



# Kulttuuriympäristöjen ja maisemien visuaalisen seurannan menetelmät

Ympäristöministeriön julkaisuja  
2021:36



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet

Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:36

# Kulttuuriympäristöjen ja maisemien visuaalisen seurannan menetelmät

Seppo Tuominen, Hanna Koivula, Joonas Kahiluoto, Kimmo Haapanen,  
Mika Pirinen, Jukka Hirvonen

Ympäristöministeriö Helsinki 2021

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](http://vnjulkaisumyynti.fi)

Ympäristöministeriö

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use.

Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-361-214-3

ISSN pdf: 2490-1024

Kansikuva: Maisemamuutoksia Ilomantsin Sonkajassa 2000–2019.

Kuvaajat: Oiva Hakala / Visuaalinen maisemaseuranta (2000), Hanna Koivula, SYKE / KuMaMuu-hanke (2019)

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Kulttuuriympäristöjen ja maisemien visuaalisen seurannan menetelmät

<b>Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:36</b>	<b>Teema</b>	Rakennettu ympäristö
<b>Julkaisija</b>	Ympäristöministeriö	
<b>Tekijä/t</b>	Seppo Tuominen, Hanna Koivula, Joonas Kahiluoto, Kimmo Haapanen, Mika Pirinen, Jukka Hirvonen	
<b>Kieli</b>	suomi	<b>Sivumäärä</b> 60

### Tiivistelmä

Kulttuuriympäristöjen ja maisema-alueiden arvoja ja tehtävien toimenpiteiden vaikutuksia on selvitetty yleisesti valokuvien ja niiltä tehtyjen muutosarviointien avulla. Tässä hankkeessa selvitettiin, miten uudet kuvausmenetelmät, kuten panoraamakuvaus ja droonin käyttö kuvauksissa soveltuvat visuaalisen seurannan lähdeaineistoksi.

Kuvausmenetelmänä panoraamakuvaus todettiin hyvin käyttökelpoiseksi. Niiden ottaminen on helppoa ja niitä voi suositella korvaamaan perinteistä yksittäiskuvien ottamista. Droonilla tehtävien pallopanoraamakuvausten todettiin olevan hyvä lisä kohteiden seurantaan. Kuvausten toteutus on nopeaa ja korkealta otettu laaja-alainen kuva antaa lisätietoa maantasalta tehtäviin kuvauksiin.

Droonilla saatavista erityiskuva-aineistoista käyttökelpoisimpia ovat pistepilviaineistot ja 3D-pintamalliaineistot, jotka mahdollistavat uuden tarkastelutavan visuaalisessa seurannassa. Erillisaineistojen kuvaaminen maastossa ja aineistojen jatkokäsittely on kuitenkin paljon aikaa vievää niin, että erillisaineistojen tarvetta kannattaa harkita huolella eikä niistä välttämättä ole hyötyä yleisluonteisissa visuaalisissa seurannoissa.

Hankesuunnitelmassa kuvausten tavoitteet määrittelevät, mitä ja millaisella laadulla kuva-aineistoja tarvitaan. Kunnollisen kuvaussuunnitelman avulla voidaan maastotöiden toteutuksessa välttää odottamattomia lisätoita.

**Asiasanat** rakennettu ympäristö, visuaalinen seuranta, ympäristön tila, kulttuuriympäristö, maisema, maisemavalokuvaus

**ISBN PDF** 978-952-361-214-3 **ISSN PDF** 2490-1024

**Julkaisun osoite** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-214-3>

## Metoder för visuell uppföljning av kulturmiljöer och landskap

---

<b>Miljöministeriets publikationer 2021:36</b>	<b>Tema</b>	Byggd miljö
<b>Utgivare</b>	Miljöministeriet	

---

<b>Författare</b>	Seppo Tuominen, Hanna Koivula, Joonas Kahiluoto, Kimmo Haapanen, Mika Pirinen, Jukka Hirvonen	<b>Sidantal</b>	60
<b>Språk</b>	finska		

---

### Referat

Kulturmiljöernas och landskapsområdenas värden och konsekvenserna av de åtgärder som vidtas har i allmänhet utretts med hjälp av fotografier och de förändringsbedömningar som gjorts utifrån dem. I detta projekt utreddes hur nya metoder för fotografering, såsom panoramafotografering och drönarfotografering, kan användas som källmaterial vid visuell uppföljning.

Panoramafotografering konstaterades vara en mycket användbar fotograferingsmetod. Det är lätt att ta en panoramabild, och panoramabilder kan rekommenderas att ersätta traditionella enskilda bilder. Det konstaterades att 360-graders panoramabilder som tagits med drönare är ett bra komplement till uppföljningen av objekten. Det är en snabb fotograferingsmetod, och en vindvinkelbild som tagits på hög nivå ger ytterligare information om de bilder som tagits på marknivå.

De mest användbara specialbildsmaterialen som fås med en drönare är punktmolnsmaterial och 3D-ytmodellsmaterial, som möjliggör nya analysmetoder för visuell uppföljning. Det är dock mycket tidskrävande att fotografera specialmaterial i terrängen och att vidarebehandla det, så det lönar sig att noga överväga dess behov. Specialmaterialet är inte heller nödvändigtvis till nytta vid allmänna visuella uppföljningar.

Fotograferingsmålen fastställs i en projektplan enligt hurdan bildmaterial och hurdan bildkvalitet som behövs. Med hjälp av en ordentlig fotograferingsplan kan oväntade extra arbeten undvikas vid genomförandet av terrängarbetena

---

<b>Nyckelord</b>	byggd miljö, visuell uppföljning, miljöns tillstånd, kulturmiljö, landskap, landskapsfotografering
------------------	--

---

<b>ISBN PDF</b>	978-952-361-214-3	<b>ISSN PDF</b>	2490-1024
-----------------	-------------------	-----------------	-----------

---

<b>URN-adress</b>	<a href="https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-214-3">https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-214-3</a>
-------------------	---

---

## Methods for Visual Monitoring of Cultural Environments and Landscapes

---

<b>Publications of the Ministry of the Environment 2021:36</b>	<b>Subject</b>	Built environment
<b>Publisher</b>	Ministry of the Environment	
<b>Author(s)</b>	Seppo Tuominen, Hanna Koivula, Joonas Kahiluoto, Kimmo Haapanen, Mika Pirinen, Jukka Hirvonen	
<b>Language</b>	Finnish	<b>Pages</b> 60

---

### Abstract

The values of cultural environments and landscape areas and the effects of the measures taken have usually been studied based on photographs and by assessing the changes observed in these. This project examined how new photography methods, such as panoramic photography and the use of drones in photography, can be applied as source material for visual monitoring.

Based on the study, panoramic photography is a highly suitable method. Panoramic images are easy to take and they can be recommended to substitute for taking traditional individual images. Spherical (360 degree) panoramic photography with drones was found to be a good addition for the monitoring. The photography was fast to implement and a wide-range image taken from high above provides additional data for photography on the ground level.

Of the special images produced by drones, the best use is made of point cloud data and 3D surface model data, which will enable a new approach to visual monitoring. However, taking such special images in the field and further processing of the data are highly time-consuming, which is why the need for special materials should be considered with care, and they may not be as useful for general visual monitoring operations.

The targets for the photography in the project plan define the type and quality standards of the photographic data that is needed. Unexpected additional work in the field can be avoided with good photography planning.

**Keywords** built environment, visual monitoring, state of the environment, cultural environment, landscape, landscape photography

---

**ISBN PDF** 978-952-361-214-3 **ISSN PDF** 2490-1024

---

**URN address** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-214-3>

---

# Sisältö

<b>Esipuhe</b> .....	7
<b>1 Tausta ja tavoitteet</b> .....	8
<b>2 Visuaalisen muutoksen seurannan menetelmät</b> .....	11
2.1 Kuva-aineistot.....	11
2.2 Droonien avulla tehdyt kuvaukset.....	13
2.3 Muut kuva-aineistot.....	19
<b>3 Hankkeen työt</b> .....	21
3.1 Leppävirta, Paukarlahti.....	22
3.2 Leppävirta, Nikkilän museotie.....	28
3.3 Sonkajärvi, Jyrkkäkosken Ruukki.....	30
3.4 Ilomantsin vaarakylämaisemien alue.....	32
3.5 Outokumpu, Outokummun vanha kaivosalue .....	37
<b>4 Tuloksia</b> .....	43
4.1 Kuvaussuunnitelma.....	43
4.2 Kuvauspaikka.....	44
4.3 Kuvausajankohdat ja kuvausolot.....	46
4.4 Kuvauskalusto.....	49
4.5 Panoraamakuvaus.....	50
4.6 Droonin kuva-aineistot.....	51
4.7 Muut tietoaineistot .....	52
<b>5 Yhteenveto</b> .....	54
<b>Liite 1: Tietokoneohjelmat</b> .....	57
<b>Liite 2: Termejä</b> .....	58
<b>Lähteet</b> .....	60

## ESIPUHE

Kulttuuriympäristöjen ja maisemien tilan seuraamiseksi on tarpeen kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan saada täsmällistä tietoa kohteissa tapahtuneista muutoksista. Myös alueidenkäytön suunnittelua varten tarvitaan uusia välineitä, joiden avulla voidaan osoittaa kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden kohteiden ja alueiden piirteet ja niissä tapahtuneet muutokset. Uusien menetelmien kehittäminen saattaisi myös lisätä ihmisten ja yhteisöjen mahdollisuuksia osallistua oman lähiympäristön tarkasteluun.

Perinteisinä menetelminä kulttuuriympäristön ja maisemien muutoksen seurannassa on käytetty kohteen historia- ja käyttötietoihin sekä näiden muutoksiin liittyvää tarkastelua. Tarkasteluja on yleisesti täydennetty eri aikaisten karttojen sekä kohteessa ja sen lähiympäristössä pääasiassa maan pinnalta otettujen kuvien vertailuilla.

Käsillä olevan hankkeen tavoitteena oli kehittää, testata ja arvioida uusia seurannan menetelmiä. Erityiseksi tarkasteltavaksi menetelmäksi valikoitu pienoiskopterin (drooni, drone) hyödyntäminen visuaalisessa ympäristön seurannassa. Tutkimuskysymykseksi asetettiin, millä tavoin kulttuuriympäristöjä ja maisema-alueita kohdanneet muutokset on mahdollista tunnistaa ja havainnollistaa täsmällisesti ja kustannustehokkaasti. Yleisten tutkimuksellisten intressien lisäksi hanke toteutti myös valtakunnallisen Kulttuuriympäristöstrategian (2014-2020) ja Euroopan neuvoston maisemayleissopimuksen tavoitteita.

Hanke keskittyi kohteiden visuaaliseen tarkasteluun, jossa hyödynnetään erilaisia kuvallisia aineistoja sekä kehitetään menetelmiä kohteiden arviointia varten sekä niillä tapahtuvien muutosten seurantaan. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää kustannustehokkaita menetelmiä, jotka sellaisenaan tai muihin menettelyihin kytkettynä voisivat tuottaa nyt puuttuvaa valtakunnallisesti arvokkaiden kohteiden ja alueiden käytön ja visuaalisen muutoksen seuranta.

Suomen ympäristökeskuksella sekä Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon ELY-keskuksilla oli ennestään käytännön kokemusta droonien käytöstä ympäristön seurannassa, joten hankkeen toteuttajiksi valikoituivat nimenomaan nämä tahot. Lisäosaamista hankkeen toteuttamiseen saatiin Luonnonvarakeskuksesta ja Museovirastosta.

Ympäristöministeriö kiittää lämpimästi hankkeen toteuttajia ja erityisesti hankkeen vastaavaa tutkijaa Seppo Tuomista tämän, uusia mahdollisuuksia avaavan hankkeen toteuttamisesta.

Tapio Heikkilä ja Tuija Mikkonen, ympäristöministeriö  
Joulukuu 2021



# 1 Tausta ja tavoitteet

Maankäyttö- ja rakennuslaki ja siihen liittyvä valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista velvoittavat valtionhallintoa ja alueidenkäytön suunnittelusta vastaavia toimijoita edistämään ja seuraamaan valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden toteuttamista (MRL 132/1999, Valtioneuvoston päätös YM/2017/81). Ne edellyttävät, että valtakunnallisesti arvokkaiden kulttuuriympäristöjen ja luonnonperinnön arvojen turvaamisesta huolehditaan. Valtakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita (VAMA) ja valtakunnallisesti merkittäviä rakennettuja kulttuuriympäristöjä (RKY) koskevat inventoinnit muodostavat tietopohjaa valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden mukaisten kulttuuriympäristön arvojen huomioimiselle. Maankäyttö- ja rakennusasetuksen (MRA 895/1999) mukaan ympäristöministeriön on järjestettävä alueiden käytön ja rakennetun ympäristön tilan ja kehityksen seuranta. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset edistävät ja ohjaavat tilan ja kehityksen seurannan järjestämistä toimialueellaan. Näistä syistä on tärkeää pystyä arvioimaan ja seuraamaan kulttuuriympäristökohteiden ja maisemien tilaa sekä tarpeen kehittää menetelmiä, joiden avulla saadaan käyttökelpoista tietoa tapahtuneista muutoksista.

Erilaiset kartta- ja kuva-aineistot ovat olleet maisemien muutosten seurannassa jo pitkään keskeisessä asemassa. Maan tasalta otettuja yleiskuvia tai tietystä kohteesta otettuja kohdekuvia valokuvina, piirroksina ja maalauksina on käytetty jo vuosikymmeniä (Heikkilä 2007). Kulttuuriympäristöjen ja maisemien muutoksen seurannassa on käytetty myös monenlaisia ilmakuvia ja karttoja sekä tarkasteltavien kohteiden historia- ja käyttötietoja (Mökkönen 2006, Vilhunen 2010).

Digitaalisten tietoaineistojen käyttöön on vaikuttanut myös digitaalisen kuvaamisen helppuus ja helppous. Käyttöön on tullut myös aivan uusia kuvauslaitteita. Merkittävimpänä näistä ovat miehittämättömät ilma-alukset – dronit eli nelikopterit. Tällä hetkellä ongelma kuva-aineistojen hyödyntämisessä ei niinkään ole kuvauslaitteiden ja kuva-aineistojen saatavuudessa, vaan käyttökelpoisten kuvaustapojen ja niiden käyttämisen osaamisen ja ohjeistojen puute. Tilanne on tämä etenkin dronien avulla kerättävien kuva-aineistojen osalta. Tarve on myös kehittää tapoja muutosten visualisointiin ja aineistojen esittämiseen etenkin yleisölle internetin kautta.

Hankkeen ”Kulttuuriympäristöjen ja maisemien visuaalisen seurannan menetelmät” tavoitteena oli selvittää erilaisten kuva-aineistojen keruuta ja käyttämistä visuaalisessa

kulttuuriympäristön ja maisema-alueiden dokumentoinnissa ja seurannassa. Selvityksessä on keskitytty kuva-aineistoihin, jotka ovat sellaisenaan käytettävissä, kuten valokuvat tai niistä ohjelmallisesti muokatut aineistot, kuten panoraamakuvat ja dronien avulla aikaansaavat paikkatieto- ja 3D-malliaineistot. Kuva-aineistojen varsinainen analysointi ja niiden vaatimien muokkausmenetelmien käsittely ei kuulunut hankkeen tavoitteisiin, sillä hanke oli määritelty tarkastelun kohteena olevan teeman esiselvitykseksi.

Hankkeen menetelmällisenä lähtökohtana on ollut Visuaalinen maisemaseuranta -hanke (Heikkilä 2007, Muuttuvamaalaismaisema.fi 2021, Visuaalinen maisemaseuranta 2020). Siinä on systemaattisesti dokumentoitu maantasolta otetuin valokuvain viljelymaisemien ja niittyjen maisemamuutoksia vuodesta 1996 lähtien nyt jo kuutena eri vuotena, viimeksi 2020. Kuvauksissa käytetty ilmansuuntakuvausmenetelmä on yksi tässä hankkeessa kokeiltu kuvaus. Tässä hankkeessa esimerkkikohteilta otettiin vastaavalla menetelmällä kuvia minkä lisäksi maiseman visuaalisen muutoksen seurantaan soveltuvia vaihtoehtoisia kuva-aineistoja kuvattiin uusien menetelmin sekä maantasakuvausina että dronikuvauksina. Dronikuvauksissa haluttiin kokeilla erityisesti sillä saatavia 3D-malliaineistoja, joiden käyttö laserkeilausaineistojen käytön myötä on yleistynyt esim. aluesuunnittelussa.

Hankkeen kohdealueina olivat Pohjois-Karjalassa Ilomantsin vaarakylän alue (Sonkajan ja Kirvesvaara – Hakovaara maisema-alueet) ja Outokummun vanhan kaivoksen rakennetun kulttuuriympäristön alue. Pohjois-Savossa kohteita olivat Leppävirran Paukarlahden maisema-alue ja rakennetun kulttuuriympäristön alueet Nikkilän museotiealue sekä Sonkajärven Jyrkkäkosken ruukkialue.

Hankkeeseen osallistuivat Suomen ympäristökeskuksen Tietokeskuksesta projektipäällikkö Hanna Koivula ja Biodiversiteettikeskuksesta vanhempi tutkija Seppo Tuominen, Laboratoriokeskuksesta tutkija Joonas Kahiluoto ja laboratorioinsinööri Jukka Hirvonen, Pohjois-Karjalan ELY-keskuksesta luonnonsuojeluasiantuntija Mika Pirinen ja maankäyttöasiantuntija Pekka Piiparinen, Pohjois-Savon ELY-keskuksesta kehittämisspäällikkö Kimmo Haapanen ja kulttuuriympäristöasiantuntija Tapio Laaksonen sekä ympäristöministeriössä hankkeesta vastasivat luontoympäristöosastolta ympäristöneuvos Tapio Heikkilä ja rakennetun ympäristön osastolta ympäristöneuvos Tuija Mikkonen. Hankkeen yhdyshenkilöitä olivat myös Luonnonvarakeskuksesta erikoistutkija Jere Kaivosoja ja Museovirastosta intendentti Marja-Leena Ikkala. Hankkeen projektipäällikkö oli Hanna Koivula ja päätutkija Seppo Tuominen. Kohteiden dronikuvauksista ja maantasakuvausten toteutuksesta vastasivat pääosin Kimmo Haapanen, Jukka Hirvonen, Hanna Koivula ja Mika Pirinen.

