivat pääasiassa yksityisten omistuksessa. Tutkimusalue rajoittui idässä Pieliseen ja pohjoisessa Käränkälampeen. Alueen valinnassa ja rajauksessa pyrittiin löytämään puustoltaan ja topografialtaan vaihteleva alue, joka sisältäisi myös ranta- ja tienvarsimetsiä sekä virkistysreittejä. Korkeuseroa koealueella on 156 metriä. Alueen läpi kulkee Kolin kylän ja Loma-Kolin yhdistävä tie sekä useita virkistysreittejä. Lisäksi Koli-Lieksa -laivareitti ohittaa koealueen noin 500 metrin etäisyydeltä. Alunperin koealueella oli 305 metsikkökuvioita, mutta maisemakuvioiden muodostamisen yhteydessä kuvioiden lukumäärä kasvoi 471:een.

Tapaustutkimusta varten tutkimusalueelle muodostettiin kolme yhtenäistä koetilaa, joiden rajat noudattivat pääpiirteittäin rekisteritilanrajoja. Koetilat pyrittiin rajaamaan samankokoisiksi, mutta puustoltaan tai topografialtaan toisistaan poikkeaviksi. Tilat nimettiin Ranta-, Vaara-, ja Laaksotilaksi kullekin metsälölle tunnusomaisimman maisemapiirteiden mukaan. Laaksotila oli puustoltaan hyvin mäntyvaltainen, kun taas Ranta- ja Vaaratiloilta löytyi enemmän koivikoita, kuusikoita ja sekametsiä (kuva 5).

Koetiloilta kerättiin normaalit maapohja- ja puustotiedot metsätaloussuunnitelmaa varten. Tiedot kerättiin pääosin metsäkeskus Tapion maastotyöoppaan ohjeiden mukaisesti (Metsätaloussuunnit-



Kuva6. Menetelmänarvioinnin vaiheet

telun maastotyöopas 1991). Tällöin arvioitiin seuraavat puustotunnukset: puuston ikä, kehitysluokka, pohjapinta-ala tai runkoluku, keskiläpimitta, keskipituus ja pääpuulaji. Maastotyöoppaan inventointimenetelmästä poiketen kuvioilta mitattiin puustotiedot erikseen kaikista puulajeista ja puujaksoista. Lisäksi maastossa selvitettiin virkistysreittien linjaus ja levähdyspaikat virkistysreittien varrella.

3.2 Menetelmänarvioinnin vaiheet

Tapaustutkimusaineisto siirrettiin paikkatietojärjestelmästä MONSU-metsäsuunnitteluohjelmistoon, jossa aineistosta koostettiin vertailtavat metsäsuunnitelmaparit (kuva 6). Uuden kuvioinnin hyvyttä

arvioitiin vertaamalla keskenään tarkennetulla kuvioinnilla toteutetun metsäsuunnitelman ja peruskuvioinnilla tehdyn metsäsuunnitelman tuottamia maisemia grafiikkakuvien ja numeeristen tunnusien avulla. Vertailut tehtiin analyttisessä hierarkiaprosessissa (AHP) sovellettujen pareittaisten vertailujen avulla (Saaty 1980). Hypoteesi, jota testattiin kolmen tapaustutkimuksen avulla oli, että kuviointimenetelmän avulla tehtyjen metsätaloussuunnitelmien mukaiset hakkuut tuottavat metsänomistajalle suuremman hyödyn kuin vastaavien ilman kuviointimenetelmää toteutettujen suunnitelmien hakkuut.

Taulukko 1. Maisemaluokkien painokertoimet.

Maisemaluokka	Painokerroin
Peruskuviot	0,02
Polunvarsikuviot	0,06
Rantakuviot	0,27
Tarkastelupisteeseen näkyvät kuviot	0,08
Tienvarsikuviot	0,11
Rantakuviot + tarkastelupisteeseen näkyvät kuviot	0,34
Tien- ja polunvarsikuviot	0,12
Yhteensä	1,00

3.3 Metsäsuunnitelmien valmistaminen koetilolle

Jokaiselle kuviolle tuotettiin metsäsuunnitteluohjelmistolla useita vaihtoehtoisia käsittelyohjelmia, jolloin tiettyyn tulotavoitteeseen johtavat hakkuut oli mahdollista toteuttaa ja sijoittaa kuviolle monella eri tavalla. Keskimäärin kuviolalla oli viisi käsittelyohjelmaa (1–11). Uudistuskypsille metsikkökuvioille käsittelyohjelmia simuloitiin eniten, yleensä 5–11. Suunnittelun aikajänne oli 20 vuotta ja käsittelyjä oli mahdollista tuottaa kuviolle kummankin 10-vuotiskauden puolivälissä.

Kokonaishyödyn maksimoivat suunnitelmat tuotettiin heuristisella optimointialgoritmilla (HERO) erikseen perus- ja maisemakuvioinneille (Pukkala ja Kangas 1993). Optimointia varten kullekin metsälölle muotoiltiin tavoitefunktiot. Ensimmäinen tavoitefunktio tehtiin metsänomistajalle, joka haluaa metsälöstään suuria nettotuloja ja kaunista maisemaa (tulotavoite). Toinen tavoitefunktio oli metsänomistajalle, joka tavoittelee kohtalaisia nettotuloja ja kaunista maisemaa (säästötavoite). Näiden tavoitteiden mukaisista suunnitelmista käytetään myöhemmin myös nimiä perussuunnitelma ja maisemasuunnitelma. Tavoitteiden väliset tärkeydet (painot) vaihtelivat tiloittain. Esimerkiksi Laakso-tilan tulotavoitteen mukainen suunnitelma koostettiin maksimoimalla seuraavaa hyötyfunktiota.

$$U_{\text{kok}} = 0,35u_1(M_I) + 0,35u_2(M_{II}) + 0,17u_3(NT_I) + 0,13u_4(NT_{II})$$

Missä U_{kok} on metsälön tuottama kokonaishyöty, M_I on ensimmäisen kymmenvuotiskauden maisema-arvo, M_{II} on toisen kymmenvuotiskauden mai-

