

Luonnonvarojen käytön ja maankäyttö- muutosten visualisointi reaaliaikagrafiikalla

Hanne Vaarala, Marja Uusitalo, Mika Rantaniemi ja Liisa Tyrväinen

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute
-sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten
luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmää ja
kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>
ISSN 1795-150X

Toimitus

PL 18
01301 Vantaa
puh. 010 2111
faksi 010 211 2101
sähköposti julkaisutoimitus@metla.fi

Julkaisija

Metsäntutkimuslaitos
PL 18
01301 Vantaa
puh. 010 2111
faksi 010 211 2101
sähköposti info@metla.fi
<http://www.metla.fi/>

Tekijät			
Vaarala, Hanne, Uusitalo, Marja, Rantaniemi, Mika & Tyrväinen, Liisa			
Nimeke			
Luonnonvarojen käytön ja maankäyttömuutosten visualisointi reaaligrafiikalla			
Vuosi	Sivumäärä	ISBN	ISSN
2011	64	978-951-40-2321-7 (PDF)	1795-150X
Alueyksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet			
Pohois-Suomen alueyksikkö / Metsästä hyvinvointia-tutkimusohjelma / 7381 Maankäytön visualisointi osana matkailun kehittämistä			
Hyväksynyt			
Seija Tuulentie, ohjelmajohtaja, 12.10.2011			
Tiivistelmä			
Osallistava suunnittelu on olennainen osa maankäytön ja luonnonvarojen käytön suunnittelua. Maankäytössä kohtaavat erilaiset, joskus hyvin laajamittakaavaiset sekä maisemaa muokkaavat intressit. MaaVisu (Maankäytön visualisointi osana matkailun kehittämistä) -hankkeen tavoitteina oli tutkia maankäyttömuotojen yhteensovittamista sekä Lapin matkailualueiden ja maankäytön suunnittelun kehittämistä. Hankkeessa kehitettiin kustannustehokasta visualisointityökalua pohjoissuomalaisten luonnonvarojen esittämiseen. Lapin liiton rahoittama hanke toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen, Rovaniemen ammattikorkeakoulun ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitoksen sekä Metsähallituksen yhteistyönä vuosina 2009–2010. Hankkeessa luotiin noin 65 km² laajuinen virtuaalinen maisemamalli Ylläksen alueelta, joka ulottui Ylläs-tunturilta lounaaseen Luosujärvelle. Virtuaalinen maisemamalli rakennettiin pelimootorialustalle, johon lisättiin Metsähallituksen kuvioidatan perusteella puusto ja kasvillisuus. Maiseman muodot ja rakenne saatiin Maanmittauslaitoksen 10 x 10 metrin korkeusmallirasterista. Maisemamallia varten luotiin 3D-puumallit peruspuulajeista ja 2D-mallit olennaisimmista aluskasveista. Rakennettua maisemaa kuvaamaan luotiin muutama talomalli ja joitakin virkistysalueen perusrakenteita. Maisemamuutoksen tutkimista varten luotiin erilaisia maankäyttökkenaarioita. Tutkimuksen kohteena oli maa- ja metsätalousammattilaisten sekä tavallisten, maiseman ja maankäytön muutosten systemaattiseen arviointiin tottumattomien ihmisten kyky hahmottaa maankäytön muutoksia virtuaalisessa maisemassa. Syyskuussa 2010 toteutetun tutkimusviikon aikana kerättiin 171 vastaajan näkemykset virtuaalimallin onnistuneisuudesta. Tutkimustulosten perusteella vaikuttaa siltä, että vastaajat kykenivät yhtenäiseen arviointiin. Tulos antaa vahvistusta sille, että visualisoinnin käyttö osallistavan suunnittelun tilaisuuksissa voi toimia paitsi tiedonvälityksen alustana, myös yhteisymmärryksen luojana sekä antaa pohjaa keskustelulle ja mahdollisten kompromissien löytymiselle. Hankkeen kokonaistavoitteena oli osaltaan kehittää maankäytön suunnittelua entistä modernimmaksi ja helpommin kansalaisia osallistavaksi. Hankkeesta saatiin hyvä lähtökohta visualisointien tuottamiselle, joka on keskeisessä roolissa osallistavassa suunnittelussa ja tiedottamisessa. Visualisoinnin kautta voidaan välittää kaikille samaa tietoa. Vaikka esimerkiksi koulutusala tai kokemuspohja voi vaikuttaa yksilön arvioon, tuo visualisointi suunnitteluun ja päätöksentekoon tasa-arvoisuutta, jota on muuten vaikea saavuttaa.			
Asiasanat			
visualisointi, maisematutkimus, maankäytön suunnittelu, osallistuva suunnittelu			
Julkaisun verkko-osoite			
http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp209.htm			
Tämä julkaisu korvaa julkaisun			
Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla			
Yhteydenotot			
Liisa Tyrväinen, Metsäntutkimuslaitos, PL 16, 96301 Rovaniemi. Sähköposti liisa.tyrvaainen@metla.fi			
Muita tietoja			

Sisällys

1 Tutkimuksen tausta.....	5
1.1 Luonnonvarojen käytön ja suunnittelun havainnollistaminen.....	5
1.2 Kuinka virtuaalista maisemaa tuotetaan?	6
1.3 Tutkimuksen tavoitteet	8
2 Tutkimusalue ja -menetelmät.....	9
2.1 Tutkimusalue	9
2.2 Virtuaalimallin luominen.....	11
2.2.1 Maiseman nykytilan mallinnus	12
2.2.2 Maisemamuutosten mallinnus.....	16
2.2.3 Virtuaalimaisemassa liikkuminen	16
2.3 Käytetty esitystekniikka	17
2.4 Arviointikoe.....	17
2.5 Aineiston käsittely	19
3 Tulokset	20
3.1 Vastaajat.....	20
3.2 Virtuaalimallin tunnistettavuus.....	21
3.2.1 Maisematekijät ja maisematyypit.....	21
3.2.2 Metsätyypit ja puusto	23
3.2.3 Aluskasvillisuus	24
3.2.4 Maisemamuutokset.....	26
3.3 Virtuaalimallin luonnollisuus	27
3.3.1 Maiseman fotorealistisuus.....	27
3.3.2 Maastonmuodot ja ympäristön vaihtelevuus.....	28
3.3.3 Liikkuminen	28
3.3.4 Maiseman onnistuneisuus kokonaisuudessaan.....	29
4 Tulosten tarkastelu	30
4.1 Kaukomaisemien tunnistettavuus ja luonnollisuus	30
4.2 Lähimaisemien tunnistettavuus ja luonnollisuus.....	30
4.3 Vastaajan taustojen vaikutukset arvioon.....	31
4.4 Visualisoinnin käyttömahdollisuudet	32
4.5 Pohdintaa visualisoinnin laadun kehittämisestä	33
4.5.1 Yleistä	33
4.5.2 Kaukomaisemien visualisointi	34
4.5.3 Lähimaisemien visualisointi.....	34
5 Johtopäätökset	35
Sanasto.....	37
Kiitokset	39
Lähdeluettelo	40
Liite 1. Ylläksen tutkimusalueen maisema- ja metsätyyppien mallinnus arviointikokeen pysähdyspaikkojen mukaisesti jaoteltuna	42
Liite 2. Kasvikuvaston luomisen prosessikaavio	46
Liite 3. Kyselylomake	47
Liite 4. Vastaajien taustatiedot.....	62
Liite 5. Pääkomponenttianalyysin tulokset. Virtuaalimaiseman onnistuneisuus ..	64

1 Tutkimuksen tausta

1.1 Luonnonvarojen käytön ja suunnittelun havainnollistaminen

Maisema on tärkeä osa elinympäristön laatua sekä maaseudulla että taajamissa. Se on myös merkittävä taloudellisen toiminnan voimavara, jonka suojeleminen, hoito ja käyttö voivat lisätä työpaikkoja ja tuottaa muita taloudellisia hyötyjä. Maisemien kauneus ja esteettiset elämykset ovat tärkeimpiä virkistyskäyttö- ja luontomatkailumotiiveja (esim. Silvennoinen & Tyrväinen 2001, Tyrväinen ym. 2010). Luontoympäristö ja metsämaisema edesauttavat psyykkisen terveyden ylläpitämistä ja stressistä palautumista (Korpela 2001, Tyrväinen ym. 2007, Korpela ym. 2008). Nämä metsien hyvinvointivaikutukset voivat tuottaa myös merkittäviä taloudellisia hyötyjä, kuten työkyvyn parantamista ja terveydenhuollon kustannusten säästöjä. Laadukkaaksi koettu maisema tuottaa myös taloudellista arvoa esimerkiksi asuin- ja vapaa-ajan kiinteistöille tai matkailualueille (Garrod & Willis 1992, Tyrväinen 1999, Tyrväinen ym. 2008).

Metsien ja muun maaseutu ympäristön merkitys suomalaisten elämässä on kaikkiaan edelleen varsin tärkeä, vaikka väestö keskittyykin yhä enemmän kaupunkeihin ja yhä harvempi saa suoraan toimeentulonsa maaseudulta. Metsätalouden työllisyysmerkityksen laskiessa maaseutu ympäristön tuottamat muut hyödyt – esimerkiksi maisema- ja virkistysarvot – ovat jopa kasvaneet. Tämä pätee niin maanomistajiin kuin muihin kansalaisiin (Hetemäki ym. 2006). Maaseudun elinkeinojen monipuolistamiseksi on sekä kansallisissa että alueellisissa strategioissa ennakoitu luontomatkailuun liittyvän yritystoiminnan lisääntymistä. Kansallisen metsäohjelman 2015 (2008) toimenpiteisiin kuuluu muun muassa pyrkimys sopeuttaa hakkuu- ja metsänhoitotöiden toimenpiteet maiseman kannalta mahdollisimman hyvin. Luonnonvarojen käyttö ja erityisesti metsätalous vaikuttavat matkailun ja luontoyrittämisen toimintaympäristön laatuun. Perinteisten maaseutuelinkeinojen ja laajenevan matkailun yhteensovittamiseen tarvitaankin uusia työkaluja ja lähestymistapoja sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä luonnonvarojen käytön toteuttamiseksi.

Luonnonvarojen käyttöä ja niiden hyväksyttävyyttä arvioidaan pitkälti visuaalisen maiseman kautta, koska ympäristön havainnointi perustuu ensisijaisesti näköaistin käyttöön. Kiinnostus maisemaan, sen suunnitteluun, suojeeluun ja hoitoon onkin kasvanut viime vuosina. Vuonna 2006 ratifioitu *maisemaa koskeva eurooppalainen yleissopimus* (Eurooppalainen... 2006) velvoittaa Euroopan neuvoston jäsenmaita sisällyttämään maisemanäkökohdat mm. maatalous- ja ympäristöpolitiikkaansa. Maisemasopimus edellyttää jäsenmaita paikantamaan, arvioimaan ja analysoimaan maisemien ominaispiirteet ja niitä muuttavat voimat ja paineet. Se velvoittaa lisäämään maiseman arviointia ja maisemaan liittyvien toimenpiteiden asiantuntijoiden koulutusta ja määrittämään maisemia koskevat laadulliset tavoitteet.

Luonnonvarasuunnittelussa kohtaavat nykyisin monien eri alojen intressit. Lapissa poronhoidon, maatalouden, metsätalouden, kaivosteollisuuden, matkailun ja energiantuotannon intressit asettavat luonnonvarojen suunnittelulle ja myös niiden maisemallisten vaikutusten arvioinnille kasvavia vaatimuksia. Yksi sosiaalisen kestävyys kriteereistä on maiseman laadun huomioiminen taloudellisen toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Kansalaisten ja eri sidosryhmien osallistuminen suunnitteluun ja päätöksentekoon edellyttää työkalujen kehittämistä, joilla maankäyttö ja luonnonvarasuunnitelmien vaikutuksia voidaan havainnollistaa osallisille nykyistä paremmin.

Visualisointi on keskeinen työkalu tuotettaessa vaikutus- ja osallistumismahdollisuuksia sekä asiantuntijoille että käyttäjäryhmille. Visualisoinnilla saavutetaan yhteinen visuaalinen kieli, jolla edistetään eri intressiryhmien osallistumista maankäytön suunnitteluprosesseihin. Visualisoinnin

avulla voidaan esittää kaikille osallisille sama havainnollistus suunnittelukohteesta ja sen tulevis-
ta muutoksista. Visualisointi tuokin suunnitteluun tai arviointiin objektiivisuutta, jota on vaikea
muuten tavoittaa (Tahvanainen ym. 2001, Orland 1993, 1994, Karjalainen & Tyrväinen 2002).

Hyvin toteutetussa monitavoitteisessa luonnonvarasuunnittelussa pystytään ottamaan huomioon
samanaikaisesti taloudelliset ja ekologiset aspektit (Nousiainen ym. 1999). Maiseman huomioon
ottaminen luonnonvarasuunnittelussa ja visuaalisten vaikutusten arvioinnin kehittäminen ovat
vielä jääneet ekologisten ja taloudellisten tavoitteiden taakse.

Tässä tutkimuksessa **maisemalla** tarkoitetaan visuaalista kokonaisuutta, josta voidaan erottaa eri-
laisia tarkastelutasoja ja mittakaavoja. Suunnittelun kannalta keskeisintä on maiseman jakaminen
lähi- ja kaukomaisemaan. Lähimaisemalla tarkoitetaan havainnoijasta noin 200 metrin etäisyydel-
lä olevaa maisemaa (Nousiainen ym. 1999). Lähimaisema nähdään kolmiulotteisesti ja maiseman
yksittäiset elementit ovat erotettavissa. Kaukomaisema on lähimaisemaa kauempana oleva, kaksi-
ulotteisena nähtävä maiseman osa, jossa maiseman yksityiskohdat sulautuvat yhteen.

Maisemakokemus syntyy, kun ihminen havainnoi ympäristöä ja muodostaa havaintojensa perus-
teella mielikuvan ympäristöstään. Ympäristöä havainnoidaan pääosin näköaistilla, minkä vuoksi
maiseman visuaalisella ilmiasulla eli maisemakuvalla on suuri merkitys maiseman laadun arvi-
oinnissa.

Maisematilalla tarkoitetaan tilaa, jonka maiseman piirteet ja niiden keskinäiset suhteet muodos-
tavat. Maisematilat voivat olla huonemaisina hahmottuvia tilakokonaisuuksia tai laajoja rajautu-
mattomia avoimia alueita. Maisematilat muodostavat erikokoisia, sisäkkäisiä ja toisiinsa liittyviä
tilasarjoja. Maisematila voi olla luonteeltaan avointa, puoliavointa tai suljettua. Avoimia tiloja
ovat esim. pellot ja järvet, avoimia rajautumattomia laajat peltolakeudet tai merimaisema, puo-
liavoimia esimerkiksi hakamaat ja puistot.

Maisemaa voi tyypitellä sen eri ominaisuuksien ja tekijöiden perusteella. Näitä ominaisuuksia
voivat olla maisemarakenne, maisemakuva, maankäyttö, kulttuuripiirteet ja luonnonpiirteet. Mai-
seman päätyyppejä ovat *kulttuurimaisema* ja *luonnonmaisema*. Kulttuurimaisema on tyypiltään
maisemaa, jonka muotoutumisessa ihmisen kulttuurivaikutus on hallitsevaa. Kulttuurimaisemaa
voi tyypitellä edelleen esimerkiksi elinkeinojen, asumisrakenteen tai jonkin muun tekijän pohjalta
(maaseutumaisema, kaupunkimaisema, teollisuusmaisema, maantiemaisema jne.). Luonnonmai-
sema on maisemaa, joka on kehittynyt pääasiassa ilman ihmisen vaikutusta.

1.2 Kuinka virtuaalista maisemaa tuotetaan?

Maiseman laadun ja muuttumisen tarkasteluun voidaan käyttää eri menetelmiä, kuten visualisoin-
tia tai maisema-arvoja kuvaavia malleja. Lisäksi laajoilla alueilla voidaan hahmottaa maisemalli-
sesti herkäät alueet analysoimalla alueen maisemarakenne ja kohteiden näkyvyys eri käyttäjäryh-
mille (Nousiainen ym. 1999). Kun erilaisia suunnitelmavaihtoehtoja voidaan visualisoida ja eri
vaihtoehtojen tuottamia hyötyjä arvioida, saadaan mahdollisuus yhteismitallistaa numeerista ja
visuaalista tietoa (Nousiainen ym. 1999). Visuaalisen maiseman liittäminen kiinteämmäksi osaksi
esimerkiksi metsäsuunnittelua vaatii etenkin maisemarakenteen analysoinnin ja visualisointioh-
jelmistojen kehittämistä (Nousiainen ym. 1999).

Aiemmin maisemaa on tutkimuksissa havainnollistettu tavallisimmin valokuvoin tai maastovierailuin. Valokuvan vahvuuksia ovat yksityiskohtaisuus, realismi, uskottavuus ja välineen tuttuus. Valokuvan ongelmia puolestaan ovat valokuvaajan ratkaisujen lopullisuus (esimerkiksi rajauksen ja valotuksen suhteen), kuvien hankkimiseen kuluva työmäärä ja ennen kaikkea lopputuloksen riippuvuus kuvaushetken olosuhteista, käytetystä kuvaustekniikasta ja kalustosta sekä kuvaajan taidoista (Nousiainen ym. 1999). Valokuvien käytössä uupumaan jäävät myös todellisen maiseman rikkaus ja vaihtelu sekä interaktiivisuus (Karjalainen & Tyrväinen 2002). Kuvia voidaan tarvittaessa muokata tietokoneella (esimerkiksi muuttaa sävyjä tai tiettyjä kohtia kuvassa jotta eri kuvien vertailtavuus paranee), mutta ongelmana on muokkaukseen kuluva suuri työ- ja aikamäärä sekä käsittelyssä syntyvät virheet ja epätarkkuudet. Lisäksi kuvankäsittelyn mahdollisuudet ovat hyvin rajalliset (Nousiainen ym. 1999).

Maastovierailujen käyttämisessä maisemantutkimukseen törmätään moniin ongelmiin, joista vähäisimpiä eivät ole menetelmän kalleus ja vaaditut, kohtuullisen suuret aikaresurssit sekä tutkimuksen suunnittelu-, että toteutusvaiheessa. Yksi suuri ongelma maastossa on olosuhteiden vakioimisen mahdottomuus: kuuma, kylmä, hyönteiset, sade, tuuli ja aurinko, jotka vaikuttavat kaikki osaltaan arviointiin. Laboratorio-olosuhteissa häiritsevät tekijät saadaan joko poistettua tai vakioitua, jolloin saadaan todelliset mielipiteisiin vaikuttavat asiat selville. Lisäksi tulevaisuuden kehityksen hahmottaminen on mahdotonta (Karjalainen & Tyrväinen 2002).

Tietokoneella suoritettavan suoran visualisoinnin etuja ovat muun muassa katselusuunnan vapaa valinta, reaaliaikaisuus ja välineen nopea käyttö. Lisäksi perusaineistojen (maastoa kuvaava korkeusmalli ja metsiköitä kuvaavat kasvillisuus ja puustotiedot) hankkimisen jälkeen erilaisen vaihtoehtojen visualisointi on halpaa (Nousiainen ym. 1999). Visualisoinnilla voidaan kuvata menneitä, nykyisiä ja tulevia maisemia; keskeistä on muutoksen esittäminen. Tulevaisuus ja eri vaihtoehdot saadaan visualisoitua siten, että maiseman arviointiin vaikuttavat tekijät, kuten sää ja valo-olosuhteet, voidaan vakioida (Karjalainen & Tyrväinen 2002).

1990-luvulla visualisointeihin, ensisijaisesti valokuviiin perustuvia maisemapreferenssitutkimuksia alkoi ilmestyä Suomessa enemmän, ja myös metsämaisemasuunnittelua alettiin tutkia erityisesti metsätieteissä (Karjalainen ym. 2010). Tietokonepohjaiset grafiikkaohjelmat, paikkatietojärjestelmät ja simulointiohjelmat ovat mahdollistaneet tulevaisuuden metsäympäristöjen havainnollistamisen (Pukkala ym. 1988, Tahvanainen ym. 1996, Tyrväinen & Tahvanainen 1999, Karjalainen 2000). Metsätalouden suunnittelussa on myös kokeiltu maisema-arvojen liittämistä suunnitteluohjelmiin (Pukkala ym. 1988, Nousiainen ym. 1998, Tahvanainen & Tyrväinen 1998). Ei-asiantuntijoiden liittäminen mukaan suunnitteluun edellyttää kuitenkin kykyä tuottaa entistä fotorealistisempia visualisointeja. Samalla fotorealistisuuden vaade kuitenkin korostaa visualisoinnin tuottajien vastuuta visualisoinnin sisällöstä ja esitystavasta.

Suomessa nykyisin käytössä olevat visualisointiohjelmat keskittyvät erityisesti rakennetun ympäristön ja infrastruktuurin suunnittelun havainnollistamiseen. Näissä käytännön suunnittelu-työhön tarkoitetuissa ohjelmistoissa luontoympäristöjen havainnollistaminen on melko rajallista. Luonnonvarojen käytön aiheuttamia maisemamuutoksia on aiemmin havainnollistettu digitaalisen kuvanmuokkauksen tai maisemasimulaattoreiden avulla (Nousiainen ym. 1999, Karjalainen & Tyrväinen 2002). Metsämaiseman simulaattorit olivatkin merkittävä tutkimuskohde 1990-luvulla, joskin kasvavasta tarpeesta huolimatta maisemasimulaattorien kehitystyö on ollut lähes pysähdyksissä vuosituhaten vaihteen jälkeen.

Maisemasimulaattorien nykytilasta ja niiden käyttökelpoisuudesta metsäsuunnittelussa on tehty Metlassa katsauksia (Karjalainen & Tyrväinen 2002, Tyrväinen ym. 2006). Maisemasimulaattoreita on käytetty maaseudun maisematutkimuksessa tai testattu käytännön suunnittelussa vielä vähän. Ulkomailla reaaliaikagrafiikkaa on käytetty jonkin verran osallistavassa suunnittelussa ja maisema-arvioinnissa (Honjo & Lim 2001, Stock ym. 2007). Lisäksi ulkomailla on testattu videotekniikan ja tietokonegrafiikan yhdistämistä metsäympäristöjen havainnollistamisessa (Fujisaki 2007). Ympäristöjen arvioinnissa on käytetty kuitenkin eniten staattisia visualisoituja kuvia (Appleton & Lovett 2003, Ford ym. 2009). Joissain tutkimuksissa (Ghadirian & Bishop 2008, Lange 2001) on lisäksi kokeiltu graafisten objektien eli mallien lisäämistä videokuvaan tai valokuviin. Tätä tekniikkaa ovat käyttäneet esimerkiksi Dockerty ym. (2006) visualisoidessaan muutoksia viljelymaisemassa.

Vaikka visualisointiohjelmistoja on saatavilla esimerkiksi Yhdysvalloista, Kanadasta ja Ranskasta eri suunnittelutarpeisiin, ne eivät välttämättä pysty suoraan käyttämään hyväksi Suomessa eri organisaatioissa käytettävää paikkatietoa. Lisäksi Suomen olosuhteisiin sopivan kasvillisuus- ja puusto-objekteja sisältävän mallikirjaston puuttuminen vaikeuttaa ulkomaisten visualisointiohjelmistojen käyttöä. Myös suomalaisen maaseudun muiden maisematekijöiden, kuten peltojen ja niiden reunavyöhykkeiden sekä rakenteiden, visualisointiin tarvitaan objekteja. Maiseman visualisointityökalun kehittäminen onkin todettu tarpeelliseksi maaseutumaiseman muutosten ja metsävarojen käytön arviointia varten myös hiljattain tehdyssä selvityksessä, jossa pohdittiin keskeisiä tarpeita maiseman huomioonottamiseksi metsätaloudessa (Karjalainen ym. 2010).