Selvityksen tietoja ja tuloksia voidaan hyödyntää valtakunnallisesti merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen ja arvokkaiden maisema-alueiden seurannoissa, perinnetutkimusten päivityksessä sekä maakunta- ja kuntatason alueidenkäytön suunnittelussa sekä ao. kohteita koskevassa yksityiskohtaisemmassa hankesuunnittelussa. Hanke

toteuttaa valtakunnallisen Kulttuuriympäristöstrategian (2014–2020) ja sen toimenpidesuunnitelman sekä Euroopan neuvoston maisemayleissopimuksen tavoitteita ja toimenpiteitä sekä täyttää MRL/VAT-järjestelmän kehittämisen tietotarpeita (Euroopan neuvoston maisemayleissopimus 2006, Kulttuuriympäristöstrategia 2014–2020). Hanke on saanut rahoitusta ympäristöministeriön tutkimus- ja kehittämisvaroista.

## 2 Visuaalisen muutoksen seurannan menetelmät

Kulttuuriympäristöjen ja maisemien pääasiallisina visuaalisen seurannan menetelminä on yleensä käytetty maantasakuvia eli maanpinnalta otettuja valokuvia ja videoita (Heikkilä 2007). Myös erilaiset kartta-aineistot, ilmakuvat sekä kirjallinen tieto ovat olleet tärkeitä (Heikkilä 2007, Möttönen 2006, Soini ym. 2008, Vilhunen 2010). Museoiden ja arkistojen viime vuosina avaamat digitaaliset kuva- ja kartta-aineistot tarjoavat aiempaa parempia mahdollisuuksia löytää seurantaan sopivia kohteita ja niitä havainnollistavaa taustamateriaalia. Digitaalinen kuvaaminen ja kuva-aineistojen käsittelyn kehitys on myös helpottanut visuaaliseen muutoksen seurannan toteuttamista. Niiden avulla saatu merkittävä etu on ollut kuva-aineistojen ja tarkastelunäkökulmien määrän kasvu hankintakustannusten pudottua merkittävästi aiemmasta. Uutena kuva-aineistona esim. droonien kuva-aineistoista voidaan koota suoraan paikkatieto-ohjelmissa käytettäviä tarkkoja yksityiskohdista näyttäviä ilmakuva-aineistoja sekä erityisiä 3D-malliaineistoja. Ohjelmallisesti tehtävät 3D-aineistot ovat mahdollistaneet aivan uudenlaisia visuaalisen seurannan tapoja mm kulttuuriympäristöjen ja rakennusten seurannassa (Nevalainen 2018, Pointcloud 2021).

### 2.1 Kuva-aineistot

Kuva-aineistojen käyttö visuaalisessa muutoksen seurannassa perustuu samasta kohteesta samassa tai eri hankkeissa, eri ajankohtina saatujen kuvien vertailuun. Maisemia tai kulttuuriympäristöjä esittävät kuva-aineistot voidaan jakaa kertaluonteisiin dokumenttikuva-aineistoihin, joiden kuvauspaikkoja, kuvaustapoja sekä toistettavuutta ei tavallisesti ole tarkasti määritelty sekä varsinaisiin seurantakuva-aineistoihin, joiden kuvauspaikat, kuvaustavat ja toistettavuuden kriteerit voivat olla hyvinkin tarkasti määritelty. Kuvat voidaan luokitella sisällön perusteella myös kohdekuviksi tai yleiskuviksi. Kohdekuvilla on aina keskiössä joku tarkoituksella valittu kohde, kuten rakennus tai luonnonkohde. Yleiskuvissa tällaista erityistä kohdetta ei ole. Yleiskuvia ovat vaikkapa joltain näköalapaikalta otetut maisemakuvat. Rajanveto ei kuitenkaan ole jyrkkä ja kuva voidaan käyttötavan mukaan sijoittaa eri luokkiin.

Merkittävä jako kuva-aineistojen käytettävyydessä on, käytetäänkö niitä kuvaamaan vain kuvissa näkyviä kohteita vai jonkin suuremman ryhmän kuvaajina. Visuaalisessa seuranta-hankkeessa yhden seurantapisteen ilmansuuntakuvaa voidaan käyttää yksittäisen kohteen muutoksen kuvaamiseen, mutta samalla se voi olla myös osa kohdealueen ja laajemmassa

mitassa koko Suomen kuva-aineistoa. Jälkimmäisessä tapauksessa yksittäisellä kuvalla ei yksinään ole merkittävää tietoarvoa koko joukon muutoksen kuvaajana.

Tässä selvityksessä kuva-aineistot luokitellaan teknisesti yksittäiskuviin, panoraamakuviin sekä videointeihin. Kameroilla otettavat yksittäiset valokuvat ovat edelleen seurannan perusmenetelmä. Kuvankäsittelyohjelmien avulla tehdyt panoraamakuvat ovat viime aikoina jossain määrin korvanneet yksittäiskuvien käyttöä koska niiden avulla saadaan peruskameroillakin laaja-alaisempia kuvia ilman erityisiä, kalliimpia laajakulmaobjektiveja. Droonien automaattisten kuvausohjelmien avulla voidaan ottaa kohdealueelta kuva-aineistoja, joista ohjelmallisesti voidaan koota isoja, laaja-alaisia ilmakuvia vastaavia ortomosaikki- ja korkeusmalliaineistoja sekä 3D-malliaineistoja. Dokumentoinnissa ja muutoksen seurannassa on myös videointien käyttö digitalisoitumisen myötä yleistynyt. Videoiden etu on niiden hyvä visuaalisuus mutta niiden hyödyntäminen varsinaisissa seurannoissa on usein hankalaa. Usein ne jäävät kuvausdokumenteiksi ilman, että niitä olisi käytetty varsinaisen muutostietojen saantiin. Digitaalisten videoaineistojen laatu on kuitenkin parantunut niin, että niistä voidaan erottaa yksittäiskuvia tavallisten valokuvien tavoin käytettäväksi. Omana luokkana voidaan videoinneista erottaa muutosten seurannassa käyttökelpoiset reittivideoinnit, jossa kuljetaan jokin määrätty reitti esim. tie läpi videoiden. Siinä saadaan nopeasti kuvamateriaalia laajalta alueelta ja videoaineistosta voidaan poimia pysäytyskuvia varsinaiseen seurantatyöhön.

Tässä hankkeessa maantasakuvauksilla tarkoitetaan kaikkia maanpinnalta tehtyjä kuvauksia. Vastaavasti kaikkia droonilla tehtyjä kuvauksia kutsutaan droonikuvauksiksi. Kuvausten kuvatyypit luokitettiin kohde-, ilmansuunta- ja näkymäkuviin (kuva 1). Kohdekuvilla tarkoitettiin kuvia, jotka on otettu jostain tietystä konkreettisesta yksilötävästä kohteesta kuten esim. rakennuksesta, koulusta, sillasta tai muusta rakennelmasta tai luontokohteesta esim. koskesta, isosta puusta tms. Näkymäkuvilla tarkoitetaan jostain paikasta aukeavasta näkymästä otettuja laaja-alaisia kuvia. Niitä käytetään yleisesti dokumentoinneissa ja seurannoissa. Kuvauspaikka on yleensä pysyvä, joskin paikka ei välttämättä ole tarkasti määritetty. Samalta näköalapaikalta kauempaakin toisistaan otetut kuvat samasta maisemasta voivat olla rinnasteisia näkymäkuvia mutta eri puolilta samaa maisemaa otetut näkymäkuvat eivät. Ilmansuuntakuvilla (tai yleisemmin suuntakuvilla) tarkoitetaan kuvia, jotka on otettu kuvauspaikasta etukäteen määriteltyihin suuntiin. Useimmin päällmansuuntiin. Ilmansuuntakuvien kuvauspaikat ovat yleensä pysyviä ja niillä voi olla määriteltyjä sijoituspaikkaehtoja, ne voivat olla täysin satunnaisia tai perustua johonkin järjestelmälliseen otantaa. Kuvauspaikan, kuvaussuunnan ja kuva-alan vastaavuus aiempien kuvausten kanssa on merkittävä koska muutosta arvioidaan kuva-alalla nähtävien ominaisuuksien perusteella. Kuvauspaikan muutamienkin metrien siirroilla voi olla merkitystä kuville visuaalisesti ja erityisesti ohjelmallisesti arvioitaviin asioihin. Neljäntenä luokkana erotettiin varsinaiset panoraamakuvat, joilla tarkoitettiin erityisen laaja-alaisia, jopa täyden ympyrän, 360-asteen panoraamakuvia.

**Kuva 1.** Ilomantsin Hakovaaran ilmansuuntakuvapisteeltä 1 otettuja eri kuvatyyppejä. Vasemmalla ylhäällä normaaliobjektiivilla otettu kuva. Oikealla ylhäällä laajakulmaisella objektiivilla otettu kuva. Keskellä kolmesta yksittäiskuvasta yhdistämällä aikaansaatu näkymäkuva. Alhaalla matkapuhelimen panoraamakuvaohjelmalla otettu täyden ympyrän panoraama. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.



## 2.2 Droonien avulla tehdyt kuvaukset

Droonien alhainen hinta, käytön halpuus ja kuva-aineiston laatu on tehnyt niistä viime vuosina hyvin käyttökelpoisia apuvälineitä erilaisissa ympäristön kartoituksissa, tutkimuksissa ja myös seurannoissa. Helpon maastotyöskentelyn ja runsaan kuva-aineiston saannin vastapainoksi aineistojen muokkaus ja analysointi vaatii kuitenkin lisäresursseja, joita ei aikaisemmin seurannoissa tarvittu. Nyt ollaan vaiheessa, jossa etsitään menetelmiä ja kokemuksia droonien käytöstä eri toimiin eikä rutiiniluonteiseen toimintaan vielä ole hyviä ohjeita tai suosituksia.

Droonien kuvaukset voidaan luokitella aivan kuten maan tasalta otetut kuvat kohde-, näkymä- ja panoraamakuviksi. Merkittävimpiä suoraan dokumentointiin ja visuaaliseen seurantaan kelpoisia kuvia ovat viistokuvat, pallopanoraamat ja ohjelmallisten reittien

videoinnit. Ilmasta otettuna droonien kuvakulma ja siten visuaalinen vaikutelma on kuitenkin erilainen kuin maan tasalta otetuissa kuvissa. Vanhemmille seurannoille droonit eivät siten välttämättä ole korvaava kuvausmenetelmä vaan mahdollinen lisä, jonka hyödyntäminen vaatii omat resurssinsa. Uusissa seurannoissa ne voivat hyvinkin olla todellinen vaihtoehto maantasakuvauksille.

Miehittämättömien ilma-aluksien käyttöä säädellään laeilla ja asetuksilla (EU 947/2019). Uudet säännöt lentotoiminnalle, laajemmat rekisteröintivelvoitteet, koulutusvaatimukset piloteille ja uusi riskiarviointimenettely vaativammalle toiminnalle tulivat voimaan 1.1.2021 (Droneinfo 2021). Avoimessa kategoriassa droonin tulee olla aina näköyhteydessä ja lentokorkeus tulee olla alle 120 m. Alle 25 kg droneilla toimijoiden tulee rekisteröityä ja läpäistä teoriakoe. Jos toiminta ylittää minkä tahansa rajoituksen avoimessa kategoriassa toiminta siirtyy erityiseen kategoriaan, joka perustuu riskiarvioinnille, jonka perusteella toimijan tarvitsee tehdä vähintään ilmoitus tai hakea lupaa toiminnalle viranomaiselta. Samalla tulevan EU-lain myötä Suomessa ollut jako harrastajiin ja lentotyötä tekeviin toimijoihin katoaa kuten myös lennokki/kauko-ohjattu ilma-alus erottelu. Rekisteröityminen on vaatimuksena kaikille niille droonitoimijoille, jotka käyttävät yli 250 g painoisia droneja tai droonia, jossa on kamera ja jota ei ole merkitty lelulain mukaisesti leluksi.

Merkittävimpänä rajoituksena droonien käytettävyydelle voidaan pitää vaatimusta lennättää droneja jatkuvassa näköyhteydessä. Teknisesti laitteiden lentoalue voi olla useita satoja metrejä tai jopa kilometrejä mutta näköyhteys rajoittaa yhden kuva-alueen säteeksi normaalitilanteessa maksimissaan alle 500 m. Näköyhteyden ulkopuolella tapahtuva lentäminen on luvanvarasta. Toinen merkittävä rajoitus on lentokorkeuden rajaaminen avoimessa kategoriassa alle 120 m mikä tosin ympäristötiedon keruuhankkeissa harvemmin on konkreettinen haitta.

Toiminnassa tulee lisäksi ottaa huomioon muun muassa lentokielto- ja rajoitusalueet, väkijoukot, asutuksen tiheys, laitteen merkinnät, yksityisyys ja kotirauha. Miehittämättömän ilmailun sääntelyä Suomessa hoitaa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, joka on perustanut aihepiiriä varten omat droneinfo -nettisivut (droneinfo 2021).

Drooneilla tiedonkeruu tehdään erilaisten digitaalisten sensoreiden avulla. Oletusarvoisesti sensorina on kamera, joka kykenee ottamaan sekä yksittäiskuvia että videokuvaa. Erikoisemmat multi- ja hyperspektrikamerat mahdollistavat myös muiden säteilyalueiden kuvaamisen normaalin RGB-alueen lisäksi. Erikoissensoreita ovat myös lämpökamerat, joita voidaan käyttää mm. rakennusten lämpövuotojen paikantamiseen ja laserkeilaimet, joilla saadaan nopeasti aineistoa tarkkoihin 3D-malleihin. Tässä on käsitelty tavanomaisen kameran avulla tehtäviä erityiskuvauksia.

Droonilla tuotettava kuvausmateriaali on tavallisemmin tavanomaista valokuva- ja videomateriaalia. Ympäristön seurannoissa viistokuvat ja erityisesti 360/180-asteen pallopanoraamat ovat erityisen käyttökelpoisia. Uudenaikaisemmissa droneissa on sisäänrakennettuna omat kuvaustilansa erilaisille erityiskuvauksille ja ohjelmat erityisaineistojen tekoon. Kuvien yhdistämiset yksittäiskuvista voidaan tehdä myös erillisohjelmilla esim. Image Composite Editor, DJI media maker tai PTGui (liite 1). Pallopanoraamojen katselu vaatii myös omat ohjelmansa, joilla laaja-alaista panoraamaa voidaan katsella tietokoneen näytöllä (kuva 2). Pallopanoraamojen katseluun voidaan käyttää esimerkiksi ilmaista FSP-Viewer ohjelmaa (liite 1).

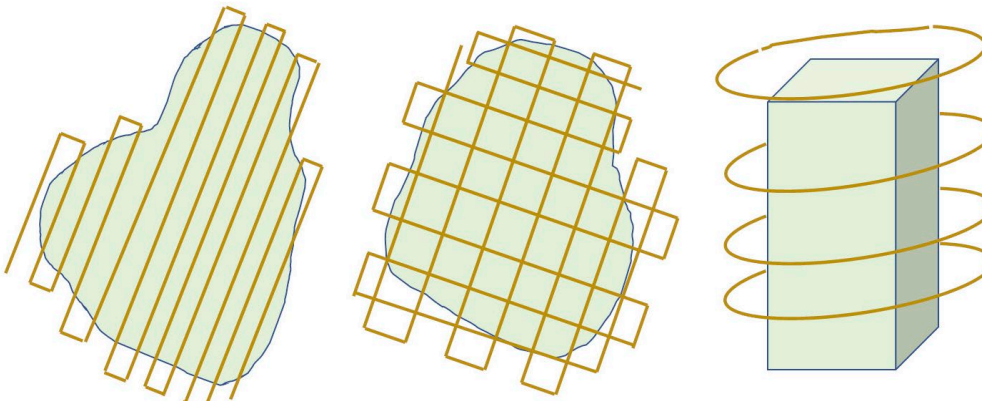
**Kuva 2.** Leppävirran Paukarlahden kuvauspaikan 6 droonin pallopanoraama. Yläkuvassa pallopanoraaman tasoprojektiotuloste, jossa alakuvassa oleva alue on rajattu punaisella suorakaiteella. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.





Droonilla kuvaamisen suurimpia etuja verrattuna maanpinnalta otettuihin kuviin ovat kuvauspaikan ja -kulman valinnan vapaus sekä mahdollisuus toteuttaa etukäteen ohjelmoitavia karttakuvauslentoja, joilla voidaan kattaa suuria alueita määritellyillä kuvauslinjoilla. Kuvauslentojen toteuttamiseen on olemassa useita mobiiliapplikaatioita kuten Pix4D Capture ja DroneDeploy, joita käytettiin myös hankkeen kuvaksissa (liite 1). Karttakuvauslennot suunnitellaan tärkeimmän halutun aineistotyyppin ja tarkkuuden mukaan (kuva 3).

**Kuva 3.** Droonilla tehtävien kuvauslentojen toteutustavat gridi, kaksoisgridi ja kehä. Lisäksi voidaan erottaa ohjelmoitu reitti ja vapaalento.