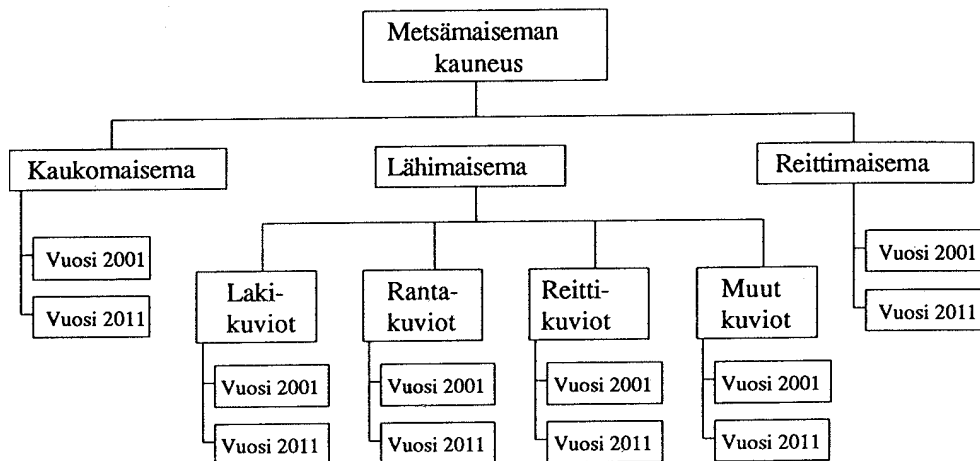
sema-arvo, NT_I on ensimmäisen kymmenvuotiskauden nettotulo ja NT_{II} on toisen kymmenvuotiskauden nettotulo. Kyseinen funktio on ns. additiivinen hyötyfunktio, joka ilmaisee, kuinka kokonaishyöty riippuu kriteerimuuttujien tuottamista osahyödyistä. Osahyötyfunktiot (u_1 , u_2 , u_3 ja u_4) määrittävät miten osahyöty muuttuu tavoitemuuttujan arvon muuttuessa. Osahyötyfunktioita edeltävät kertoimet määrittävät millä painolla kukin tavoite otetaan optimoinnissa huomioon. Optimoinnissa valitaan yksittäisille kuviolle sellaiset käsittelyohjelmat, että tavoitefunktion mukainen kokonaishyöty maksimoi-tuu metsälötasolla.

Hyötyfunktiossa käytettävä maisema-arvo on MONSU-ohjelmistolla laskettu kuvioiden pinta-alalla painotettu keskimääräinen maisema-arvo (Pukkala 1993). Maisemasuunnitelmissa käytettiin kuviolilla pinta-alapainokertoimien lisäksi maisemapainokertoimia, jotka tuotettiin pareittaisten vertailujen tekniikalla koalueen tuntevan asiantuntijaraadin avulla (ks. Kangas ym. 1992) (taulukko 1). Maisemapainokertoimien käytöllä voitiin lisätä sijainniltaan keskeisten metsikkökuvioiden painoarvoa metsäsuunnitelmaa koostettaessa.

3.4 Suunnitelmien vertailu

Perus- ja maisemakuvioinneilla tehtyjen metsäsuunnitelmien nettotulot olivat jokseenkin yhtä suuret, jolloin suunnitelmavaihtoehtojen vertailu voitiin tehdä pelkästään maiseman suhteen (taulukko 2). Tilannetta suunnittelujakson lopussa (vuonna 2011) tarkasteltiin puuston tilavuuden avulla (taulukko 3). Laakso- ja Rantatilojen suunnitelmissa ei kumpikaan suunnitelmavaihtoehto johtanut selvästi toista suurempaan loppupuuston tilavuuteen. Vaaratilalla maisemakuvioinnilla toteutetut suunnitelmat tuottivat hieman suuremman loppupuuston tilavuuden kuin peruskuvioinnilla toteutetut suunnitelmat. Lopputilanteen tilavuuserot johtuivat pääasiassa erilaisesta avo- ja harvennushakkuu suhteesta sekä erilaisten uudistamisketjujen toteuttamisesta vertailtavassa suunnitelmaparissa.

Suunnitelman tuottaman kokonaishyödyn katsottiin muodostuvan nettotulojen ja maiseman kauneuden tuomasta hyödystä. Koska nettotuloja pidettiin yhtä suurina, muotoiltiin päätöksentekohierarkia



Kuva 7. Päätöshierarkia suunnitelmavaihtoehtojen arvottamiseksi metsämaiseman kauneuden suhteen.

Taulukko 2. Säästö ja tulotavoitteen mukaisten suunnitelmien nettotulot (mk) perus- ja maisemakuvioinneilla tehdyissä suunnitelmissa sekä nettotulojen prosentuaalinen osuus maksimaalisista nettotuloista.

	Perus	Maisema	Maksimi	Prosenttia maksimista
<i>Säästötavoite</i>				
Laaksotila	432388	429523	1034000	42
Rantatila	690792	695164	1197000	58
Vaaratila	467332	468310	995000	47
<i>Tulotavoite</i>				
Laaksotila	837004	837502	1034000	81
Rantatila	1078162	1074057	1197000	90
Vaaratila	737960	733983	995000	74

Taulukko 3. Puuston kokonaistilavuus sekä puutavaralajirakenne perus- ja maisemakuvioinneilla tehdyissä suunnitelmissa eri tiloilla ja tavoitteilla.

	Säästötavoite		Tulotavoite	
	Peruss.	Maisemas.	Peruss.	Maisemas.
<i>Laaksotila</i>				
Kokonaistilav.	7707	7843	4445	4318
Tukkipuu	5662	5534	2723	2618
Kuitupuu	1838	2068	1498	1487
Muu	207	241	224	213
<i>Rantatila</i>				
Kokonaistilav.	7542	7549	4613	4673
Tukkipuu	4620	4538	2039	2158
Kuitupuu	2656	2730	2265	2253
Muu	266	281	309	267
<i>Vaaratila</i>				
Kokonaistilav.	7583	7880	5525	5717
Tukkipuu	4330	4574	2371	2556
Kuitupuu	2936	2970	2765	2793
Muu	317	336	389	368

siten, että ylimmän tason tavoitteena oli kaunis metsämaisema (kuva 7). Seuraava hierarkian taso sisälsi päätöskriteerit, jotka tässä tutkimuksessa olivat kaukomaisema, lähimaisema ja metsäalueen maisema. Päätöskriteerien kuvausta tarkennettiin hierarkian alemmilla tasoilla. Tässä tutkimuksessa on käytetty metsäalueen maisemasta lyhyempää nimitystä reittimaisema, koska metsäalueen maiseman arviointi on tapahtunut tietyiltä reiteiltä.

Päätöskriteerien tärkeyksien estimointi ja suunnitelmavaihtoehtojen tuottamien maisemien vertailu suoritettiin kahdeksanjäsenisen raadin avulla. Raati muodostui kahdesta ryhmästä maisemasioista kiinnostuneita henkilöitä. Ensimmäinen ryhmä koostui metsäammattilaisista, jotka olivat jo

aiemmin nähneet MONSUn piirtämiä grafiikkakuvia. Jälkimmäinen ryhmä koostui metsäalan ulkopuolisista henkilöistä, joille MONSUn grafiikkakuvat eivät olleet entuudestaan tuttuja.

Päätöskriteerien tärkeyksien estimointi tehtiin AHP-menetelmän mukaisesti vertaamalla aina kahta saman tason päätöskriteeriä keskenään. Ensimmäiseksi vertailtiin maiseman pääelementtejä, minkä tuloksena saatiin päätöskriteerien tärkeyssuhteet. Pareittaisia vertailuja jatkettiin alikriteerien suhteen

Taulukko 4. Hyötyfunktion kertoimet eri tiloilla.