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksessa selvitettiin tietokonepeleissä käytetyn tekniikan mahdollisuuksia havainnollistaa lappilaista maaseutu ympäristöä ja sen muutoksia. Erityisesti haluttiin tarkastella metsä- ja maatalouden sekä matkailutoiminnan ympäristössä aiheuttamia maisemavaikutuksia. Tutkimus oli osa Lapin liiton rahoittamaa Maankäytön visualisointi osana matkailun kehittämistä (MaaVisu) -hanketta. Hanke toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen, Rovaniemen ammattikorkeakoulun ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitoksen sekä Metsähallituksen yhteistyönä vuosina 2009–2010.

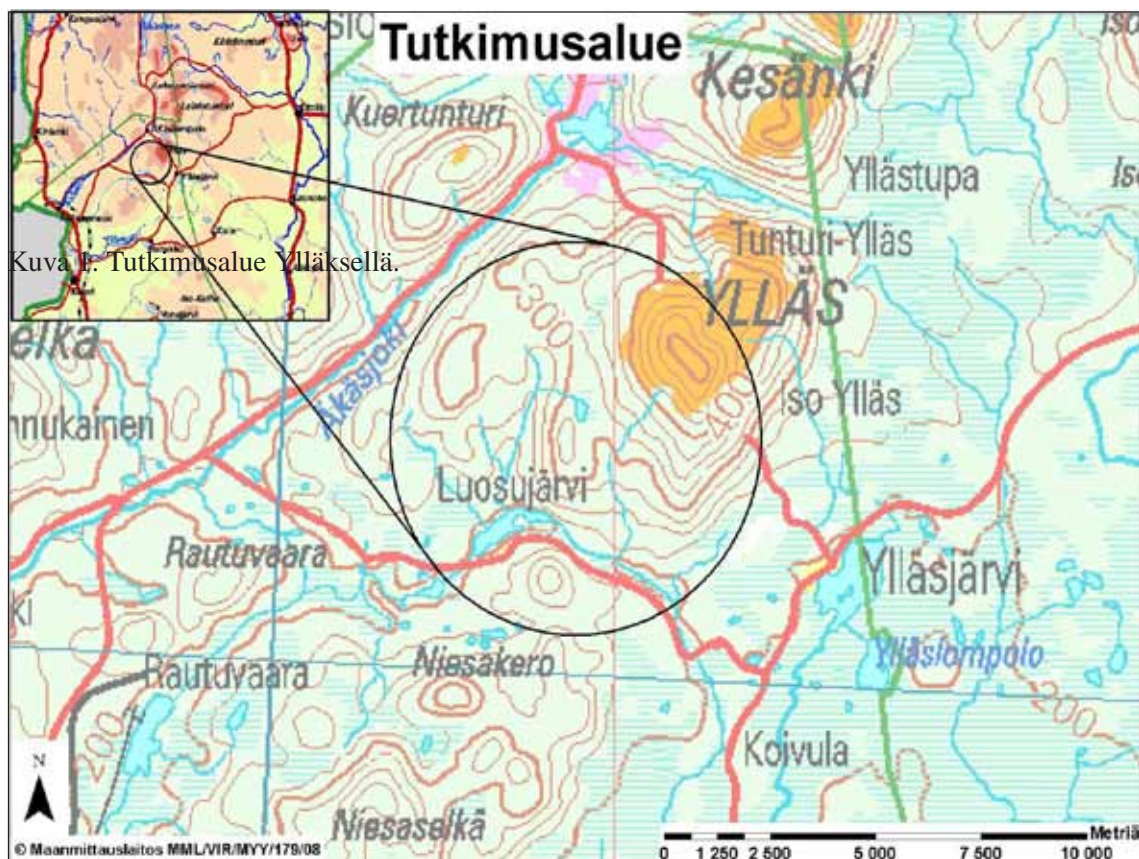
Tutkimuksen laajempänä tavoitteena oli arvioida, miten tunnistettavia Tunturi-Lapin maisematekijät (esim. maankäytön eri lajit, ympäristötyypit ja mittakaava) ovat tietokoneavusteisessa mallinnuksessa, joka mahdollistaa sekä lähi- että kaukomaisemien sujuvan tarkastelun. Tutkimuksessa selvitettiin sekä luonnonvara-ammattilaisten että tavallisten, maankäytön muutosten systemaattiseen arviointiin tottumattomien ihmisten kykyä hahmottaa maankäytössä tapahtuvia muutoksia virtuaalimallin avulla. Lisäksi tavoitteena oli luoda kriteeristö virtuaalisen visualisointimateriaalin laadun arvioimiseen.

Tutkimusta varten luotiin paikkatietoaineistojen ja kasvillisuustietojen avulla virtuaalinen maisemamalli Ylläksellä sijaitsevasta tapaustutkimusalueesta, jossa erityisesti metsä- ja maatalous sekä matkailu ohjaavat maankäyttöä ja aiheuttavat maisemamuutoksia.

2 Tutkimusalue ja -menetelmät

2.1 Tutkimusalue

Tutkimusalueeksi valittiin Yllästunturin itäpuolella sijaitseva Yllästunturin huipun ja Luosujärven välinen alue (kuva 1). Alueen valintaan vaikutti sen monipuolisuus ja nykyiset maankäytön haasteet. Ensinnäkin valitun alueen topografia on vaihteleva ja siten luonto on alueen kokoon nähden poikkeuksellisen monimuotoista. Toiseksi alueen nykyisten maankäyttömuotojen yhteensovittamisessa on haasteita, joiden ratkaisemiseen tarvitaan maisema- ja luonnonvarasuunnittelua. Lisäksi alueelta oli saatavilla Metsähallituksen keräämää metsiä koskevaa kuviotietoaineistoa, joka oli visualisoinnin luomisen perusedellytys.



Kuva 1. Tutkimusalue Ylläksellä.



Kuva 2. Yllästunturi hallitsee Luosujärveltä näkyvää kaukomaisemaa. Kuva Hanne Vaarala, Metla.

Luosujärven laaksosta avautuvaa kaukomaisemaa hallitsee Yllästunturin lakialue, joka on noin 100 km pituisen Ounasselän tunturijakson päätepiste etelässä (kuva 2). Lähimaisema muodostuu useasta maisematekijästä. Kapea Luosujärvi on Ylläksen alueen kolmanneksi suurin järvi. Alueen kulttuuriympäristöjä ovat Luosujärven kylä sekä rantapellot ja -niityt pihapiireineen (kuva 3). Uudempaa maankäyttöä edustaa järven pohjoisrannan mökkialue, jonka laajentamista suunnitellaan. Tunturialueelta laskee suoalueiden läpi Luosujärveen kaksi jokea. Laakso rajautuu Ylläksen alarinteeseen, Tuusivaaraan, Lompolovaaraan ja Luosuvaaraan. Kunta on kaavoittanut loma-asumista Luosujärven kylän länsipuolella sijaitsevaan Luosuvaaraan ja suunnittelee täydennysrakentamista järven pohjoisrannalle. Näitä kaavoitussuunnitelmia havainnollistettiin virtuaalimallissa Luosuvaaran alueen tulevinä muutoksina.



Kuva 3. Luosun kylä kuvattuna Luosujärven luoteisrannalta. Kuva Oiva Hakala, MTT.

Alueen pohjoisosista avautuvassa maisemassa näkyvät Yllästunturin puurajan rakkakivikot sekä laajat yhtenäiset metsäalueet, joihin vaarat ja Tunturijärvi tuovat vaihtelua. Tutkimusalue kuuluu suurelta osin Metsähallituksen hallintaan, ja osalle alueesta on laadittu metsäsuunnitelma tulevia metsätaloustoimenpiteitä varten.

2.2 Virtuaalimallin luominen

Tutkimusta varten kohdealueesta luotiin noin 65 km² laajuinen virtuaalinen maisemamalli. Mallilla pyrittiin kuvaamaan maisemakokonaisuus, joka muodostui tunturialueen topografiasta, vesistöistä, erilaisista ympäristötyypeistä ja paikallisesta infrastruktuurista (tiestö ja rakennuskanta).

Tutkimusalueelle mallinnettiin Luosujärven kylältä (200 mpy) maisematielle (380 mpy) johtava noin kymmenen kilometriä pitkä retkeily- ja latureitti. Reitti on maastoltaan ja kasvillisuustyypeiltään vaihteleva. Lompolovaaran kapea selänne, tunturipuroa myötäilevän Mustavuoman suojelualueen sankka kuusikko sekä reittiä rytmittävät suoalueet ja pirunpellot ovat esimerkkejä maiseman visuaalisesta monimuotoisuudesta kohdealueella.

Reitin varrelta valittiin maastokäyntien perusteella arviointitutkimusta varten erilaisia maisema- ja kasvupaikkatyyppejä: peltomaisema (lähimaisema), koivu- tai kuusivaltaiset talousmetsät (lähimaisema), järvimaisema (kaukomaisema) ja vaaramaisema (kaukomaisema) (liite 1, taulukko 1). Valitut lähi- ja kaukomaiset inventoitiin ja valokuvattiin. Sen jälkeen kahdesta sekametsästä ja järvi- ja vaaramaisemista luotiin mahdollisimman realistinen virtuaalimalli Rovaniemen ammattikorkeakoulun virtuaaliodellisuuden ohjelmointilaboratoriossa pLabissa. Metsäsuunnittelua varten kerättyä metsäkuviodataa jouduttiin täydentämään valokuvien perusteella. Tämä työ toteutettiin lisäämällä malliin ylimääräisiä puita, aluskasveja, kantoja ja kiviä sopiviin kohtiin.

Taulukko 1. Esimerkki kahden maastokohteen virtuaalimallinnuksesta.

Maastokohde reitin varrella	Nykytilan mallinnus
Heinäpeltomaisema	Alue timoteipelttona
	
Kuusivaltainen sekametsä	Kuusivaltainen sekametsä
	

Alueista otettuja valokuvia käytettiin tutkimuksessa virtuaalimallin realistisuuden arvioinnissa (liite 1). Valokuvat valittiin vertailukohteeksi, koska ne ovat preferenssitutkimuksissa yleisesti käytetty menetelmä ja kaikille arvioijille tuttu havainnollistamisen väline. Arvioinnin toteuttaminen maastossa oli teknisesti hankalaa, mutta se on periaatteessa mahdollista myöhemmin, koska virtuaalimalliin luotiin todellisuudessa maastossa olemassa oleva reitti.

2.2.1 Maiseman nykytilan mallinnus

Virtuaalimallin alustana toimi CryEngine2-pelimoottori, jolle mallit luotiin Adobe PhotoShop-, Autodeskin 3ds Max-, ja IDV Inc:n SpeedTree-ohjelmilla. Virtuaalimallin luomiseen liittyvät tekniset ratkaisut liittyivät pitkälti pelimoottorin valintaan. CryEngine2-pelimoottori valittiin työkaluksi sen parhaiden grafiikkaominaisuuksien ja muistin tehokkaan käytön vuoksi. Päätös pelimoottorin valinnasta tehtiin esitestin perusteella, jossa olivat mukana myös Unreal Development Kit (UDK) ja Virtual Battle Space 2 (VBS2)-ohjelmistot. Pelimoottorin valinnan jälkeen 3D-mallien tuotantoon valittiin pelimoottorin kanssa yhteensopivat 3dsMax- ja Photoshop-ohjelmat. Puu- ja kasvimallien luomiseen käytettiin myös SpeedTree-ohjelmaa, joka on tarkoitettu nimenomaan 3D-puiden luomiseen. SpeedTree-ohjelmalla luotiin ensimmäiset versiot pääpuulajeista (mänty, koivu ja kuusi), joiden muokkaamista jatkettiin muilla ohjelmistoilla (3dsMax ja Photoshop). Tällä tuotantotavalla pystyttiin tekemään erittäin fotorealistista visualisointia, koska hankkeessa käytetyt työkalut olivat samoja, joilla peliteollisuus työskentelee. Tämä sekä työskentelytavan joustavuus olivat pääsyitä mallin toteutustavan valinnalle.

Aluetta kuvaava maastomalli luotiin Maanmittauslaitokselta saadun 10 x 10 metrin korkeusmallirasterin pohjalta. Korkeusmallin päälle ohjelma generoi kasvillisuuspeitteen Metsähallituksen keräämien puusto- ja metsätyyppitietojen perusteella. Tiedot syötettiin pelimoottoriin ESRI:n ArcGIS -ohjelmiston shapefile-muodossa. Puustodatasta poimittiin oleelliset puustoa kuvaavat tiedot eli kuvion sijainti, puulajit, puuston runkoluku sekä puiden keskipituus. Metsätyypit luotiin myös Metsähallituksen metsäinventointitiedon perusteella. Metsätyypit luotiin valitsemalla sopiva sekoitus aluskasveja, joille määriteltiin pituus, kasvutiheys, sekä etäisyys jolta kasvi ja sen yksityiskohdat alkavat näkyä. Värien siirto 3dsMaxissa luotujen kasvien ja pelimoottorin välillä ei toiminut, joten kun kasvi tai puu vietiin pelimoottoriin, jouduttiin värit asettamaan aina uudelleen. Kasvien ulkonäköön vaikutti suuresti niille määritelty läpinäkyvyyden aste, joka määritti paitsi kasvin läpinäkyvyyttä, myös kasvin luoman varjon voimakkuutta.

Tiestö, rakennuskanta ja kamera-ajoon vaadittu reitistö luotiin manuaalisesti. Tiestö luotiin Maanmittauslaitoksen Digiroad 2007 -aineiston pohjalta. Kun teiden sijainti oli saatu vietyä pelimoottoriin, voitiin tieosuuksille luoda joko asfaltti- tai sorapäällyste. Rakennuskanta kuvattiin ottamalla Maanmittauslaitoksen Maastotietokannasta (2007) Ylläksen alueen rakennustiedot. Rakennustiedoista ilmeni, oliko kyseessä asuin- ja talousrakennus. Tietojen perusteella saatiin rakennusten sijainti näkymään ns. helperin avulla, jonka jälkeen jokainen rakennus asetettiin käsityönä malliin. Kamera-ajoon tarvittu reitistö luotiin Metsähallituksen latu- ja retkeilyreittiaineistosta. Tietojen perusteella asetettiin latu- ja retkeilyreiteille niille sopiva poluston pohjan rakenne (hake/maapohja).

Kaksi lähimaisemaa mallinnettiin todellisuudesta poikkeavasti (liite 1). Luosujärven kylän pääosin heinäpeltoa kasvava avoin alue mallinnettiin nykyisen heinäpellon sijaan timoteipelloksi, jotta saatiin ilmennettyä aktiivimaataloutta alueella. Tunturijärveä rajaavan Lompolovaaran mäniköstä kasvupaikkatyyppi luotiin tuoreen kankaan sijasta kuivaksi kankaaksi, jotta saatiin vaihtelua havainnollistettaviin metsien kasvupaikkatyypeihin.

Kaikki data konvertoitiin KKJ2-projektioon, jossa korkeusmalli oli. Konvertointi aiheutti hieman mittavirhettä, joten esimerkiksi joitakin rakennuksia ja yksittäisiä objekteja, joiden sijainti oli hyvin tarkkaa, piti siirtää käsin oikealle paikalle. Nykytilaa kuvaavaa virtuaalimallia paranneltiin joiltakin osin asettamalla esimerkiksi kiviä tai lisäämällä kasveja polkujen varrelle.

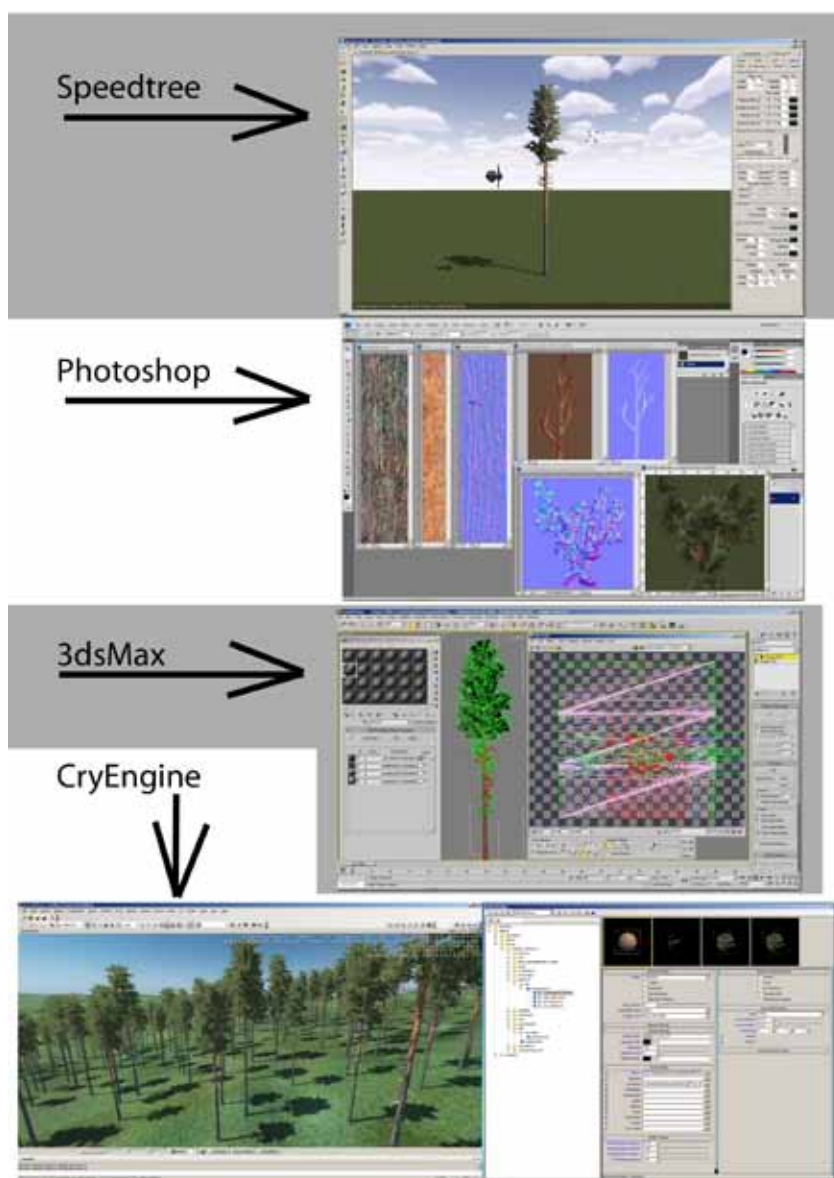
Kasvikuvaston ja rakenteiden luominen

Alueen kasvillisuustyyppien sekä rakennetun ympäristön visualisoimista varten luotiin peruskuvasto metsä- ja peltoympäristöjen avainlajeista, tyyppitaloista ja retkeilyrakenteista (taulukko 2). Kuvasto sisälsi valmiina yli 70 kaksi- tai kolmiulotteista graafista mallia. Kasvikuvastoon luotiin metsien kenttäkerroksen kasveja helpottamaan metsätyyppien tunnistamista ja ilmentämään metsän kerroksellisuutta. Pello- ja niittykasvit kuvattiin alkusyksyn kehitysvaiheessa helpottamaan avainlajien tunnistamista (esim. viljelykasvien tähkät ja varpukasvien marjat). Muutamilla luoduilla variaatioilla kasveista pyrittiin lisäämään virtuaalimaiseman visuaalista monimuotoisuutta.

Pohjois-Suomen kolmesta pääpuulajista (mänty, kuusi ja hieskoivu) luotiin noin kolmekymmentä erilaista mallia. Ensimmäiset perusmallit tehtiin SpeedTree-ohjelmalla, jonka jälkeen ne käsiteltiin 3dsMax-ohjelmassa lopullisiksi malleiksi. Tämän jälkeen perusmallien pinnat eli tekstuurit muokattiin Photoshop-ohjelmalla (kuva 4). Kun puulajeja kuvaavat perusmallit oli saatu valmiiksi, luotiin niitä muokkaamalla loput puumallit. Puuntaimet jouduttiin kuitenkin luomaan alusta saakka kokonaan uudelleen. Kasvimallien luomisen prosessi on kuvattu kokonaisuudessaan liitteessä 2.

Taulukko 2. Peruskuvaston mallit.

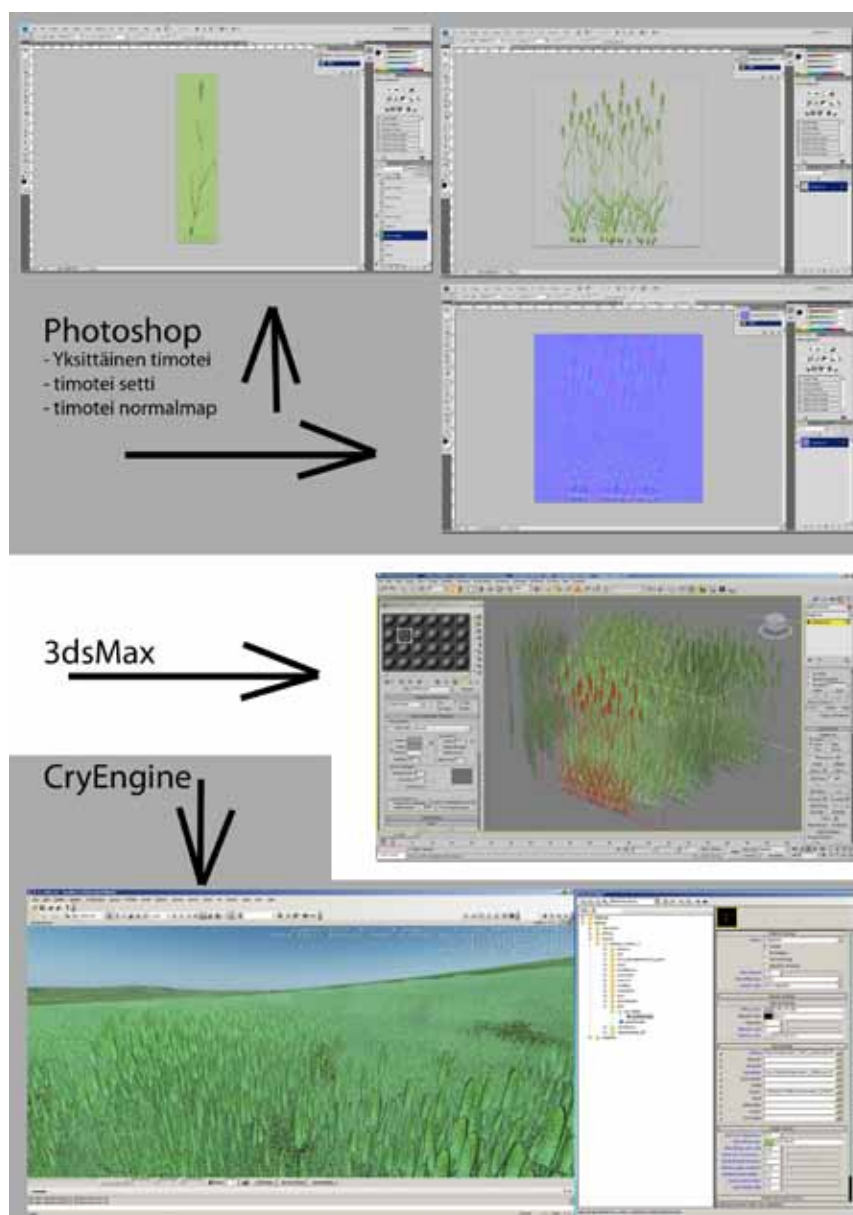
Puut	Eri malleja yhteensä kpl
mänty, kuusi, koivu	32
Kenttäkerroksen kasvit	
puolukka, mustikka, kanerva, variksenmarja, metsäimarre, juolukka, vaivaiskoivu, suopursu, pullosara, hilla, metsälauha	15
Pello- ja niittykasvit	
timotei, ohra, mesiangervo, kullero	5
Rakenteet ja muu eloton materiaali	
kelo, kaatuneita puita (kelo, mänty, kuusi, koivu), korjuutähteitä (mänty, kuusi), kantoja, rakkakivikko, kiviä, taloja, lato, kahvila, laituri, ulkokuusi, sähkötolppa, laavu, suksiteline, opastetaulu, liikennetolppa, tiepohjia, polkupohjia	27



Kuva 4. Puumallien luomisen prosessikaavio.