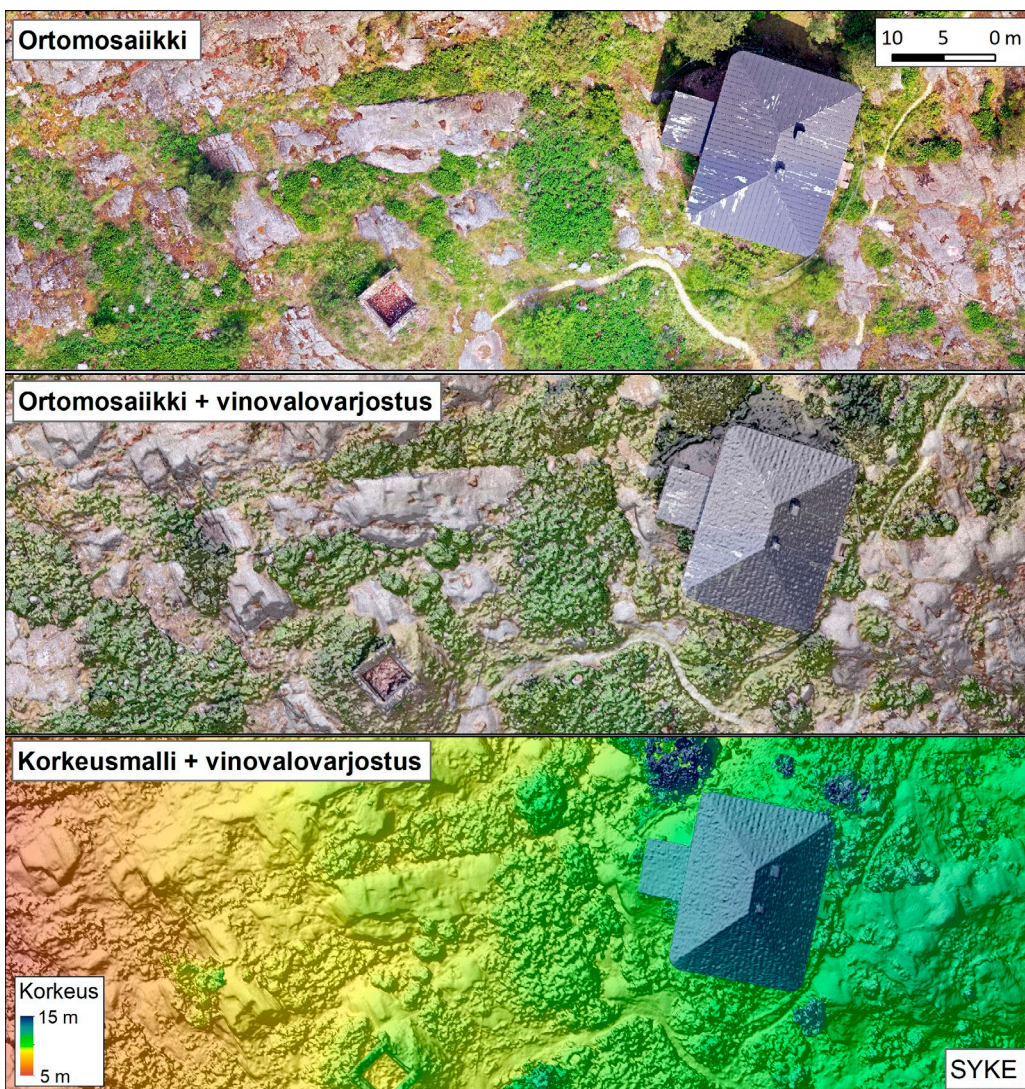
Gridi, kaksoisgridi ja kehäkuvaustapoja käytetään isompien kuvamateriaalien hankintaan. Niistä muokataan ohjelmallisesti erityiskuva-aineistoja kuten georeferoituja eli koordinaatistoon asemoituja ortomosaiikkeja, korkeusmalleja ja 3D-pintamalleja. Vapaalento kuvaustavassa dronella lennetään kauko-ohjauksella etukäteen suunniteltua tai reaaliajassa valittua reittiä pitkin. Vapaalentoa käytetään pääasiassa kohteiden yleisessä dokumentoinnissa tai videoesitysten teossa.

Kuvauslennoista tulee tyypillisesti satoja valokuvia lentoa kohden. Erityisaineistojen tuottamiseen ohjelmoiduilla karttalennoilla tuotetuista valokuvista on olemassa lukuisia erilaisia ohjelmia kuten Pix4D mapper, Agisoft Metashape, DroneDeploy ja WebODM (liite 1). Ohjelmistot vaihtelevat ominaisuuksiltaan ja käytettävyydeltään, mutta kaikilla pystytään tuottamaan fotogrammetriaan perustuvia aineistotyyppejä: georeferoitu ortomosaiikkikuva, digitaalinen korkeusmalli (DSM), pistepilvi (LAS) ja 3D-pintamalli (MESH). Tässä hankkeessa aineistojen käsittelyyn käytettiin Pix4D mapperia. Yksittäisiä kokeiluja tehtiin DroneDeploy ja WebODM -ohjelmilla.

Droonikuvauksissa on myös huomioitava kuvien tarkistukseen, mahdollisiin uusintakuvauksiin ja erityiskuva-aineistojen tekoon kuluva aika. Kuva-aineiston laatu olisi syytä

tarkistaa jo kuvausten yhteydessä mutta kuitenkin pian kuvausten jälkeen. Kuvauksessa dronin kameran linssiin tulleet liat ja sadepisarat samoin kuin kameran väärät valotusasetukset saattavat pilata koko kuvauskerran kuvat. Tärkeää on tarkistaa etenkin ne ominaisuudet, jotka haittaavat merkittävästi kuvien käyttöä tavoitteisiin ja kuvien jatkokäsittelyyn. Kuitenkin vasta kuvista muokattujen aineistojen avulla voi varmistua, että kuvaus on onnistunut, että kuvausalueelta on saatu riittävän kattava aineisto ja jossa eri kuvausten aineistot ovat yhteensopivia.

**Kuva 4.** Esimerkit dronikuvausten ortomosaiikki- ja korkeusmalliaineistosta. Yläkuvassa ilmakuvaava vastaava ortomosaiikkiaineisto. Keskellä ortokuva-aineisto, johon on lisätty vinovalovarjostus. Alakuvassa korkeusmalliaineisto, jonka väriskaalattua korkeustietoa on korostettu vinovalovarjostuksella. Kuvat (©) SYKE/HesaKASVI2019 -hanke 2021.



Ortomosaiikkikuva ja korkeusmalli ovat 2D-aineistoja. Ortomosaiikki on käytännössä päällekkäisistä suoraan alas otetuista kuvista yhdistetty suuri mosaiikkikuva, joka on oikaistu ja asemoitu koordinaatistoon. Siten se on rinnastettavissa satelliittikuva-aineistoihin ja lentokoneesta otettuihin ilmakuva-aineistoihin. Korkeusmalli taas on valokuvista tuotettu pintamalli (DSM), joka kuvaa kuvista näkyvän ylimmän pinnan korkeutta (kuva 4).

Pistepilviaineisto on eri kuvien yhtäläisyyksien pohjalta laskennallisesti muodostettu kolmiulotteinen pisteaineisto. Käsiteltävyydeltään se vastaa laserkeilausaineistoa, joskin siinä pisteet edustavat kohteen ulkopintaa. Pisteisiin voidaan yhdistää kuva-aineiston väritiedot eli RGB-arvot. 3D-pintamalli on pistepilviaineistosta muodostettu kolmiulotteinen aineisto, jossa erilliset pisteet on yhdistetty monikulmioiksi esittäen pintaa. Laadukkaan 3D-pintamallin aikaansaamiseksi kuvia olisi saatava eri kulmista ja korkeuksilta, myös viistoon otettuna. 3D-pintamalliaineistojen aikaansaamiseksi käytetäänkin usein kuvauksen lentotapana kaksoigridiä tai kehää (kuva 5).

**Kuva 5.** Dronin kuvausaineistoista tehtyjen 3D-tulostekuvien vertailu. Yläkuvassa dronin pistepilviaineistosta tehty tulostekuva. Alakuvassa vastaava tulostekuva tehtynä 3D-pintamalliaineistosta. Aineistojen tarkkuus riittää yleispiirteiseen rakennetarkasteluun mutta yksityiskohdissa puutteita on paljon. Kuvat (©) SYKE/HesaKASVI2019 -hanke 2021.



Aineistojen tuottamisen lisäksi suurin osa mainituista aineiston käsittelyohjelmista mahdollistaa erikoisaineistojen tarkastelun tietokoneella. Osassa ohjelmia onnistuu myös aineiston jakaminen linkillä selaimen kautta katseltavaksi. Yleensä kuitenkin jatkokäyttö, jos ei puhuta vain yleisestä vilkuilusta, vaatii tiedostojen vientiä alkuperäisestä tuottamiseen käytetystä ohjelmasta omiin käsittelyohjelmiin esim. ArcGIS ja QGIS (liite 1). Niitä paremmin 3D-aineistojen katseluun ja muokkaamiseen soveltuvia käyttökelpoisia ohjelmia ovat esimerkiksi CloudCompare ja Blender (liite 1).

## 2.3 Muut kuva-aineistot

Muutosseurantakohteita koskevan tiedon keruussa merkittäviä ovat kohteen luonnonoloista, asutushistoriasta ja maankäytön muutoksista ja tulevista kehityssuunnista kertovat tietoaineistot kuten vanhat valokuva- ja ilmakehu-aineistot, kartat ja kaava-aineistot. Niistä saadaan tietoja alueen erityispiirteistä ja muutoksiin vaikuttavista tekijöistä. Niiden avulla voidaan erottaa alueen merkittävät luonnon- ja rakennusympäristökohteet ja näkymäalueet, joihin kuva-aineistojen hankinnassa ja maastotöiden suunnittelussa tulee keskittyä.

Tässä hankkeessa selvitettiin Maanmittauslaitoksen kartta- ja ilmakehu-aineistoja sekä Kansallisarkiston ja muiden vastaavien arkistojen kuva-aineistojen käyttökelpoisuutta visuaaliseen seurantaan. Tavoitteena oli saada aikaisemmilta vuosilta kuva-aineistoa kohteiden muutosten selvitystyöhön. Kuva-aineistoja olikin saatavilla varsin hyvin, mutta niitä ei pystytty kunnolla hyödyntämään koska kuvahaut arkistoista ja muokkaukset hankkeen käyttöön osoittautuivat varsin työläiksi ja ne olisivat edellyttäneet enemmän aikaa kuin oli käytettävissä. Hankkeessa päätettiinkin jättää muut kuva-aineistot pääosin käyttämättä. Ilmakehu-, kartta- ja erilaisten arkistokuva-aineistojen käytöstä on myöskin jo saatavissa hyviä selvityksiä (Lehtinen 2005, Mökkönen 2006). Tässä yhteydessä kuvataan tehtyjä aineistohakuja ja käsittelyjä vain yleisluonteisesti.

Valokuva-aineistoja eri puolilta Suomea on kerätty useaan arkistoon mm. Kansallisarkistoon (<https://arkisto.fi/fi/kansallisarkisto>), Museoviraston kuvakokoelmiin (<https://www.museovirasto.fi/fi/kokoelma-ja-tietopalvelut/kuvakokoelmat>) sekä useisiin paikallisiin laitoksiin. Kuvien haku kannattaa aloittaa Finna.fi palvelusta (<https://www.finna.fi/>), jonka kautta voi hakea usean laitoksen kuva-aineistoja samanaikaisesti. Osa kuva-aineistoista on myös digitoitu. Internetistä laajemmin hakemalla voi kohteista löytyä myös tekstejä tai selvityksiä, joissa on kohteista kuvia. Arkistojen kuvista kuitenkin pääosa oli henkilökuvia tai ihmisiä erilaisissa kokoontumisissa tai työnteossa, jolloin niistä ei ollut hyötyä ympäristön muutosseurannoissa. Vain pieni osa kuvista oli yleiskuvia ja maisemakuvia. Kuvien käyttöä hankaloitti kuvan paikantamisen vaikeus. Kuvat ovat paikannettavissa usein vain kunnan tai kylännimen mukaan, jotka nekin ovat voineet muuttua kuvausajankohdasta.

Kuvien kohteet ovat myös ajan saatossa usein niin muuttuneita, että niiden kuvauspaikkaa ei pysty määrittämään tai se vaatii hyvää paikallistuntemusta.

Merkittävin arkistoaineisto hankkeelle oli Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen kuva-aineisto, jossa on kuvattuna 13 kohteesta ilmansuuntakuvat pysyviltä kuvauspaikoilta vuosina 1995, 2000, 2005 ja 2010 (Heikkilä 2007, Muuttuvamaalaismaisema.fi 2021, Visuaalinen maisemaseuranta 2020). Hankkeen käyttöön saatiin Paukarlahden ja Sonkajan seurantapisteiden kuva-aineistot. Valtakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden päivitysinventoinnin loppuraporttien kohdekuvauksista taas sai hyvän kuvan kohteiden luonnonoloista ja asutushistoriasta (Pohjois-Karjala 2014, Pohjois-Savo 2014,).

Kulttuuriympäristökohteista hyvää perustietoa on saatavilla Museoviraston valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt RKY-palvelusta ([http://www.rky.fi/read/asp/r\\_default.aspx](http://www.rky.fi/read/asp/r_default.aspx)). Palvelussa ei kuitenkaan ollut hankkeen kohteista merkittäviä muutoseurannassa käyttökelpoisia kuvia. Kulttuuriympäristökohteista internetistä saikin tietoja lähinnä vain niistä tehdyistä erillisselvityksistä, joita kaikista kohteista ei kuitenkaan ole saatavilla.

MML:n Suomen vanhat kartat -verkkopalvelun (<https://www.maanmittauslaitos.fi/suomenvanhatkartat>) avulla etsittiin kohteista vanhoja karttoja. Vanhat painetut kartat verkkopalvelusta (<https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/vanhat-painetut-kartat>) voi ladata käyttöön vanhat perus- ja topografikartat. Palvelussa on joiltain alueilta ilmakuvia käytettävissä jopa 1930-luvulta lähtien. Uusimmat kartat ovat saatavissa käyttöön suoraan MML:n rajapinnan kautta. Vanhempia digitaalisia kartta-aineistoja voi etsiä verkon palveluista Timo Meriluodon vanhat kartat (<https://timomeriluoto.kapsi.fi/index.html>) ja Jyväskylän yliopiston Heikki Rantatupa historialliset kartat (<https://expo.oscapps.jyu.fi/s/vanhakartta/page/etusivu>).

### 3 Hankkeen työt

Hankkeen kohdealueita etsittiin Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Savon valtakunnallisesti arvokaiden maisema-alueiden ja valtakunnallisesti merkittävien rakennettujen kulttuuriympäristöjen joukosta. Sopivina maisema-aluekohteina pidettiin Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen kohteita. Kulttuuriympäristökohteista priorisoitiin teollisuusympäristöjä. Hankkeen pääkohteiksi valikoitui Pohjois-Karjalasta Ilomantsin vaarakylän alue (Sonkajan ja Kirvesvaara-Hakovaaran maisema-alueet) ja Pohjois-Savosta Leppävirran Paukarlahden maisema-alue. Muina kohteina olivat valtakunnallisesti merkittävät rakennetun kulttuuriympäristön (RKY) kohteet: Pohjois-Savon Jyrkkäkosken Ruukin alue Sonkajärvellä, Pohjois-Karjalan Outokummun vanhan kaivoksen alue Outokummussa sekä Pohjois-Savon Nikkilän museotien alue Leppävirralla.

Vanhempia, digitaalisesti saatavissa olevia kuva-aineistoja etsittiin Finna.fi verkkopalvelun avulla. Harvojen, löydettyjen maisemia kuvaavien yleiskuvien käytettävyyden haittana oli, että niitä ei pystytty paikantamaan, jos niissä ei näkynyt nykyisin tunnistettavia rakennuksia tai muita kohteita. Kuvien paikantamisessa alueiden paikallistuntemuksesta olisikin ollut merkittävää etua. Digitaalisina aineistoina etsittiin käyttöön myös vanhoja kartta-aineistoja. MML:n vanhat painetut kartat -palvelusta kopioitiin käyttöön Paukarlahdelta vuoden 1973 peruskartta ja Ilomantsin vaarakylän alueelta vuoden 1974 peruskartta. Ilmakuvia hankittiin käyttöön vain Ilomantsin vaarakylän alueelta. MML:n avoimen rajapintapalvelun kautta saatiin käyttöön ilmakuvat vuosilta 1995 ja 2017. Alueelta ostettiin Maanmittauslaitoksesta ilmakuvat vuosilta 1944, 1959 ja 1971.

Pääkohteilla Leppävirran Paukarlahdella ja Ilomantsin vaarakylän alueella tehtiin maantasekuvaukset Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen mukaisesti ilmansuuntakuvauksina. Samoilta kuvauspaikoilta tehtiin lisäksi dronilla pallopanoraamakuvaukset. Leppävirran Paukarlahdelta, Ilomantsin Sonkajalta ja Kirvesvaaralta, Sonkajärven Jyrkkäkosken Ruukilla ja Outokummun Outokummun vanhan kaivoksen alueella tehtiin dronilla erikoisaineistokuvaukset. Leppävirran Nikkilän museotiellä tehtiin museotien kuvaukset autokameralla. Maastokuvaukset on kuvattu tarkemmin omissa kohdekohtaisissa kappaleissa.

Droonin erityiskuvauksineista tehtiin Pix4D mapper -ohjelmalla ilmakuvaa vastaava RGB-ortomosaiikki-, korkeusmalli-, pistepilvi- ja 3D-pintamalliaineistot. Aineistojen jatkokäsittely, visuaalinen tarkastelu ja tulostekuvien teko tehtiin ArcGIS 10.5 ja QGIS Desktop 3.4.6 paikkatieto-ohjelmilla. Lisäksi käytettiin tulostekuvien tekoon ohjelmia Blender, FBX

Review ja Cloud Compare. Käyttöön etsittiin ensisijaisesti paikallisesti toimivia ohjelmia. Pix4D:n ja DroneDeployn pilvipalvelujen aineistoselainsovelluksia kokeiltiin mutta niitä ei otettu laajempaan käyttöön.

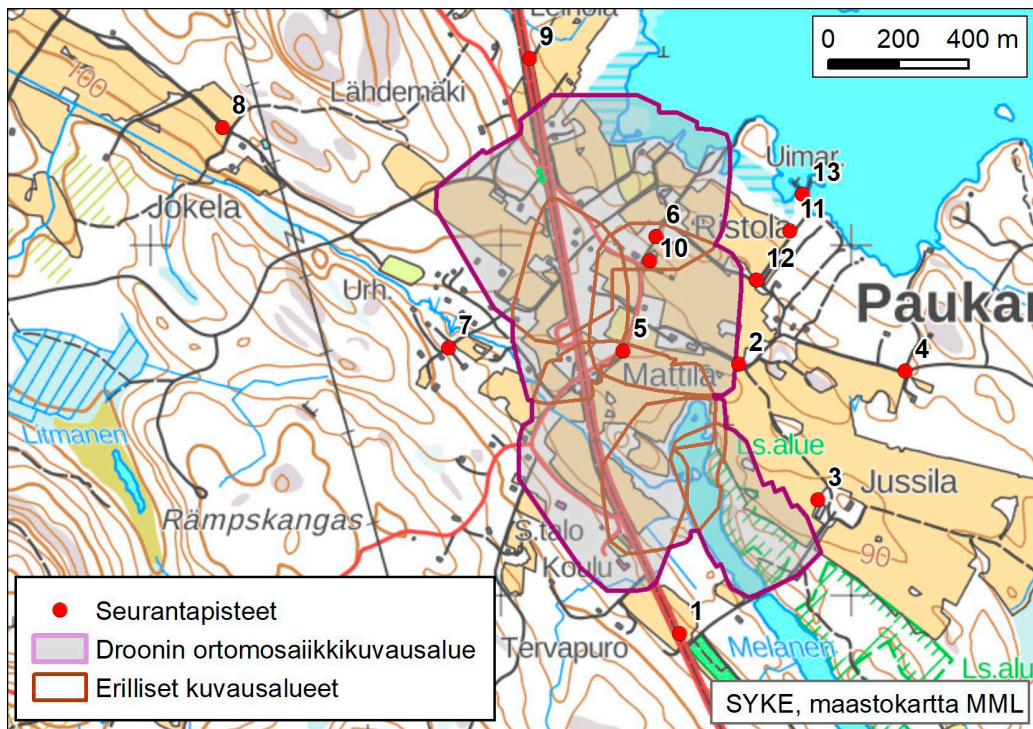
Maantasakuvien ja droonikuvausten viisto- ja panoraamakuvien jatkokäsittely toteutettiin pääosin ACDSsee Photo Studio Ultimate 2020 -ohjelmalla (liite 1). Yksittäiskuvista koottiin panoraamakuvia käyttäen Image Composite Editor, PTGUI ja Panorama Pro 3 ohjelmia. Panoraamakuvien teossa käytettiin useita ohjelmia koska panoraaman teon epäonnistuttua yhdellä ohjelmalla se saattoi onnistua toisella. Paikallisesti asennettavaksi ohjelmaksi pallopanoraamojen katseluun käytettiin FSPViewer -ohjelma.