Päätöskriteeri	Vuosi	Tärkeys Laaksotila	Rantatila	Vaaratila
Kaukomaisema	2001	0,16	0,24	0,22
	2011	0,14	0,25	0,21
Lähimaisema	2001	–	–	0,04
	2011	–	–	0,04
Rantakuviot	2001	0,05	0,04	–
	2011	0,04	0,03	–
Reittikuviot	2001	0,05	0,04	0,04
	2011	0,05	0,03	0,04
Muut kuviot	2001	0,03	0,02	0,03
	2011	0,02	0,02	0,02
Reittimaisema	2001	0,23	0,16	0,19
	2011	0,23	0,17	0,17
Yhteensä		1,00	1,00	1,00

Taulukko 5. Kuvioryhmään kuuluvien kuvioiden yhteenlaskettua pinta-alaa (ha) tiloittain.

	Laaksotila	Pinta-ala (ha) Rantatila	Vaaratila
Lakikuviot	–	–	11,3
Rantakuviot	6,3	7,4	–
Reittikuviot	22,5	13,5	6,8
Muut kuviot	24,8	34,8	37,7
Yhteensä	53,6	55,7	55,8

tasoa kerrallaan. Kun kaikki alikriteerien vertailut oli suoritettu, muodostettiin raadin tekemien vertailujen avulla maiseman kauneuden maksimoiva hyötyfunktio, jonka avulla perus- ja maisemakuvioiden tehtyjä suunnitelmia voitiin arvottaa (taulukko 4).

Vaihtoehtoisten suunnitelmien arvottamiseksi tarvittiin vertailuaineistoa lähimaisemasta, kaukomaisemasta ja reittimaisemasta kummankin kymmenvuotiskauden lopun mukaisesta tilanteesta. Lähimaiseman kauneutta kuvattiin MONSUn laskeman keskimääräisen maisema-arvon avulla, joka on kuvioiden pinta-alalla painotettujen maisema-arvojen keskiarvo. Lähimaisematarkasteluissa käytettiin seuraavia kuvioryhmiä: rantakuviot, reittikuviot, lakikuviot ja muut kuviot (taulukko 5). Maisemakuvioiden ranta- ja reittikuvioiden ryhmät muo-

dotettiin aiemmin tehdyn maisemaluokkajaon pohjalta ja lakikuvioiksi määritettiin ne kuviot, jotka sijaitsivat vähintään 200 metriä merenpinnan yläpuolella. Jäljelle jääneet kuviot kuuluivat ryhmään muut kuviot. Peruskuvioinnin kuvio luokiteltiin samaan ryhmään kuin vastaava maisemakuvioiden kuvio, jos kuviot olivat rajoiltaan yhteneviä. Jaettujen kuvioiden osalta peruskuvioinnin kuvioiden pinta-alat jaettiin maisemakuviointia vastaaviin osiin ja osat ryhmiteltiin kuvioryhmiin.

Reitti- ja kaukomaisemaa tarkasteltiin MONSUn tietokoneennäytölle piirtämistä grafiikkakuvista. Grafiikkakuvat esittivät kesäaikaista maisemaa ja värit ja piirtoparametrit asetettiin siten, että maisema näytti mahdollisimman luonnolliselta. Piirtoparametreilla voitiin säätää tiloittain maaston korkeuserojen näkyvyyttä, puuston pituutta ja metsikön tiheyttä. Reittimaisemaa havainnollistettiin piirtämällä maisema tietyn välein reitin varrelta (ks. Nousiainen ja Pukkala 1992). Reitillä sijaitsevien tarkastelupisteiden ympäriltä näytetty maisema oli 50 metriä reitin molemmin puolin ja piirtoalueen syvyys oli 100 metriä. Tarkastelusuunnaksi valittiin kussakin reitin tarkastelupisteessä se suunta, johon reitti kyseisessä pisteessä kulki. Kaukomaiseman tarkastelusuunnaksi valittiin kullekin tilalle arvioitu todennäköisin katselusuunta.

Suunnitelmavaihtoehtojen arvottaminen tehtiin pareittaisten vertailujen avulla siten, että vertailtava pari koostui aina maisemakuvioiden tehdyn suunnitelman tuottamasta maisemasta ja vastaavasta peruskuvioinnilla toteutetun suunnitelman maisemasta. Eri kuvioinneilla tehtyjen suunnitelmavaihtoehtojen tuottamien kauko- ja reittimaisemien vertailu toteutettiin yhtäaikaaisesti heijastettujen diakuvarien avulla ja lähimaiseman arvottamisessa vertailtava pari koostui numeerisista lähimaisema-arvoista.

3.5 Tulokset

Peruskuvioinnilla ja maisemakuvioiden toteutettujen suunnitelmien maisemapisteet laskettiin aluksi erikseen maiseman osa-alueittain. Tällöin saatiin suunnitelmavaihtoehdon pisteet päätös- ja alikriteereille (taulukko 6). Maisemasuunnitelman tuottamaa kaukomaisemaa pidettiin perussuunnitelman

Taulukko 6. Raadin antamat pisteet perus- ja maisemasuunnitelmien maiseman osa-alueille säästö- ja tulotavoitteen mukaisissa suunnitelmissa.

Maisema	Säästötavoite		Tulotavoite	
	Peruss. Pisteet	Maisemas. Pisteet	Peruss. Pisteet	Maisemas. Pisteet
<i>Laaksotila</i>				
Kaukomaisema	50	50	52	48
Lähimaisema				
Rantakuviot	37	63	40	60
Reittikuviot	46	54	47	53
Muut kuviot	57	43	55	45
Reittimaisema	46	54	47	53
<i>Rantatila</i>				
Kaukomaisema	48	52	47	53
Lähimaisema				
Rantakuviot	40	60	39	61
Reittikuviot	39	61	49	51
Muut kuviot	58	42	56	44
Reittimaisema	39	61	44	56
<i>Vaaratila</i>				
Kaukomaisema	37	63	35	65
Lähimaisema				
Lakikuviot	38	62	37	63
Reittikuviot	51	49	44	56
Muut kuviot	52	48	56	44
Reittimaisema	43	57	36	64

tuottamaa kaukomaisemaa kauniimpana Ranta- ja Vaaratiloilla. Laaksotilalla säästötavoitteen mukaiset perus- ja maisemasuunnitelmat arvioitiin kaukomaisemiltaan yhtä hyväksi. Tulotavoitteelle muotoilluissa suunnitelmissa perussuunnitelman kaukomaisema arvioitiin paremmaksi kuin maisemasuunnitelman kaukomaisema. Reittimaiseman osalta maisemasuunnitelmaa pidettiin parempana kaikilla tiloilla. Lähimaiseman arvioinnissa ryhmä muut kuviot oli parempi perussuunnitelmassa ja rantakuvioiden sekä reittikuvioiden ryhmä maisemasuunnitelmassa lukuunottamatta Vaaratilan reittikuvioiden ryhmää.