Alueen puuston erityispiirteenä oli sen suhteellisen vähäinen hoito. Alueen metsien rakenne oli sen vuoksi melko lähellä luonnontilaisten metsien kerroksellista rakennetta. Monilajisen ja -kerroksisen puuston visualisointi osoittautui talousmetsien tasarakenteisuuteen verrattuna haastavammaksi. Puuyksilöitä tarvittiin melko runsaasti ja niitä piti viimeistellä tarkemmin, koska lähes jokainen luotu puumalli joutui lähempään tarkasteluun lähimaisemassa. Puu- ja kasvimallien luomisessa suurimpia haasteita olikin saada luotua graafiselta laadultaan samantasoisia malleja, jotka paitsi pyrkivät toistamaan todellisen puun ulkonäköä mahdollisimman tarkasti, myös sopivat toinen toisiinsa. Toinen haaste oli muistin varauksen aiheuttamat rajoitteet. Koska visualisointi luotiin reaaliaikagrafiikalla, tuli siinä käytettyjen mallien olla tiedostokooltaan suhteellisen kevyitä, korkeintaan muutamista kymmenistä (aluskasvit) muutamaan sataan kilotavua (puut). Käytännössä mallien optimointi tapahtui vähentämällä polygonien määrää käsityönä siten, että mallin ulkonäkö muuttui mahdollisimman vähän. Myös tekstuurien käytön vaatimaa muistivarausta pyrittiin vähentämään siten, että mallit käyttivät samaa tekstuuria aina kun se oli mahdollista.

Viljely-, niitty- ja aluskasveja luotiin yhteensä 20 kappaletta. Mallit luotiin mm. Jyväskylän yliopistosta saadun kuvamateriaalin (Jyväskylän avoimen yliopiston nettikasvio Valokki) perusteella. Yksittäiset kasvimallit toteutettiin Photoshop-ohjelmalla. Siitä ne vietiin 3dsMax-ohjelmaan, jossa yksittäisestä kasvimallista luotiin ns. settejä (kuva 5). Näin saatiin aikaan ryhmä tiettyä aluskasvia, kuten esimerkiksi mustikkaa, puolukkaa, ohraa tai hillaa. Aluskasvit jouduttiin luomaan tasapintaisiksi 2D-tasoina, koska niitä oli liian paljon, jotta pelimoottori olisi kyennyt pyörittämään niitä 3D-grafiikkana. Puissa tekniikkaa ei kannata käyttää, sillä ainakin täysikasvuiseksi puiksi luoduista malleista olisi erottanut helposti ovatko ne 2D-tasojia vai 3D-objekteja.



Kuva 5. Kasvimallien luomisen prosessikaavio.

Erilaisia taloja ja rakenteita luotiin yhteensä kolmisenkymmentä kappaletta Ylläkseltä otettujen referenssivalokuvien avulla. Rakenteet luotiin 3dsMax-ohjelmalla, niiden pinnat luotiin erikseen Photoshop-ohjelmalla ja lopuksi mallit ja pinnat yhdistettiin pelimoottorissa.

Tämän jälkeen CryEngine-ohjelmassa tehtäväksi jäi vielä materiaalien ja tekstuureiden asettaminen kohdilleen sekä yksityiskohtien kuten värien hienosäätö. Todellisen maailman mittasuhteiden luomisessa virtuaalimallissa oli omat haasteensa. Yksi vaikeus visualisointityössä oli mallien dimensioiden epälineaalisuus. Puumallien leveys- ja pituussuhteet eivät vastanneet toisiaan silloin, kun malli näytti muuten tasapainoiselta ja muihin malleihin verrattuna realistisen kokoiselta. Mallien koon viilaaminen vei siten huomattavan osan loppuvalmistelutyöajasta.

2.2.2 Maisemamuutosten mallinnus

Virtuaalimallin arviointia varten neljälle erilaiselle maankäyttötavalle laadittiin seuraavat muutoskkenaariot (liite 1):

- Peltomaisemaan luotiin kaksi pellonkäyttövaihtoehtoa. Ensimmäisessä viljelykasvi vaihdettiin timoteista ohraan ja toisessa pelto metsitettiin.
- Järven vastarannalla sijaitsevalle Luosuvaaran alueelle mallinnettiin noin 100 mökin lomamasuntoalue. Muutoksen mallinnuksessa käytettiin Kolarin kunnan laatiman asemakaavan mitoitus.
- Kuusivaltaiseen sekametsään tehtiin kaksi erilaista avohakkuuta. Toisessa vaihtoehdossa katselupisteen ja hakkuualueen välille jätettiin suojavyöhyke ja toisessa hakkuualue oli visuaalisesti laajempi.
- Lompolovaaraassa sijaitsevaan männikköön tehtiin siemenpuuhakkuu.

Eri skenaariot luotiin manuaalisesti. Maisemamuutosten työstäminen onnistui suhteellisen nopeasti olemassa olevalla objektiikirjastolla, kun alueet, joilla muuttuvat maisemaelementit vaikuttivat, oli luotu valmiiksi. Maisemamuutosten luomisessa poistettiin tarvittava osa vanhoista maisemaelementeistä ja asetettiin tilalle uusia.

2.2.3 Virtuaalimaisemassa liikkuminen

Tutkimusta varten mallin arviointi vaiheistettiin ja toteutettiin kamera-ajona kuuden arviointipaikan kautta (kuva 7). Liikkumisnopeudeksi valittiin 30 km/h, jota voidaan pitää reippaana pyöräilyvauhtina. Liikkuminen rytmitettiin siten, että sen aikana pysähdyttiin kuusi kertaa 2–6 minuutiksi tarkastelemaan virtuaalimallin lähi- tai kaukomaisemia ja vertaamaan niitä valokuviin tai muutosskenaarioihin (stillkuvat). Lisäksi virtuaalimallissa liikkumiselle ja virtuaalimaailman eri ympäristöihin tutustumiselle sekä taustakysymysten täyttämiseksi oli varattu aikaa muutamia minuutteja.

Tutkimuksessa käytetty kamera-ajo luotiin määrittelemällä seurattava linja ArcGIS-ohjelmistossa. Luotu viivadata muunnettiin CryEnginen kamera-ajoksi tätä varten luodulla C#-koodikielellä kirjoitetulla ohjelmalla. Kameran korkeus pinnasta määritettiin vakioksi korkeusmalliin nähden.



Kuva 6. Koetilanne pLabin maisemateatterissa. Kuva: Jouni Hyvärinen, Metla.

2.3 Käytetty esitystekniikka

Arviointitutkimusta varten rakennettiin väliaikainen maisemateatteri Rovaniemen ammattikorkeakoulun ohjelmointilaboratorioon (pLab) (kuva 6). Arviointitilanteessa kuvapintoina toimivat vaaleanharmaa seinä, jolle heijastettiin maiseman nykytila ja sen viereen asetettu pienempi valkokangas, jolle heijastettiin valokuvat ja virtuaalimalliin tehdyt muutokuvat. Tuoliriveistä rakennettuun ”katsomoon” mahtui enimmillään 30 osallistujaa. Katseluetäisyys vaihteli 4–7 metrin välillä istuinpaikan mukaan. Tilan ikkunat peitettiin pimennysverhoilla. Grafiikan pyörittämiseen oli käytössä kaksi dataprojektorista ja keskusyksikköä näytönohjaimineen.

2.4 Arviointikoe

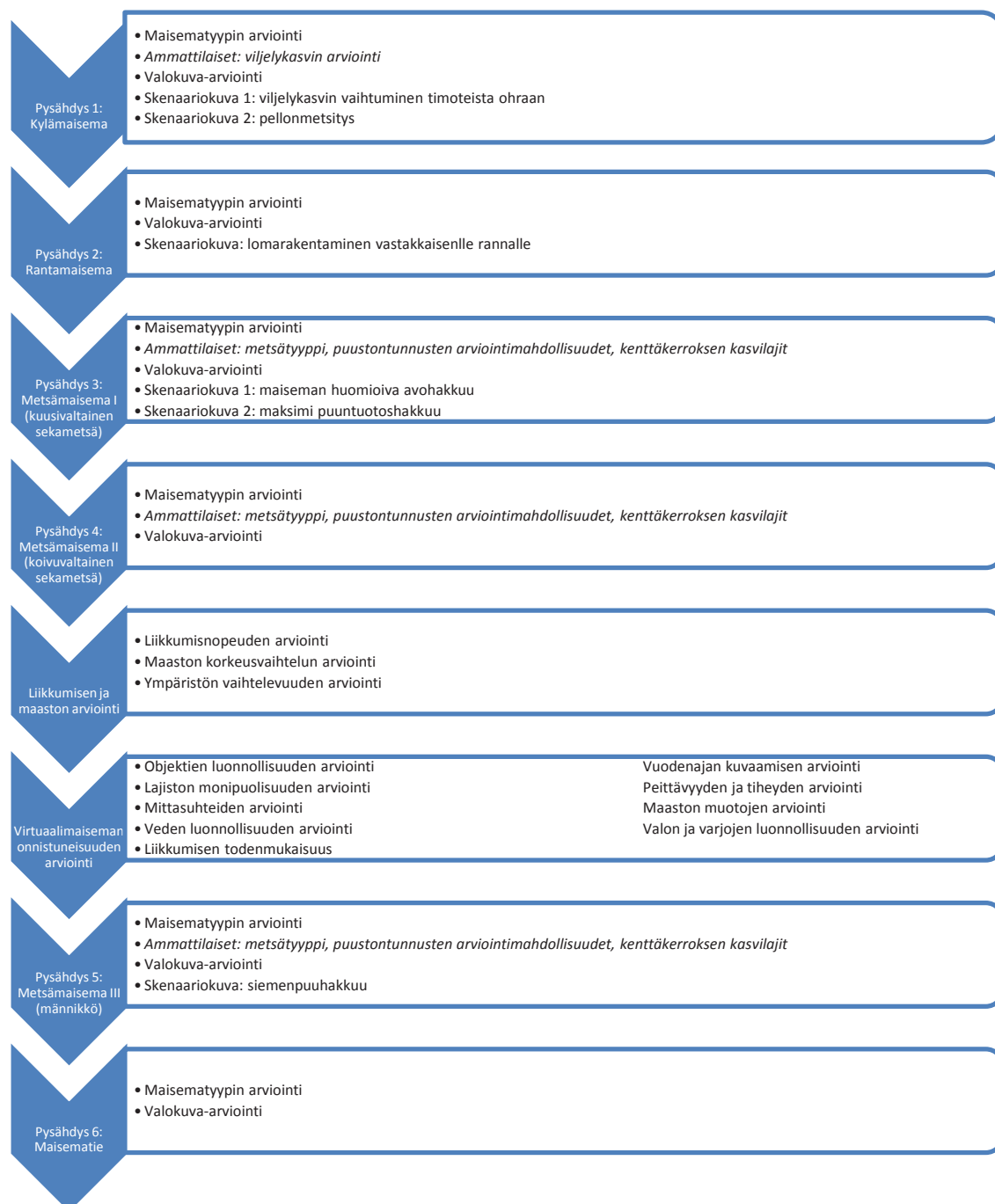
Arviointikokeeseen kutsuttiin maa- ja metsätalouden, tietotekniikan, matkailun ja graafisen suunnittelun opiskelijoita Lapin yliopistosta ja Rovaniemen ammattikorkeakoulusta. Lisäksi arvioitsijoiksi kutsuttiin maa- ja metsätalouden toimihenkilöitä Metsäntutkimuslaitokselta, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksesta, ProAgriasta ja Metsähallituksesta. Pääosa opiskelijoista luokiteltiin tutkimuksessa virkistyskäyttäjiksi, joille luonnonvarojen inventointi tai maankäytön vaikutusten arviointi oli vierasta. Osallistujaryhmien välisiä vertailuja varten selvitettiin ikä, sukupuoli, ammatillinen koulutus, toimiala ja ammattiryhmä. Lisäksi kartoitettiin osallistujien aluetuntemusta Ylläksellä sekä aiempaa kokemusta virtuaalimallitodellisuudesta ja -maisemista.

Noin tunnin kestävä virtuaalimaiseman laadun ja ominaisuuksien arviointi tapahtui ohjatun kamera-ajon ja strukturoidun kyselylomakkeen avulla. Virkistyskäyttäjät ja metsä- ja maatalouden ammattilaiset tekivät erilliset arvioinnit, sillä ammattilaisille laadittiin kasvilajistoon ja puustotunnuksiin liittyviä lisäkysymyksiä. Kyselyssä käytetty lomake on liitteenä 3.

Arvioinnissa käytettiin kahta visuaalisen informaation laatua kuvaavaa mittaria. Nämä virtuaalimallin arviointikriteerit olivat tunnistettavuus ja luonnollisuus, joita arvioitiin joko lähi- tai kaukomaiseman mittakaavassa. Virtuaalimaiseman tunnistettavuus jaettiin kolmeen ja luonnollisuus viiteen osatekijään (taulukko 3). Lisäksi mallista annettiin kokonaisarvio kouluarvosanana.

Taulukko 3. Virtuaalimaiseman arvioinnin kriteerit ja osatekijät.

Tunnistettavuus	Luonnollisuus
maisematekijät ja maisematyyppi metsätyyppi, puusto ja kasvilajit maisemamuutos	kokonaisuuden fotorealistisuus maastonmuodot ja liikkuminen kasvillisuus ja diversiteetti mittasuhteet ympäristöolosuhteet



Kuva 7. Virtuaalimallin arvioinnin eteneminen tutkimuksen aikana.

Virtuaalimallin tunnistettavuus

Maisematekijöitä ja -tyyppejä tunnistettiin reitin jokaisella pysähdyspaikalla. Vastaajia pyydettiin arvioimaan, millaisia hallitsevia maiseman rakenteellisia ominaisuuksia (maisematekijöitä) alueen nykytilaa kuvaavassa virtuaalimallissa oli nähtävillä. Kyselylomake tarjosi vastausvaihtoehtoina erilaisia Ylläksen alueelle ominaisia maisematekijöitä (liite 3).

Metsätyyppejä, puustoa ja kasvilajeja tunnistivat neljällä pysähdyspaikalla **maa- ja metsätalousalan** ammattilaiset. Peltoalueella nimettiin viljelykasvi ja arvioitiin sen kehitysvaihe. Kunkin metsämaiseman kohdalla pyydettiin arvioimaan kyseinen metsätyyppi ja kenttäkerroksen kasvilajeja sekä arvioitiin puuston kehitysluokka ja muita puustotunnuksia mahdollisuuksien mukaan.

Maisemamuutoksia tunnistettiin neljällä pysähdyspaikalla siten, että vastaajia pyydettiin sanallisesti kuvaamaan, mikä ympäristömuutos oli kohteella tapahtunut. Muutokset heijastettiin valkokankaalle stillkuvina, joita verrattiin vierelle heijastettaviin nykytilaa kuvaaviin virtuaalimalleihin. Esimerkiksi peltomaisemassa muutokset koskivat viljelykasvin muuttumista ja pellonmetsitystä. Metsäympäristöissä kuvattiin puolestaan erilaisia uudistushakkuita.

Virtuaalimallin luonnollisuus

Maiseman havainnollistamisen realistisuutta arvioitiin joka pysähdyspaikalla vertaamalla virtuaalimallilla tuotettuja havainnekuvia valkokankaalle heijastettuihin kohteilta otettuihin valokuviin (taulukko 1, kuva 6). Arviointi tehtiin numeerisella asteikolla. Lisäksi pyydettiin kuvaamaan olennaisimmat erot virtuaalimaiseman ja valokuvan välillä.

Liikkumisnopeutta arvioitiin koeasetelmassa siten, että vastaajia pyydettiin vertaamaan virtuaalireitillä kokemaansa etenemistä kävelyyn, juoksuun ja pyöräilyyn. Vastaajia pyydettiin myös arvioimaan liikkumisen yhteydessä ***maastonmuotoja***; kuljettiinko tasaisessa, vaihtelevassa maastossa, ylä- vai alamäkeä. ***Liikkumisen ja maastonmuotojen luonnollisuutta*** arvioitiin numeerisella asteikolla.

Kasvillisuuden luonnollisuutta arvioitiin numeerisella asteikolla erikseen puiden, metsän aluskasvien ja peltokasvien osalta. Lisäksi arvioitiin puuston tiheyttä ja aluskasvien peittävyyyttä sekä ympäristön vaihtelevuutta ja kasvuston monipuolisuudesta muodostuvaa visuaalista monimuotoisuutta.

Mittasuhteiden ja olosuhdetekijöiden luonnollisuutta arvioitiin myös numeerisella asteikolla kahden pysähdyspaikan välillä. Mittasuhteita arvioitiin sekä pelto- että metsäalueiden osalta erikseen. Olosuhdetekijöiksi katsottiin vuodenaikojen, veden, valon ja varjojen visualisoinnin luonnollisuus.

2.5 Aineiston käsittely

Kyselytutkimusaineiston analysointi tehtiin PASW Statistics 17-ohjelmalla. Kyselyn päätulokset kuvataan tässä raportissa pääasiassa muuttujien suorina jakaumina ja keskiarvoina. Vastaajien taustojen vaikutusta virtuaalimallin arviointiin tarkasteltiin lähinnä ristiintaulukoinnilla vastaajien suhteellisen pienen määrän vuoksi.

Kyselylomakkeen kohdassa 6 kysyttyjen virtuaalimaisen osioiden osalta haluttiin tietää, miten vastaajien niistä tekemät arvioinnit ryhmittyvät keskenään. Analysointi tehtiin pääkomponenttianalyysillä, jossa käytettiin Varimax-rotatiota. Pääkomponenttianalyysi laskee suuresta määrästä muuttujia pienemmän joukon keskenään korreloimattomia muuttujia, jotka kuitenkin säilyttävät mahdollisimman suuren osan alkuperäisten muuttujien vaihtelusta. Niinpä ensimmäinen komponentti sisältää suuren osan alkuperäisen aineiston vaihtelusta ja seuraavat komponentit selittävät mahdollisimman suuren osan siitä vaihtelusta, mikä jäi edellisiltä komponenteilta selittämättä. Koska analyysi testaa muuttujien välisiä suhteita, testin tekemisen mielekkyys vaatii muuttujien samanarvoisuuden lisäksi muuttujien välistä korrelaatiota. Lopuksi laskettiin summamuuttujat saatujen komponenttien osalta.

Valokuvan ja virtuaalimallin vertailun kohdalla käytettiin eri vastaajaryhmien ja vastaajien taustan vaikutuksen analysoinnissa Mann-Whitneyn testiä silloin kun ryhmiä oli kaksi ja Kruskal-Wallis testin kun ryhmiä oli useampia. Sekä Mann-Whitneyn testi että Kruskal-Wallis testit ovat ryhmien erojen väliseen tulkintaan käytettyjä ei-parametrisia testejä, jotka eivät vaadi aineistolta normaalijakautuneisuutta.

Analysoinnissa maisemat jaettiin kahteen osaan: lähimaiseen ja kaukomaiseen. Jaon puolesta puhui myös virtuaalimaisen osien onnistuneisuutta (tunnistettavuutta ja luonnollisuutta) koskevista väittämistä tehty analyysi, jossa väittämät jakautuivat pääkomponenttianalyysissä lähi- ja kaukomaiseen liittyviin muuttujiin. Puuttuvia vastauksia esiintyi yleensä muutama per kysymys. Prosenttiosuudet laskettiin osuutena koko vastaajapopulaatiosta.

3 Tulokset

3.1 Vastaajat

Virtuaalimallin arviointiin osallistui kaikkiaan 170 henkilöä. Tutkimukseen osallistuneiden sukupuolijakauma oli melko tasainen: vastaajista 47 % oli naisia ja 53 % miehiä. Vastaajat olivat melko nuoria; mediaani-ikä oli 24 vuotta ja keski-ikä 31 vuotta. Noin neljäsosalla vastaajista oli joko yliopistotason koulutus tai he opiskelivat vielä kyseisellä asteella. Myös noin neljäsosalla oli ammattikorkeakoulu tai opistotason koulutus. Tutkimukseen pyrittiin saamaan mahdollisimman paljon mukaan luonnonvara-alaan liittyviä ammattiryhmiä. Vastaajista 25 oli metsäalan ammattilaisia ja 32 henkilöä maa- ja puutarhatalouden ammattilaisia. Vastaajissa oli runsaasti myös matkailun ja tietotekniikan opiskelijoita ja ammattilaisia.

Vastaajista 103 henkilöä luettiin kuuluvaksi virkistyskäyttäjien ryhmään, joilla ei ollut koulutuksen kautta erityistietämystä metsä- ja maatalousalalta. Vastaajat luokiteltiin virtuaalimaailman käytön suhteen aktiivisiin (vähintään muutaman kerran kuukaudessa virtuaalimaailman kanssa tekemisissä olevat) ja passiivisiin vastaajiin. Aktiivisia käyttäjiä oli 56 ja passiivisia 74 henkilöä. Vastaajien taustatiedot on esitetty liitteessä 4.

Tutkimuksen lopuksi vastaajia pyydettiin arvioimaan sitä, miten helpoksi tai hankalaksi he kokivat kyselyyn vastaamisen. Erittäin helpoksi tai helpoksi vastaamisen koki 40 % ja kohtuullisen helpoksi noin viidesosa vastaajista. Noin 8 % osallistujista arvioi vastaamisen vaikeaksi ja 15 % kohtuullisen vaikeaksi.