### 3.1 Leppävirta, Paukarlahti

Paukarlahden kylän valtakunnallisesti arvokas maisema-alue Koiruksen Paukarlahden ranta-alueella on Pohjois-Savon järvisuudun harvarakenteinen kylä (Pohjois-Savo 2014, Ympäristöministeriön mietintö 66/1992). Pysyvää asutusta alueella on ollut jo 1500-luvulta lähtien ja karjatalouden pitkät perinteet näkyvät laajoina, arvokkaina laidunalueina ja suurina kivenavettoina. Edustavimpia rakennetun kulttuuriympäristön kohteita ovat kylän seurantalot 1910-luvulta, vanha kievarirakennus sekä Jussilan, Kivelänharjun ja Ristolän pihapiirit. Uudempaa pientaloasutusta on valtatiealueen tuntumassa ja kylän etelä- ja itäosassa. Alueen maisemassa yhdistyvät kumpuilevat peltomaat ja harvarakenteinen kyläympäristö järven ja ympäröivän loivapiirteisen moreeni- ja kalliomaaston välissä. Edelleen käytössä olevista laidunmaista merkittävin on Melasenlahden pohjukassa sijaitseva kalliomännikköhaka.

Paukarlahden maastokuvauksiin 21.8.2019 osallistuivat Pohjois-Savon ELY-keskuksesta (POS-ELY) Jukka Haapanen ja Tapio Laaksonen ja SYKE:n Joensuun yksiköstä Hanna Koi-vulan ja Jukka Hirvonen. Tuolloin kuvattiin valituilta kuvauspaikoilta maantasakuvat ja droonilla pallopanoraamakuvaukset 30 ja 50 m korkeudelta (kuva 6). Kuvauspisteinä olivat Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen pysyvät kuvauspaikat sekä neljä uutta kuvauspaikkaa. Maantasakuvat otettiin ilmansuuntakuvina päällimansuuntiin. Kuvia otettiin eri kameroilla yksittäiskuvina ja matkapuhelimien kameroiden panoraamatoiminoilla minkä takia kuvien kuva-alat ja resoluutiot vaihtelivat suuresti. Useimmista kuvauspisteistä tehtiin myös laaja-alaisempi 360-asteen panoraamakuva. Droonilla tehtiin kaksi gridikuvausalueita.

**Kuva 6.** Leppävirran Paukarlahden kuvauspisteet ja droonin gridikuvausalueet. Kuvauspisteet 1–9 ovat samat kuin Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen seurantapisteet ja pisteet 10–13 uusia kuvauspisteitä. Kuvauspisteistä otettiin maan tasalta ilmansuuntakuvat ja 360-asteen panoraamat ja droonilla pallopanoraamat 30 m ja 50 m korkeudelta. Aineistot (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021, maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



Jukka Haapanen ja Tapio Laaksonen kävivät 5.9. tekemässä neljä gridikuvausaluetta lisää ja vielä 11.9. kaksi gridikuvausaluetta lisää täydentämään yhtenäisen kuvausalueen. Droonin kahdeksan kuvauksen aineistot käsiteltiin SYKEssä ja niistä tehtiin Pix4D ohjelmalla ortomosaikki-, korkeusmalli-, pistepilvi- ja 3D-pintamalliaineistot.



**Kuva 7.** Leppävirran Paukarlahden kuvausalue 2 dronikuvauksista tehdyt pistepilviaineistojen tulostekuvat eri ohjelmilla ja kuvamäärillä. Ylinnä Pix4D -ohjelman tulostekuva koko kuvamäärällä. Keskellä Pix4D -ohjelman tulostekuva, kun käytössä joka kolmas kuva. Alinna WebODM -ohjelman tulostekuva koko kuvamäärällä. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.

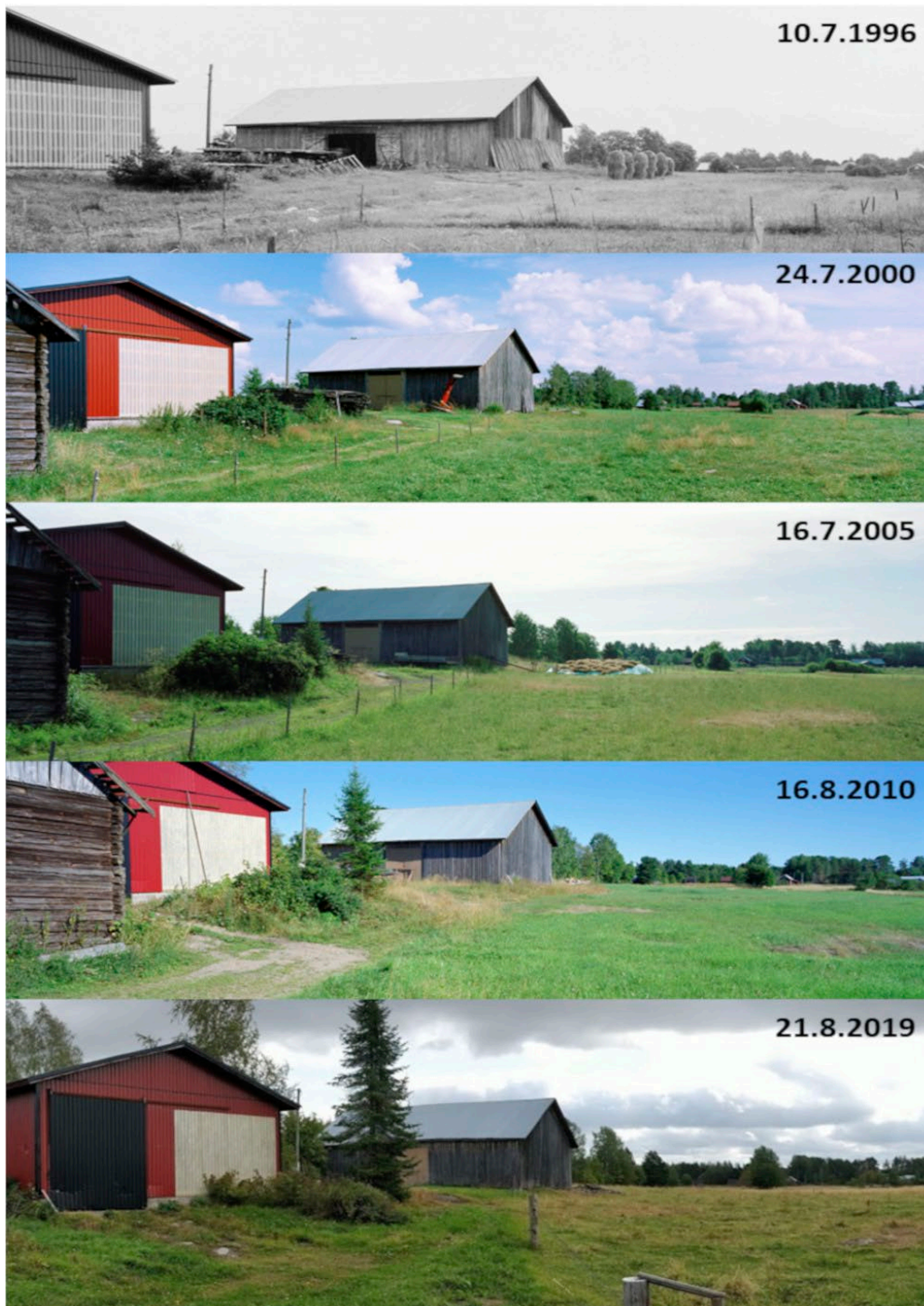


Paukarlahdelta droonin yhdestä gridikuvausaineistosta tehtiin kolme erilaista aineis-toversiota. Aineistosta tehtiin pistepilviaineistot Pix4D-mapper ja WebODM ohjelmilla. Pix4D-ohjelmalla tehtiin aineisto myös kuvausaineistosta, jossa mukana vain joka kolmas kuva. Saatujen pistepilviaineistojen välisiä eroja vertailtiin CloudCompare -ohjelmalla teh-tyjen tulostekuvien avulla (kuva 7). Parhain tulostekuva oli koko kuva-aineistosta tehdyllä Pix4D-tulosteella. Sitä pystyi käyttämään hyvin varsinaisten viistokuvien rinnalla näkymän ominaisuuksien tilan ja muutosten selvityksessä. Kolmasosalla kuvista tehdystä aineis-tosta häviää yllättävän paljon yksityiskohtia näkyvistä. Merkittävin hävikki on linjamaisissa kohteissa kuten puukujanteista, jotka saattoivat hävitä kokonaan. Kuvien karsiminen hei-kensi myös rakennusten yksityiskohtien näkymistä merkittävästi. Myös WebODM-aineis-ton tulostekuva oli heikompi kuin Pix4D-ohjelman tekemän aineiston. Pistepilviaineistojen vertailun perusteella kuva-aineiston määrällä sekä käytetyllä ohjelmalla on selvä vaikutus aineiston laatuun ja sen käyttökelpoisuuteen 3D -malleissa. Ortomosaiikkikuvan laatuun kuvamäärällä ja käytetyllä ohjelmalla ei sen sijaan ollut merkittävää näkyvää vaikutusta (kuva 8). Eroja eri ohjelmien aineistoissa näkyi kuitenkin joissain yksityiskohdissa kuvien yhdistymisissä.

**Kuva 8.** Leppävirran Paukarlahden kuvausalue 2 ortomosaiikkiaineistojen vertailu. Vasemmalla koko kuva-aineistosta Pix4D-ohjelmalla tehty tuloste, keskellä Pix4D-ohjelmalla tehty joka kolmas -kuva-aineis-tosta tehty tuloste ja oikealla koko kuva-aineistosta webODM-ohjelmalla tehty tuloste. Kuvat (©) SYKE/ KuMaMuu -hanke 2021.



**Kuva 9.** Leppävirran Paukarlahden kuvauspiste 6:n eri vuosina maan tasalta itään otettujen ilmansuuntakuvien vertailu. Kuvat 1996–2010 (©) Visuaalinen maisemaseuranta, kuva 2019 (©) SYKE/KuMaMuu-hanke 2021.



Paukarlahden toinen aineistovertilau oli kuvauspisteen 6 ilmansuuntakuvasarjan vertailu (kuva 9). Kuvapisteellä 6 Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen kuvat 1996–2010 vastaavat paremmin toisiaan mutta tämän hankkeen kuvaus vuodelta 2019 on selvästi laaja-alaisempi. Alkukuva 1996 on kapea-alaisin, mikä johtuu ensimmäisellä kuvauskerralla käytetystä suppeammasta kuvakulmasta. Muissa kuvissa näkyvä vanha lato on jäänyt siinä kuva-alan ulkopuolelle. Lato on purettu ennen vuoden 2019 kuvan ottoa. Vaikka kuvissa ei erityisen merkittäviä muutoksia ole nähtävissä, näkyy niissä hyvin maatalouden muutokset. Alkukuvassa on heinäseipäitä ja alue on aidattu laidunkäyttöä varten. Vuoden 2010 kuvassa aidat ovat hävinneet. Alkukuvassa juuri erottuva pieni kuusentaimi ehti vuoteen 2019 mennessä kasvaa jo isoksi puuksi. Toiminnan vähentymisen muutoksena näkyy kuvissa rakennuksiin menevän tien kasvittuminen.

Laajemmin eri vuosien ilmansuuntakuvia ja niiden vastaavuuksia toisiinsa vertailtaessa tulee näkyviin kuva-alan erot eri vuosien välillä, jotka olivat joillain kuvapaikoilla yllättävän isoja. Erot olivat suurimmat suhteessa hankkeessa otettuihin vuoden 2019 kuvaan johdun siitä, että kuvauspaikkojen sijoittamisessa pitäydettiin niiden GPS-paikannuksiin eikä varsinaisia kuvauspaikkojen maastolomakkeita käytetty apuna. Kuvauspaikkojen erot saattoivat siten olla useita metrejä. Kuvien antama tulos oli selvä osoitus siitä, että kuvien otto- paikan tarkka määrittäminen ja siinä pitäytyminen on seurannan kannalta oleellista.

**Kuva 10.** Leppävirran Paukarlahden kuvauspaikka 6 ilmansuuntakuvien ja 360-asteen panoraaman sekä dronilla 30 m korkeudesta otetun pallopanoraaman vertailu. Panoraamojen vasemmanpuoleinen tie osoittaa pohjoiseen ja keskellä oleva tie etelään. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.



Paukarlahden kuvauspaikalla 6 selvitettiin myös panoraamakuvien käyttökelpoisuutta. Kuvauspisteeltä otettiin tarkasteluun ilmansuuntakuvat ja 360-asteen panoraama ja samasta paikasta droonilla pallopanoraamakuva 30 m korkeudesta. Ne antavat kolme vaihtoehtoa kohteesta (kuva 10). Kuvassa on ylimpänä vuoden 2019 ilmansuuntakuvat sijoitettuna maan tasalta otetun 360-asteen panoraaman mukaisiin kohtiin. Maan tasalta otettujen kuvien avulla on helpompi mieltää muutokset ja näkymän tila, koska ne vastaavat katselijan omaa näkemää. Maan tasalta otetun panoraaman hahmottaminen on jo selvästi hankalampaa, koska katselija ei itse pysty näkemään samaa kuva-alaa. Kuvassa näkyvät kaksi tietä ovat itse asiassa sama tie kuvaajasta pohjoiseen ja etelään. Kuvassa ilmenee myös panoraamaohjelmien avulla kuvaamisen ongelmat. Vaakakuvana tehdyn kuvauksen korkeusala on hyvin matala ja käsivaralta tehdyssä kuvauksessa horisontti on vaikea pitää kohdallaan. Muutoin maan tasalta otettu panoraama on käyttökelpoinen. Sen avulla voidaan välttää ilmansuuntakuvien kuva-alueiden tarkan vastaavuuden vaatimus, kun oikea kuva-ala voidaan leikata panoraamasta. Dronilla 30 metrin korkeudesta otetun pallopanoraaman tasoon levitettyä näkymää on vielä vaikeampi katsojan mieltää. Kuvakulman takia kuvan eri osien mittasuhteita ja etäisyyksiä on vaikea hallita ja kuvassa korostuu voimakkaasti etualan kohteet. Toisaalta ilmasta otettu pallopanoraamakuva tuo paremmin näkyviin kohteen ympäristön ja siinä mahdollisesti toisintokuvissa nähtävät muutokset.

## 3.2 Leppävirta, Nikkilän museotie

Nikkilän museotie on noin 2,4 km pitkä, sorapäällysteinen Leppävirran kirkonkylästä etelään vievä tie. Tielinja valmistui 1740-luvulla ja se pohjautui 1600-luvulta periytyvään Viipurin ja Oulun väliseen talvipostitinjaan (Museovirasto 2009b). Tielinjaus on säilynyt ja se sisältyy Tiehallinnon museotievalikoimaan (Liimatainen 2007). Vanhaa rakennuskantaa on säilynyt tien varrella, mm. Anttilan ja Pekkalan tiloilla.

Leppävirran Nikkilän museotiellä kokeiltiin reittivideointia eli tien kuvausta autokameralla. Kimmo Haapanen ajoi 5.9.2019 museotien molempiin suuntiin ja kuvasi reitin autokameralla. Tielinjauksesta oli myös Google Street View -palvelussa kuvaus heinäkuulta 2009, josta saatiin kokeiluun sopivasti vertailukuvaa 10 vuoden takaa. Videointeja lukuun ottamatta alueelta ei kerätty muuta kuvamateriaalia. Videomateriaalin käsittely jäi sopivien rinnakkaiskuvien etsintään Google Street View ja autokamera-aineistoista.

Kuva-ala on varsin kapea kummassakin aineistossa ja keskellä oleva tie hallitsee sitä. Pohjoisesta etelään kuvatulla videolla auringonpaiste aiheutti videoon paljon heijastumia. Päinvastaiseen suuntaan kuvatulla videolla kuvausolot olivat paremmat. Esimerkkikuvassa on tien merkittävistä kohteista Anttilan tilan rakennuksia (kuva 11). Tietä reunustavien isojen kuusten kaato on avartanut näkymää, ja tilan rakennukset ovat paremmin nähtävissä tieltä.