Maiseman osa-alueiden saamat pisteet yhdistettiin hyötyfunktion avulla, jolloin saatiin suunnitelmavaihtoehdon maisemapisteet. Säästötavoitteen mukaisissa suunnitelmissa maisemasuunnitelmat arvioitiin maisemallisesti paremmiksi kaikissa metsälöissä (taulukko 7, kuva 8). Vaaratilalla suunnitelmien välinen ero oli suurimmillaan, jolloin maisemasuunnitelma tuotti 43 % suuremman maisemallisen hyödyn perussuunnitelmaan verrattuna. Laaksotilalla maisemasuunnitelman tuottama maisema arvioitiin 11 % paremmaksi ja Rantatilalla ero oli 26 % maisemasuunnitelman hyväksi. Ranta- ja Laaksotiloilla raadin jäsenten antamien pis-

Taulukko 7. Raadin jäsenten perus- ja maisemasuunnitelmille antamien pisteiden keskiarvot sekä pienin (min) ja suurin (max) annettu pistemäärä ja pisteiden keskihajonta.

Säästötavoite	Laaksotila		Rantatila		Vaaratila	
	Peruss.	Maisemas.	Peruss.	Maisemas.	Peruss.	Maisemas.
Metsäammattilaiset	46,0	54,0	41,5	58,5	37,8	62,2
Muut	48,8	51,2	47,0	53,0	44,5	55,5
Kaikki yht.	47,4	52,6	44,25	55,75	41,15	58,85
Min	43,0	47,0	39,0	52,0	19,0	52,0
Max	53,0	57,0	48,0	61,0	48,0	81,0
K.haj	3,3	3,3	3,6	3,6	9,6	9,6
Tulotavoite	Laaksotila		Rantatila		Vaaratila	
	Peruss.	Maisemas.	Peruss.	Maisemas.	Peruss.	Maisemas.
Metsäammattilaiset	47,8	52,2	48,0	52,0	33,3	66,7
Muut	48,8	51,2	45,5	54,5	40,8	59,2
Kaikki yht.	48,3	51,7	46,8	53,2	37,0	63,0
Min	44,0	46,0	42,0	51,0	22,0	53,0
Max	54,0	56,0	49,0	58,0	47,0	78,0
K.haj	3,4	3,4	2,3	2,3	9,3	9,3

teiden keskihajonta oli erittäin pieni. Vaaratilalla suunnitelmien välinen ero arvioitiin suurimmaksi ja Laaksotilalla pienimmäksi sekä metsäammattilaisten että muiden raatilaisten ryhmissä.

Myös tulotavoitteen mukaisissa suunnitelmissa maisemasuunnitelmat tuottivat kaikilla tiloilla suuremman maisemallisen hyödyn kuin perussuunnitelmat (taulukko 7, kuva 8). Vaaratilalla maisemasuunnitelman tuottama maisema arvioitiin 70 % paremmaksi kuin perussuunnitelman maisema. Rantatilalla maisemasuunnitelman maisema oli 14 % ja Laaksotilalla 7 % parempi kuin perussuunnitelma. Tulotavoitteen mukaisten suunnitelmien keskihajonnat olivat hyvin samanlaisia säästötavoitteen mukaisten suunnitelmien kanssa. Sekä metsäammattilaiset että muut raatilaisten arvioivat suunnitelmien välisen eron suurimmaksi Vaaratilalla.

Tulosten tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin sign-testin avulla, joka on ei-parametrinen testi kahdelle toisistaan riippuvalle otokselle. Tavallisemmin käytettyä t-testiä ei voitu käyttää, koska aineiston jakauma ei noudattanut normaalijakaamaa. Testissä

nollahypoteesina (H_0) oli, että eri kuvioinneilla toteutettujen suunnitelmavaihtoehtoparien maisemapistheet eivät poikkea toisistaan. Tutkimushypoteesina (H_1) oli, että maisemakuvioinneilla toteutettujen suunnitelmien pisteet olivat suuremmat kuin peruskuvioinneilla toteutettujen suunnitelmien pisteet.

P:n arvoista voidaan todeta, että Ranta- ja Vaaratilalla suunnitelmavaihtoehtojen välistä eroa voidaan pitää tilastollisesti merkitsevänä 1 % riskitasolla sekä säästö- että tulotavoitteen mukaisissa suunnitelmissa (taulukko 8). Sen sijaan Laaksotila suunnitelmavaihtoehtojen välinen ero ei muodostu tilastollisesti merkitseväksi vielä 1 %:n riskitasolla, mutta 5 %:n riskitasolla erot ovat tilastollisesti merkitseviä myös Laaksotilalla.

4 Tarkastelu

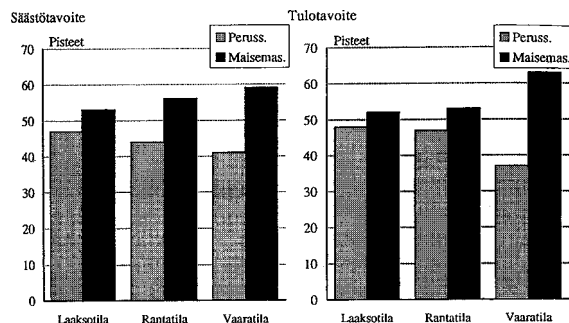
Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jossa paikkatietojärjestelmän avulla tarkennettiin perinteistä puuston ja kasvupaikan perusteella tehtyä kuviointia maisemallisesti tärkeissä kohteissa. Lisäksi uuden metsikkökuvioinnin metsiköt ryhmiteltiin niiden maisemallista tärkeyttä kuvastaviin maisemaluokkiin. Menetelmän käytöstä saatavaa hyötyä arvioitiin vertaamalla tavallisella kuvioinnilla ja tarkennetulla kuvioinnilla tehtyjen metsäsuunnitelmien tuottaman maiseman kauneutta.

Uuden kuvioinnin tuottamisessa keskeinen vaihe oli vaikutusvyöhykkeiden muodostaminen. Vaikutusvyöhykkeen leveys määräytyi pelkästään kohteeseen rajoittuvan kuvion perusteella myös niissä tapauksissa, joissa vaikutusvyöhyke oli niin leveä, että se ulottui kahden kuvion alueelle. Tämä aiheutti ongelmia tilanteissa, joissa saman vaikutusvyöhykkeen alueella olevien kuvioiden näkymät olivat hyvin erilaiset; esimerkiksi, kun polun varressa oli kapea uudistuskypä männikkökaistale ja sen takana oli nuori kasvatusmetsä kuusikko. Tällöin vaikutusvyöhyke määräytyi männikön perusteella leveäksi, vaikka todellisuudessa näkymä polulta loppui siihen, mistä kuusikko alkoi.

Toinen vaikutusvyöhykkeiden muodostamiseen liittyvä ongelma oli, että näkemäluokan vaihtuessa paikkatietojärjestelmä ei yhdistänyt erilevyisiä vaikutusvyöhykkeitä toisiinsa sellaisenaan, vaan pyö-

Taulukko 8. Sign-testin p:n arvot testattaessa onko suunnitelmavaihtoehtojen välillä eroa.