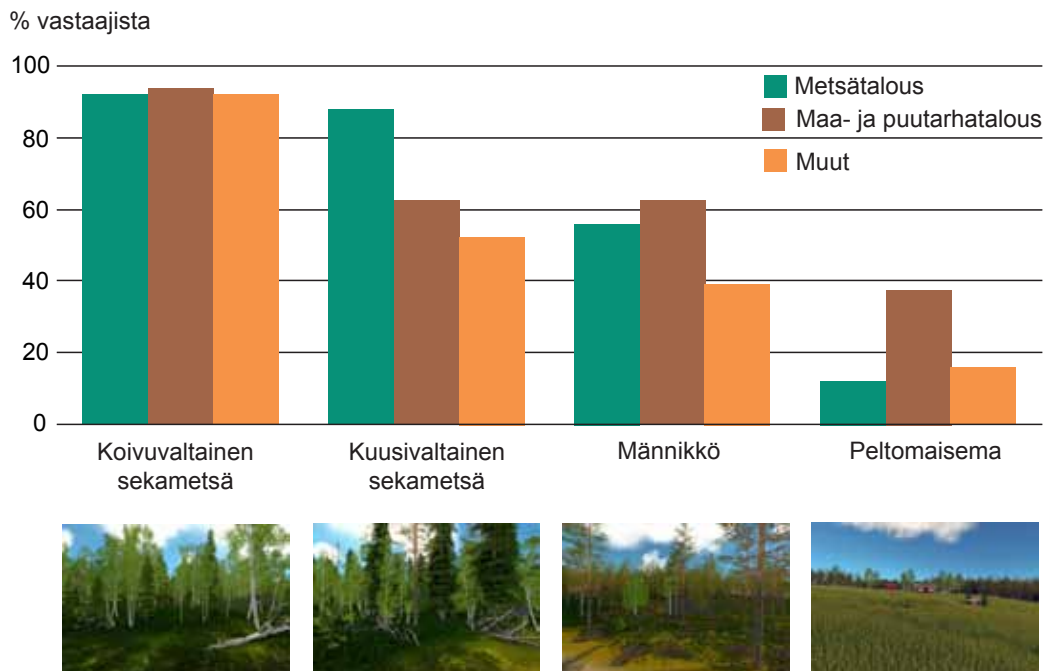
3.2 Virtuaalimallin tunnistettavuus

3.2.1 Maisematekijät ja maisematyypit

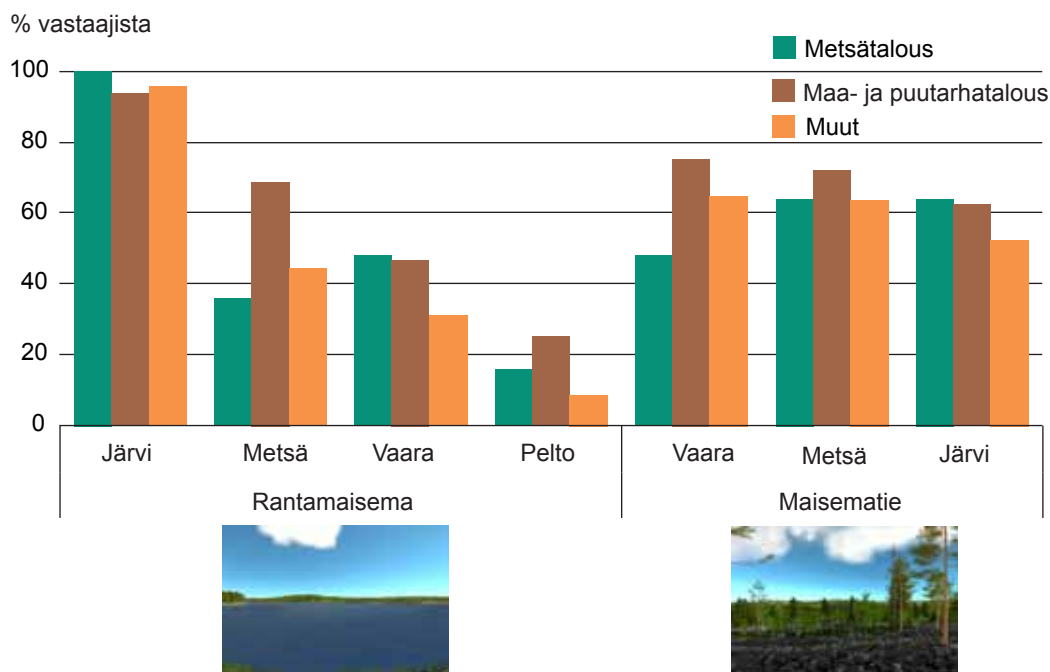
Virtuaalimalli onnistui välittämään lähimaiseman ominaisuuksia kohtuullisen hyvin (kuva 8). Parhaiten tunnistettiin koivuvaltainen sekametsä. Suurin osa vastaajista (92 %, n = 157) tunnisti metsikkötyypin oikein. Kaikki vastaajaryhmät pystyivät tunnistamaan kohteen yhtä hyvin, eikä ammattitautaan perusteella eroja tullut juuri näkyviin.

Kuusivaltaisen sekametsän tunnisti oikein vajaa kaksi kolmasosaa vastaajista (60 %). Noin kolmasosa vastaajista arvioi sen virheellisesti koivuvaltaiseksi sekametsäksi. Ammattilaistausta näkyi vastauksissa: metsäammattilaisista valtaosa (88 %) arvioi metsän oikein kuusivaltaiseksi sekametsäksi, maa- ja puutarha-alan ammattilaisista vajaa kaksi kolmasosaa (63 %) ja virkistyskäyttäjistä hieman yli puolet (52 %).

Metsikkötyypeistä männikön tunnisti oikein vajaa puolet vastaajista (46 %), ja noin puolet vastaajista arvioi metsän mäntyvaltaiseksi sekametsäksi (51 %). Luonnonvara-alan ammattilaisryhmät tunnistivat kaikkiaan metsän pääpuulajin hyvin. Metsäammattilaiset arvioivat puuston männiköksi (56 %) tai mäntyvaltaiseksi sekametsäksi (44 %). Vastaavasti maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista lähes kaikki pitivät metsää joko männikkönä (63 %) tai mäntyvaltaisena sekametsänä (34 %).



Kuva 8. Virtuaalimallin esittämien lähimaisemien maisematyypien tunnistaminen (ammattialoitain luokiteltuna).



Kuva 9. Virtuaalimallin esittämien kaukomaisemien maisematyyppien ja maisemaelementtien tunnistaminen (ammattialoitain luokiteltuna).

Peltomaisemassa kasvavan pääkasvilajin (timotei) tunnistaminen oli haastava tehtävä: peltoympäristön tunnisti heinäpelloksi vain noin viidesosa (19 %) vastaajista. Suurin osa osallistujista arvioi peltomaiseman viljapelloksi (75 %). Ammattitaustalla oli tässäkin vaikutusta arviointiin. Maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista 38 % tunnisti maiseman heinäpelloksi, metsätalouden ammattilaisista neljäsosa ja virkistyskäyttäjistä vain alle viidesosa (17 %) tunnisti ympäristön oikein. Noin 8 % virkistyskäyttäjistä nimesi avoimen maiseman niityksi.

Tulosten perusteella virtuaalimalli pystyi havainnollistamaan kaukomaisemien ominaisuuksia kohtuullisen hyvin (kuva 9). Arviointia varten havainnollistettiin kaukomaisemia Luosujärven rannalta ja Ylläksen maisematieltä käsin. Aluksi vastaajia pyydettiin nimeämään keskeisimmät maisemassa näkyvät ympäristötyypit. Valtaosa vastaajista (96 %) tunnisti rantamaiseman vesialueen järveksi, joeksi sen arvioi vain 5 % vastaajista. Vastarannan metsän tunnisti oikein lähes puolet (48 %), ja vaaran nimesi yli kolmasosa (36 %) vastaajista.

Noin viidennes vastaajista (21 %) tunnisti myös vanhan peltoalueen ja arvioi sen joko pelloksi (13 %) tai niityksi (8 %). Maa- ja puutarhatalouden ammattilaiset tunnistivat pellon muita vastaajia paremmin. Heistä joka neljäs (26 %) nimesi pellon yhdeksi alueen keskeiseksi maisemaelementiksi. Myös metsä löytyi useammin maa- ja puutarhatalouden ammattilaisten vastauksista. Heistä yli kaksi kolmasosaa (69 %) oli hahmottanut metsän yhtenä maisemaelementtinä.

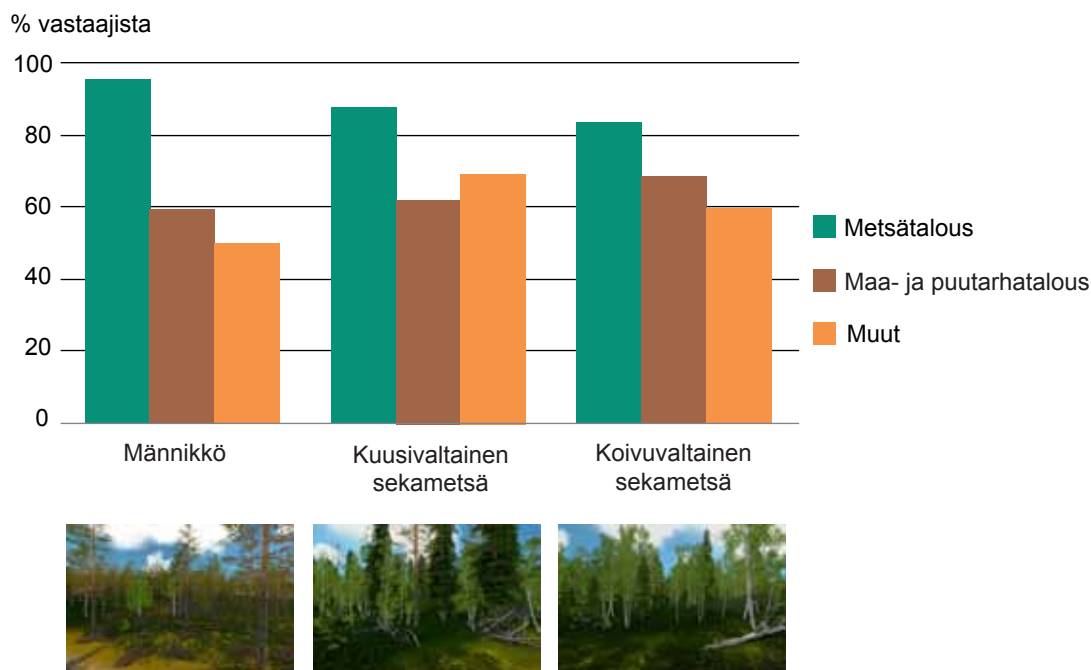
Ylläksen maisematieltä havainnollistetun näkymän arvioinnissa lähes kaksi kolmasosaa (65 %) vastaajista nimesi hallitseviksi maisemaelementeiksi metsän, ja lähes yhtä moni vaaran (64 %) sekä runsas puolet (56 %) taustalla näkyvän järven. Myös tunturin laen mainitsi lähes kolmannes (32 %) vastaajista. Yli kolmannes (35 %) vastaajista luokitteli itsenäisesti kuvan etualalla erottuvan kivirakan yhdeksi hallitsevista maisemaelementeistä. Ammattilaistausta ei vaikuttanut juurikaan kaukomaiseman arviointeihin, vaan kaikki ryhmät arvioivat ympäristöjä melko samankaltaisesti.

3.2.2 Metsätyypit ja puusto

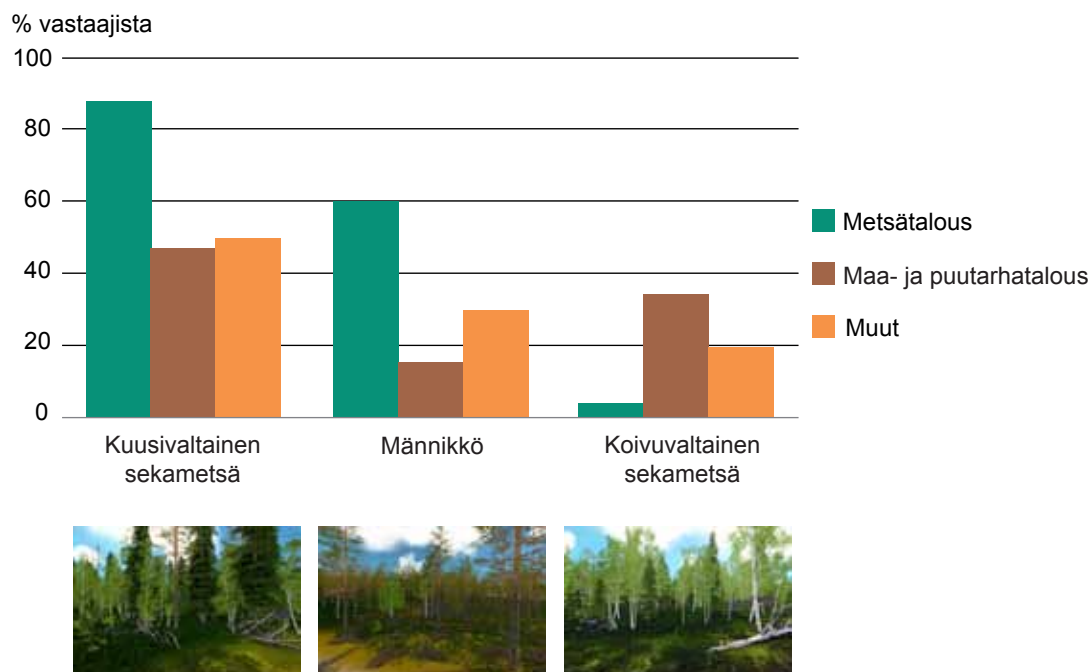
Puuston ja metsätyyppien osalta arviota pyydettiin vain metsä- ja maa- ja puutarhatalouden ammattilaisilta saatuihin vastauksiin. Puuston ja metsätyyppien arvioinnissa ammattilaistausta ilmeni siten, että metsäammattilaiset tunnistivat metsätyypin muita paremmin (kuva 10). Valtaosa metsäalan ammattilaisista tunnisti kaikki metsätyypit virtuaalimallista. Kuivan männikkökankaan tunnistaneita oli eniten (96 %, n = 24). Kuusikon (88 %, n = 22) ja koivikon (84 %, n = 21) tunnistaneiden osuudet eivät olleet merkittävästi pienempiä.

Maa- ja puutarhatalouden ammattilaisistakin reilusti yli puolet tunnisti kuusivaltaisen (63 %, n = 20) ja koivuvaltaisen (69 %, n = 22) tuoreen sekametsän sekä kuivan männikkökankaan (60 %, n = 19). Ammattitausta näkyi myös vastausten huomattavasti suurempana keskittymisenä, sillä metsäalan ammattilaisten keskihajonnat olivat joka arviointikohdassa yli puolet pienempiä muihin ryhmiin verrattuna. Arvioinnin tehneiden ryhmien henkilömäärät olivat lähes yhtäsuuret.

Puuston kehitysluokkien kohdalla parhaiten onnistui kuusivaltaisen sekametsän arviointi (kuva 11). Kuusivaltaisen sekametsän uudistuskypsyys välittyi selvästi valtaosalle (88 %, n = 22) metsätalouden ammattilaisista ja lähes puolelle (44 %, n = 14) maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista. Männikön kohdalla yli puolet metsäammattilaisista (60 %, n = 15) ja vajaa viidennes maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista (16 %, n = 5) tunnisti kehitysluokan virtuaalimallin perusteella. Maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista reilu kolmasosa (34 %, n = 11) piti koivuvaltaista sekametsää varttuneena taimikkona ja metsäammattilaisista vain yksi.



Kuva 10. Virtuaalimallin esittämien metsämaisemien metsätyyppien tunnistaminen (ammattialoitain luokiteltuna).



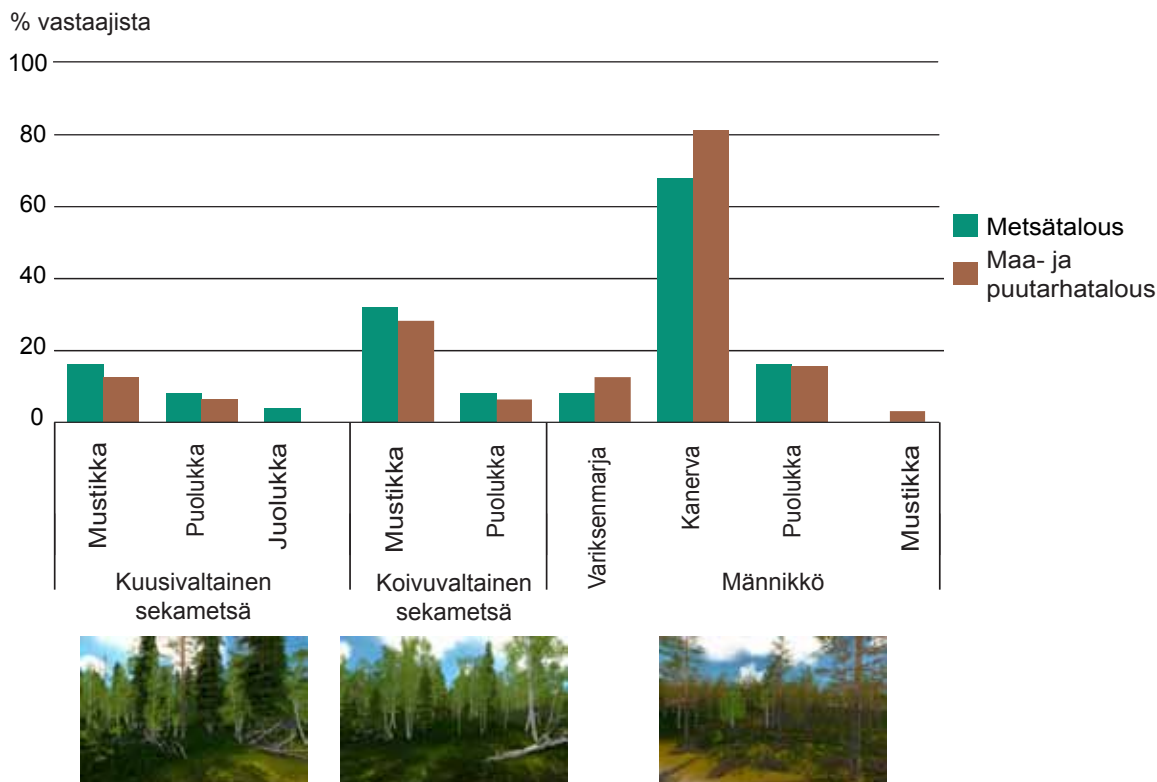
Kuva 11. Virtuaalimallin esittämien metsämaisemien puuston kehitysluokkien tunnistaminen (ammatti-aloittain luokiteltuna).

3.2.3 Aluskasvillisuus

Vastaajia pyydettiin arvioimaan esitetyistä kuvista metsien aluskasvillisuuden kasvilajeja (kuva 12). Niiden arviointi osoittautui melko haasteelliseksi. Mustikkatyypin tuoreella kuusivaltaisella kankaalla tulkittiin kasvavan eniten metsäimarretta, jonka mainitsi noin kolmasosa metsäalan (32 %) ja vajaa kolmasosa maa- ja puutarhatalouden (28 %) ammattilaisista. Mustikan tunnisti vain muutama metsäalan ja maa- ja puutarha-alan vastaajista. Kuvassa olevaa puolukkaa havaitsi vielä harvempi: metsäalan vastaajista 8 % ja maa- ja puutarhatalouden alan vastaajista 6 %. Peräti 40 % metsäalan ja 28 % maa- ja puutarhatalouden alan ammattilaisista ei osannut sanoa, mitä kasvia kuvassa esiintyi.

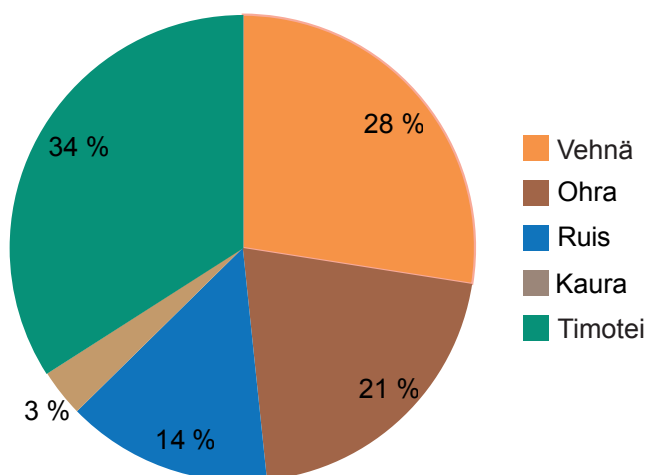
Mustikkatyypin tuoretta koivuvaltaista kangasta esittävän kuvan etualalla sijainneet mustikkamallit oli havainnut noin kolmasosa metsäalan ja vajaa kolmasosa maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista. Kuvan etualalla sijainnutta puolukkaa ei sijaan tunnistanut kuin muutama metsätalouden ja maa- ja puutarhatalouden edustaja. Runsas kolmasosa sekä metsäalan (36 %) että maa- ja puutarha-alan (34 %) ammattilaisista ei osannut sanoa, mitä kasvia kuvassa esiintyi.

Kuivan variksenmarja-kanervatyypin kohdalla valtaosa metsäammattilaisista (68 %, n = 17) tunnisti kanervan metsän kenttäkerroksesta. Neljä viidestä maa- ja puutarhatalouden ammattilaisesta (81 %) tunnisti kanervan. Puolukan havaitsi vajaa viidennes molemmista ammattikunnista. Variksenmarjan tunnisti vain muutama metsäalan ja maa- ja puutarhatalouden ammattilainen.



Kuva 12. Virtuaalimallin esittämien metsämaisemien aluskasvillisuuksien tunnistaminen (ammattialoitain luokiteltuna).

Myös pellon viljelykasvin arviointiin ammatillinen osaaminen vaikutti suuresti. Peltomaisemas-
sa viljelykasviksi timotein tunnisti yli neljäsosa (28 %) maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista
(kuva 13), mutta vain kymmenesosa muiden ammattiryhmien edustajista. Metsäammattilaisia ei
tarkasteltu tässä analyysissä erillisenä ryhmänä vastanneiden lukumäärän vähäisyyden vuoksi.
Kaikkiaan pellon viljelykasvin tunnistaminen oli melko haastavaa alan ammattilaisillekin.

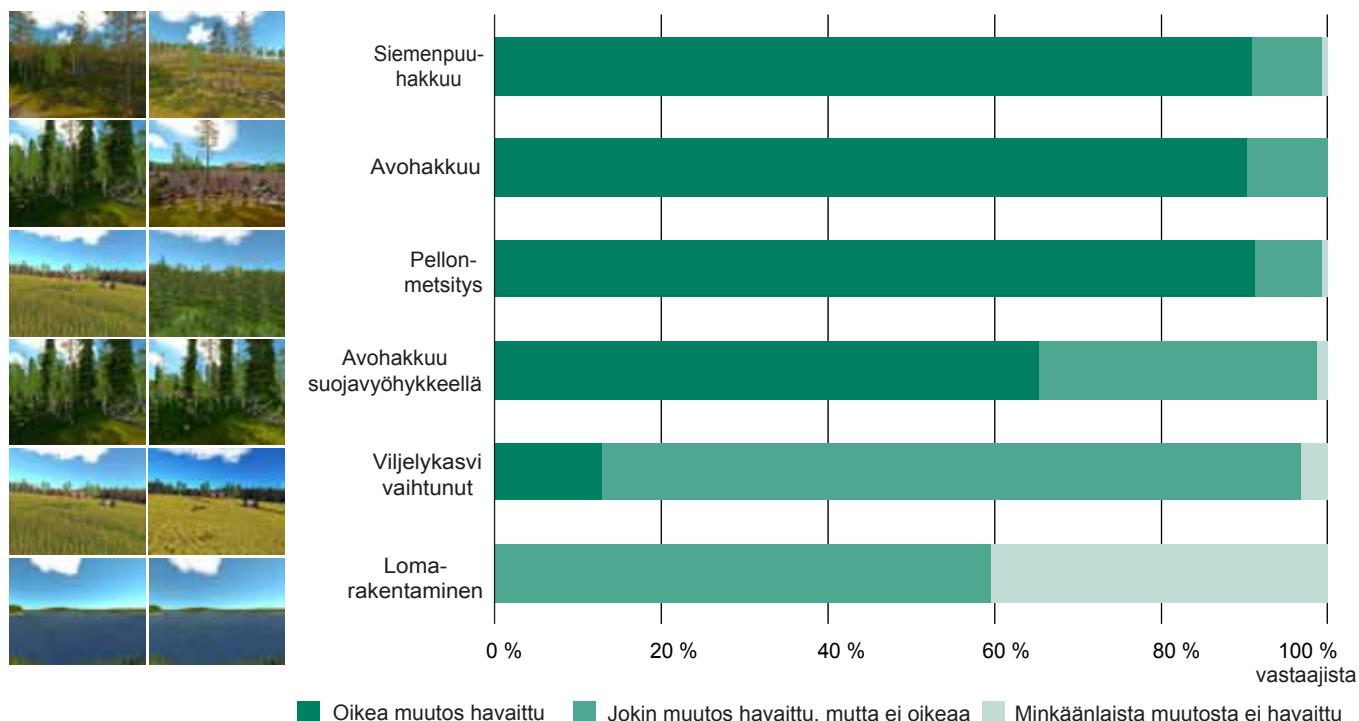


Kuva 13. Maa- ja puutarhatalouden ammattilaisten arviot virtuaalimallin esittämän peltomaiseman (timotei-
pelto) viljelykasvista.