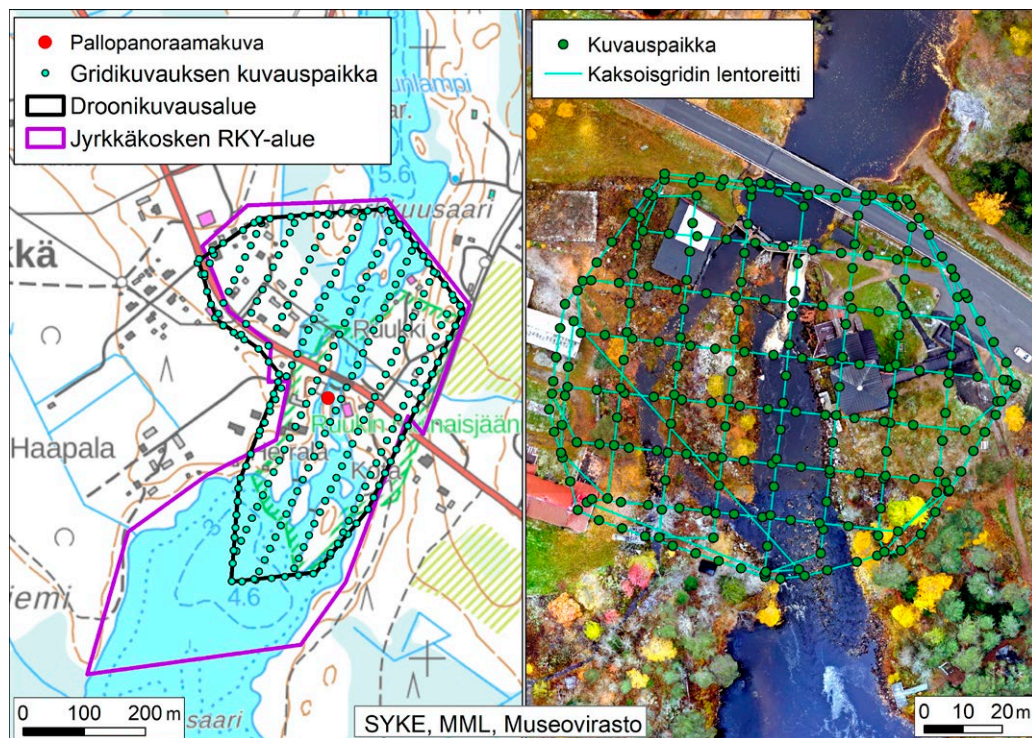
**Kuva 11.** Leppävirran Nikkilän museotie Anttilan tilan eteläpuolelta. Ylhäällä Google Street View -näkyä Google Earth -palvelussa vuodelta 2009. Kuva (©) Google Earth: Street View, Museotie 224, Leppävirta, kuvapäiväys 7/2009. Alakuvassa vastaava näkyvä 5.9.2019 tehdystä videoinnista. Kuva (©) SYKE/ KuMaMuu -hanke 2021. Maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



### 3.3 Sonkajärvi, Jyrkkäkosken Ruukki

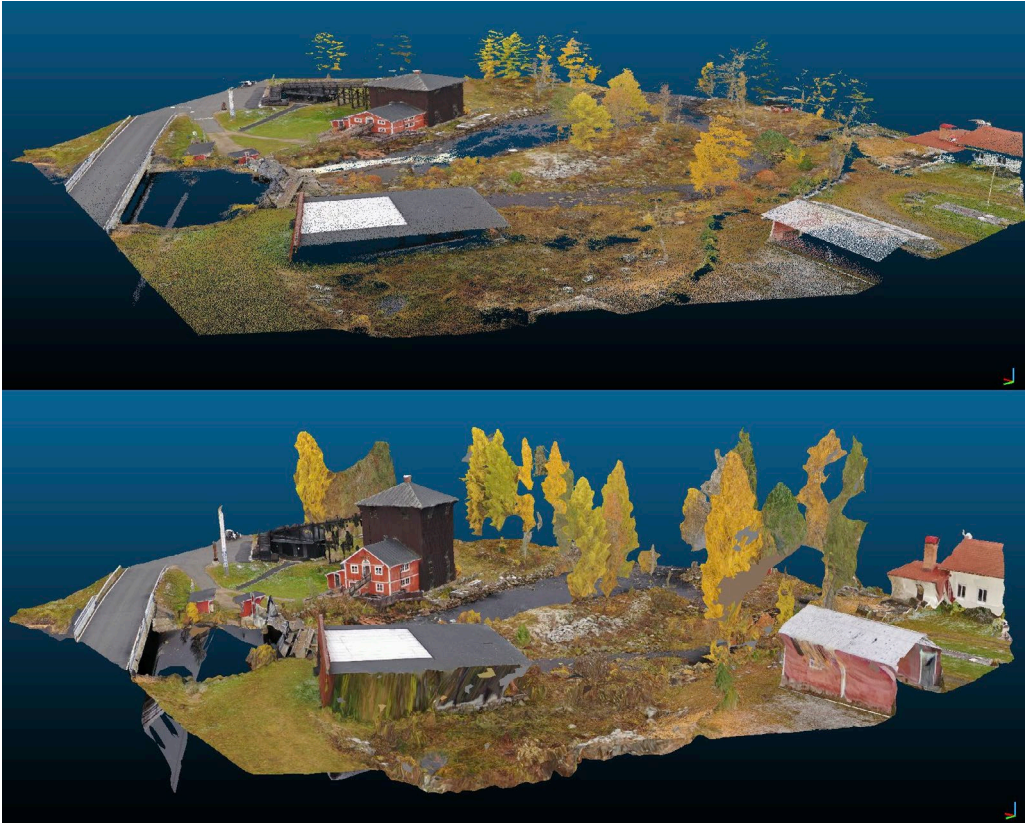
Valtakunnallisesti merkittävä rakennetun kulttuuriympäristön kohde, Jyrkkäkosken ruukki sijaitsee Pohjois-Savon Sonkajärven kunnan Jyrkän kylässä (kuva 12) (Museovirasto 2009d). Ruukki perustettiin 1831 Kiltuanjärven ja Haapajärven väliseen koskipaikkaan. Alueelle rakennettiin kaksi masuunia ja useita tuotantolaitoksia ja ruukki oli toiminnassa vuoteen 1919 saakka. Alueelle rakennettiin 1938 mylly ja myöhemmin saha ja pärehöylä. Osa ruukin tuotantolaitoksia on rekonstruoitu. Myllyn yläkerrassa toimii nykyisin kahvila, Ruukintupa. Ruukinpatruunan 1830-luvulla rakennettu ”Herrala” on remontoitu ja siellä toimii kesäisin ravintola. Jyrkkäkosken koskialueen ympäristö on puistomaista ja kosken Lystisaari ja Lemmensaari ovat olleet pitkään virkistyskäytössä.

**Kuva 12.** Sonkajärven Jyrkkäkosken ruukkialueen droonikuvaukset. Vasemmalla gridikuvauks ja oikealla kaksoisgridikuvauks. Aineistot (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021. RKY-rajaus (©) Museovirasto 2021. Maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



Jyrkkäkosken Ruukkialueella tehtiin 9.10.2019 gridikuvauks laajemmalla alueella noin 60 m korkeudelta ja kaksoisgridikuvauks matalammalta ruukin ja kosken alueelta (kuva 12). Tarkoituksena oli saada kuva-aineistoa tarkempaan 3D-pintamalliaineistoon. Alueelta tehtiin lisäksi yhdestä kuvauspaikasta pallopanoraamakuvauks.

**Kuva 13.** Sonkajärven Jyrkkäkosken ruukkialueen kaksoisgridikuvasaineistojen 3D-tulosteiden vertailu. Yläkuvassa pistepilviaineiston ja alakuvassa 3D-pintamalliaineiston tulostekuva CloudCompare -ohjelman oletusasetuksilla. Kuva (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.



Droonin kuvasaineistoista tehtyä pistepilviaineistoa ja 3D-pintamalliaineistoa on vertailtu Jyrkkäkosken kaksoisgridikuvasaineiston avulla (kuva 13). Koko kuva-aineisto on esitetty viistokuvana. Ylemmässä pistepilvikuvassa näkyvissä on vain todelliset mittauspisteet ja niiden RGB-arvo. Alemmassa 3D-pintamallitulosteessa pistepilviaineiston pisteistä on pyritty tekemään pintoja yhdistämällä läheiset pisteet pinnalla. Ero toteutustavassa ilmenee selvimminkin taka-alan puiden kohdalla. Pistepilviaineistossa puut esitetään harvana pistejoukkona, kun 3D-pintamalliaineistossa ne kuvautuvat mallinnettuna pintana. Aineiston reuna-alueilla mallinnettu pinta näyttää usein epäluonnolliselta pisteiden vähyyden takia. Yksityiskohdissa mallien erot näkyvät selvemmin. Keskellä näkyvästä punaisesta rakennuksesta vasemmalle kulkeva ramppi säilyttää 3D-pintamalliaineistossa heikosti rakenteensa mutta pistepilviaineistossa rampin rakenne on selvästi nähtävissä.

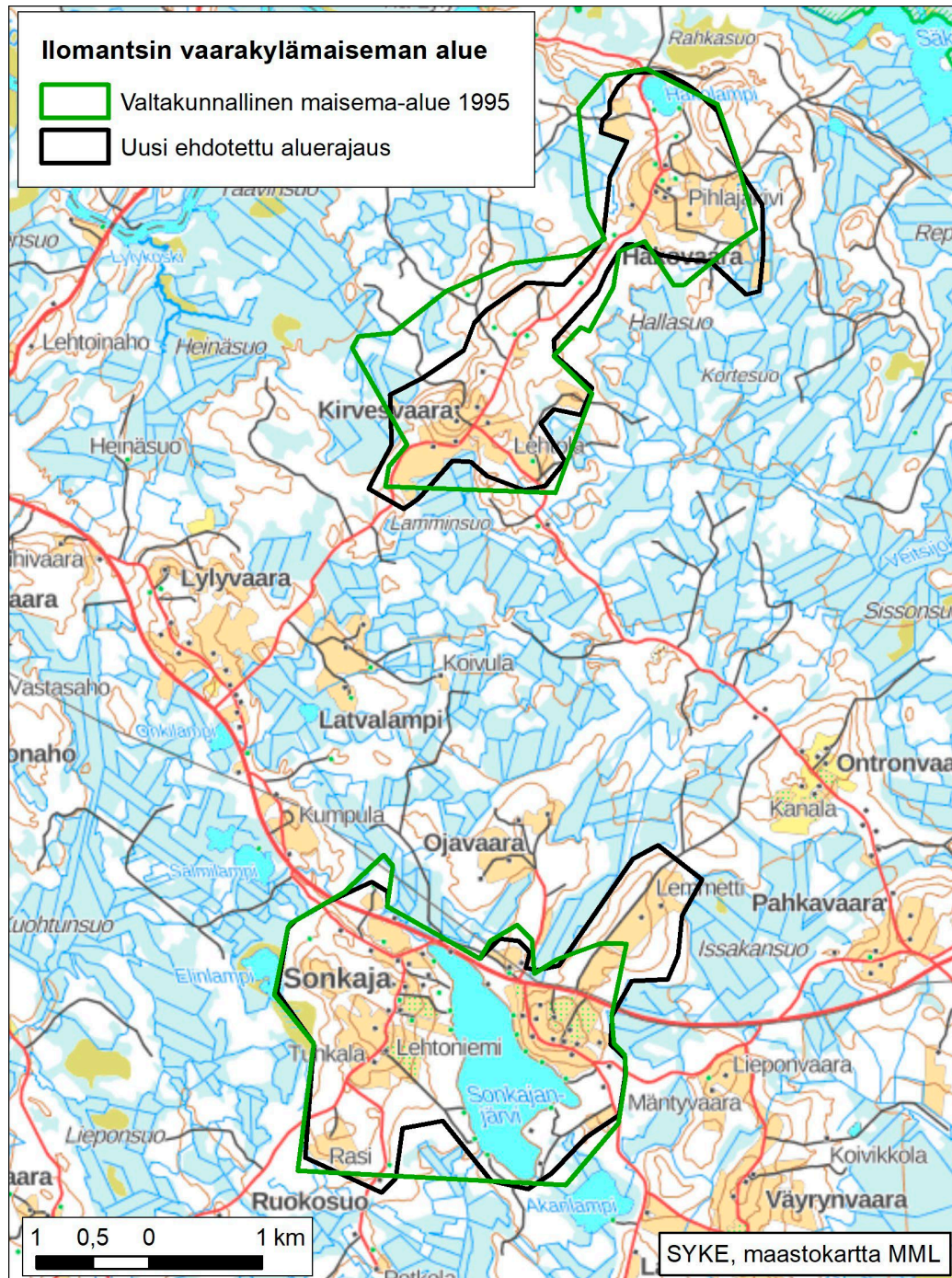


### 3.4 Ilomantsin vaarakylämaisemien alue

Ilomantsin vaarakylämaisemien alue on valtakunnallisesti arvokkaiden Sonkajan ja Kirvesvaaran - Hakovaaran maisema-alueiden muodostama kokonaisuus (kuva 14) (Pohjois-Karjala 2014, Ympäristöministeriön mietintö 66/1992). Alueen vaarojen laet on hedelmällisen maaperän ja suotuisan paikallisilmaston ansiosta otettu viljelykäyttöön jo varhain, ja niille on muodostunut Vaara-Karjalalle tunnusomaisia vaaranlakikyliä avoimine viljelymaineen ja kauas aukeavine näköaloineen. Sonkaja mainitaan jo vuonna 1500 oman perevaaransa eli veropiirinsä keskuksena. Sonkajan kylän keskellä sijaitsee Sonkajanjärvi, jonka itärannat ovat puoliavointa pelto- ja niittyalaa, mutta muualla rantoja peittävät metsäiset moreeni- ja turvemaat. Vaarojen lakialueet ovat kokonaan viljelykäytössä ja tilakeskukset sijaitsevat hajanaisesti avoimen peltoalueen keskellä. Alueen arvorakennuksia ovat Tuomarilan tilan päärakennus, Sonkajan torppa, kylätalona toimiva vanha koulu sekä Korholan ja Lehtoniemen tilojen päärakennukset. Maisema-alueen itäisellä vaaralla on Sonkajan kylätoimikunnan vuonna 1998 rakennuttama ortodoksinen, osin ekumeeniseen käyttöön tarkoitettu tsasouna, joka mukailee kylässä vuosina 1535–1740 sijainnutta kappelia. Ilomantsista Tokrajärvelle ja Uimaharjuun vievä maantie on kulkenut Sonkajan kylän läpi jo 1600-luvulla. Nykyinen Ilomantsista Enoon kulkeva päällystetty Enontie katkoo vanhan jo 1600-luvulta olevan maantien pieniksi pätkiksi maisema-alueen pohjoisosassa.

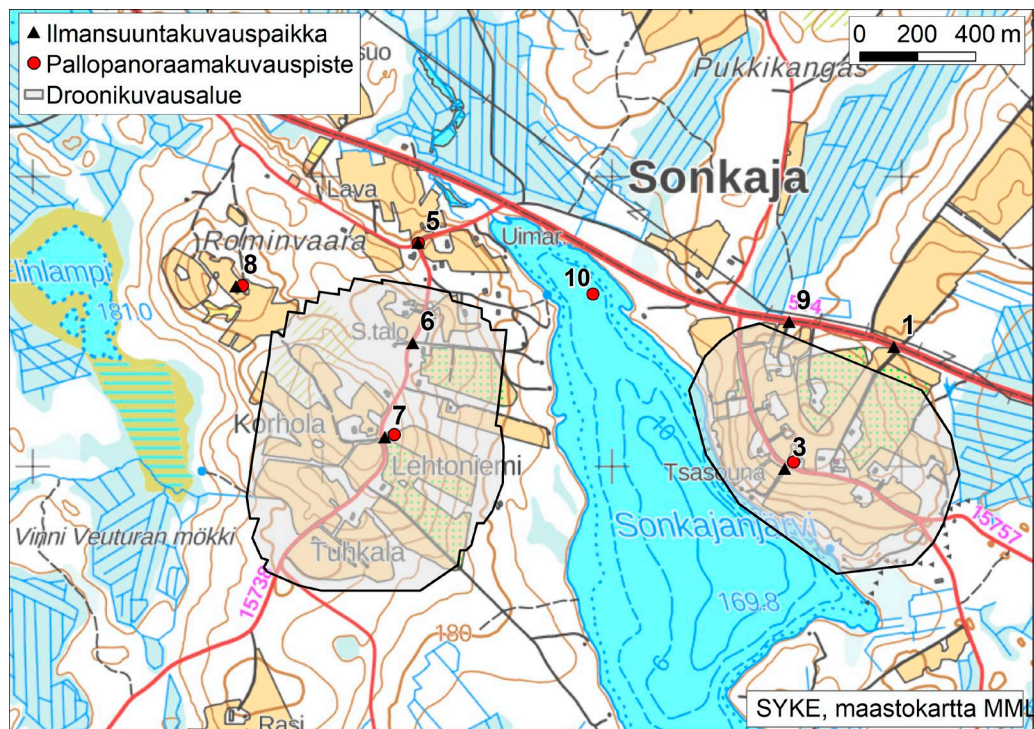
Kirvesvaaran ja Hakovaaran vaarakylät ovat syntyneet 1700-luvun piilopirttiasutuksesta samannimisten moreenivaarojen lakialueille. Kylien viljelykset ovat sijainneet alkujaan vaarojen huuhtoutumattomilla lakialueilla, mutta levittäytyneet sittemmin vaarojen rinteille ja suomaasta raivatuille aloille. Asutus on muodostanut vaaroille väljiä mutta maaston selvästi rajaamia kyläkokonaisuuksia. Vanhempaa rakennuskantaa alueella on säilynyt vain Kirvesvaaran Erolanmäen tilalla sijaitseva 1800-luvun lopulta periytyvä rakennus. Hakovaaran mäntyvaltainen, mutta paikoin koivua, katajaa ja pihlajaa kasvava haka on maakunnallisesti arvokas kokonaisuus. Karreilan kedon ja niityn muodostama biotooppi on määritelty puolestaan paikallisesti arvokkaaksi perinnemaisema-alueeksi.

**Kuva 14.** Ilomantsin vaarakylämaisema-alueen valtakunnallisesti arvokkaiden maisema-alueiden rajaus 1995 ja ehdotettu uusi rajaus. Aineistot (©) SYKE, maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



SYKE:n Jukka Hirvonen ja Hanna Koivula tekivät ilmansuuntakuvaukset ja dronin pallopanoraamakuvaukset 22.8.2019 Hakovaaralla ja Kirvesvaaralla ja 29.8.2019 Sonkajalla. Dronin erityisaineistojen kuvaukset tehtiin 3.10.2019 gridikuvauksena Sonkajalla kahdella kuvausalueella ja Kirvesvaaralla yhdellä kuvausalueella. Sonkajalla tehtiin 3.10.2019 myös joitain täydentäviä maantasalta tehtyjä kuvauksia. Maantasa- ja pallopanoraamakuvaukset tehtiin Sonkajalla Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen pysyviltä kuvauspisteiltä (kuva 15).