Tila	Säästösuunnitelma	Tulosuunnitelma
Laaksotila	0,125	0,289
Rantatila	0,008	0,008
Vaaratila	0,008	0,008



Kuva 8. Säästö- ja tulotavoitteen mukaisten perus- ja maisemasuunnitelmien vertailu.

risti kulmia näkemäluokan vaihtumiskohdissa. Tästä seurasi, että hyvin kapeilla kuvioilla suuri osa vaikutusvyöhykkeen leveyden muodostumisesta riippui naapurikuvioiden vaikutusvyöhykkeiden leveydestä. Ongelma on kuitenkin tekninen ja se ratkaistiin tässä tutkimuksessa korjaamalla ohjelmiston tekemää vaikutusvyöhykettä joidenkin hyvin kapeiden kuvioiden kohdalta. Jatkossa tämä ongelma poistunee ohjelmistokehityksen myötä.

Vaikutusvyöhykkeen leveys määrättiin tässä tutkimuksessa näkemämallin avulla. Mallin laskemia näkemäarvoja ei kuitenkaan käytetty suoraan vaikutusvyöhykkeen leveytenä, vaan metsikkökuvioiden luokittelussa näkemäluokkiin. Tähän vaikutti se, että näkemämalli on laadittu Pohjois-Suomeen, joten sen tulokset eivät olleet suoraan siirrettävissä tutkimusalueen oloihin. Kyseisen näkemämallin toisena heikkoutena on, että se ei mitenkään huomioi maaston topografian vaikutusta näkyvyyteen. Toisaalta, hyvänkään mallin antamien tulosten käyttö suoraan vaikutusvyöhykkeen leveytenä ei ole perusteltua kuin tarkasteluhetkellä, koska näkemä muuttuu joka tapauksessa, kun metsiä käsitellään ja metsä kasvaa.

On huomattava, että näkyvyysanalyysin avulla maisemakuvioksi määritetyn kuvion avohakkuuta ei välttämättä kaukomaisemassa havaita. Jos tarkastelupisteen ja kyseisen metsikkökuvion korkeusero on pieni, uudistaminen havaitaan vain kyseisen kuvion latvustojen puuttumisena eikä maanpinnan paljastumisena. Maiseman tarkastelija saattaa hahmottaa puuston puuttumisen kuvion alueelta, mutta jollei alue ole hänelle entuudestaan tuttu, hän ei tiedä onko puuttomassa kohteessa esim. hakkuuaukko, ympäröivää metsää pienempi taimikko, metsälampi tai niitty.

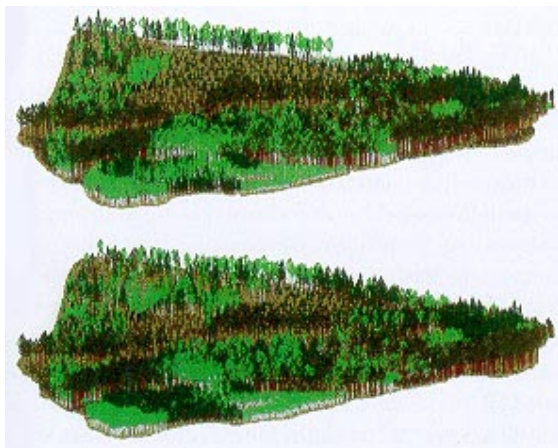
Metsäsuunnitelmien koostamisvaiheessa havaittiin, että maisemapainokertoimien käyttö aiheutti yllättäviä tilanteita muutamissa erityistapauksissa. Korkean maisemapainokertoimen maisemasuunnitelmassa saaneita kuvioita ei yleensä käsitelty lainkaan, jos vain vastaava tulo oli saatavissa joltakin muulta kuviolta. Sen sijaan perussuunnitelmassa monille uudistuskypsille kuvioille valittiin käsiteltyksi harvennushakkuu, jolloin kuviolta kertyi hakkuutuloja. Maisemasuunnitelmassa vastaavat tulot oli otettava jostakin muualta, usein uudistushakkuu, koska mahdolliset harvennuskohteet oli jo

käytetty. Grafiikkakuvista harvennushakkuiden haittavaikutukset eivät kuitenkaan näkyneet, koska MONSU ei piirrä hakkuutähteitä grafiikkakuviin. Lisäksi todettiin, että MONSUssa käytetyn maisema-arvomallin siemenpuustoille antama korkea arvostus saattoi vääristää tuloksia lähimaiseman osalta joillakin tiloilla.

MONSUssa sovelletun heuristisen optimoinnin avulla maksimoitiin kuvioiden maisema-arvojen summaa eli lähinnä lähimaiseman kauneutta. Metsämaisema on kuitenkin enemmän kuin metsikkökuvioiden lähimaisemien summa, sillä metsiköiden keskinäinen järjestys vaikuttaa metsäalueen maiseman kauneuteen. Maisemallisesti merkittävillä kohteille voidaan kuitenkin antaa painokertoimia, jolloin ohjelmistolla tuotetut suunnitelmat ovat onnistuneita yleensä myös metsäalueen maiseman ja kaukomaiseman kannalta. Tässä tutkimuksessa lähimaiseman kauneuden maksimointi tuotti hyvän tuloksen myös kokonaisuuden kannalta (vrt. Kangas ym. 1992). Tämä onnistui, koska maisemapainokertoimien käytöllä välttyttiin näkyvien paikkojen avohakkuilta, jotka olisivat vähentäneet kuvista arvioituja maisema-arvoja. Painokertoimien avulla voitiin korostaa tärkeillä paikoilla sijaitsevien kohteiden arvoa, mutta ei ottaa huomioon vaihtelua. Lähimaisema-arvon maksimoimisesta ja painokertoimien käytöstä seurasi, että maisemallisesti arvokkaat kuviot säilytettiin mahdollisimman puustoisina.

Heuristisen optimointialgoritmin löytämä optimiratkaisu ei välttämättä ole todellinen optimi, mutta useimmiten hyvin lähellä todellista optimia. Lähimaiseman osalta on huomattava, että koska käsitteilyiden joukko tietyllä kuviolla on yhtenevä molemmissa kuvioinneissa ja maisemakuviointissa joitakin kuvioita on vain jaettu pienemmiksi, ei optimoinnilla ole mahdollista tuottaa lähimaisemaltaan huonompaa suunnitelmaa maisemakuviointille. Tosin tässä tutkimuksessa raati ei pitänyt lähimaiseman merkitystä yhtä tärkeänä kuin metsäalueen- ja kaukomaiseman merkitystä.