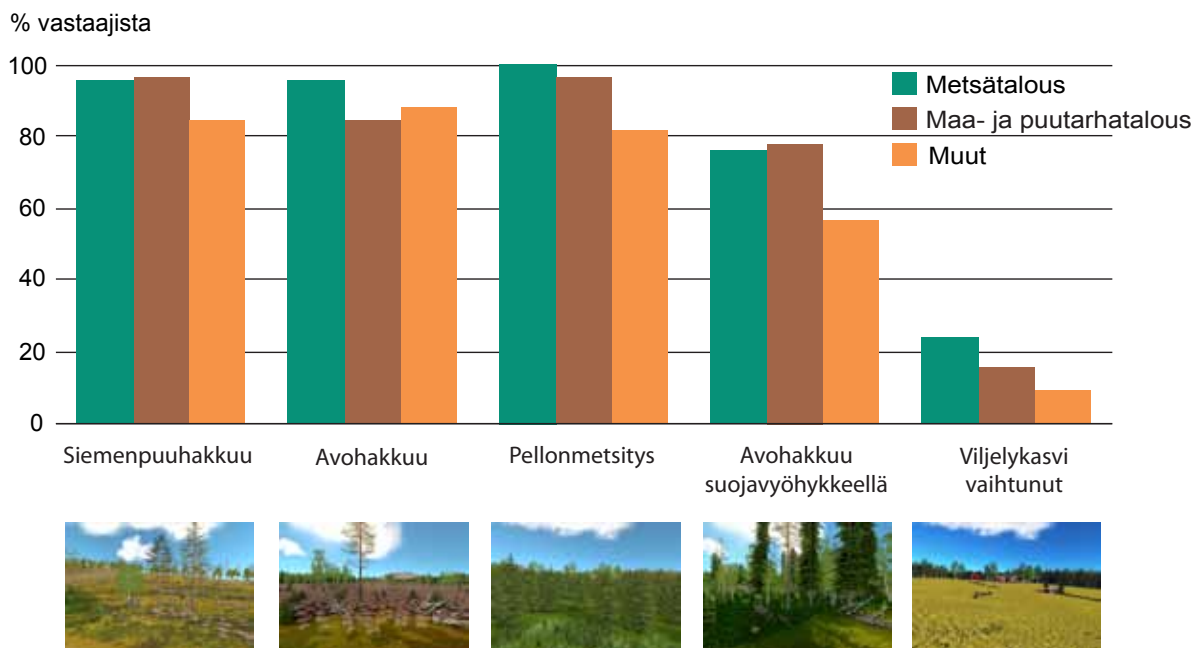
3.2.4 Maisemamuutokset

Parhaiten vastaajille hahmotettavia olivat uudistushakkuiden ja pellonmetsityksen aiheuttamat ympäristömuutokset (kuva 14). Sekä männikön siemenpuuhakkuun että kuusivaltaisen sekametsän avohakkuun oli havainnut suurin osa vastaajista (89 %). Myös pellonmetsityksen oli huomannut valtaosa vastaajista (87 %). Kuusisekametsän avohakkuun suojavyöhykkeellä pystyi hahmottamaan noin kaksi kolmasosaa vastaajista oikein (64 %). Peltomaisemassa viljelykasvin vaihtumisen timoteista ohraksi havaitsi vain 12 % vastaajista. Monet olivat tulkinneet timoteipellon tuleentuneen eli tulleen korjuukypsäksi. He havaitsivat pellon värin muuttuneen, mutta eivät muutosta tähkän rakenteesta. Rantamaisemassa lomarakentamista ei huomattu juurikaan kaukomaisemassa, koska vapaa-ajan asunnot oli maisemoitu tehokkaasti puuston suojaan.

Ammattitausta vaikutti siten, että metsäalan sekä maa- ja puutarha-alan ammattilaiset huomasivat maisemassa tapahtuneet muutokset useammin kuin muut vastaajat (kuva 15). Valtaosa sekä metsäalan (96 %) että maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista (97 %) hahmotti männikössä tehdyn siemenpuuhakkuun. Myös kuusisekametsän avohakkuun suojavyöhykkeellä erotti suurin osa sekä metsäammattilaisista (76 %) että maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista (78 %). Saman metsän avohakkuun tunnistivat lähes kaikki metsäammattilaiset (96 %) ja valtaosa maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista (84 %). Pellonmetsityksen tunnistivat kaikki metsäammattilaiset lähes kaikki maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista (97 %). Pellon viljelykasvin vaihtumisen huomasi noin neljännes (24 %) metsäalan ammattilaisista ja 16 % maa- ja puutarhatalouden ammattilaisista.



Kuva 14. Virtuaalimalliin luotujen skenaarioiden tunnistaminen.



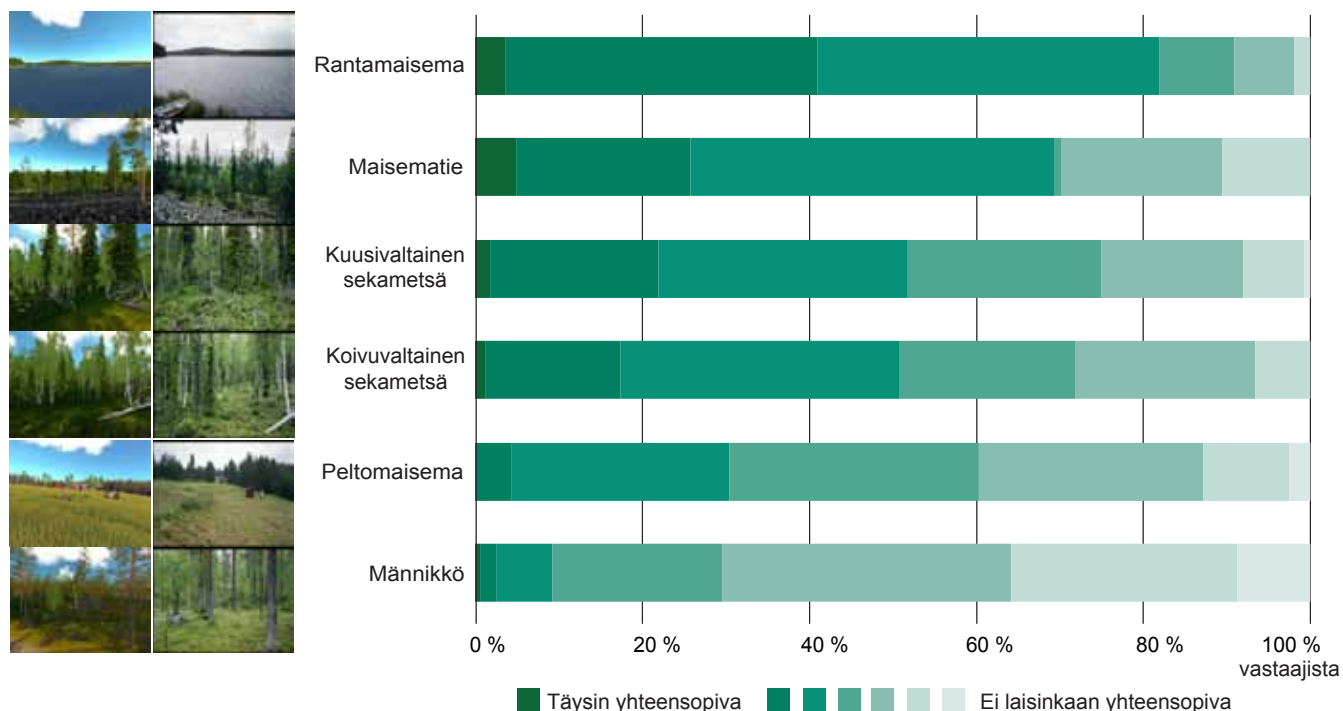
Kuva 15. Maisemamuutosten arviointi eri ammattiryhmissä.

3.3 Virtuaalimallin luonnollisuus

3.3.1 Maiseman fotorealistisuus

Valokuvavertailuiden perusteella virtuaalimallien avulla tuotettu kaukomaisema koettiin yleisesti lähimaisemaa luonnollisempana (kuva 16). Parhaimmin onnistuneena pidettiin rantamaiseman mallinnusta, jonka 40 % vastaajista koki vastaavan valokuvaa joko täydellisesti tai lähes täydellisesti. Vastaavasti vain noin joka viides (19 %) piti Ylläksen maisematieltä avautuvan kaukomaiseman mallinnusta yhtä onnistuneena. Lähimaisemasta fotorealistisimpina pidettiin sekametsiä: noin viidennes vastaajista arvioi virtuaalimaiseman vastaavan valokuvaa täydellisesti tai lähes täydellisesti. Vastaajien mielestä Luosujärven kylän heinäpellosta ja Lompolovaaran männiköstä otetut valokuvat eivät vastanneet virtuaalimalleja kovin hyvin. Vain muutama arvioi virtuaalipellon tai virtuaalimännikön vastaavan kohteelta otettua valokuvaa hyvin.

Ammattitautilla oli tilastollista merkitystä vain lähimaisemien ja niistä vain sekametsien arvioinnissa. Virkistyskäyttäjät pitivät mallilla kuvattuja sekametsiä luonnollisempana ammattilaisryhmiin verrattuna. Kuusivaltainen sekametsä arvioitiin virtuaalimallissa koivuvaltaisesta sekametsästä paremmin onnistuneeksi. Virkistyskäyttäjät arvioivat kuusivaltaisen sekametsän vastaavan hyvin kohteelta otettua valokuvaa ($\bar{x} = 4,66$), ja maa- ja puutarhataloudenkin ammattilaiset arvioivat vastaavuuden hieman suuremmaksi ($\bar{x} = 4,31$) kuin metsätalouden ammattilaiset ($\bar{x} = 4,05$). Koivuvaltainen sekametsä vastasi virkistyskäyttäjien mielestä alkuperäistä valokuvaa hieman huonommin ($\bar{x} = 4,50$) kuin kuusivaltaisesta sekametsästä. Myös maa- ja puutarhatalouden ammattilaiset ($\bar{x} = 4,27$) ja metsätalouden ammattilaiset ($\bar{x} = 3,86$) arvioivat mallin vastaavan valokuvan esittämää metsää jonkin verran huonommin.



Kuva 16. Virtuaalimallin arviointipaikkojen vastaavuus paikalta otetun valokuvan kanssa.

Ylläksen tai virtuaalimaailman tuttuus yleensä ei vaikuttanut lähimaisemien arviointiin. Sen sijaan virtuaalimaailman tuttuudella oli merkitystä kaukomaisemien arvioinnissa. Aktiivisesti virtuaalimaailmaa käyttävät pitivät kaukomaisemamalleja fotorealistisempina. Rantamaisema arviointiin kaikista onnistuneimmaksi ympäristöksi (aktiiviset $\bar{x} = 5,38$ ja muut $\bar{x} = 5,11$).

3.3.2 Maastonmuodot ja ympäristön vaihtelevuus

Hieman alle puolet (45 %) vastaajista arvioi virtuaaliympäristön ja siinä liikkumisen vähintään vaihtelevaksi tai jokseenkin vaihtelevaksi. Puolet (50 %) arvioi kulkevasa profiililtaan vaihtelevassa maastossa. Noin viidennes (22 %) koki kulkeneensa lähinnä ylämäkeen ja lähes neljännes (24 %) tasaisessa maastossa. Maaston profiili oli todellisuudessa arviointikohdalla lievästi nouseva: maaston profiili nousi noin 1,5 metriä 100 metrin matkalla.

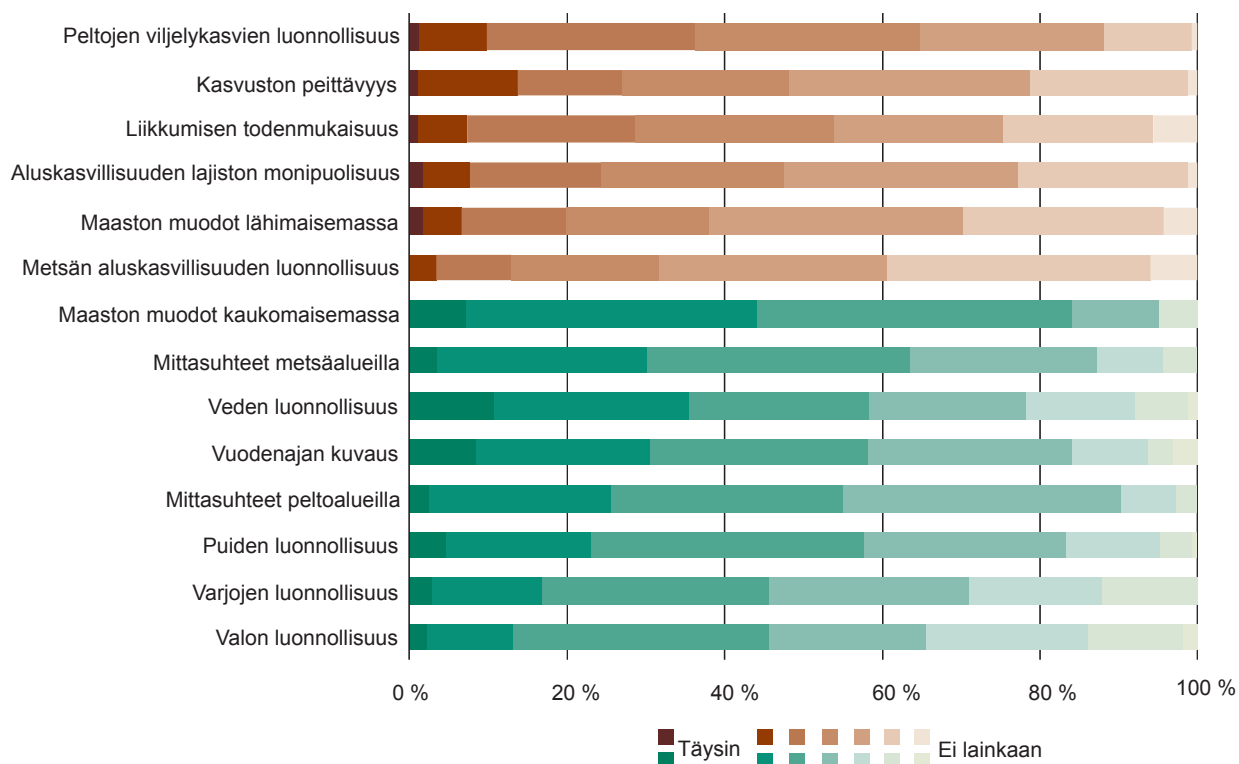
3.3.3 Liikkuminen

Suurin osa vastaajista piti kulkunopeutta joko pyöräilyvauhtina (47 %) tai sitä nopeampana (42 %). Noin kymmenes (9 %, $n = 16$) arvioi virtuaalireitillä liikuttavan kävelen tai juosten. Vastaajista 8 % valitsi useamman kuin yhden vaihtoehdon. Tällöin tuloksissa otettiin tarkasteluun mukaan molemmat valitut vaihtoehdot. Liikkumisnopeus koettiin keskimäärin pyöräilyvauhtina ($\bar{x} = 3,25$), mikä vastasi kamera-ajon asetuksia.

3.3.4 Maiseman onnistuneisuus kokonaisuudessaan

Maiseman onnistuneisuuden arvioinnissa eri väittämät jakautuivat kahteen osaan. Ensimmäiseen komponenttiin osuivat kaikki lähimaiseman laatua kuvaavat tekijät eli asiat, jotka kuvasivat lähietäisyydeltä erottuvia hahmoja ja niissä erottuvia yksityiskohtia. Komponenttiin osuneet virtuaalimaiseman tekijät on esitetty ruskeilla pylväillä kuvassa 17. Toiseen komponenttiin puolestaan ryhmittäytyivät suurempaan mittakaavaan tai kaukomaisemaan liittyvät tekijät. Siihen liittyvät virtuaalimaiseman tekijät on merkitty vihreillä pylväillä (kuva 17). Puulajien monipuolisuus ja puuston tiheys vaikuttivat sekä lähi- että kaukomaiseman arvioinnissa yhtä paljon, sillä ne jakautuivat tasaisesti molempien komponenttien kesken. Tämän vuoksi ne jätettiin pois analyysistä.

Kaukomaisema oli koettu lähimaisemaa luonnollisemmaksi (kuva 17). Keskimäärin lähimaiseman hyvyys sai arvion 3,5, kun kaukomaisema sai arvion 4,7 (liite 5). Luonnollisimmaksi kaukomaiseman tekijöistä arvioitiin maaston muodot. Lähimaiseman mallinnus onnistui parhaiten peltöjen viljelykasvien luonnollisuuden osalta. Virtuaalimallin kokonaisuudelle annettu kouluarvosana oli 8 eli hyvä. Kiitettävän arvosanan virtuaalimallille antoi 13 % ja hyvän arvosanan 35 % vastanneista. Arvosanan moodi oli tyydyttävä eli 7, jonka antoi 39 % vastaajista. Vain yksi osallistuja antoi arvosanan hylätty. Kokonaisarvioinnissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä ammattiryhmien välisiä eroja.



Kuva 17. Virtuaalimaiseman onnistuneisuus eri tekijöiden perusteella.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Kaukomaisemien tunnistettavuus ja luonnollisuus

Virtuaalinen maisemamalli pystyi kuvaamaan kohdealueen kaukomaisemia melko hyvin. Kaukomaisema koettiin lähimaisemaa fotorealistisemmaksi, mihin osaltaan vaikuttaa maiseman yksityiskohtien määrä. Mitä lähempää maisemaa tarkastellaan sitä enemmän malliin kaivataan yksityiskohtia. Visualisointiin valittu ohjelmisto ei taipunut kovin hyvin mikrotopografian kuvaamiseen, mikä näkyi lopputuloksessa. Maastonmuodot arvioitiin kaukomaisemassa lähimaisemaa luonnollisemmiksi. Kaukomaisemassa yksityiskohdat eivät erotu ja mittasuhteet toimivat paremmin, kuten aiemmissa tutkimuksissakin on tullut esille (Purcell ym. 1994, Tahvanainen & Tyrväinen 1999, Hagerhall ym. 2004).

Kaukomaiseman arvioinnissa huomio kiinnittyi erityisesti suuriin maisemaa muodostaviin tekijöihin kuten maankäyttömuotoihin, vesielementtiin ja maaston muotoihin. Vesielementti, erityisesti järviympäristö, tunnistettiin kaikkiaan hyvin. Myös ohjelmiston ominaisuudet saattoivat korostaa vesielementin näkymistä maisemassa, koska muistin rajallisuuden vuoksi ei järven ympäröimä puusto aina välttämättä piirtynyt kokonaisuudessaan. Myös maisemaelementtien suhteet arvioitiin pääosin mielekkäästi maiseman mittasuhteiden ja maankäyttösuhteiden mukaan. Maisematieltä avautuvan näkymän nähtiin rakentuvan vastauksissa tasaisesti vaarasta, metsästä ja järvestä, kun taas Luosun kylältä avautuvan maiseman etualalla oleva järvi valittiin tavallisimmin hallitsevaksi maisemaelementiksi.

4.2 Lähimaisemien tunnistettavuus ja luonnollisuus

Luontoympäristön visuaalisen monimuotoisuuden vuoksi lähimaisemista on vaikea luoda virtuaaliympäristöissä tunnistettavia tai luonnollisia (Tyrväinen & Tahvanainen 1999, Karjalainen & Tyrväinen 2002, Bishop & Rohrmann 2003). Maisematekijöiden lähikuvaukselta edellytetään kaikkiaan suurempaa tarkkuutta, sillä katsojan huomio kiinnittyy tuttuihin, tunnistettaviin ja merkityksellisiin yksityiskohtiin, joiden perusteella voi hahmottaa kokonaisuuden ja tunnistaa ympäristön.

Aluskasvillisuus tulee kuvata aina jollakin tasolla, sillä sen puuttumisen on huomattu vaikuttavan visualisointien fotorealistisuuteen (Appleton & Lovett 2003). Esimerkiksi metsätyypin tunnistaminen on vaikeaa, mikäli arvioija ei tunnista metsän pääpuulajia ja kenttäkerroksen pääkasvilajeja. Tavallisille metsien virkistyskäyttäjille metsikkötunnusten eikä välttämättä puulajienkaan tunnistaminen ole tärkeää, eikä heille myöskään metsien tyypittelyyn liittyvä sanasto ole tuttua. Lehtipuihin saatetaan kuitenkin kiinnittää enemmän huomiota, sillä usein niiden koetaan lisäävän havupuuvältaisten metsien monimuotoisuutta ja kauneusarvoa (Schraml & Volz 2009, Karjalainen ym. 2010). Ehkä tästä syystä koivuvaltainen metsätyyppi on tunnistettu metsien virtuaalimalleista parhaiten. Tunnistettavuutta on parantanut luultavasti myös puuston tiheys ja latvuston näkyminen virtuaalikuvassa.

Maisemassa tapahtuvia muutoksia on aiemmin tutkimuksissa visualisoitu esimerkiksi kuvamanipulaatioina (Dockerty ym. 2006, Ghadirian & Bishop 2008, Lange 2001). Tässä tutkimuksessa virtuaalimalli luotiin alusta asti itse tietokonegrafiikalla. Peltoalue muodostettiin yksittäisistä kasviobjekteista, mikä periaatteessa teki viljelykasvin tunnistamisen mahdolliseksi. Metsätyypit tunnistettiin kuitenkin tutkimuksessa peltoympäristöjä paremmin. Tähän vaikutti se, että puita oli

suurempina objekteina helpompi tarkastella yksittäin, mikä helpotti lajintunnistusta. Mikäli katsoja olisi koetilanteessa päässyt liikkumaan virtuaalimallissa pellon keskelle ja näkemään tähtien rakenteen paremmin, olisi ainakin maatalousalan ammattilaisista huomattavasti useampi varmasti tunnistanut pellon timoteinurmeksi. Tämä mahdollisuus olisi varmasti helpottanut myös metsätyyppien, puuston kehitysluokkien ja metsän aluskasvillisuuden arviointia.