**Kuva 15.** Ilomantsin Sonkajan kuvauspisteet ja dronin gridikuvausalueet. Pisteet 1–9 vastaavat Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen seurantapisteitä. Piste 10 on uusi dronin pallopanoraamakuvauspiste. Aineistot (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021. Maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



Kirvesvaaran ja Hakovaaran alueilta ei ollut käytössä aiempia seurantakuvauksia ja alueille tehtiin maastokarttapohjalle kuvaussuunnitelmat, joissa määritettiin ilmansuuntakuvausten ja näkymäkuvausten kuvauspaikat (kuva 16). Ilmansuuntakuvauspaikat sijoitettiin teille, risteysalueille tai paikkoihin, joissa tieltä avautuu eri ilmansuuntiin näkymät erilaisiin maankäyttötilanteisiin. Niiltä oli tarkoitus ottaa myös dronilla pallopanoraamakuvat 30 m ja 50 m korkeudelta. Näkymäkuvien kuvauspaikat sijoitettiin teiden varsille kohtiin, joista aukeni näkymä laajempaan, kauempana olevaan alueeseen. Näkymäkuvien tuli olla laaja-alaisia, joten kuvausmenetelmäksi suositeltiin panoraamakuvauksia. Kuvauspaikkoja sijoitettiin niin, että niiden avulla saataisiin kattavasti kuvattua kylätaajaman keskeiset alueet.

**Kuva 16.** Ilomantsin Kirvesvaaran kuvaussuunnitelma. Punaisten ympyröiden kohdalta tarkoitus tehdä ilmansuuntakuvaukset. Nuolilla kuvattu kohdat, joista tarkoitus ottaa näkymäkuva. Nuolen suunta kuvaa kuva-alueen keskustaa, mutta näkymäkuva suositeltiin ottamaan laaja-alaisena panoraamakuvana. Aineisto (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021, maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



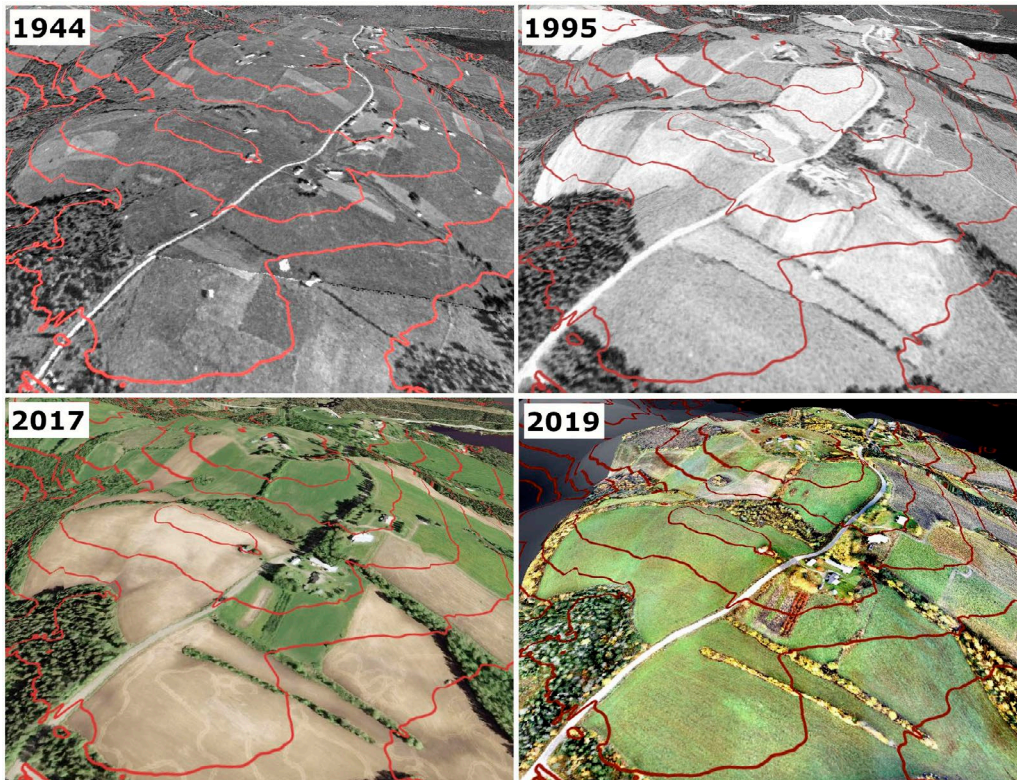
Vanhojen ilmakuviin käytettävyyttä on esitetty vertailemalla Sonkajan läntisen kylän aluetta eri ajankohdan ilmakuvilla ja hankkeessa droonin gridikuvauksella aikaansaattua vastaavaa ortomosaiikkikuvaa (kuva 17). Suoraan ylhäältä kuvattuna erilaiset rakennukset, tiestö ja maanpeitteet on erotettavissa ja niiden pinta-alojen keskinäiset suhteet voidaan helposti arvioida tai tarvittaessa vaikka paikkatieto-ohjelmissa mitata. Droonikuvausten avulla tehty ortomosaiikkikuva ei tässä vertailussa juuri tuo lisäarvoa tuoreeseen ilmakuvaan nähden. Toki lähempään zoomattaessa siinä näkyy yksityiskohtia paremmin.

**Kuva 17.** Ilomantsin Sonkajan läntisen kyläalueen ilmakuvien ja droonin ortomosaiikkikuvan vertailu, jossa kuvia tarkastellaan suoraan päältä. Ilmakuva 1944 (© Puolustusvoimat 2021). Ilmakuvat 1995, 2017 (© Maanmittauslaitos 2021). Droonin ortomosaiikkikuva (© SYKE/KuMaMuu -hanke 2021).



Kun ilmakuvat esitetään korkeusmalliaineiston kanssa viistokuvana kuvilta visuaalisesti arvioitavat ominaisuudet ja eri maanpeiteluokkien osuudet ovat hankalammin arvioitavissa mutta ympäristön topografiset piirteet ovat kuitenkin helpommin havaittavissa (kuva 18). Vaarakylille tyypillinen kylän ja peltojen sijoittuminen vaaran lakialueelle havainnollistuu hyvin. Maisema voidaan mieltää paremmin, kun viistokuva voidaan nähdä kuvaavan myös maan tasalta nähtävää maisemaa lähialueineen ja kaukomaisemineen.

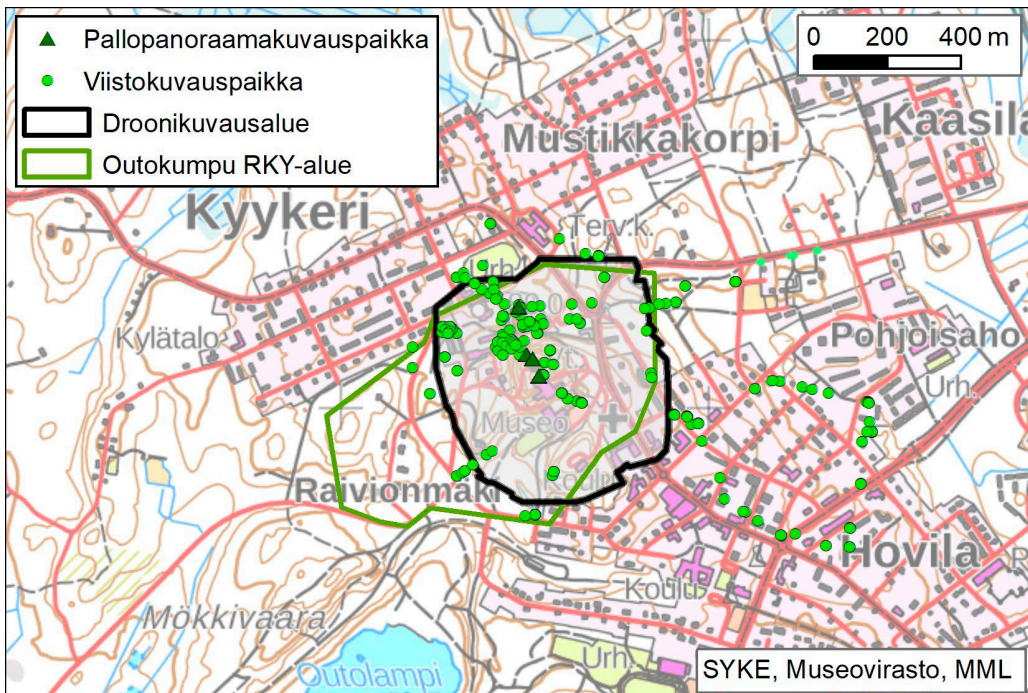
**Kuva 18.** Ilomantsin Sonkajan läntisen kyläalueen ilmakuvien ja droonin ortomosaiikkikuvan viistokuvaesitys, jossa alueen topografia esitetään kuvissa korkeusmalliaineiston avulla. Kuvien korkeusvaihtelua on korostettu. Ilmakuva 1944 (© Puolustusvoimat 2021). Ilmakuvat 1995, 2017 ja korkeuskäyrästä (© Maanmittauslaitos 2021). Droonin ortomosaiikkikuva (© SYKE/KuMaMuu -hanke 2021).



### 3.5 Outokumpu, Outokummun vanha kaivosalue

Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö Outokummun vanha kaivosalue ja Keretin kaivostorni sijaitsee Pohjois-Karjalassa Outokummun kaupungin keskustaajamassa (kuva 19) (Museovirasto 2009c). Tässä tarkastelussa on vanhan kaivoksen alue, jossa kaivostoiminta alkoi 1910 (Piiparinen 2016). Suurin osa alueen rakennuskannasta on peräisin ajalta, jolloin kaivos siirtyi suurtuotantovaiheeseen 1920-luvun lopulta lähtien, muun muassa vanha kaivostupa, rikastamo, murskaamo ja malminnostotorni. Kaivosalueen ympärille on kasvanut Outokummun taajama ja sen läheisyydessä on paljon kaivostyhtiöiden toteuttamaa rakennuskantaa. Kaivostoiminta päättyi vanhan kaivoksen alueella 1950-luvulla. Alueelle avattiin vuonna 1982 Outokummun kaivostomuseo.

**Kuva 19.** Outokummun vanhan kaivoksen alueen droonikuvausalue ja droonilla tehdyt pallopanoraama- ja viistokuvauspaikat. Aineisto (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021, maastokartta (©) Maanmittauslaitos 2021.



Piiparinen (2016) on tehnyt Outokummun taajaman kulttuuriympäristöstä kattavan selvityksen, joka liittyy Outokummun taajaman osayleiskaavan tekoon. Selvityksen yhteydessä otettiin runsaasti kuvamateriaalia, jota tässä hankkeessa osin käytettiin.

Outokummun vanhan kaivosalueen kuvaukset tekivät Pohjois-Karjalan ELY:n Mika Pirinen ja Pekka Piiparinen. Ensimmäisenä maastokuvauspäivänä 7.11.2019 maassa oli ohut lumi-peite. Silloin tehtiin droonilla alueen gridikuvaus ja otettiin viistokuvia. Toisena maastokuvauspäivänä 19.11.2019 maa oli lumeton ja toteutettiin viistokuvauksia ja neljällä kuvauspaikalla pallopanoraamakuvaus. Kolmannella kuvauskerralla 22.11.2019 tehtiin droonilla kaksoisgridikuvaukset. Kuvamateriaalia saatiin erilaisista kuvausoloista ja aineiston käytökelpoisuutta voitiin näin tarkastella monipuolisesti. Outokummun alueen kuvauksissa päätavoite oli kohteen 3D-malliaineiston kuvaus sekä saada viistokuvauksena toistettua aiempien vuosien ilmasta otettuja kuvia. Tässä on tarkasteltu pistepilvi- ja 3D-pintamalliaineistojen käytökelpoisuutta kuvavertailuissa yksittäisiin viistokuvuihin.

**Kuva 20.** Viistokuva Outokummun vanhan kaivoksen alueelta 1950-luvulta. Kuva © Outokummun kaivosmuseo 2021.



**Kuva 21.** Outokummun vanhan kaivoksen alueelta dronilla 7.11.2019 otettu viistokuva samasta kohteesta kuin kuvassa 20. Kuva (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.

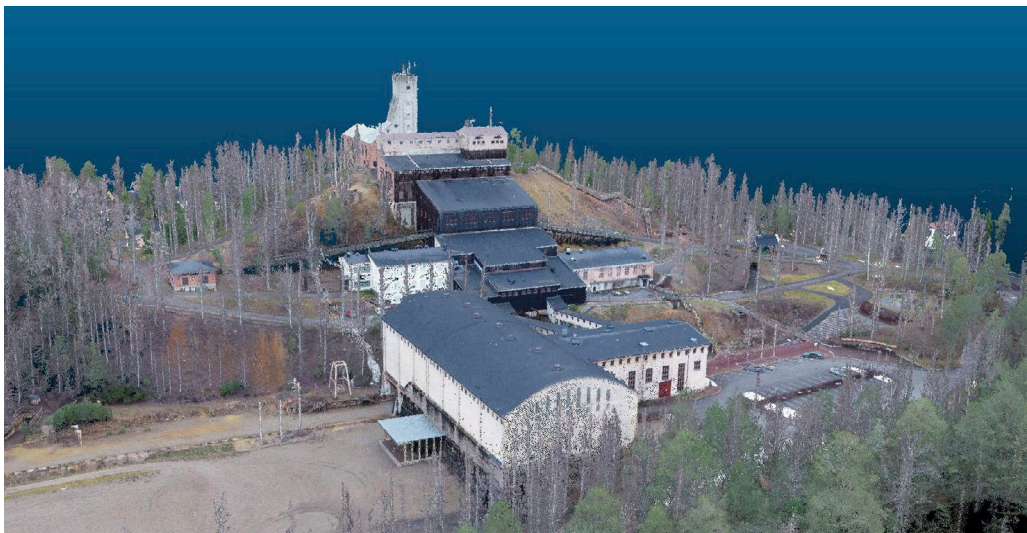




Viistokuvien vertailukuvana käytettiin kuvaa 1950-luvun puolivälistä (kuva 20). Tuolloin suurimittakaavainen teollinen toiminta alkoi päättyä Keretin kaivoksen perustamisen myötä. Toiminnan loppumisen jälkeen, näkyvät rikastekasat hävisivät ja puusto alkoi valata entistä voimakkaammin mäen ja sen ympäristön entisiä teollisuusalueita. Vastaavassa vuoden 2019 dronin viistokuvassa eroja alueen rakennuksissa ei merkittävässä määrin näe mutta ympäristö varsinkin kuvan etualan rakennusten oikean puolen alueella on muuttunut (Kuva 21).

Aiempaa viistokuvaa vastaavan viistokuvan ottaminen dronin avulla vapaalennolla ei ole kovin helppoa, kun pitää löytää ohjauslaitteen näytön avulla kuvauspaikka, josta olisi aiempaa kuva-alaa vastaava näkymä. Dronin avulla aikaansaatuisten pistepilviaineistojen ja 3D-pintamalliaineiston avulla vastaavan kuvapaikan löytäminen on helpompaa. CloudCompare -ohjelman avulla aineistoja pystyi tarkastelemaan eri suunnista ja etäisyyksiltä ja vertailukohteenä olevan viistokuvan kuvauspaikka voitiin selvittää nopeasti ja saada aikaan rinnasteinen tulostekuva (kuva 22). Tulostekuvan laatu jäi varsinaisesta viistokuvasta mutta siitä sai muutostarkastelussa tarvittavan tiedon eli rakennukset ja muutokset vanhempaan kuvaan pystyttiin määrittelemään.

**Kuva 22.** Outokummun vanhan kaivoksen alueen 19.11.2019 kaksoisgridi -kuvauslennon pistepilviaineistosta CloudCompare -ohjelmalla muodostettu viistokuva kuvia 20 ja 21 vastaavasta kuva-alueesta. Kuva (©) SYKE/KuMaMuu 2021.



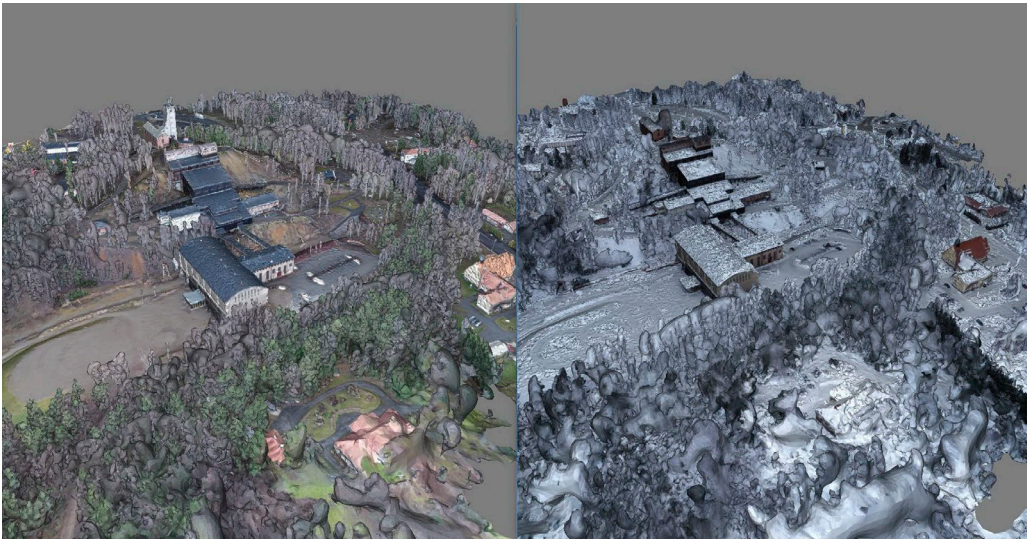
Toinen esimerkkivertailu tehtiin käyttäen saman päivän aikana tehtyjen neljän eri kuvauslentojen pistepilviaineistoja (kuva 23). Kuvaukset tehtiin jokseenkin saman lentosuunnitelman mukaisesti kaksinkertaisena gridi -kuvauksena. Useampia kuvauksia käytettäessä tulostekuvan laatu on myös selvästi parempi kuin yhden kuvauksen aineistosta tehdyssä tulosteessa.

**Kuva 23.** Kuvavertailu Outokummun vanhan kaivoksen rakennuksista droonin 22.11.2019 kuvauksista. Yläkuvassa yksittäinen viistokuva ja alakuvassa neljän saman päivän aikana tehdyn kuvauslennon pistepilviaineistosta tehty tulostekuva. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.



Outokummun kuvausten avulla vertailtiin myös lumipeitteisen (7.11.2019) ja lumettoman (22.11.2019) ajan 3D-pintamalliaineistoja (kuva 24). Eri ajankohdan kuvien avulla voitiin vertailla erilaisten ympäristöolojen vaikutusta kuvien käyttökelpoisuuteen. Lumisen päivän kuvausten käyttökelpoisuus ei ollut kovin hyvä, koska lumipeitteen vuoksi kuvilta erottui vähemmän yksityiskohtia ja siten pistepilviaineisto ja siitä tehty 3D-pintamalliaineisto jäi heikommaksi. Lumettoman ja lehdettömän kuvauksen aineistossa taas rakennukset tulivat paremmin esiin pistepilvi- ja 3D-pintamalliaineistossa joskin tällöin lehdettömien puiden oksat aiheuttivat yksityiskohtien näkymiseen epätarkkuutta.