Raati arvioi suunnitelmien tuottamaa maisemaa tietokoneen piirtämien grafiikkakuvien ja numeeristen tunnusten avulla. Menetelmässä tarkasteltiin vain kesäaikaista maisemaa ja raadin jäseniä kehoitettiin kuvittelemaan kesämaisemaa vastaava talvimaaisema. Diojen näyttöaika oli kuitenkin lyhyt, joten talvimaaisemaa tuskin ennätettiin paljon kuvi-



Kuva 9. Kaukomaisemakuvat ovat Vaaratilan säästötavoitteen mukaisten suunnitelmien tuottamasta maisemasta 20 vuoden kuluttua suunnitteluhetkestä. Ylempi kuva on perussuunnitelman ja alempi maisemasuunnitelman tuottamasta maisemasta. Lehtipuut on kuvissa esitetty kirkkaanvihreillä, kuuset tummanvihreillä ja männyt ruskeanvihreillä puulajisymboloilla.

tella. Tosin tutkimuksissa on todettu kesä- ja talvimaistemien samantapainen arvostus (Hultman 1983a). Metsämaiseman kauneutta tarkasteltiin tässä tutkimuksessa pelkästään visuaalisena käsitteenä, vaikka muutkin aistit vaikuttavat maiseman kokemiseen (Daniel ja Boster 1976, Zube ym. 1982).

Raadin voidaan katsoa onnistuneen arvioinnissaan hyvin. Päätöskriteerien arvioinneissa ristiriitaisuuksia esiintyi vain vähän ja vertailut täyttivät selvästi yleisesti asetetut vertailujen yhdenmukaisuusvaatimukset (esim. Saaty 1980). Myös suunnitelmavaihtoehtojen vertailut olivat loogisia. Suurimmat ongelmat grafiikkakuvien tulkinnessa kohdistuivat kaukomaisematarkasteluihin, koska kaukomaisemaerojen havaitseminen grafiikkakuvista vaatii kohtalaiset erot verrattavien maisemien välille. Tämä tuli esille erityisesti Rantatilalla, jossa pienten rantakuvioiden uudistamista ei ollut helppo havaita grafiikkakuvista. Toisaalta, jos verrattavan suunnitelmavaihtoehdon kaukomaisemissa oli muutama selvä eroavaisuus, saivat ne hyvin suuren painon maisemien arvottamisessa. Näin tapahtui Vaaratilalla, jossa maisemasuunnitelma tuotti perussuunnitelmaa puustoisemman metsänkuvan Käränkävään rinteille ja säilytti vaaranlakiprofiilin rikkomattomana (kuva 9).

Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että yksi arvostetun reittimaiseman ja arvostetun metsäalueen maiseman tärkeimmistä ominaisuuksista on vaihtelevuus (esim. Lovén 1973a, Kellomäki 1975, Eskelinen 1979, Axelsson-Lindgren 1990). Laakso-tilan reittimaiseman tarkastelussa huomattiin, että dioista reittimaisemaa arvioitaessa vaihtelun merkitys ei kuitenkaan ollut kovin suuri. Reittimaiseman vaihtelevuuden saama odotettua pienempi merkitys saattoi johtua siitä, että diakuviasta tehty reittimaiseman tarkastelu sujui huomattavasti luonnollista ulkoilutilannetta nopeammin. Näin ollen vaihtelun puuttumiseen ei ehkä kiinnitetty yhtä paljon huomiota kuin maastossa liikuttaessa. Reittimaiseman vaihtelevuuden on todettu paitsi lisäävän reitin mielenkiintoisuutta myös helpottavan kuljetun matkan pituuden hahmottamista (Axelsson-Lindgren 1990). Tässä tutkimuksessa reittimaisemaa esittävät diat oli otettu säännöllisin välein reitin varrelta, joten vaihtelevuuden merkitys kuljetun matkan hahmottamisessa ei ollut yhtä tärkeä kuin todellisessa ulkoilutilanteessa.

Raati vertasi maisema- ja perussuunnitelmien tuottamia maisemia sekä säästö- että tulotavoitteen mukaisissa suunnitelmissa kaikilla kolmella tilalla. Vertailut tehtiin sekä kaukomaiseman että reittimaiseman suhteen eli ratkaistiin kuuden reittimaisemaparin ja kuuden kaukomaisemaparin paremmuus. Vertailtaessa metsäammattilaisten ja muiden raadin jäsenten muodostamaa vertailuryhmää keskenään havaittiin kummankin ryhmän valinneen saman maiseman paremmaksi yhdeksässä tapauksessa kahdestatoista. Laskettaessa tilan kaukomaiseman, reittimaiseman ja lähimaiseman saamat pisteet painokerrotoimia käyttäen yhteen voitiin todeta, että metsäammattilaiset ja vertailuryhmä olivat aina valinneet saman suunnitelmavaihtoehdon paremmaksi. Tulokset osoittavat metsäammattilaisten ja vertailuryhmän arviot maisemasuunnitelman ja perussuunnitelman välisestä paremmuudesta melko yhteneviksi. Myös aikaisemmissa tutkimuksissa on tullut esille erilaisten ihmisryhmien maisema-arvostusten samankaltaisuus (Daniel ja Boster 1976, Patey ja Evans 1979, Hultman 1983b, Pukkala ym. 1988).

Metsäammattilaisten ryhmän tekemät arviot ovat äärevämpiä kuin vertailuryhmän arvioinnit. Tämä tulee esille etenkin Vaaratilan kaukomaisemissa sekä Rantatilan säästösuunnitelmien kauko- ja reit-

timaisemissa, joissa suunnitelmavaihtoehtojen tuottamat maisemat olivat hyvin erilaisia. Metsäämmattilaisten äärevämmät arviot johtunevat siitä, että he olivat vertailuryhmää varmempia arvioinneissaan, koska olivat tottuneempia MONSUn piirtämien grafiikkakuvien katseluun. He ovat lisäksi työssään harjaantuneet arvioimaan metsämaisemia ja niissä esiintyviä yksityiskohtia sekä yksityiskohtien merkitystä kokonaisuuden kannalta. Myös Pukkala ym. (1988) korostavat kokemuksen merkitystä grafiikkakuvien tulkinnaissa. Pukkalan ym. (1988) mukaan metsäämmattilaisten (ko. tutkimuksessa metsänhoitajien) tekemät arviot grafiikkakuvista vastaavat paremmin valokuvista tehtyjä arvioita kuin esimerkiksi metsänomistajien tai kaupunkilaisten arvioinnit.

Metsälön tila suunnittelujakson lopussa vaikuttaa metsälöstä suunnittelujakson jälkeen saatavaan hyötyyn. Vaikka katsottiin, ettei suunnittelujakson lopputilanteen puuston kokonaistilavuus poikennut selvästi vertailtavien suunnitelmavaihtoehtojen välillä, oli puuston rakenteessa kuitenkin eroja. Erityisesti Laaksotilalla oli perussuunnitelmissa suurempi osuus kokonaistilavuudesta tukkirunkoja kuin maisemasuunnitelmissa. Loppupuuston määrän ja rakenteen eroavuudet olivat kuitenkin niin vähäisiä ja ne vaihtelivat tiloittain, että voitiin katsoa, ettei menetelmän käyttö johtanut säännönmukaisesti toisenlaiseen loppupuustoon kuin perussuunnitelma.