Peltokasvit arvioitiin kaikkiaan metsäkasveja luonnollisemmiksi. Peltomaiseman luonnollisuutta mahdollisesti myös lisäsi onnistuminen tilantunnon luomisessa, yksityiskohtien sulautuminen peltomaisemaan tai sijainti kauempana katsojasta. Metsämaisemassa suuret puumallit yksityiskohtineen tulivat lähemmäksi arvioitsijaa, jolloin myös puumallien yksityiskohdat erottuivat paremmin ja vaade puiden grafiikan tarkkuudelle oli suurempi.

Mallien valo ja varjot, jotka ovat kolmiulotteisuuden tärkeitä tekijöitä, koettiin tässä arvioinnissa melko epäluonnollisiksi, vaikka niihin kiinnitettiin mallin työstämisen aikana kohtuullisen paljon huomiota. Mallien visuaalisen ulkoasun viimeistelyn yhteydessä jouduttiin vähentämään varjojen piirtotarkkuutta, jolloin niistä tuli karkeampia ja ”laatikkomaisia”. Virtuaalimaisemassa liikkuminen puolestaan saatiin tuntumaan melko luonnolliselta, sillä vastaajat kykenivät arvioimaan liikumisnopeuden suhteellisen hyvin.

Mallintamisessa jouduttiin myös tekemään kompromisseja tilojen hahmottamisen ja kasviobjektien tunnistettavuuden välillä ohjelmiston mahdollistamissa puitteissa. Ympäristön arvioinnissa virkistyskäyttäjät kiinnittivät maankäyttömuotoa tai kasvillisuustyyppiä enemmän huomiota maisematilaan, sillä tilan ominaisuudet määräävät mitä maisemassa voi tehdä tai minne mennä (esim. Kaplan 1985). Tilan merkitys korostuu erityisesti lähimaisemassa, jonka vuoksi tilantunnon välittyminen nähtiin tässäkin työssä metsäympäristöissä aluskasvillisuuden lajintunnistusta tärkeämmäksi asiaksi. Metsiin pyrittiin saamaan oikeanlainen vaikutelma puuston rajaamasta ja muodostamasta tilasta, jonka mattomaisen pohjakerroksen aluskasvillisuus muodostaa. Mallinnuksessa vältettiin voimakkaita värieroja eri varpulajien välillä ja korostettiin sen sijaan lajien kokoeroja. Valinta heikensi kuitenkin esimerkiksi puolukan tunnistamista, koska se yleensä sulautui muuhun aluskasvillisuuteen. Lisäksi liioitellun kokonsa ja oikean värityksen löytämisen ongelmien vuoksi mustikka sekoitettiin usein metsäimarteeseen. Aluskasvillisuuden suurimmat mallit, kuten kanerva sen sijaan tunnistettiin pääsääntöisesti oikein. Tämän kuivan kankaan indikaattorilajin tunnistamisen myötä myös metsätyypin tunnistaminen helpottui, sillä kuiva kangas tunnistettiin metsämaisemista parhaiten.

Kaikkiaan virtuaalimalliin tehdyt maisemamuutokset havaittiin sitä helpommin mitä enemmän ne muokkasivat maisemarakennetta tai tilantunnetta. Tämä on yhdenmukaista aiempien maisemavastustutkimusten kanssa (esim. Karjalainen ym. 2010). Myös maisematekijöiden henkilökohtainen merkitys vaikuttaa osaltaan muutoksen havaitsemiseen (Bell 1999). Lähes kaikki arvioitiin osallistuneet havaitsivat metsiin toteutetut uudistushakkuut ja peltomaiseman metsityksen, ja pohtivat syitä lähimaisematilan muutoksiin suljetusta avoimeen tai päinvastoin.

4.3 Vastaajan taustojen vaikutukset arvioon

Ammattiosaaminen vaikutti arvioinneissa siihen, mihin virtuaalimallissa kiinnitettiin huomiota. Maatalousalan ammattilaiset tunnistivat peltomaiseman viljelykasvin muita paremmin. Vastavasti metsäalan koulutus edisti metsätyyppien ja kehitysluokkien tunnistamista. Maa- ja puutarhatalouden ammattilaisilta onnistui metsäammattilaisia paremmin vain varttunutta taimikkoa olevan

koivuvaltaisen sekametsän arviointi. Metsäalan vastauksissa oli enemmän vaihtelua, mikä johtui ehkä siitä, että valtapuustoa oli vaikea erottaa katselukulmasta. Mitä ammattialaan sidotumpaa asiaa tutkimuksessa arvioitiin sitä suurempia olivat erot eri vastaajaryhmien välillä. Koulutuksella ja kokemuksella on osoitettu aiemminkin olevan vaikutusta siihen, mitä maisemasta tunnistetaan ja mitä siinä arvostetaan (Karjalainen 2006, Karjalainen ym. 2010). Maa- ja puutarhatalouden ammattilaiset kiinnittivät jonkin verran enemmän huomiota metsän aluskasvillisuuteen, kun taas metsäalan ammattilaiset keskittyivät enemmän puuston arviointiin.

Metsäammattilaiset olivat muita vastaajaryhmiä kriittisempiä arvioidessaan virtuaalimetsän fotorealismisuutta ja käyttökelpoisuutta puustotunnusten arvioinnissa. Tähän ovat vaikuttaneet ammattilaisten ”tarkempi katse” sekä ymmärrys niistä tekijöistä, joiden perusteella metsien arvioinnin voi luotettavasti tehdä. Arvioihin puu- tai kasvilajien luonnollisuudesta vaikutti myös se, olivatko vastaajat Pohjois- vai Etelä-Suomesta ja siten tottuneet arvioimaan pohjoisen luontoa. Luonnonvara-alojen ammattitaustan omaavat tunnistivat myös maisemamuutokset muita useammin oikein.

Luonnonympäristön visualisoinnissa syntyy helposti kiiltävää, ”muovisen näköistä maailmaa”, josta puuttuu luonnonympäristön mattapintaisuus ja ”pehmeys”. Virtuaalimallin luonnollisuutta pyrittiin edistämään mm. vähentämällä materiaalien pintaheijastusta muokkaamalla valoa ja materiaaalipintoja. Aktiivisesti virtuaalimaailmassa vieraileva ryhmä piti simulaatioita fotorealisisimpina muihin ryhmiin verrattuna. Heistä suuri osa käytti virtuaalitodellisuutta pelaamiseen ja useilla oli luonnonvara-alan koulutus. Heillä oli todennäköisesti muita realistisemmat odotukset siitä, mihin nykyisillä visualisointiohjelmistoilla voidaan päästä. Mitä vähemmän ihmisellä on kokemusta tietokoneella luodusta visuaalisesta materiaalista, sitä enemmän hän todennäköisesti odottaa visualisoinnin vastaavan mielikuvaansa oikeasta luonnosta.

4.4 Visualisoinnin käyttömahdollisuudet

Yksi tutkimuksen tavoitteista oli selvittää, kuinka hyvin visualisoinnilla kyetään kuvaamaan todellista maisemaa ja siinä tapahtuvia muutoksia eri sidosryhmille. Maankäyttö- ja luonnonvarasuunnittelussa maiseman ja maankäytön muutoksia arvioivat useat sidosryhmät, virkistyskäyttäjät ja luonnonvara-alan asiantuntijat. Tulosten mukaan eri ryhmät kokivat visualisoinnin melko samanlaatuiseksi ja tekivät samankaltaisia havaintoja virtuaalimaisemaan tehdyistä muutoksista. Tämän perusteella reaaliaikainen visualisointi ja virtuaalimaisemat soveltuvat työkaluksi osallistamaan suunnitteluun.

Virtuaalimallien avulla voidaan havainnollistaa esimerkiksi suurten projektien kuten energia-, tietä- tai rakennushankkeiden maisemavaikutuksia, tai vaikkapa luonnonvarojen käytön maisema- ja ympäristövaikutuksia viranomaisille, päättäjille, alueen asukkaille, maanomistajille ja yrittäjille, matkailijoille tai virkistysalueiden käyttäjille. Yksi mahdollinen käyttötarkoitus on myös tuottaa opetus- ja koulutusmateriaaleja eri-ikäisille ja tasoisille oppijoille yksilö- tai ryhmäopetukseen.

Tutkimuksessa visualisointiohjelmisto on käyttökelpoinen erityisesti maisemapreferenssien tutkimuksessa ja maisema-analyysien tuottamisessa. Työkalun avulla kyettäisiin laajentamaan maisematutkimusta tarkastelemaan nykyistä paremmin virkistys- ja matkailuympäristön laatua aluetasolla, koska ohjelmisto mahdollistaa liikkumisen kohdealueella. Lisäksi ohjelmiston avulla voidaan tuottaa kuvamateriaalia erityisesti erilaisiin kyselytutkimuksiin, luonnonvara- ja yhdyskuntasuunnitteluun, opetukseen ja muuhun tiedonvälitykseen. Vaikka virtuaalimallien avulla

ei kuitenkaan kyetä simuloimaan todenmukaisia moniaistisia luontokokemuksia, voidaan niiden avulla hahmottaa paremmin maisemaan vaikuttavien maankäyttömuutosten voimakkuus ja laatu.

4.5 Pohdintaa visualisoinnin laadun kehittämisestä

4.5.1 Yleistä

Tutkimuksessa pohdittiin myös kriteeristöä, jonka avulla luonnonvarojen ja maankäyttötapojen virtuaalimallinnusta voidaan edelleen kehittää ja visualisointien laatua arvioida. Tavoitteita ja vaatimuksia asetettiin sekä kauko- ja lähimaisemien visualisoinnissa käytettävälle datalle että visualisointi- ja esitystekniikalle.

Nykytilanteen visuaalisen mallinnuksen tulisi perustua todellisiin inventointi- ja paikkatietoihin, jolloin saatavien tietojen tarkkuus nousee erityiseksi kysymykseksi. Tarkkuuden määrää ennen kaikkea visualisoinnin käyttötarkoitus, mutta käytännössä usein myös saatavissa oleva aineistojen laatu. Monet visualisoinnin parissa työskennelleet tutkijat ovat esittäneet vaateita datan laadulle. Esimerkiksi Wilsonin ja McGaughey (2000) mukaan vain mitattuja (varsinkin katseen kiinnittäviä) maiseman yksityiskohtia voi visualisoida. Yleisesti hyväksyttyjä vaatimuksia datan tarkkuudesta eri visualisointitilanteissa ei kuitenkaan ole laadittu.

Fotorealistisuuden vaadetta ovat puolestaan pohtineet esimerkiksi Appleton ja Lovett (2003), Ervin (2001) sekä Karjalainen ja Tyrväinen (2002). Visualisoinnin fotorealistisuuden tason parantua sekä datan laatuvaatimukset että visualisoijien eettisen vastuun merkitys kasvavat. Visualisointeja pidetään usein totuutena ympäristön tilasta tai alueelle suunnitellusta muutoksesta. Niinpä mallinnustyöhön liittyy vastuu tuotettavasta materiaalista ja osallistujien ohjaamisesta materiaalin arvioinnissa ja sen perusteella tehtävässä päätöksenteossa. Visualisoijien eettistä vastuuta työstään ovat peräänkuuluttaneet muun muassa McQuillan (1998) ja Sheppard (2001). Jälkimmäinen on ehdottanut yhteisten pelisääntöjen, ammatillisen opetusjärjestelmän ja eettisen koodiston luomista maisemanvisualisointityölle. Hänen mukaansa visualisoijat voisivat näin paitisi oppia lisää visualisoinneista myös saada mallia ja tukea työlleen (Sheppard 2001).

Kolmiulotteisuus oli yksi virtuaalimallinnuksen tärkeistä ominaisuuksista tässä tutkimuksessa. Kolmiulotteisten mallien käyttö lisää fotorealistisuutta ja tuo syvyyttä maisemaan. 3D-mallien käyttö parantaa varsinkin lähimaisemassa visualisoinnin realistisuutta. Luonnonympäristöä luotaessa on pinnan muotojen lisäksi rakennettava suuri määrä erilaisia maisemaelementtejä. Maiseman eri osia mallinnettaessa objekteja tulee usein niin paljon, että 3D-grafiikan käyttöä joudutaan käytännössä rajoittamaan. Virtuaalisen mallin piirtotarkkuus on monen tekijän summa ja samalla kompromissi. Jokainen osa vie oman muistivarauksensa järjestelmässä, joten vaihtokauppaa joudutaan tekemään eri osien välillä. Niinpä tässä tapauksessa esimerkiksi metsien aluskasvillisuus jouduttiin luomaan 2D-grafiikaksi, vaikka sen luominen 3D-grafiikaksi olisi muutoin ollut mahdollista. Grafiikan yksinkertaistaminen pakotti näin ”latistamaan” kasvit kaksikulotteisiksi.

Toinen tärkeä visualisoinnin ominaisuus oli reaaliaikaisuus, jonka käytöstä saatiin kokemuksia. Reaaliaikaisuus antaa tilaisuuden huomattavasti laajempaan tutkimus- ja käyttötapojen kirjoon kuin pelkkä staattinen grafiikka. Reaaliaikaisuus antaa mahdollisuuden liikkua visualisoinnissa ja kokea virtuaalimallin ympäristö aivan eri tavalla kuin mihin staattinen malli antaa mahdollisuuden, mutta samalla se tuo suuria rajoituksia grafiikalle.

Virtuaalimallinnuksessa tulee ottaa alusta saakka huomioon kuvattava vuodenaika ja säätila. Paras säätila Pohjois-Suomen kesäolosuhteiden kuvaukseen on näiden kokemusten perusteella puolipilvinen sää auringonkulman ollessa 40–60 astetta. Sääolot tulee vakioda arviointien standardisoinniseksi, joten muutosskenaarioihin säätilaa ei saa muuttaa. Myös kuvakulman tulee säilyä vakiona, ellei reaali-mallissa liikuta vapaasti.

Visualisoinnin esityksissä tulisi pyrkiä laboratoriomaisuuteen toistettavuudessa, jotta olosuhteiden vaikutukset saadaan minimoitua. Visualisoinnin esittämiseen tarvitaan erillinen tila kuten studio tai teatteri, jossa esitysten olosuhteet voidaan vakioda, sillä valaistuksen tai kankaan värin muuttuessa täytyy virtuaalimallin ”olosuhteita” aina säätää. Heijastettavan pinnan väri ja esityspaikan valaistusteho vaikuttavat mallin tarkkuuteen ja toistamiin väreihin. Heijastettavan pinnan tulisi olla valkoinen ja tasainen (oikea projisointikangas paras). Säättöjä tarvittaessa niiden suorittajan tulisi olla henkilö, joka on ollut mukana visualisointityössä tai vähintään mukana visualisointiesityksissä.

4.5.2 Kaukomaisemien visualisointi

Hankkeessa tuotettu reaaliaikainen virtuaalimalli toimii näiden kokemusten mukaan hyvin kaukomaiseman kuvaamisessa ja tunnistamisessa, joka Ylläksen kaltaisilla luontovaltaisilla alueilla perustuu ennen muuta maaston suurmuotoihin, vesialueisiin ja maisematekijöiden mittasuhteisiin. Kaukomaiseman ns. rendausetäisyys (eli etäisyys, jonne pelimoottori piirtää mallien yksityiskohtia) vastasi todellisen maiseman paria kilometriä.

Tässä tutkimuksessa käytettyyn datan määrään ja sen hyödyntämiseen vaikuttivat käytössä ollut rajallinen aika ja hankkeen pilottiluonne. Esimerkiksi maaston luomiseen käytetty korkeusmallidata oli liian karkeaa käyttötarkoitukseen. Mikäli mahdollista tietoaineiston rasterikoon tulisi olla vain muutamia metrejä. Tämän lisäksi luonnollisen näköisen mikrotopografian luomiseen tarvitaan todennäköisesti jonkinlaista algoritmin avulla tuotettua rasterikooltaan pienimuotoista muokkausta.

Metsävaltaisen kaukomaiseman kuvaukseen tarvitaan mahdollisimman ajantasaiset metsäkuviotiedot, mikä on perusta tunnistettavalle ja luonnolliselle virtuaalimaisemalle. Varsinkin tiedot maankäyttöluokasta, puustosta ja metsätyypistä vaikuttavat metsämaiseman rakenteeseen ja metsien olemukseen. Metsäsuunnitelmien maisemavaikutuksia arvioitaessa tai kehittymistä kuvattaessa tarvitaan käyttöön myös metsikön hoito- ja hakkuusuunnitelma. Kulttuuriympäristön visualisointi vaatii puolestaan digitoituja peltolohko- ja rakennusrekisteritietoja sekä kaavakarttoja.

4.5.3 Lähimaisemien visualisointi

Erityisesti lähimaisemakuvauksissa tulee huomioida, kuinka moneen maisematekijään ja kuinka suureen pinta-alaan maankäyttö- tai muu muutos vaikuttaa. Lähimaiseman kuvausta parantaa myös tieto paikkojen tunnistettavuuden kannalta olennaisista maiseman osista, joita voivat olla esimerkiksi virkistyskäyttörakenteet, isot kivet, kelot, maapuut tai kannot. Tässä hankkeessa maastokäyntien avulla täydennettiin inventointitietoja lähimaiseman parempaa mallintamista varten. Lähimaisemien mallinnusta edeltävä maastokäynti onkin usein välttämätön.

Puumallien mittasuhteiden tulisi parhaimmillaan määräytyä suoraan puustotiedoista saatavien puustotunnusten ja maantieteellisen erityispiirteiden mukaan. Tähän hankkeeseen puumalleja pystyttiin tuottamaan aikataulun ja resurssien puitteissa vain rajallinen määrä. Periaatteessa yhdelle puulajille tulisi luoda kymmeniä erilaisia koko- ja ulkonäkövaihtoehtoja, mikäli halutaan saada uskottavaa visualisointia aikaan. Mallintamisessa puulajien latvusrakenteen kuvaaminen on haasteellista ja siihen tulee kiinnittää jatkossa vielä enemmän huomiota.

Lähelle katsojaa tulevat objektit vaikuttavat merkittävästi kokonaisvaikutelman syntyyn. Niinpä yksityiskohtiin tulee kiinnittää huomiota sitä enemmän mitä suuremmasta maisematekijästä on kyse. Jo parimetrisiksi luodut puut vaikuttavat lähimaiseman laatuun lähimaisemassa. Puulajien latvuksen rakenne, muoto ja koko vaikuttavat puun peittävyYTEEN eli siihen, kuinka suuren osan puu näkymästä vie. Yksittäisen puuobjektin merkitystä vähentää jonkun verran katsojan liikkuminen reaaliaikamallissa, jolloin yksittäinen objekti hallitsee lähimaisemaa vain hetkellisesti.

Peltoympäristöjen virtuaalisessa mallinnuksessa tulisi jatkossa pystyä erottamaan vähintään ke-santo- ja aktiivililjelyvaiheet ja mielellään tunnistamaan myös viljelykasvin kehitysvaiheet (oras vs. tuleentunut tähkä). Jatkossa myös viljelykasveista tarvitaan lisää kasvimalleja.

Visualisointitekniikassa on tärkeää huolehtia siitä, että maisemaelementtien väliset mittasuhteet pysyvät oikeina. Luonnonvaroja visualisoitaessa ”mittatikkuna” voidaan käyttää rakennuksia tai puustoa, jonka mukaan muut mallit suhteutetaan. On hyvä käyttää tarpeeksi suurta mallia, jonka oma koko on helppo määrätä pelimootorin mukana tulleiden mallien avulla. Mallien kohdalla tulee huolehtia siitä, että ne istuvat maisemaan ja toisiinsa, jotta visualisointi näyttää tasapainoiselta ja sopusuhtaiselta. Tähän vaikuttaa erityisesti mallien koko, tarkkuus ja väritys. Yksityiskohtien hiominen todellisuutta vastaavaksi vaikuttaa suuresti mallin tunnistettavuuteen sekä maiseman luontaisen kerroksellisuuden saavuttamiseen. Tarkimmillaan esimerkiksi aluskasvillisuuden kasv-lajien tunnistaminen kertoo metsän kasvupaikan ominaisuuksista. Olennaisia maisemakuvauk-sessa ovat luonnollisesti ne mallit, jotka vaikuttavat maiseman rakenteeseen ja olemukseen. Aluskasvillisuuden kuvauksen avulla virtuaalimaisema pystyy välittämään tietoa myös paikan erityisominaisuuksista kuten viljavuudesta tai kulutuskestävyydestä.

5 Johtopäätökset

Maankäytön ja luonnonvarojen suunnittelussa ja hoidossa maisemien laadun arviointi ja kehittä-minen on jatkossa yhä tärkeämpää. Toteutetun MaaVisu-hankkeen kokonaistavoitteena oli kehit-tää visualisointityökalua eri sidosryhmien osallistamiseksi maankäytön ja luonnonvarojen käytön suunnittelua varten. Visualisoinnin kautta voidaan suunnitellun maankäytön vaikutuksista välittää kaikille samaa tietoa. Vaikka esimerkiksi koulutusala tai kokemuspohja voi vaikuttaa vaikutusten arviointiin, tuo visualisointi suunnitteluun ja päätöksentekoon tasa-arvoisuutta, jota on muuten vaikea saavuttaa.

Tässä pilottiluonteisessa tutkimuksessa saadut tulokset kannustavat jatkamaan käytetyn visuali-sointityökalun kehittämistä ja edelleen testaamaan sitä eri käyttötarkoituksiin. Tulosten mukaan tutkimuksessa käytetty virtuaalimalli pystyy kuvaamaan kohdealueen ympäristön ja siinä tapah-tuvat muutokset suhteellisen hyvin. Havainnollistamisväline oli ymmärrettävä sekä tavallisille kansalaisille että luonnonvara-alan ammattilaisille.

Virtuaaliympäristöjen tuottamisen keskeiset kehitystarpeet liittyvät ympäristöjä kuvaavien tietoineistojen siirron yksinkertaistamiseen virtuaalimallinnusta varten ja itse mallinnuksen työvaiheiden mahdollisimman pitkälle vietyyn automatisointiin. Lisäksi lähimaiseman kuvaamisen realistisuutta on pyrittävä edelleen parantamaan. Tutkimustulosten mukaan virtuaalitodellisuuden tuttuus vaikuttaa arviointiin ja auttaa sen välittämän tiedon ymmärrettävyyttä arviointitilanteessa. Oppimisella on myös merkitystä silloin, kun visualisointia käytetään vuorovaikutteisessa suunnittelussa tai kansalaistyöpajoissa.

Visualisoinnin käyttötarkoitus ja mittakaava määräävät pitkälti visualisointitavan. Reaaliaikainen grafiikka ei teknisten rajoitusten vuoksi voi olla yhtä fotorealistista kuin staattinen grafiikka. Sen vuoksi jokaisen käyttötarkoituksen yhteydessä tulee pohtia visualisoinnin tavoitteita ja tarvittaessa luopua reaaliaikaisuudesta, mikäli sen käyttö ei ole olennaista. Tässä työssä metsä- ja peltokasvit mallinnettiin 3D-grafikalla ja muunnettiin 2D-grafikaksi, jotta ne eivät olisi liian raskaita pyörittää pelimootorissa. Tarkkaa lähimaisemakuvausta ja maiseman luonnollisuutta tavoiteltaessa voi staattisen visualisoinnin tai valokuvamanipulaation käyttäminen olla parempi havainnollistamistapa.