**Kuva 24.** Outokummun vanhan kaivoksen alueesta 22.11.2019 lumipeitteetön kuva vasemmalla ja 7.11.2019 lumipeitteinen kuva oikealla dronikuvausten 3D-pintamalliaineistoista FPX Preview -ohjelmalla tehdyt tulostekuvat. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.



## 4 Tuloksia

Tämä hanke oli menetelmällinen esiselvitys erilaisten kuva-aineistojen tuottamisesta visuaaliseen muutosseurantaan. Maantasakuvaukset tehtiin Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen mukaisesti ilmansuuntakuvauksina. Paukarlahdella ja Sonkajalla toisintokuvauksina ja Kirvesvaarassa ja Hakovaarassa alkukuvauksina. Kuvauspaikoilta tehtiin menetelmäkokeiluna lisäksi maantasalta panoraamakuvauksia ja droonilla pallopanoraamakuvaukset 30 m ja 50 m korkeudelta. Kaikilta alueilta tehtiin droonikuvauksista ortomosaikki-, korkeusmalli, pistepilvi- ja 3D-pintamalliaineistot. Menetelmäkokeilua oli kuvausten toteuttaminen maastossa ja aineistojen käyttökelpoisuus maantasakuvausten ja ilmakuva-aineistojen korvaajana tai lisänä visuaalisessa muutosseurannassa. Tässä luvussa on tarkasteltu hankkeen tuloksena saatuja kuvausmenetelmiin ja aineistojen käyttöön vaikuttavia tekijöitä.

### 4.1 Kuvaussuunnitelma

Kuvaussuunnitelma on yksinkertaista kertomus siitä miksi, miten ja milloin kuvaukset tehdään. Suunnitelma voi puuttua, olla varsin yleisluonteinen tai hyvinkin yksityiskohdainen. Yksityiskohtaisissa kuvausohjeissa voidaan käsitellä myös kuvausaineistojen jälkikäsitteilyä ja arkistointia. Dronikuvauksissa tehdään tavallisesti lentosuunnitelma, joka voi vastata kuvaussuunnitelmaa tai olla sen osa. Tässä hankkeessa yleisluonteiset kuvaussuunnitelmat tehtiin vain Paukarlahden ja Ilomantsin vaara-alueen maisema-alueilla. Paukarlahdella ja Sonkajalla kuvaussuunnitelma oli hyvin yleisluonteinen, koska tavoitteena oli toistaa Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen kuvaukset ja tehdä samoilta kuvauspaikoilta droonilla pallopanoraamakuvaukset. Kirvesvaaralle ja Hakovaaralle tehtiin tarkempi kuvaussuunnitelma, koska aikaisempia kuvauksia ei ollut. Dronikuvausta varten alueille oli kartalle hahmoteltu suuntaa antavasti alue, joka kattoi tavoitettavan kuvausalueen. Kuvaukset oli tarkoitus toteuttaa yksinkertaisena gridinä. Pidettiin kuitenkin selvänä, että uudet kuvauspaikat ja droonien kuvausalueet määräytyisivät vasta maastossa sopivan kuvauspaikan ja kuvausolosuhteiden mukaan. Outokummun ja Jyrkkäkosken alueilla kuvausten toteutus päätettiin vasta maastossa ilman etukäteen tehtyä kuvaussuunnitelmaa.

Hankkeessa kuvaussuunnitelmat siis jäivät varsin yleisluonteisiksi mutta sovitut kuvaukset saatiin tehtyä. Maantasakuvauksissa ja droonilla tehdyissä pallopanoraama-kuvauksissa kuvaussuunnitelmien yleisluotoisuudesta ei ollut haittaa. Droonilla tehtävien erityiskuvaineistojen kuvausten toteuttamisessa tarkemman kuvaussuunnitelmien puuttumisen haitat todettiin jo maastotöiden aikana. Paukarlahdella droonikuvausalue oli niin laaja, että kuvauksia piti tehdä kahtena päivänä. Kuvausten erityisaineistot työstettiin useita päiviä myöhemmin ja tällöin todettiin puutteita kuvausalueen kattavuudesta, joita paikkaamaan tarvittiin kolmas kuvauskerta. Erillisten kuvausalueiden yhdistämisessä yhdeksi aineistoksi oli myös ongelmia. Ongelmat olisi voitu pääosin välttää kuvausten paremmalla suunnittelulla.

## 4.2 Kuvauspaikka

Kuvausten lähtökohtana oli Visuaalisen maisemaseuranta –hankkeen ilmansuuntakuvausten toistaminen Paukarlahden ja Ilomantsin Sonkajan alueella. Kuvauspaikat olivat määräytyneet aiemmin hankkeessa sovittujen periaatteiden mukaisesti. Joillakin paikoilla kuvauspaikan ympäristö oli kuitenkin kasvanut niin umpeen tai ympäristössä oli tapahtunut niin isoja muutoksia, että vastaavuutta aiempien vuosien kuviin oli vaikeaa nähdä. Tällöin voi olla aihetta pohtia, milloin kuvauspaikan muutokset ovat niin isot, että kuvauspaikka ei enää vastaa tarkoitusta ja se olisi korvattava. Kirvesvaarassa ja Hakovaarassa aikaisempia kuvauspaikkoja ei ollut ja niille perustettiin hankkeessa uudet paikat ilmansuuntakuvaus- ja näkymäkuvauspaikaksi varten kuvaussuunnitelman mukaisesti. Ne sijoitettiin kohdealueiden merkittävimpiin teiden risteysalueisiin ja teiden varsille, kohtiin, joissa näkymä aukeni kohteen peltoaukeille ja tilarakennuksiin. Toteutuneiden kuvausten katsottiin antavan hyvän kuvan alueiden tilasta.

Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen kuvauspaikkojen sijaintitiedot saatiin GPS-koordinaattitietoina ja niiden avulla määritettiin Paukarlahden ja Sonkajan toisintokuvauksena tehdyt ilmansuuntakuvauspaikat. GPS-koordinaattien mahdollinen epätarkkuus huomioiden oletettiin kuvauspaikkojen sijoittuvan koordinaattipaikan läheiseen teiden risteysalueeseen tai teiden ja peltoalueen rajakohtiin. Aikaisempien vuosien kuvausten maastolomakkeiden perusteella kuitenkin ilmeni, että todellisen kuvauspaikan ja ilmoitettujen koordinaattien ero saattoi olla yli 20 m. Usealla kuvauspaikalla kuvauspaikkojen erot olivat niin suuria, että nyt tehtyjä toisintokuvia ei kunnolla voitu käyttää muutoksen arviointiin. Vähäisempiä eroja kuva-aloissa todettiin myös aikaisempien vuosien kuvien välillä. Maastolomakkeissa kuvauspaikkojen tarkka sijainti oli yleensä merkitty jonkin kiintopisteen mukaan metreinä mutta itse kiintopiste saattoi olla sellainen, että sen metrin tarkkaa sijaintia ei voinut määrittää tai se oli saattanut hävitä. Jotkin kuvauspaikat oli sijoitettu niin, että niitä ei pystynyt paikantamaan tarkasti edes aikaisempien kuvien avulla. Joissain kuvauspaikoissa kuvauspaikan ympäristö oli muuttunut talojen ja teiden rakentamisen seurauksena niin, että kuvauspaikka ei pystynyt paikantamaan.



### 4.3 Kuvausajankohdat ja kuvausolot

Kuvausten toteuttamiseen ja kuvamateriaalin käytettävyyteen vaikuttaa kuvausten vuodenaika, sääolot sekä yksittäisen kohteen ja koko kuvaushankkeen kuvausten ajallinen vaihtelu. Tavoitteena muutosseurantakuvauksissa on saada kuvaukset toteutettua mahdollisimman optimaalisten sääolosuhteiden vallitessa aikana, jolloin vuodenaikasta tai ihmisen toiminnasta johtuvia eroja ympäristössä on kohteilla mahdollisimman vähän. Seurantahankkeissa alkukuvausten ajankohta ja kuvausolot määräävät usein myös toisintokuvauksen ajankohdan ja tavoiteltavat kuvausolot. Kuvausten tavoitteista ja arvioitava ominaisuuksista tietysti riippuu, kuinka suuri merkitys mahdollisilla eroilla on. Etenkin maatalousympäristöjen seurannassa maataloustoimien ajoittumista kuvausten toteuttamisajankohtiin voi pitää merkittävänä. Kulttuuriympäristökohteilla kuvauksia voidaan toteuttaa pidemmällä ajanjaksolla.

Digikuvien kuvausolosuhteilla on vähemmän merkitystä kuin filmille otetuissa kuvissa. Digikameroissa vaikeita valaistusoloja voidaan kompensoida kameran kuvausasetuksien avulla paljon jo kuvattaessa ja jälkikäteen kuvia voidaan muokata kuvankäsittelyohjelmilla hyvinkin voimakkaasti (kuva 26). Ylivalottuminen ja tarkennuksen virheellisyys ovat merkittävimmät edelleen haitalliset ongelmat. Koska digikuvien alivalottumista voidaan kuvankäsittelyssä helposti korjata, voidaan yleisenä ohjeena antaa kuvata alivalottaen tai valottamalla kuva taivaan ja latvuston raja-alueelta ja korjata alivalottuneita kohtia kuvankäsittelyohjelmissa.

Droonikuvauksissa pienikin sade estää kuvaukset. Sen sijaan tuulisuus ei ole niin haitallinen tekijä kuin alkuaan odotettiin, sillä kuvauksia on voitu tehdä vielä 10 m/s tuulussa. Optimaalisena kuvaussäänä voi pitää heikkotuulista, valoisaa pilvipoutaa, jolloin valaistus on neutraalia ja valaistuksen vaihtelut vähäisiä. Pilviset, sateiset sääolot voivat estää kuvaukset, mutta toisaalta ei aurinkoinen pilvetön sääkään ole kaikissa kuvauksissa hyväksi. Puolipilvinen, tuulinen sää ei myöskään ole hyvä sää, koska nopeasti liikkuvat pilvet voivat muuttaa kohteen valaistusolot hyvinkin nopeasti. Nopeat vaihtelut valaistusoiloissa voivat olla merkittävä haitta panoraamakuvien ja droonin kuva-aineistojen käsittelylle, jos valaistusolot vaihtelevat eri kuvien välillä. Kasvillisuuden heiluminen, etenkin puiden latvustojen heiluminen tuulussa voi merkittävästi haitata panoraamakuvien muodostusta ja laatua. Droonikuvauksissa lisäongelmia tuo, että saatua kuvausmateriaalia ei maastossa useinkaan pääse kunnolla katsomaan, jolloin huonolaatuista materiaalia ei välttämättä päästä uusimaan samana päivänä. Erityisaineistojen käyttökelpoisuuden pystyy tarkistamaan vasta kun aineistot on tehty, mihin voi kulua päiviä.

**Kuva 26.** Pahastikin alivalottunut digitaalinen kuva voidaan kuvankäsittelyohjelmien avulla korjata kuvan värisävyjakaumaa muuttaen. Yläkuvassa alkuperäinen ja alakuvassa muokattu kuva. Kuvat (©) SYKE/KuMa-Muu -hanke 2021.



Maantasakuvaukset saatiin pääsääntöisesti toteutettua yhden päivän aikana. Yksittäisiä kuvauksia tehtiin Paukarlahdella ja Sonkajalla myös myöhemmin mutta erot kasvillisuuden tilassa eri päivinä otetuissa kuvissa eivät olleet merkittäviä. Myös dronikuvaukset toteutettiin Sonkajalla, Kirvesvaaralla ja Jyrkkäkoscilla yhden päivän aikana. Paukarlahdella dronikuvauksia tehtiin kolmena päivänä (21.8., 29.8. ja 5.9.2019). Eroja kasvillisuuden vuodenaikavaihtelussa ei juurikaan ollut, mutta eroja tuli kuvauspäivien erilaisista valaistusoloista. Valaistusolojen vaihtelut näkyivät lähinnä pallopanoraamakuvissa, joissa joissain kuvissa oli nähtävissä kuvien erilaisista valaistusoloista johtuvia eroja (kuva 27). Useassa kuvassa oli nähtävissä myös yksittäisten kuvien huonosta asemoinnista johtuvia virheitä horisontin puurajassa, mikä voi johtua dronin tuulen aiheuttamasta epävakaudesta.



**Kuva 27.** Pallopanoraamakuvassa tyypillisiä vikoja on yksittäiskuvan asemoinnin virheet ja valaistusolojen muutokset. Horisontin metsälinjassa on vasemmalla selvä asemointivirhe. Koko kuva-alalla näkyy selvä valoisuusero peltoalueen keskusalueen ja vasemman laidan välillä. Kuvat (©) SYKE/KuMaMuu -hanke 2021.



Merkittävimmin kuvausajankohdan venyminen ja valaistusolojen muutokset näkyivät Outokummun vanhan kaivosalueen kuvauksissa, jotka tehtiin myöhään syksyllä. Ensimmäisenä kuvauspäivänä oli maassa ohut lumikerros ja kahtena muuna päivänä maa oli lumeton, mutta pilvinen ja kuvausolot olivat heikot. Lumipeitteen vuoksi kuvilta erotui vähemmän yksityiskohtia ja siten pistepilviaineisto ja siitä tehty 3D-pintamalliaineisto jäi heikommaksi. Lumettoman kuvauksen aineistossa taas kohteen rakennukset tulivat paremmin esiin pistepilvi- ja 3D-pintamalliaineistossa.

Hankkeessa kuvausten toteuttamiseen vaikutti kuitenkin enemmän töiden aikataulutusta kuin tavoiteltava kuvausajankohta ja sopivien sääolojen vallitsevuus. Kun kuvauksiin osallistuu kolmen eri laitoksen työntekijöitä kesän kiireiseen maastotyö- ja lomakauteen sijoituen, niin sopivan ajan löytäminen oli vaikeaa. Töiden hyvä aikatauluttaminen, maastopäivien, myös varapäivien sopiminen onkin yksi merkittävä tekijä kuvausten toteuttamisen onnistumisessa.

## 4.4 Kuvauskalusto

Maan tasalta tehdyt visuaalisen muutoksen kuvaukset on tavanomaisesti tehty järjestelmäkameraa, laajakulmaista objektiivia ja jalustaa käyttäen. Nykyisin digikameroiden avulla kuvaaminen voidaan toteuttaa kevyemmin varustein ja usein ilman jalustaa. Lähes kaikilla mukana olevassa matkapuhelimessa on myös kamera, mikä on aikaansaanut sen, että varsinaisia kameroita ei enää kanneta mukana, vaan kuvaaminen halutaan tehdä matkapuhelimen kameraa käyttäen. Niiden kuvan laatu ja kuvan käytettävyys ei kuitenkaan ole edelleenkään varsinaisten kameroiden luokkaa, mikä heikentää kuvien käyttökelpoisuutta etenkin julkaisukäytössä tai suuremmissa kuvatulosteissa. Droonikuvaukset toteutetaan yleensä niissä kiinteästi olevilla digikameroilla, jotka peruslaitteissakin ovat varsin hyvälaatuisia. Drooneissa olevat kuvanvakaimet vähentävät myös kuvaamisen ongelmia.

Hankkeessa alkuoletuksena oli, että maantasakuvaukset tehtäisiin järjestelmäkameralla laajakuvaobjektiivia käyttäen. Jalustan käyttöä ei pidetty tarpeellisena. Pääosa hankkeen kuvauksista tehtiin kuitenkin matkapuhelimen kameroilla. Järjestelmäkameralla kuvattiin vain muutamalla Paukarlahden kuvauspaikalla. Kameran koko- ja pakkausasetuksien mukaan kuvien laatu vaihteli välttävistä hyvään ollen pääosin riittävä. Merkittävimmät ongelmat olivat, että kameran oletusasetuksien takia kuvakoko ja pakkausaste jäivät usein parhaimmasta tasosta ennekuin huomattiin muuttaa asetuksia. Tämän seurauksena otetut kuvat olivat osin pienikokoisia ja niiden käyttö suuremmissa koossa tai osasuurenoksissa toi pakkausasteen aiheuttaman laadun heikkenemisen näkyviin. Maantasakuvauksissa kuva-alakin vaihteli paljon kamera-asetusten mukaan. Paukarlahdella Visuaalinen maise-maseuranta -hankkeen alkukuvaukset oli tehty normaaliobjektiivilla, jolloin kuva-ala oli varsin kapea. Seuraavina vuosina oli käytetty varsin laaja-alaista objektiivia, jolloin kuva-ala oli suurempi. Nyt otettujen toisintokuvausten kuva-ala jäi aiempia kuvauksia kapeammaksi. Joillain kuvauspaikoilla kuvaukset tehtiin ottamalla vierekkäisiä erilliskuvia, joista saatiin koottua laaja-alaisempia panoraamakuvia.

Hankkeessa kuvaukset oli otettu usein normaalikuvausohjelmalla eli valotus valittiin automaattisesti. Tämän seurauksena osa kuvista oli ali- tai ylivalottuneita. Valotusongelmat olivat merkittäviä etenkin ilmansuuntakuvissa ja panoraamakuvissa, joissa kuvia joutui aina osin ottamaan vastavaloon. Kuvia jatkokäyttöön otettaessa niille tehtiin normaalitoimena valotuksen korjaus, jolloin alivalottumista saatiin parannettua mutta ylivalottumista ei juurikaan voitu korjata.

Matkapuhelinten kamerat ovat hyvin käyttökelpoisia dokumenttikuvaukseen ja niiden avulla voidaan tehdä seuranta-alojen kuvaukset etenkin silloin, kun kuvien käyttö on vain muutosten dokumentointia eikä tällöin ole erityisiä laatuvaatimuksia. Tällöinkin olisi syytä täyttää matkapuhelimia, joissa on hyvä kamera ja käyttää kameroiden parhaimpia koko- ja laatuasetuksia. Suosituksena kuitenkin voi edelleen pitää, että kuvaukset tehdään hyvällä

digikameralla ja laaja-alaisella objektiivilla esim. 20–24 mm kinokoon objektiivia vastaavalla. Toisintokuvauksissa on syytä pyrkiä aiempia kuvauksia vastaavaan kuva-alaan ja kuvatasoon käyttäen vastaavaa objektiivia tai ottaen erilliskuvia, joista voidaan koota laaja-alaisempi kuva. Koska digikuvauksessa kuvien määrällä ei ole väliä, kannattaa kuvauspaikalta ottaa aina useita kuvia erilaisin asetuksin. Valotuksen haarukointia ja HDR-kuvausta kannattaa tarpeen mukaan käyttää.