Suunnittelujakson jälkeen metsälöstä saatavaa hyötyä arvioitaessa on tässä tutkimuksessa hakkuumahdollisuuksien sijainnilla suurempi merkitys kuin loppupuuston määrällä ja rakenteella. Tutkimuksessa kehitetty menetelmä keskittää uudistuskypsiä kuvioita maisemallisesti keskeisellä paikalla sijaitseville alueille. Näin ollen metsälöissä, joiden hakkuumahdollisuudet halutaan hyödyntää siinä määrin, ettei hakkuusäästöä synny niin, että se kattaisi maisemallisesti tärkeät alueet, johtaa menetelmän käyttö jossakin vaiheessa, joko tulojen vähenemiseen tai hakkuiden ulottamiseen myös maisemallisesti arvokkaisiin kohteisiin. Jos maisemakohteita uudistetaan on todennäköistä, että osa suunnittelujaksolla saavutetusta maisemallisesta hyödystä menetetään. Kuitenkin se osa hyödystä, joka on suunnittelukaudella saavutettu tiettyjä maisemahäiriöitä välttämällä (esim. lakimaiseman profiilin rikkominen, liian suuret yhtenäiset aukot) säi-

lytetään tässäkin tapauksessa.

Nykyisin tilanne, jossa metsälön hakkuumahdollisuuksia ei hyödynnetä täysimääräisesti on yleinen. Tässä tapauksessa syntyvät hakkuusäästöt sijoittuvat tutkimuksessa kehitetyn menetelmän avulla maisemallisesti paremmin kuin perussuunnitelmasa ja näin tuottavat päätöksentekijälle suuremman kokonaishyödyn myös esimerkiksi kiertoajan mitaissa tarkastelussa. Sen, kuinka paljon kehitettyä menetelmästä on hyötyä tässä tutkimuksessa käytettyä suunnittelujaksoa pitämässä tarkastelussa, ratkaisee pääasiassa metsälössä toteutuneet hakkuusäästöt. Lisäksi hyöty vaihtelee suuresti metsälöittäin, johtuen metsälön puuston rakenteesta sekä maisemallisesti tärkeiden kuvioiden ja tavallisten kuvioiden pinta-alojen suhteesta. Vaikka hakkuusäästöjä olisi riittävästi, joudutaan pitkällä aikavälillä myös maisemakuvioiden uudistamista harkitsemaan puuston ikääntyessä. Tällöin tavoite voi kuitenkin olla muu kuin puuntuotannollinen.

Monissa aikaisemmissa tutkimuksissa on korostettu metsikkökuvioinnin merkitystä maisemallisesti onnistuneen metsäsuunnitelman tuottamisessa (Mikola 1973, Karhu ja Kellomäki 1980, Lucas 1991). Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että tarkentamalla numeerisessa metsäsuunnittelussa käytettävää puuston ja kasvupaikan perusteella tehtyä metsikkökuviointia sekä hyödyntämällä paikkatietoanalyysiä sijainniltaan tärkeiden metsikkökuvioiden etsimisessä, saadaan maisemallisesti parempi lopputulos nettotuloja pienentämättä. Suunnittelujaksoa pitämällä aikavälillä hyödyn määrä riippuu hakkuumahdollisuuksien käyttöasteesta. Paikkatietojärjestelmien tarjoamat työkalut vaikutusalueiden muodostamiseen mahdollistavat nopean tavan tarkentaa puuston ja maapohjan perusteella tehtyä metsikkökuviointia. Alueleikkausten ja näkvyysanalyysin avulla voidaan puolestaan jakaa metsälön kuviot ryhmiin ja antaa ryhmille painokertoimet, joita hyödynnetään metsäsuunnittelussa.

Tutkimuksessa kehitetyn menetelmän avulla tehdyt suunnitelmat tuottavat suuremman kokonaishyödyn suunnittelujaksolla kuin vertailuaineistona olleet perussuunnitelmat, kun kokonaishyöty määritellään koostuvaksi metsälön tuottamasta maisemallisesta hyödystä sekä metsälöstä saatavista nettotuloista. Menetelmän tuottaman hyödyn määrään vaikuttavat tilalle asetettu tulotavoite ja tilan mai-

semalliset ominaisuudet. Suurimmillaan tutkimuksessa kehitetyn metsikkökuvioinnin tarkentamismenetelmän hyöty suunnittelukaudella on tiloilla, joissa hakkuumahdollisuudet hyödynnetään 50–75 prosenttisesti. Sen sijaan pienillä ja hyvin suurilla nettotulotavoitteilla hakkuiden sijoittelun ja kuvioiden jakamisen tuoma hyöty on vähäisempi. Tulotavoitteen ollessa maksimissa, jolloin hakkuumahdollisuudet hyödynnetään täysimääräisesti, ei tutkimuksessa kehitetystä menetelmästä enää ole hyötyä. Menetelmä soveltuu parhaiten tiloille, joiden puusto on riittävän vaihtelevaa ja joissa on selkeitä maisemallisia erityiskohteita, esimerkiksi virkistysreittejä, rantaa tai korkeusvaihtelua.

Metsäsuunnittelua varten ei voida tuottaa kuviointia, joka palvelisi kaikkia käyttötarkoituksia, vaan erilaiset tavoitteet vaativat usein erilaisen metsikkökuvioinnin. Tutkimuksessa kehitetty menetelmä mahdollistaa automaattisen tavan tarkentaa metsikkökuviointia uudeksi kuvioinniksi, joka palvelee peruskuviointia paremmin sellaista monitavoitteista metsäsuunnittelua, missä metsämaisan kauneus asetetaan yhdeksi tavoitesuureeksi.

Kiitokset

Prof. Timo Pukkalalta ja MMT Tuula Nuutiselta olen saanut apua ja neuvoja tutkimuksen eri vaiheissa. MMT Jyrki Kangas on lukenut käsikirjoituksen ja antanut siitä arvokkaita kommentteja. Yhteistyökumppaneina ja rahoittajina tässä tutkimuksessa ovat olleet Joensuun yliopisto ja Pohjois-Karjalan metsälautakunta, josta olen saanut myös paljon käytännön apua mm. asiantuntijaraadin muodossa. Työn viimeistelin Metlan Kannuksen tutkimusasemalla. Kaikille tutkimukseen osallistuneille henkilöille sekä yhteistyökumppaneille haluan lausua parhaimmat kiitokset saamastani avusta.

Kirjallisuus

Antikainen, M. 1993. Metsämaiseman suunnittelu Kolin kansallispuistossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 456. 88 s.

- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems: A management perspective. WDL publications, Ottawa. 294 s.
- Axelsson-Lindgren, C. 1990. Uppleva skillnader mellan skogsbestånd – rekreation och planeringsaspekter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institution för landskapsplanering, Stad & Land 87.
- Burrough, P. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford science publications: Monographs on soil and resources survey 12. 194 s.
- Congalton, R. & Green, K. 1992. The abcs of GIS: an introduction to geographic information systems. Journal of Forestry 11: 13–20.
- Dangermond, J. 1984. A classification of software components commonly used in geographic information systems. Environmental systems research institute. California. 57 s.
- Daniel, T. & Boster, R. 1976. Measuring landscape esthetics: The scenic beauty estimation method. USDA For. Serv. Res. Pap. RM-167: 1–66 s.
- Davison, D., Selman, P. & Watson, A. 1992. The evaluation of a GIS for rural environmental planning. EGIS proceedings. s. 135–144.
- Eskelinen, O. 1979. Pyynikin ulkoilualue: Tutkimus erään metsäisen ulkoilualueen hyvinvointitekijöistä. Tiivistelmä: The natural environmental welfare factors of the forested outdoor recreation area Pyynikki. Silva Fenn. 13(2): 146–151.
- Hallikainen, V. 1990. Maisemanhoidon perusteita. Luentomoniste. Joensuun yliopisto. 34 s.
- Hart, J., Wherry, D. & Bain, S. 1985. An operational GIS for Flathead national forest. Teoksessa W. Ripple (toim.) Geographic information systems for resource management: a compendium. American society for photogrammetry and remote sensing and American congress on surveying and mapping. s. 219–228.
- Hull, R. 1988. Forest visual quality management and research. Outdoor recreation Benchmark 1988: Proceedings of the national outdoor recreation forum. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SE-52: 485–498.
- Hultman, S. 1983a. Allmänhetens bedömning av skogsmiljöers lämplighet för friluftsliv. 1. Bedömning på plats eller i bild. Public judgement of forest environment as recreation areas. 1. Judgement on site or from photos. Sveriges lantbruksuniversitet, avdelning för landskapsvård. Rapport 27. 91 s.
- 1983b. Allmänhetens bedömning av skogsmiljöers lämplighet för friluftsliv. 2. En rikstäckande enkät. Public judgement of forest environment as recreation areas. 2. A national survey. Sveriges lantbruksuniversitet, avdelning för landskapsvård. Rapport 27. 85 s.

- Jensen, J. & Christensen, E. 1986. Solid and hazardous waste site selection using digital geographic information system techniques. Teoksessa Ripple, W. (toim.) *Fundamentals of geographic information systems: a compendium. American Society for photogrammetry and remote sensing and American congress on surveying and mapping.* s. 195–206.
- Järveläinen, V-P. 1988. Yksityismetsätalouden rakennemuutos ja puun tarjonnan kehitys. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos. *Katsaus* 2/1988: 6–12.
- Kallio, R. 1991. Metsikön näkemämalli. Rovaniemen metsäoppilaitos. *Metsätalouden suunnittelun tutkimus.* 12 s.
- Kangas, J., Matero, J. & Pukkala, T. 1992. Analyttisen hierarkiaproessin käyttö metsien monikäytön suunnittelussa – tapaustutkimus. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 412. 48 s.
- Kaplan, R. 1979a. Visual resources and the public: An empirical approach. *Proceedings of our national landscape. A conference on applied techniques for analysis and management of visual resources.* USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PSW-35: 209–216.
- Kardell, L. 1991. Skogsbruket och landskapsvärden. *Skog & Forskning* 3: 13–24.
- Karhu, I. & Kellomäki, S. 1980. Väestön mielipiteet metsänhoidon vaikutuksesta maisemakuvaan Puolangan kunnassa. Tiivistelmä: Effects of silvicultural practice on amenity of forest landscape. A study on attitude among inhabitants of Puolanka, north-eastern Finland. *Silva Fennica* 14(4): 409–428.
- Kellomäki, S. 1975. Forest stand preferences of recreationist. Tiivistelmä: Ulkoilijoiden metsikköarvostukset. *Acta Forestalia Fennica* 146. 36 s.
- 1984. Metsätaloudellinen ympäristöhoito. Joensuun yliopisto metsätieteellinen tiedekunta. *Silva Carelica* 1. 200 s.
- Lovén, L. 1973a. Metsäammattimiesten maisemanhoidolliset arvostukset. Summary: Landscape preferences of professional foresters. *Silva Fennica* 7(1): 8–23.
- 1973b. Metsäympäristön viihtyisyytekijät. Tiivistelmä: Amenity factors in forest environment. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja 3. 99 s.
- Lucas, O. 1991. The design of forest landscapes. Forestry Commission. Oxford University Press. 381 s.
- Metsätaloussuunnittelun maastotyöopas.* 1991. Keskusmetsälautakunta Tapio. 38 s.
- Mikola, P. 1973. Metsätalouden ympäristövaikutukset ja niiden merkitys metsien käytön suunnittelussa. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 9. 51 s.
- Nousiainen, I. & Pukkala, T. 1992. Use of computer graphics for predicting the amenity of forest trails. Tiivistelmä: Tietokonegrafiikan käyttökelpoisuus metsäpolkujen ulkoilu- ja maisemaominaisuuksien enustamisessa. *Silva Fennica* 26(4): 241–250.
- Ohjekirje maiseman- ja luonnonhoidosta. 1979. Metsähallitus. Moniste. 18 s.
- Patey, R. & Evans, R. 1979. Identification of scenically preferred forest landscapes. *Proceedings of our national landscape. A conference on applied techniques for analysis and management of the visual resource.* USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PSW-35:532–538.
- Pukkala, T. 1988. Methods to incorporate the amenity of landscape into forest management planning. Tiivistelmä: Menetelmiä maisemanhoidon liittämiseksi metsätalouden suunnitteluun. *Silva Fennica* 22(2): 135–146.
- 1993. Metsäsuunnitteluohjelma MONSU. Ohjelmiston toiminta ja käyttö. Moniste. 41 s.
- & Kangas, J. 1993. A heuristic optimization method for forest planning and decision making. *Scand. J. For. Res.* 8: 560–570.
- , Kellomäki, S. & Mustonen, E. 1988. Prediction of the amenity of a tree stand. *Scand. J. For. Res.* 3: 533–544.
- Rainio, A. (toim.) 1988. Paikkatietojen yhteiskäyttö Suomessa. LIS-projekti. Maanmittaushallituksen julkaisu 60. 64 s.
- Saaty, T. L. 1980. The analytic hierarchy process. Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York. 283 s.
- Savolainen, R. & Kellomäki, S. 1981. Metsän maisemallinen arvostus. Summary: Scenic value of forest landscape. *Acta Forestalia Fennica* 170. 74 s.
- Siderelis, K. & Tribble, T. 1988. Using a geographic information system to prepare a site proposal for the superconducting super collider: A case study in north Carolina. *GIS/LIS' 88 proceedings.* s. 459–468.
- Smart, S. & Mason, M. 1990. Assessing the visual impact of development plans. Teoksessa Heit, M. & Shortrei, A. (toim.) *GIS applications in natural resources.* GIS World, Colorado s. 295–303.
- Tomlin, C. 1990. Geographic information systems and cartographic modeling. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 249 s.
- Walsh, S. & Butler, D. 1989. Spatial pattern of snow avalanche path location and morphometry, Glacier national park, Montana. *GIS/LIS' 89 proceedings.* s. 286–294.
- Zube, E., Sell, J. & Taylor, J. 1982. Landscape perception: Research and theory. *Landscape planning* 9: 1–33.

43 viitettä