Reaaliaikaisuuteen liittyy mahdollisuus käyttää myös liikkuvia animaatiohahmoja, joiden luominen voi olla joissain tutkimustapauksissa perusteltua. Esimerkkejä animaatiohahmojen käytöstä luonnonvaratutkimuksessa on tuotantoeläimet peltomaisemassa tai riistaeläimet metsämaisemassa. Tässä tutkimuksessa käytetyllä visualisoinnin tuottamistavalla animoitujen hahmojen mukaan ottaminen on mahdollista.

Aluskasvillisuuden mallinnus on virtuaalisten luontoympäristöjen luomisen haastavimpia tehtäviä. Yksi mahdollisuus aluskasvillisuuden tuottamiseksi metsäympäristöissä on esimerkiksi rakentaa se valokuvatuista ja saumattomasti toisiinsa asettuvista levyistä (= tile). Toinen tarkkaan lähimaiseman realistisuuteen merkittävästi vaikuttava asia on mikrotopografian kuvauksen onnistuneisuus, jota tulee jatkossa kehittää.

Yksi tärkeä jatkokehitystarve liittyy äänimaailman kuvaamiseen virtuaaliympäristössä, joka teki siitä nykyistä realistisempaa. Myös rakennetun ympäristön kuvaamiseen tulee jatkossa panostaa, ja tutkia kustannustehokkaita tapoja havainnollistaa sekä rakennettua että luonnonympäristöä.

Sanasto

3D- ja 2D-grafiikka. 3D ja 2D ovat lyhenteitä käsitteistä 3-dimensional ja 2-dimensional. Suomennotukset tarkoittavat kolmi- ja kaksiulotteista. Kaksiulotteinen grafiikka sisältää pikselin sijainnin, väri- ja kirkkaustiedot. Kolmiulotteisessa grafiikassa on näiden lisäksi tieto pikselin sijainnista Z-akselilla. 3D-grafiikkaa kaksiulotteisella pinnalla esitettäessä tuodaan pikselin sijainti Z-akselille esille luomalla varjostuksen syvyysvaikutelmaa.

Fotorealistisuudella tarkoitetaan tässä valokuvantarkkaa esitystapaa.

Kasvikuvasto koostuu 3D- ja 2D-grafiikalla toteutetuista kasvi- ja puumalleista, joita käytetään virtuaalisessa maisemassa jäljittelemään todellisia kasvi- ja puulajien yksilöitä.

Lähimaisema määräytyy ihmisen kolmiulotteisen näkökyvyn perusteella ja ulottuu tilanteesta ja katselijasta riippuen 100–200 metrin päähän. Lähimaisemassa katselija erottaa yksittäisten esineiden ja maisemaelementtien piirteet.

Kaukomaisemalla tarkoitetaan lähimaiseman ulkopuolelle jäävää maiseman osaa, toisin sanoen maisemaa, jossa katselija ei erota yksittäisiä esineitä tai maisemaelementtejä, vaan ne sulautuvat osaksi maiseman kokonaisuutta.

Kasvimallilla tarkoitetaan tietokoneohjelmilla mallinnettuja viljely- ja aluskasveja. Kasvit mallinnettiin 3D-grafiikalla ja muunnettiin 2D-grafiikaksi, jotta ne eivät olisi liian raskaita pyörittää pelimoottorissa.

Maisemaelementti eli maisematekijä on maiseman osa. Maisema koostuu erilaisista elementeistä kuten elottomista (vesi, ilmasto ja maaperä) ja elollisista (kasvit ja eläimet) luonnontekijöistä. Lisäksi maisemassa on useimmiten ihmisen tuottamia maiseman tekemuotoja, kulttuuri-elementtejä, kuten asumiseen, perustuotantoon, teollisuuteen tai virkistykseen liittyviä maisematekijöitä.

Maisemakokemus syntyy, kun ihminen havainnoi ympäristöä ja muodostaa havaintojensa perusteella mielikuvan ympäristöstään. Ympäristöä havainnoidaan pääosin näköaistilla, minkä vuoksi maiseman visuaalisella ilmiasulla eli maisemakuvalla on suuri merkitys maiseman laadun arvioinnissa.

Maiseman ominaispiirteellä tarkoitetaan erityisen helposti huomattavaa tai alueelle tyypillistä maisemaelementtiä, joka antaa maisemalle olemassaoloa ja erottaa tai yhdistää sen suhteessa muihin maisemiin. Ominaispiirteiden avulla voidaan luokitella maisemia maisemakokonaisuuksiksi.

Maisemarakenteella tarkoitetaan maisematekijöiden rakenteellista kokonaisuutta. Sen perusosia ovat maasto ja siinä toimivat eloton ja elollinen luonto sekä ihmisen vaikutuksesta muovautuneet kulttuuriympäristöt.

Maisemateatterilla tarkoitetaan huonetta tai tilaa, jossa on esityslaitteet visualisoidun materiaalin näyttämistä varten (tehokas tietokone ja projektori, mahdollisesti äänentoistolaitteet) sekä katselijoille tarkoitettuja välineitä (tuoleja, kyniä, kirjoituslustoja jne.).

Maisematilalla tarkoitetaan tilaa, jonka maiseman piirteet ja niiden keskinäiset suhteet muodostavat. Maisematilat voivat olla huonemaisina hahmottuvia tilakokonaisuuksia tai laajoja rajautumattomia avoimia alueita. Maisematilat muodostavat erikokoisia, sisäkkäisiä ja toisiinsa liittyviä tilasarjoja. Maisematila voi olla luonteeltaan avointa, puoliavointa tai suljettua.

Maisematyyppi on termi, jolla maisemia voidaan luokitella. Yleensä maisema luokitellaan joko luonnonmaisemaksi tai kulttuurimaisemaksi riippuen siitä onko se ensisijaisesti luonnonelementtien vai ihmisen muovaama. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa vastaajia pyydettiin arvioimaan peltomaisemaa, järvimaisemaa, metsämaisemia ja rinne/vaaramaisemaa.

Mallintamisella tarkoitetaan esimerkiksi kasvimallin tai virtuaalisen maiseman luomista niin, että alkuperäisen kasvin tai maiseman ominaispiirteet toistetaan mahdollisimman todenmukaisina, kuitenkin siten että ne sopivat virtuaalitodellisuuteen.

Metsätyyppiluokitus on yleisesti metsä- ja luonnonvara-aloilla käytetty kivennäismaiden metsien luokittelusysteemi, jossa aluskasvillisuuden lajiston ja lajien runsaussuhteiden perusteella arvioidaan kasvupaikan viljavuutta ja olosuhteita.

Muutosskenaariolla tarkoitetaan tätä tutkimusta varten luotuja maankäyttö tai muutosvaihtoehtoja kohdealueen virtuaalimaisemassa.

Objekti, yksittäisen kohteen, esineen tai asian virtuaalimalli, esimerkiksi kasvi- tai puumalli.

Paikkatietojärjestelmällä kyetään tuottamaan ja hallinnoimaan paikkaan sidottua luonnonvara- tai muuta tietoa. Paikkatiedossa yhdistyvät sijainti- ja ominaisuustieto, esimerkiksi kuvion maankäyttömuoto, sen kasvillisuuden luokitus ja puustotunnukset.

Pelimoottorilla tarkoitetaan ohjelmistoa, jolla kyetään luomaan virtuaalitodellisuutta ja se mahdollistaa myös esimerkiksi erilaiset maisemassa liikkumisen mallit (lentäminen yläpuolella tai liikkuminen maastossa, nopea tai hidas liikkumistahti).

Pikseli, kuvapiste, kuvan pienin yksittäinen osa, josta kokonaiskuva koostuu.

Puumallilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa tietokoneohjelmilla 3D-grafiikalla mallinnettuja puita.

Puuston kehitysluokka on puuston kehitystason ja samalla usein ikärakenteen ja järeyden arviointiin käytetty tunnus. Kehitysluokka määritetään puuston koon, iän ja puustolle aiemmin tehtyjen metsänhoidollisten toimenpiteiden perusteella.

Puustotunnuksilla tarkoitetaan puuston arviointiin käytettyjä puustomittauksen tapoja. Peruspuustotunnuksia ovat puuston pohjapinta-ala, runkoluku, keskipituus ja keskiläpimitta.

Tekstuuri, mallin pintarakenne.

Virtuaalisella maisemalla tarkoitetaan pelimoottorin päälle tuotettua kohdealuetta kuvaavaa kolmiulotteista aluemallia, jossa on pyritty toistamaan maiseman eri osat ja olemus mahdollisimman fotorealistisesti. Maisemamallista käytetään myös sanaa visualisointi.

Kiitokset

Tutkimushanke toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen, Rovaniemen ammattikorkeakoulun ja Metsähallituksen yhteistyönä. Hankkeen projekti-johtajana toimi professori Liisa Tyrväinen Metlasta.

Rovaniemen ammattikorkeakoulun virtuaalitodellisuuden ohjelmointilaboratorion (pLaB) projekti-insinööri Juha Laakko vastasi ohjelmointityöstä ja kehityspäällikkö Pertti Rauhala toimi työn koordinaattorina Rovaniemen ammattikorkeakoulun osalta. Metsähallituksen erikoissuunnittelija Matti Siipola tarjosi osaamisensa paikkatietojärjestelmillä aikaan saatavasta mallintamisesta hanketyöhön. Metlan tutkija Harri Silvennoinen ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen professori Eija Pouta antoivat hyödyllisiä kommentteja ja ideoita tutkimuslomakkeen laatimiseen.

Hankkeen ohjausryhmän jäsenet antoivat arvokasta asiantuntija-apua hankkeen eri vaiheissa. Ohjausryhmään kuuluivat Metsähallituksen Länsi-Lapin maankäyttö- ja ympäristöpäällikkö Lauri Karvonen (pj), Metlan erikoistutkija Ville Hallikainen sekä tutkijat Kari Mikkola ja Ari Nikula, MTT:n ympäristötutkimuksen johtaja Jyrki Aakkula ja erikoistutkija Katriina Soini, Geologian tutkimuskeskuksen erikoistutkija Pertti Sarala, Rovaniemen ammattikorkeakoulun lehtori Ismo Sarajärvi, Lapin liiton maakuntainsinööri Juha Piisilä sekä maakunta-arkkitehdit Marjaana Ylijääskö ja Terhi Halonen sekä Lapin yliopiston kehitysjohtaja Seppo Aho. Tutkimusryhmä kiittää lämpimästi kaikkia hankkeeseen osallistuneita asiantuntijoita. Parhaat kiitokset myös itse tutkimukseen ja virtuaalimallin arviointiin osallistuneille henkilöille.

Lähdeluettelo

- Appleton, K. & Lovett, A. 2003. GIS-based visualisation of rural landscapes: defining 'sufficient' realism for environmental decision-making. *Landscape and Urban Planning* 65: 117–131.
- Bell, S. 1999. *Landscape Pattern, Perception and Process*. London: E & FN Spon.
- Bishop, I.D. & Rohrmann, B. 2003. Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and Urban Planning* 65: 261–277.
- Dockerty, T., Lovett, A., Appleton, K., Bone, K. & Sünnerberg, G. 2006. Developing scenarios and visualisations to illustrate potential policy and climatic influences on future agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 103–120.
- Ford, R.M., Williams, K.J.H., Bishop, I.D. & Webb, T. 2009. A value basis for the social acceptability of clearfelling in Tasmania, Australia. *Landscape and Urban Planning* 90: 196–206.
- Fujisaki, I., Mohammadi-Aragh, M.J., Evans, D.L., Moorhead, R.J., Irby, D.W., Roberts, S.D., Grado, S.C. & Schultz, E.B. 2007. Comparing forest assessment based on computer visualization versus videography. *Landscape and Urban Planning* 81: 146–154.
- Garrod, G.D. & Willis, K.G. 1992. Valuing goods' characteristics: an application of the hedonic price method to environmental attributes. *Journal of Environmental Management* 34:59–76.
- Ghadirian, P. & Bishop, I.D. 2008. Integration of augmented reality and GIS: A new approach to realistic landscape visualisation. *Landscape and Urban Planning* 86: 226–232.
- Honjo, T. & Lim, E.-M. 2001. Visualization of landscape by VRML system. *Landscape and Urban Planning* 55: 175–183.
- Ervin, S.M. 2001. Digital landscape modeling and visualization: a research agenda. *Landscape and Urban Planning* 54: 49–62.
- Eurooppalainen maisemayleissopimus. 2006. 14/2006. 44 s. Verkkojulkaisu, saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2006/20060014/20060014_2
- Hagerhall, C.M., Purcell, T. & Taylor, R. 2004. Fractal dimension of landscape silhouette outlines as a predictor of landscape preference. *Journal of Environmental Psychology* 24: 247–255.
- Hetemäki, L., Harstela, P., Hynynen, J., Ilvesniemi, H. & Uusivuori, J. (eds.). 2006. *The Contribution of Finland's Forests to National Prosperity and Wellbeing in 2015. A Report on Finnish Forest Sector Development*. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 26.
- Jyväskylän avoimen yliopiston nettikasvio Valokki. URL: <http://kasvio.avoin.jyu.fi/>. [Viitattu 8.12.2010]
- Kansallinen metsäohjelma 2015. 2008. Lisää hyvinvointia monimuotoisista metsistä. Valtioneuvoston periaatepäätös 27.2.2008. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3, 2008. 55 s. Verkkojulkaisu, saatavissa: [http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/Kansallinen%20mets%C3%A4ohjelma%202010%20\(KMO\)/Documents/Kansallinen_metsaohjelma_2015_periaatepaatos_20080327.pdf](http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/Kansallinen%20mets%C3%A4ohjelma%202010%20(KMO)/Documents/Kansallinen_metsaohjelma_2015_periaatepaatos_20080327.pdf)
- Kaplan, R. 1985. The analysis of perception and preference: A strategy for studying how the environment is experienced. *Landscape Planning* 12: 161–176.
- Karjalainen, E. 2000. *Metsänhoitovaihtoehtojen arvostus ulkoilualueilla*. Julkaisussa: Saarinen, J. & Raito, P. (toim.). *Metsä, harju ja järvi: näkökulmia suomalaiseen maisematutkimukseen ja -suunnitteluun*. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 776: 123–136.
- Karjalainen, E. 2006. *The Visual Preferences for Forest Regeneration and Field Afforestation – Four Case Studies in Finland*. Dissertationes Forestales 31. Helsinki: Yliopistopaino.
- Karjalainen, E. & Tyrväinen, L. 2002. Visualization in forest landscape preference research: a Finnish perspective. *Landscape and Urban Planning* 59: 13–28.
- Karjalainen, E., Komulainen, M., Hallikainen, V. & Tyrväinen, L. 2010. Maisematutkimus – maisemasuunnittelun ja metsän käyttäjien näkökulma. Julkaisussa: Sevola, Y. (toim.). *Metsä, talous, yhteiskunta – Katsauksia metsäekonomiseen tutkimukseen*. Metsätutkimuslaitoksen työraportteja/Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 145: 190–212.
- Korpela, K. 2001. Luonnonympäristöjen elvyttävät vaikutukset. Julkaisussa: Kangas, J. & Kokko, A. (toim.). *Metsän eri käyttömuotojen arvottaminen ja yhteensovittaminen*. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 2001: 169–175.

- Korpela, K.M., Ylén, M., Tyrväinen, L. & Silvennoinen, H. 2008. Determinants of restorative experiences in everyday favorite places. *Health & Place* 14: 636–652.
- Lange, E. 2001. The limits of realism: perceptions of virtual landscapes. *Landscape and Urban Planning* 54: 163–182.
- McQuillan, A.G. 1998. Honesty and Foresight in Computer Visualizations. *Journal of Forestry* June 1998: 15–16.
- Nousiainen, I., Tahvanainen, L. & Tyrväinen, L. 1998. Rural landscape in farm scale land-use planning. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13(4): 477–487.
- Nousiainen, I., Tahvanainen, L. & Tyrväinen, L. 1999. Visuaalinen maisema monitavoitteisessa metsäsuunnittelussa. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/1999: 505–522.
- Orland, B. 1993. Synthetic landscapes: a review of video-imaging applications in environmental perception research, planning, and design. In: Stokols, D. & Marans, R. (eds.). *Environmental Simulation: Research and Policy Issues*. Plenum Press, New York. pp. 213–252.
- Orland, B., 1994. Visualization techniques for incorporation in forest planning geographic information systems. *Landscape and Urban Planning* 30: 83–97.
- Pukkala, T., Kellomäki, S. & Mustonen, E. 1988. Prediction of the amenity of a tree stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 533–544.
- Purcell, A. T., Lamb, R. J., Mainardi Peron, E., & Falchero, S. 1994. Preference or preference for landscape. *Journal of Environmental Psychology* 14: 195–205.
- Schraml, U. & Volz, K.-R. 2009. Do species matter? Valuable broadleaves as an object of public perception and policy. In: Spiecker, H., Hein, S., Thies, M. & Makkonen-Spiecker, K. (eds.). *Valuable broadleaved forest in Europe*. pp. 213–256.
- Sheppard, S.R.J. 2001. Guidance for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization. *Landscape and Urban Planning* 54: 183–199.
- Silvennoinen, H. & Tyrväinen, L. 2001. Luontomatkailun kysyntä Suomessa ja asiakkaiden ympäristötoiveet. *Julkaisussa: Sievänen, T. (toim.). Luonnon virkistyskäyttö 2000. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 802: 112–127.
- Stock, C., Bishop, I.D. & Green, R. 2007. Exploring landscape changes using an envisioning system in rural community workshops. *Landscape and Urban Planning* 79: 229–239.
- Tahvanainen, L. & Tyrväinen, L. 1998. Model for predicting the scenic value of rural landscape – a preliminary study of landscape preferences in North Carelia. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 379–385.
- Tahvanainen, L., Tyrväinen, L. & Nousiainen, I. 1996. Effect of afforestation on the scenic value of rural landscape. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11(4): 397–405.
- Tahvanainen, L., Tyrväinen, L., Ihalainen, M., Vuorela, N. & Kolehmainen, O. 2001. Forest management and public perceptions – visual versus verbal information. *Landscape and Urban Planning* 53: 53–70.
- Tyrväinen, L. 1999. Monetary valuation of urban forest amenities in Finland (väitöskirja). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 739. 53 s. + 4 osajulkaisua.
- Tyrväinen, L. & Tahvanainen, L. 1999. Using computer graphics for assessing the scenic value of large-scale rural landscape. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 282–288.
- Tyrväinen, L., Silvennoinen, H., Korpela, K. & Ylen, M. 2007a. Luonnon merkitys kaupunkilaisille ja vaikutus psyykkiseen hyvinvointiin. *Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja* 52: 52–77.
- Tyrväinen, L., Buchecker, M., Vuletic, D. & Degenhart, B. 2008. Evaluating the economic and social benefits of forest recreation and nature tourism. In: Bell, S., Simpson, S., Tyrväinen, L., Sievänen, T. & Pröbstl, U. (eds.). *European forest recreation and tourism: A handbook*. Taylor and Francis Group Plc., London. p. 35–64.
- Tyrväinen, L., Silvennoinen, S. & Hallikainen V. 2010. Kansainvälisten matkailijoiden maisema- ja ympäristöarvostukset Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen työraportteja/Working Papers of the Finnish Forest Research Institute* 147. 52 p.
- Wilson, J.S. & McGaughey, R.J. 2000. Presenting Landscape-Scale Forest Information. What Is Sufficient and What Is Appropriate? *Journal of Forestry*, December 2000: 21–27.

**Liite 1. Ylläksen tutkimusalueen maisema- ja metsätyyppien mallinnus arviointikokeen pysäh-
dyspaikkojen mukaisesti jaoteltuna**

Pysähdys- paikka	Nykytilan mallinnus	Muutoksen mallinnus 1	Muutoksen mallinnus 2
			
Peltomaisema	korjuukypsä timoteinurmi, tuore niitty ja rakennukset	tuleentunut ohrapelto	pellonmetsitys puusto: 2500 kuusentainta/ha <u>aluskasvillisuus</u> : heinäkasvi

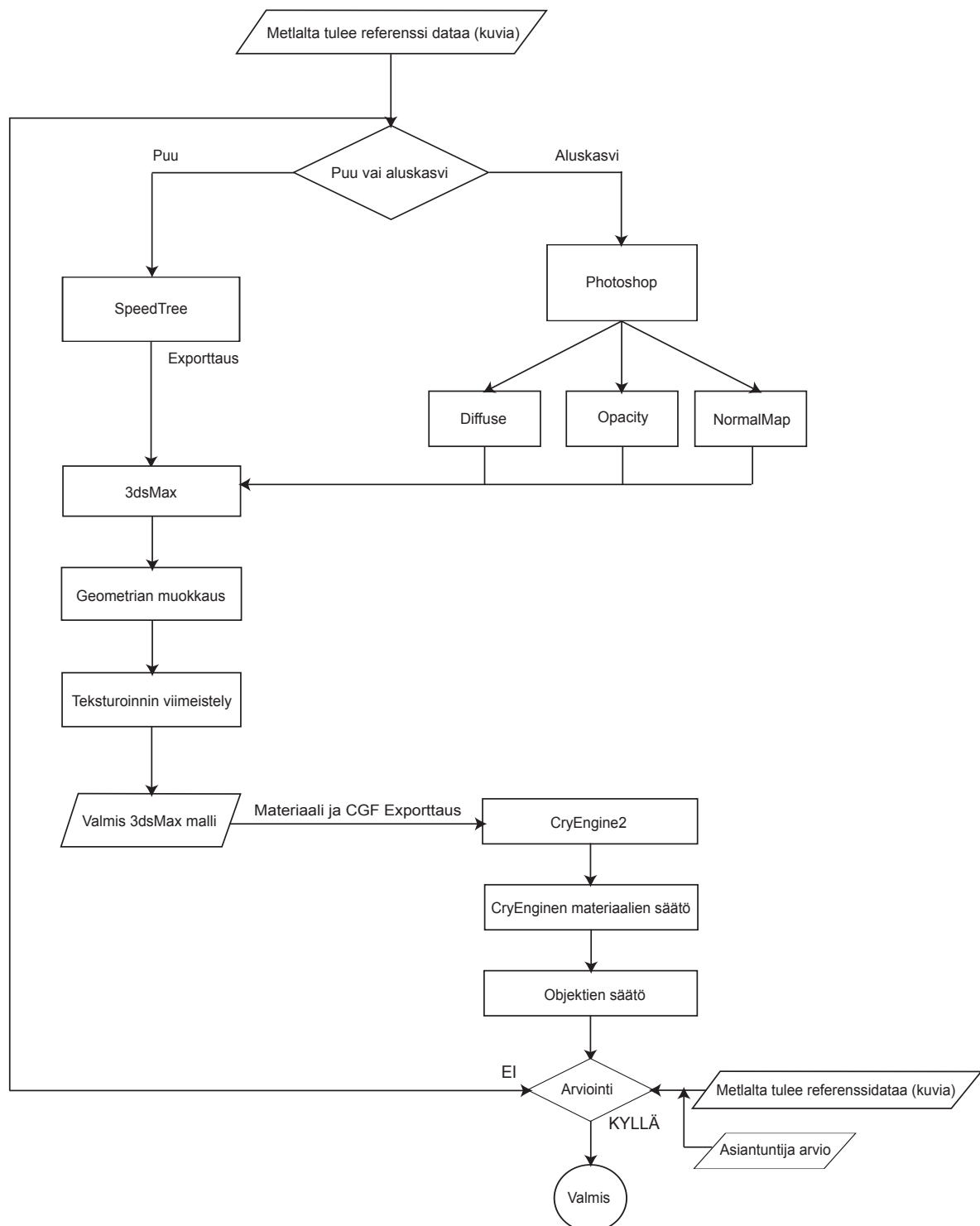
			
Rantamaisema	järvi, rantapellot, uudistuskypsä talousmetsä	106 lomamökkiä Luosuvaaralla ja Luosujärven luoteisrannalla	
			
Kuusivaltainen sekametsä	uudistuskypsä puusto, mustikkatyy- pin tuore kangas <u>puusto:</u> keskipit. 15-m kuusta 200 runkoa/ha, keskipit. 12-m koivua 200 runkoa/ha, keskipit. 16-m mäntyä 100 runkoa/ha <u>aluskasvillisuus:</u> mustikka, puolukka, juolukka	Avohakkuu suojavyöhykkeellä: <u>puusto:</u> jättöpuina kuusia n. 40–50 runkoa/ ha, 3000 kuusentainta/ha (eivät näy kuvassa kovin hyvin, peli- moottori ei piirtänyt kaikkia taimia) <u>aluskasvillisuus:</u> varvikko + metsälahu	Avohakkuu: <u>puusto:</u> jättöpuina kuusia n. 15 runkoa/ha, 2500 kuusentainta/ha (eivät näy kuvassa kovin hyvin, pelimoottori ei piirtänyt kaikkia taimia) <u>aluskasvillisuus:</u> varvikko + metsälahu

	Koivuvaltainen sekametsä		nuori puusto, mustikkatyypin tuore kangas: puusto: keskipit. 6-m koivua 1200 runkoa/ha, keskipit. 7-m kuusta 500 runkoa/ha, keskipit. 7- ja keskipit. 15-m mäntyä 100 + 30 runkoa/ha, keskipit. 12-m koivuja 50 runkoa/ha aluskasvillisuus: mustikka, puolukka	-		I	
---	---------------------------------	---	--	----------	--	----------	--

			-
Männikkö	uudistuskypsä puusto, variksenmarja-kanervatyypin kuiva kangas: puusto: keskipit. 15-m mäntyä 200 runkoa/ha, keskipit. 15-m kuusta 30 runkoa/ha, keskipit. 13-m koivua 40 runkoa/ha aluskasvillisuus: variksenmarja, kanerva, puolukka, mustikka	siemenpuuhakkuu puusto: keskipit. 15-m mäntyä 40 runkoa/ha + kuusta ja koivua jättöpuuna siellä täällä aluskasvillisuus: varvikko + metsälauha	
		-	-
Maisematie	rakkakivikko mäntyneen ja keloineen, järeää vanhaa havumetsää		

Valokuvien copyright (ellei toisin mainita): Oiva Hakala, MTT; mallinnuksesta otettujen otosten osalta: MaaVisu-hanke (Metla, MTT, RAMK)

Liite 2. Kasvikuvaston luomisen prosessikaavio





Liite 3. Kyselylomake

Ammattilaiset

Tutkimuksen tausta:

- Tutkimuksessa selvitetään, kuinka hyvin tietokoneella tehdyllä virtuaalimaisemalla voidaan esittää maankäytössä tapahtuvia muutoksia
- Tutkimuksen toteuttavat yhteistyössä Metsäntutkimuslaitos, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Rovaniemen ammattikorkeakoulu ja Metsähallitus
- Hanketta rahoittaa Lapin liitto EU:n Pohjois-Suomen aluekehitysrahaston varoista

Vastaaminen:

- Tutkimuksessa vastaajat arvioivat virtuaalimaisemaa ja siinä tapahtuvia muutoksia
- Arvioinnin aikana kuljetaan virtuaalimaisemassa valittua reittiä pitkin
- Pysähdyspaikoissa (6 kpl) arvioidaan virtuaalimaisemaa (joka heijastetaan suurelle kankaalle)
- Virtuaalimaisemaa verrataan kohteilta otettuihin valokuviiin tai esitettyihin maankäyttömuutoksiin (jotka puolestaan heijastetaan pienelle kankaalle)
- Lomakkeen lopussa arvioidaan mallin kokonaislaatua
- Tutkimuskoe kestää noin 50–60 minuuttia
- Pyydämme Sinua vastaamaan kaikkiin kysymyksiin
- Vastauksesi käsitellään luottamuksellisesti
- Sinun näkemyksesi on tutkijoille arvokas (ei ole olemassa ”oikeita” vastauksia!)

Kiitos osallistumisestasi tutkimukseemme!

Lisätietoja:

Tutkija Hanne Vaarala
Metsäntutkimuslaitos (Metla)
PL 16 (käyntiosoite Eteläranta 55)
96301 Rovaniemi
Puh: 010 211 4504
s-posti: hanne.vaarala@metla.fi
www.metla.fi

Asiakspäällikkö Marja Uusitalo
Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT)
Eteläranta 55
96300 Rovaniemi
Puh: 03 4188 4744
s-posti: marja.uusitalo@mtt.fi
www.mtt.fi



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013

Virtuaalimaiseman arviointi

Lähdemme nyt retkelle Ylläksen virtuaalimaisemaan. Ympyröi jokaisesta kysymyksestä sopivin vaihtoehto tai kirjoita vastaus sille varattuun tilaan.

1. Kylämaisema

1.1 Miltä avoin alue näyttää? [suuri kangas]

- | | | | |
|---|----------------------|---|--------------|
| 1 | Järveltä | 4 | Niityltä |
| 2 | Viljapelloilta | 5 | Suolta |
| 3 | Heinäpellolta | 6 | Avohakkuulta |
| 7 | Muulta, miltä? _____ | | |

A. Mikä on arviosi mukaan kuvan viljelykasvi?

Vehnä	Ohra	Ruis	Kaura	Timotei	Nurminata	Muu, mikä?	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8

B. Mikä on arviosi mukaan kasvin kehitysvaihe?

Taimettuminen (orastuminen)	Korren muodostu- misvaihe	Tähtkälle tulo	Tuleentuminen (korjuukypsä)	En osaa sanoa
1	2	3	4	5

1.2 Miten hyvin virtuaalimaisema vastaa valokuvan esittämää maisemaa? [suuri kangas vs. pieni kangas]



1.3 Mitkä ovat oleelliset erot, mikäli niitä esiintyy?

1.4 Vertaa virtuaalimaiseman kuvia keskenään. Mikä maisemassa on muuttunut? [pieni kangas vs. suuri kangas]

**1.5 Vertaa virtuaalimaiseman kuvia keskenään. Mikä maisemassa on muuttunut?
[pieni kangas vs. suuri kangas]**

2. Rantamaisema

2.1 Mitä hallitsevia ympäristötyyppejä näet kuvassa? [suuri kangas]

- | | | | |
|---|--------|----|---------------|
| 1 | Järvi | 6 | Suo |
| 2 | Joki | 7 | Metsä |
| 3 | Kylä | 8 | Vaara |
| 4 | Pelto | 9 | Tunturin laki |
| 5 | Niitty | 10 | Muu, _____ |

**2.2 Miten hyvin virtuaalimaisema vastaa valokuvan esittämää maisemaa?
[suuri kangas vs. pieni kangas]**



2.3 Mitkä ovat oleelliset erot, mikäli niitä esiintyy?

**2.4 Vertaa virtuaalimaiseman kuvia keskenään. Mikä maisemassa on muuttunut?
[pieni kangas vs. suuri kangas]**

3. Metsämaisema I

3.1 Millaiselta metsä näyttää? [suuri kangas]

- | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Puhtaalta kuusikolta | 4 | Kuusivaltaiselta sekametsältä |
| 2 | Puhtaalta männiköltä | 5 | Mäntyvaltaiselta sekametsältä |
| 3 | Puhtaalta koivikolta | 6 | Koivuvaltaiselta sekametsältä |
| 7 | Muulta, miltä? _____ | | |

A. Mikä on arviosi mukaan kuvan metsätyyppi?

Lehtomainen	Tuore kangas	Kuivahko/kuiva kangas	Karukkokangas	En osaa sanoa
1	2	3	4	5

B. Mikä on arviosi mukaan puuston kehitysluokka?

Aukea	Siemen-puu	Pieni taimikko	Varttunut taimikko	Ylispuus-toinen taimikko	Nuori kasvatus-metsikkö	Varttunut kasvatus-metsikkö	Uudistus-kypsä metsikkö	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8	9

C. Miten hyvin kuvasta pystyy mielestäsi arvioimaan seuraavia puustotunnuk-sia?

	Erittäin huonosti						Erittäin hyvin	En osaa sanoa
Keskipituus	1	2	3	4	5	6	7	8
Keskiläpimitta	1	2	3	4	5	6	7	8
Runkoluku	1	2	3	4	5	6	7	8
Pohjapinta-ala	1	2	3	4	5	6	7	8

D. Mitä kasvilajeja tunnistat kenttäkerroksessa?

Puolukka	Mustikka	Variksen-marja	Juolukka	Kanerva	Metsä-imarre	Muu, mikä?	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8

3.2 Miten hyvin virtuaalimaisema vastaa valokuvan esittämää maisemaa? [suuri kangas vs. pieni kangas]



3.3 Mitkä ovat oleelliset erot, mikäli niitä esiintyy?

3.4 Vertaa virtuaalimaisen kuvia keskenään. Mikä maisemassa on muuttunut? [pieni kangas vs. suuri kangas]

3.5 Vertaa virtuaalimaisen kuvia keskenään. Mikä maisemassa on muuttunut? [pieni kangas vs. suuri kangas]

4. Metsämaisema II

4.1 Millaiselta metsä näyttää? [suuri kangas]

- | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Puhtaalta kuusikolta | 4 | Kuusivaltaiselta sekametsältä |
| 2 | Puhtaalta männiköltä | 5 | Mäntyvaltaiselta sekametsältä |
| 3 | Puhtaalta koivikolta | 6 | Koivuvaltaiselta sekametsältä |
| 7 | Muulta, miltä? _____ | | |

A. Mikä on arviosi mukaan kuvan metsätyyppi?

Lehtomainen	Tuore kangas	Kuivahko/kuiva kangas	Karukkokangas	En osaa sanoa
1	2	3	4	5

B. Mikä on arviosi mukaan puuston kehitysluokka?

Aukea	Siemen-puu	Pieni taimikko	Varttunut taimikko	Ylispuus-toinen taimikko	Nuori kasvatus-metsikkö	Varttunut kasvatus-metsikkö	Uudistus-kypsä metsikkö	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8	9

C. Miten hyvin kuvasta pystyy mielestäsi arvioimaan seuraavia puustotunnuksia?

	Erittäin huonosti						Erittäin hyvin	En osaa sanoa
Keskipituus	1	2	3	4	5	6	7	8
Keskiläpimitta	1	2	3	4	5	6	7	8
Runkoluku	1	2	3	4	5	6	7	8
Pohjapinta-ala	1	2	3	4	5	6	7	8

D. Mitä kasvilajeja tunnistat kenttäkerroksessa?

Puolukka	Mustikka	Variksen-marja	Juolukka	Kanerva	Metsäimarre	Muu, mikä?	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8

4.2 Miten hyvin virtuaalimaisema vastaa valokuvan esittämää maisemaa? [suuri kangas vs. pieni kangas]



4.3 Mitkä ovat oleellisimmat erot, mikäli niitä esiintyy?

5. Liikkuminen

Arvioi seuraavaksi liikkumista. Kiinnitä liikkumisen aikana huomiota kasvillisuuteen, maaston muotoihin ja metsäympäristöön yleensä. Vastaa liikkumisen loputtua alla oleviin kysymyksiin. [suuri kangas]

5.1 Arvioi millä nopeudella liikuimme.

- 1 Kävelyvauhtia
- 2 Juoksuvauhtia
- 3 Pyöräilyvauhtia
- 4 Nopeammin
- 5 En osaa sanoa

5.2 Millaista maasto pääasiassa oli?

- 1 Ylämäkeä
- 2 Alamäkeä
- 3 Vaihtelevaa maastoa
- 4 Tasaista maastoa
- 5 En osaa sanoa

5.3. Miten vaihtelevassa metsäympäristössä koit liikkuneesi?



6. Virtuaalimaiseman onnistuneisuus

Seuraavaksi kuljemme usean minuutin ajan virtuaalimaisemassa. Arvioi liikkumisen aikana (ja myös aiemmin nähdyn perusteella) virtuaalimaiseman onnistuneisuutta.

A. Puiden luonnollisuus

Kommentteja



B. Metsän aluskasvillisuuden luonnollisuus



C. Peltojen viljelykasvien luonnollisuus



D. Puulajien monipuolisuus (puumallien määrä)



E. Aluskasvillisuuden lajiston monipuolisuus



F. Kasvuston peittävyys (aluskasvien määrä)



G. Puuston tiheys



H. Vuodenajan kuvaus

Kommentteja



I. Mittasuhteet metsäalueilla



J. Mittasuhteet peltoalueella



K. Veden luonnollisuus



L. Maaston muodot kaukomaisemassa (esim. vaaran tai tunturin rinteiden jyrkkyys)



M. Maaston muodot lähimaisemassa (esim. mättäisyys)



N. Valon luonnollisuus



O. Varjojen luonnollisuus



P. Liikkumisen todenmukaisuus

Kommentteja



Q. Muu, mikä



R. Muu, mikä



S. Muu, mikä



7. Metsämaisema III

7.1 Millaiselta metsä näyttää? [suuri kangas]

- | | | | |
|---|----------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Puhtaalta kuusikolta | 4 | Kuusivaltaiselta sekametsältä |
| 2 | Puhtaalta männiköltä | 5 | Mäntyvaltaiselta sekametsältä |
| 3 | Puhtaalta koivikolta | 6 | Koivuvaltaiselta sekametsältä |
| 7 | Muulta, miltä? _____ | | |

A. Mikä on arviosi mukaan kuvan metsätyyppi?

Lehtomainen	Tuore kangas	Kuivahko/kuiva kangas	Karukkokangas	En osaa sanoa
1	2	3	4	5

B. Mikä on arviosi mukaan puuston kehitysluokka?

Aukea	Siemen-puu	Pieni taimikko	Varttunut taimikko	Ylispuus-toinen taimikko	Nuori kasvatus-metsikkö	Varttunut kasvatus-metsikkö	Uudistus-kypsä metsikkö	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8	9

C. Miten hyvin kuvasta pystyy mielestäsi arvioimaan seuraavia puustotunnuksia?

	Erittäin huonosti						Erittäin hyvin	En osaa sanoa
Keskipituus	1	2	3	4	5	6	7	8
Keskiläpimitta	1	2	3	4	5	6	7	8
Runkoluku	1	2	3	4	5	6	7	8
Pohjapinta-ala	1	2	3	4	5	6	7	8

D. Mitä kasvilajeja tunnistat kenttäkerroksessa?

Puolukka	Mustikka	Variksen-marja	Juolukka	Kanerva	Metsä-imarre	Muu, mikä? _____	En osaa sanoa
1	2	3	4	5	6	7	8

7.2 Miten hyvin virtuaalimaisema vastaa valokuvan esittämää maisemaa?
[suuri kangas vs. pieni kangas]



7.3 Mitkä ovat oleelliset erot, mikäli niitä esiintyy?

7.4 Vertaa virtuaalimaiseman kuvia keskenään. Mikä maisemassa on muuttunut?
[pieni kangas vs. suuri kangas]

8. Maisematie

8.1 Mitä hallitsevia ympäristötyyppejä näet kuvassa? [suuri kangas]

- | | | | |
|---|--------|----|------------------|
| 1 | Järvi | 6 | Suo |
| 2 | Joki | 7 | Metsä |
| 3 | Kylä | 8 | Vaara |
| 4 | Pelto | 9 | Tunturin laki |
| 5 | Niitty | 10 | Muu, mikä? _____ |

8.2 Miten hyvin virtuaalimaisema vastaa valokuvan esittämää maisemaa? [suuri kangas vs. pieni kangas]



8.3 Mitkä ovat oleelliset erot, mikäli niitä esiintyy?

9. Virtuaalimallin kokonaisarvio

9.1 Kuinka hyvä malli on kouluarvosanalla 4–10? _____

9.2 Mikäli olet käynyt alueella, kuinka hyvin visualisointi mielestäsi kuvaa Ylläksen seudun maisemia?



Taustatiedot

10. Ikä: _____

11. Sukupuoli

- | | | | |
|---|--------|---|------|
| 1 | Nainen | 2 | Mies |
|---|--------|---|------|

12. Mikä on ammatillinen koulutuksesi?

- | | | | |
|---|----------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Ei ammatillista koulutusta | 3 | Opisto tai ammattikorkeakoulu |
| 2 | Ammattikoulu | 4 | Yliopisto tai korkeakoulu |
| 5 | Muu koulutus, mikä? _____ | | |

13. Mikä on toimialasi (nykyinen tai tuleva)?

- | | | | |
|---|------------------------|---|----------------|
| 1 | Metsätalous | 5 | Tietotekniikka |
| 2 | Maa- ja puutarhatalous | 6 | Hallinto |
| 3 | Ympäristönsuojelu | 7 | Matkailu |
| 4 | Kaavoitus | 8 | Taide |
| 9 | Muu, mikä? _____ | | |

14. Mihin ammattiryhmään kuulut?

- | | | | |
|---|---|---|---------------------|
| 1 | Opiskelija | 3 | Työntekijä |
| 2 | Alempi toimihenkilö | 4 | Ylempi toimihenkilö |
| 5 | Yrittäjä, yksityinen ammatinharjoittaja tai maatalousyrittäjä | | |
| 6 | Muu, mikä? _____ | | |

15. Miltä alueelta olet kotoisin?

- | | | | |
|---|------------------|---|-----------------------|
| 1 | Pohjois-Suomesta | 3 | Itä-Suomesta |
| 2 | Keski-Suomesta | 4 | Länsi-Suomesta |
| 5 | Etelä-Suomesta | 6 | Muualta, mistä? _____ |

16. Käytkö Ylläksellä?

- | | |
|---|---|
| 1 | Useamman kerran vuodessa |
| 2 | Noin kerran vuodessa |
| 3 | Olen käynyt alueella vain muutaman kerran |
| 4 | En ole koskaan käynyt Ylläksellä |
| 5 | Muu suhde alueeseen, mikä? _____ |

Liite 4. Vastaajien taustatiedot

	n	%		n	%
Kaikki vastaajat	170				
Sukupuoli			Kotoisin		
Nainen	79	47	Pohjois-Suomesta	132	78
Mies	90	53	Keski-Suomesta	2	1
Ikä			Etelä-Suomesta	13	8
24 tai alle	90	53	Itä-Suomesta	7	4
25–35	30	18	Länsi-Suomesta	14	8
36 tai yli	47	28	Muualta	1	1
Koulutustaso			Suhde Ylläkseen		
Ei ammatillista koulutusta	37	22	Vierailee useamman kerran vuodessa	8	5
Ammattikoulu	25	15	Vierailee noin kerran vuodessa	23	14
Opisto tai AMK	44	26	On käynyt alueella muutaman kerran	91	54
Yliopisto	40	24	Ei ole koskaan käynyt Ylläksellä	43	26
Muu koulutus	22	13	Muu suhde	3	2
Ammattiryhmä			Suhde virtuaalitodellisuuteen		
Opiskelija	115	68	Ei ole tuttu	57	34
Työntekijä	16	9	Pelaa PC/konsoli/nettipelejä	100	59
Alempi toimihenkilö	15	9	Luo itse virtuaalitodellisuutta	7	4
Ylempi toimihenkilö	17	10	Muu	10	6
Muut	5	2	Jos tuttu, ajan viettäminen virt. tod.		
Toimiala			Päivittäin	11	7
Metsätalous	52	31	Viikoittain	26	15
Maa- ja puutarhatalous	32	19	Muutaman kerran kuukaudessa	19	11
Matkailu	25	15	Muutaman kerran vuodessa	32	19
Tietotekniikka	25	15	Joskus kokeillut	42	25
Taide	15	9			
Muut					

jatkuu seuraavalla sivulla

jatkoa edelliseltä sivulta

	n	%		n	%
Ammattilaisvastaajat	67	39	Huom. % vastaajien kokonaismäärästä		
Sukupuoli			Suhde Ylläkseen		
Nainen	34	20	Vierailee useamman kerran vuodessa	3	2
Mies	33	19	Vierailee noin kerran vuodessa	12	7
Ikä			On käynyt alueella muutaman kerran	38	22
24 tai alle	26	15	Ei ole koskaan käynyt Ylläksellä	10	6
25–35	13	8	Muu suhde	2	1
36 tai yli	27	16	Suhde virtuaalitodellisuuteen		
Koulutustaso			Ei ole tuttu	28	16
Ei ammatillista koulutusta	5	3	Pelaa PC/konsoli/nettipelejä	34	20
Ammattikoulu	14	8	Luo itse virtuaalitodellisuutta	1	1
Opisto tai AMK	25	15	Muu	6	4
Yliopisto	9	5	Jos tuttu, ajan viettäminen virt. tod.		
Muu koulutus	13	8	Päivittäin	1	1
Toimiala			Viikoittain	7	4
Metsätalous	25	15	Muutaman kerran kuukaudessa	9	5
Maa- ja puutarhatalous	32	19	Muutaman kerran vuodessa	13	8
Muu	8	5	Joskus kokeillut	14	8
Virtuaalimaailman tuttuus, aktiiviset	56	33	Passiiviset	74	44
Sukupuoli			Sukupuoli		
Nainen	13	8	Nainen	42	25
Mies	43	25	Mies	32	19
Ikä			Ikä		
24 tai alle	42	25	24 tai alle	37	22
25–35	9	5	25–35	13	8
36 tai yli	5	3	36 tai yli	21	12
Toimiala			Toimiala		
Metsätalous	14	8	Metsätalous	24	14
Maa- ja puutarhatalous	9	5	Maa- ja puutarhatalous	13	8
Matkailu	4	2	Matkailu	16	9
Tietotekniikka	17	10	Tietotekniikka	5	3
Taide	8	5	Taide	4	2
Muut	2	1	Muut	8	5

Liite 5. Pääkomponenttianalyysin tulokset. Virtuaalimaisen onnistuneisuus

Komponentti	$\bar{x}$	sd	Komponentti- tiarvo	Alkuperäinen ominaisarvo	Rotatoitu ominaisarvo	Kumulatiivinen %	Cronbachin α
<i>LÄHIMÄISEMA, pienet maisemaelementit</i>	3,52	0,33		5,51	3,51	25,1	0,83
Peltojen viljelykasvien luonnollisuus	4,00	1,22	0,575				
Kasvuston peittävyys	3,68	1,37	0,726				
Liikkumisen todennukaisuus	3,61	1,38	0,627				
Aluskasvillisuuden lajiston monipuolisuus	3,58	1,29	0,764				
Maaston muodot lähimaisemassa	3,33	1,33	0,715				
Metsän aluskasvillisuuden luonnollisuus	3,03	1,21	0,813				
Summamuuttuja	599,8						
<i>KAUKOMAISEMA, suuret maisemaelementit</i>	4,68	0,68		1,50	3,49	50,0	0,82
Maaston muodot kaukomaisemassa	5,31	0,94	0,677				
Mittasuhteet metsäalueilla	4,80	1,16	0,603				
Veden luonnollisuus	4,74	1,47	0,628				
Vuodenajan kuvaus	4,72	1,39	0,732				
Mittasuhteet peltoalueilla	4,71	1,06	0,638				
Puiden luonnollisuus	4,64	1,21	0,510				
Varjojen luonnollisuus	4,25	1,31	0,646				
Valon luonnollisuus	4,11	1,35	0,578				
Summamuuttuja	793,1						

KMO testi = 0,865, Bartlettin testi: 0, 000.