## 4.5 Panoraamakuvaus

Panoraamakuvat sopivat hyvin dokumentointiin ja visuaaliseen seurantaan koska niiden avulla saadaan kuvattua helposti yksittäiskuvia laaja-alaisempi kuva-alue. Hankkeessa ohjeistettiin maantasakuvauksissa ottamaan samasta kohteesta useampia vierekkäisiä kuvia panoraamakuvien tekoa varten tai käyttämään kameran panoraama-kuvausohjelmaa. Paukarlahden ja Ilomantsin vaara-alueen maisema-alueilla ilmansuuntakuvauspaikoilta otettiin pääsääntöisesti 360-asteen panoraamat matkapuhelimen panoraamakuvausohjelmalla. Vaakakuvauksena otettujen panoraamakuvien korkeussuuntainen kuva-ala oli näissä kuvissa usein liian matala niin, että osa kohteesta leikkautui pois. Kun käytettiin pystykuvausta niin kuva-alueen korkeusvaihtelu oli yleensä riittävä. Panoraamakuvausohjelmia käytettäessä horisontin pitäminen samassa tasossa ja vaakasuorassa oli usein ongelmallista ja kuvissa oli nähtävissä siitä aiheutuvia virheitä kuten kuvien yhdistämisvirheet sekä kameran automaattiasetusten aiheuttamat valaistusongelmat laaja-alaisen kuva otossa. Kuvien laadun tarkistus jo kuvausten yhteydessä ja tarvittaessa kuvauksen uusiminen on tällöin hyvin tärkeää. Kameroiden panoraamakuvausohjelmien sijaan panoraamakuvat olisivat suositeltavaa ottaa vierekkäisinä erilliskuvina tai säästämällä panoraamakuvausohjelman ottamat alkuperäiset kuvat. Niiden avulla voidaan kuvankäsittelyohjelmissa koota laadukkaampi panoraamakuva. Panoraamakuvien hyöty on myös, että niistä voidaan leikata tarvittaessa yksittäiskuvia laaja-alaisempia osakuvia. Tällöin niiden avulla voitiin korvata yksittäiskuvien ottaminen.

Droonien pallopanoraamakuvausten toteutuksessa kuvauskorkeudet olivat hankkeessa 30 m ja 50 m. Näkyvät erot 30 m ja 50 m korkeudelta eivät olleet merkittäviä. Paukarlahdella tehtiin yksi panoraamakuvaus 150 m korkeudelta. Sen perusteella muuallakin olisi kannattanut käyttää 50 m korkeampaa kuvauskorkeutta. Kokeilun arvoista olisi myös ollut tehdä pallopanoraamakuvaus matalammalta. Voisiko droonilla otettu pallopanoraama esim. 2 m korkeudelta korvata maan tasalta otetut kuvaukset? Droonin pallopanoraamakuva on kuva-alaltaan ja laadultaan usein parempi kuin maantasalta otettu kameroiden panoraamakuvausohjelmalla tai yksittäiskuvista otettu panoraama. Niistä voitiin ottaa osakuvia ja käyttää niitä laajempina näkymäkuvina tai tarkempina kohdekuvina.

Laaja-alaisten panoraamakuvauksen ongelmana on niiden käytettävyys tulosteissa, tasoon kuvattuna. Ongelmat lisääntyvät, jos kuva-ala on paljon myös pystysuunnassa. Kuva-ala etenkin pallopanoraamakuvassa on usein vääristynyt. Tasokuvauksena laaja-alaiset panoraamat eivät vastaakaan ihmisen näkemää kuvaa, jolloin kuvan subjektiivinen arviointi vaikeutuu. Panoraamakuvauksissa myös etuala korostuu suhteessa kaukana oleviin kohteisiin mikä myös vaikeuttaa arviointia. Niiden katselu voitiin tehdä normaalikuvien tapaan, jos kuva-ala oli sellainen, että vääristymiä ei merkittävästi ollut. Laaja-alaisempia panoraamakuvia katsellaan käyttäen tietokoneohjelmia, jotka osaavat näyttää panoraamakuvat ihmisen näkemää vastaavasti. Näkyvillä on tällöin vain osa kuvasta ja koko kuvaa tarkastellessa kuvaa pitää ohjelmassa panoroida ja zoomata eri tavoin. Myös esitysprojektiota voi useassa ohjelmassa vaihtaa. Hankkeessa pallopanoraamakuvia tarkasteltiin FSP-Viewer -ohjelmalla, jota käyttäen voitiin tehdä näyttökopioita halutuista osakohteista.

## 4.6 Droonin kuva-aineistot

Tässä hankkeessa käsitellyt dronikuvauksia ovat pallopanoraama- ja viistokuvat sekä erityisaineistot; ortomosaiikki-, korkeus-, pistepilvi ja 3D-pintamalliaineistot. Paukarlahdella, Jyrkkäkoskella, Sonkajalla ja Kirvesvaaralla erityisaineistojen kuvaukset tehtiin gridikuvaustavalla. Jyrkkäkoskella ja Outokummussa tehtiin kuvauksia myös kaksoisgridikuvaustavalla. Kiertokuvaustavalla tehtyjä kuvauksia ei kokeiltu, vaikka se olisikin ollut rakennuskohteille suositeltu kuvaustapa.

Saadulla kuva-aineistolla kokeiltiin kuva-aineiston määrän vaikutusta Paukarlahden ja Outokummun aineistolla, jolloin todettiin suuremmalla kuvamäärällä olevan laatua parantava vaikutus 3D-malliaineistojen laatuun. Sen sijaan suurempi kuvamäärä ei parantanut ortomosaiikkiaineiston laatua. Kuvien määrää voitiin itse asiassa pienentää nyt käytetyistä. Tarkempi selvitys olisi kuitenkin paikallaan, jotta voitaisiin antaa parempia suosituksia kuvamäärästä eri tilanteissa. Myös kuvausalueen koon määrittely vaatisi tarkempaa selvittelyä. Jyrkkäkoskella kuvausalue oli rajattu liian suppeaksi, minkä seurauksena tarkasteluun halutun kuva-alueen reunaosien laatu jäi heikoksi ja pintojen mallinnuksessa oli merkittäviä epätasuuksia. Jyrkkäkoskella erot pistepilviaineiston ja 3D-pintamalliaineiston välillä näkyivät etenkin kuva-alueen reunaosissa. Dronikuvauksissa kuva-alueelle kannattaa ottaa mukaan ympäristö laajemmin tai kohteella voisi kokeilla kuva-alueeseen mukaan otettavien alueiden rajaamista maskiaineistojen avulla. Outokummulla kaksoisgridikuvausten toteutuksessa ongelmaksi tuli kohdealueella olevan tornin droonin kuvauskorkeutta suurempi korkeus, joka huomattiin vasta erikoisaineistojen tarkasteluissa. Tornin huippu jäi 3D-malliaineistossa puutteellisesti mallinnetuksi.

Outokummun vanhan kaivoksen alue oli ainoa kohde, jossa yritettiin toistaa aiemmin ilmasta otettuja viistokuvauksia droonin vapaalennolla. Alueelta oli otettu eri vuosina useampia viistokuvia alueen kaivosrakennuksista ja ympäristöstä. Vapaalennolla oli kuitenkin vaikeaa löytää aiempia kuvia vastaavia kuvauspaikkoja, ja niinpä nyt otettujen viistokuvien vastaavuus aiempiin ei kunnolla toteutunut. Droonikuvauksien 3D-malliaineistoja avulla kohdetta pystyi tarkastelemaan eri puolilta ja viistokuvia vastaavat kuvauspaikat ja näkymät saatiin selvitettyä ja vastinkuvat otettua. Aineistojen tulostekuvien laatu ei tietystikään ollut oikeiden erilliskuvina otettujen viistokuvien tasoa mutta muutosarviointiin kelvollisia. Pistepilviaineistosta saatiin laadultaan parempi tulostekuva kuin 3D-pintamalliaineistosta. Droonin erityisaineistoja voidaan siten käyttää viistokuvausten toistoon etenkin rakennetun ympäristön muutostarkastelussa.

Droonikuvauksissa maastotyöskentely on nopeaa ja kuva-aineistoa saadaan paljon. Kuva-aineistojen jatkokäsittely kuitenkin voi olla hyvin aikaa ja resursseja vievää. Yleisluonteista kaikkiin eri tarpeisiin soveltuvaa aineistoa ei vähällä vaivalla pysty tekemään, mutta tavoitemäärittelyllä, kuten kuva-aineiston laatu- ja kuvausaluerajauksilla voidaan säästää merkittävästi työmäärää niin maastossa kuin jatkokäsittelyssä. Samalla on kuitenkin syytä muistaa, että liian tiukka tai väärässä kohtaan tehty raja- ja vaatimuserä on myös riski. Koska kuva-aineistojen muokkaukseen kuluva aika on kuitenkin pääosin tietokoneresursseja vaativaa, kannattaa kuvien määrä ja päällekkäispeitto kuvauksissa olla mieluummin liian suuret kuin liian pienet. Täydentävien kuvausten tekeminen voi tulla kalliiksi tai olla jopa mahdotonta. Sopiva kuvaustapa ja kuvausten toteutus eri tilanteissa vaatisi kuitenkin lisäselvityksiä. Erityisaineistojen toteutuksessa kannattaa erityisesti pohtia minkä laatuista ortomosaiikki-, korkeusmalli-, pistepilvi- tai 3D-pintamalliaineistoja tarvitaan ja mitä niiden saannissa pitäisi huomioida. Käytetyissä ohjelmissa aineistot saadaan samassa ajossa mutta niiden laatu ja siten käyttökelpoisuus määräytyy käytetyn kuvaustavan ja kuvausasetusten mukaan. Droonin erityiskuva-aineistojen toteutus onkin perusteltua lähinnä vain, jos tarvitaan erityistarkkoja ortomosaiikkeja tai 3D rakennetarkasteluja.

## 4.7 Muut tietoaaineistot

Hankkeessa muiden tietoaaineistojen, kuten karttojen ja ilmakuvien sekä kuva-arkistojen kuvien selvitystyö jäi varsin yleisluonteiseksi ja keskittyi Paukarlahden ja Ilomantsin vaarakylän maisema-alueisiin. Niiltä etsittiin digitoituja kuva- ja kartta-aineistoja internetistä. Pääosin kuvahakuja tehtiin Finna.fi palvelussa. Kuvia oli kyllä runsaasti mutta ne olivat pääosin henkilökuvia tai kuvia tapahtumista tai kohteista, joita ei voinut käyttää ympäristön muutosseurannassa. Kuvien haussa ongelmia aiheutti kuvien hakusanojen yleisluonteisuus. Paikantaminen onnistui useasti vain kuntanimen perusteella ja tällöinkin kuntanimet arkistoissa saattoivat olla vanhoja. Hankkeen kohteista ei paikannettavissa olevia käyttökelpoisia kuvia juuri Jyrkkäkosken Ruukkia ja Outokummun vanhaa kaivosta lukuun

ottamatta ollut. Kuva-arkistoista kuitenkin todettiin löytyvän seurannassa kelvollista kuvamateriaalia paremmin monista muista alueista, joten kuva-arkistoista voi olla apua joidenkin alueiden muutosseurannoissa. Vanhoja kartta-aineistoja ja ilmakuviaakin oli varsin hyvin saatavilla Internetin palvelujen kautta tai paikkatieto-ohjelmissa rajapinnan kautta käytettävissä. Aineistojen jatkokäsittelyn työläyden takia aineistojen käsittely jäi kuitenkin tässä esiselvityshankkeessa vain Sonkajan eri aikaisten ilmakuvien käsittelyyn.

## 5 Yhteenveto

Valtakunnallisesti arvokkaiden kulttuuriympäristöjen ja maisema-alueiden arvojen turvaamisen ja alueidenkäyttötavoitteiden toteutumisen vaikuttavuuden arvioimiseksi on tarpeen kehittää menetelmiä, joiden avulla voidaan saada täsmällistä tietoa kohteiden tilasta ja muutoksista. Tässä hankkeessa selvitettiin, miten uudet digitaaliset kuvausmenetelmät ja saadut kuva-aineistot soveltuvat tarvittavan seurannan lähdeaineistoksi. Kohdealueilla maantasakuvaukset toteutettiin Visuaalinen maisemaseuranta -hankkeen ilmaisuuntakuvaustavan mukaisesti aiempien kuvauspaikkojen toisintokuvauksena ja uusilla alueilla alkukuvauksena. Uutena menetelmänä maantasakuvauksissa kokeiltiin panoraamakuvauksia. Uusi menetelmäkokeilu oli myös droonin käyttö kuvauksissa. Sen kuvauksista tehtyjen 3D-malliaineistojen avulla tietokoneohjelmilla voitiin tarkastella kohdealueiden rakennepiirteitä panoroimalla ja zoomaamalla alueita eri tarkastelukulmista eri mittakaavoissa.

Raportissa esitellään kuvausmenetelmiä ja aineistojen peruskäsittelyjä joidenkin esimerkkien avulla. Ne antavat käsityksen maan tasalta ja droonilla otettujen kuva-aineistojen mahdollisuuksista visuaalisessa seurannassa, mutta moni asia tarvitsisi kuitenkin lisäselvityksiä käytännön töiden ohjeistamiseksi. Varsinaisia kuvien tai niistä tehtyjen aineistojen avulla tehtäviä muutostarvioiteja ja aineistojen ohjelmallisia jatkokäsittelyjä ei tämän esiselvityksen tavoitteisiin kuulunut. Selvityksessä merkittävimmiin seurantakuvausten toteuttamiseen vaikuttaviksi asioiksi voi nostaa kuvaussuunnitelman tekemisen, kuvauspaikkojen dokumentoinnin ja käytetyn kuvauskaluston.

Kunnollisen kuvaussuunnitelman avulla voidaan maastotyöt suorittaa niin, että vältetään odottamattomilta lisätöiltä. Hankesuunnitelmassa kuvausten tavoitteet määrittelevät mitä ja millaisella laadulla kuva-aineistoja tarvitaan. Kuvaussuunnitelmassa määritetään kuvauspaikat ja miten kuvaukset tehdään. Ehkä tärkein kohta suunnitelmassa on aikatauluista sopiminen. Milloin kuvaukset maastossa tehdään? Kuka tekee? Milloin droonin kuva-aineistojen muokkaus erityisaineistoksi tehdään? Milloin ja miten tehdään mahdolliset täydennys- tai uusintakuvaukset? Mitä enemmän kuvauksia toteuttavia tahoja on, sitä suurempi vaikutus huolellisella aikataulutuksella on hankkeen töiden toteutukselle. Maantasakuvauksien ja droonilla tehtävien pallopanoraamakuvauksien toteuttamiseen riittää yleispiirteinenkin kuvaussuunnitelma. Droonilla tehtävien erityisaineistojen kuvausten toteutuksessa yksityiskohtaisempi kuvaussuunnitelma, jossa droonien kuvausalueet,

niiden kattavuus, kuvauspaikat, kuvausaika sekä kuvien muokkausajankohta käyttöaineistoksi on määritetty tarkasti helpottaa töiden toteutusta.

Visuaalisessa muutosseurannassa kuvauspaikat määräytyvät alkukuvauksessa, jolloin kuvauspaikat valitaan ja sijoitetaan seurannassa määritellyin säännöin. Toisintokuvaukset tehdään samoista paikoista, jolloin kuvauspaikan tarkka paikantaminen ja siten myös tarkka dokumentointi on hyvin tärkeää. Kuvauspaikan ilmoittaminen esim. GPS-koordinaatteina tai maastokartalla todettiin riittämättömäksi. Kuvauspaikoista olisi tehtävä tarkempi karttadokumentti, jossa sijainti määritetään tarkasti jonkin helposti paikannettavan kohteen suhteen. Toisintokuvauksissa lopullinen kuvauspaikan oikea sijainti on syytä aina tarkistaa aiempien kuvien avulla.

Matkapuhelinten kamerat ovat yleisesti syrjäyttämässä varsinaiset kamerat - etenkin järjestelmäkamerat - kuvien ottamisessa. Niiden laatu ei kuitenkaan edelleenkään vielä riitä varsinaisten kameroiden tasolle. Näin etenkin, jos kameroiden kuvausasetuksia ei käytetä oikein. Hyvissä valaistusoloissa ja oikeilla asetuksilla kuvat ovat kyllä käyttökelpoisia, mutta heikoissa valaistusoloissa kuvien laatu jää usein niin heikoksi, että niitä ei kuvankäsittelyohjelmissä voida korjata. Matkapuhelimen kameraa ja sen erikoiskuvaustoimia voi käyttää käyttäen suurinta kuvakokoa, lievintä pakkausta ja kameran manuaaliasetuksia. Etenkin valotuksen korjausta kannattaa käyttää. Visuaalisen seurannan kuvaukset olisi kuitenkin suositeltavaa tehdä käyttäen laadukasta digikameraa ja laaja-alaista objektiivia, esim. 20–24 mm kinokoon objektiivia vastaavaa.

Kuvauspaikoilta kannattaa ottaa aina useita kuvia erilaisin asetuksin, koska digikuvauksessa kuvien määrällä ei ole merkittävää kustannusvaikutusta. Valotuksen haarukointia kannattaa käyttää. Yleisenä ohjeena voi olla, että kuvata kannattaa aina hiukan alivalottaen. Alivalottumista voidaan aina ohjelmallisesti korjata, mutta ylivalottuneita kuvia on hankalampi, usein jopa mahdotonta korjata. Kuvauspaikalta yksittäiskuvia kannattaa ottaa myös eri suuntiin, jolloin seurantaan voidaan saada laajempi kuva-ala.

Kuvausmenetelmänä kannattaa käyttää panoraamakuvausta. Panoraamakuvausohjelmia voi käyttää, mutta tällöin olisi hyvä ottaa talteen myös panoraaman teossa otetut yksittäiskuvat. Panoraamakuvausohjelmien aikaansaama panoraamakuva ovat yleensä resoluutioltaan liian pieni seurannan käyttöön. Paremman tuloksen saa tekemällä yksittäiskuvista ohjelmallisesti panoraamakuva. Yksittäiskuvat kannattaa ottaa pystykuvina, jolloin panoraamaan saadaan isompi korkeusala. Panoraamakuvalla saadaan laajoista näkymistä kuva tarkalla resoluutiolla, josta tarvittaessa voidaan myöhemmin leikata eri tarpeisiin osakuvia. Täyspanoraamakuvan ottaminen ilmansuuntakuvien sijaan voi hyvinkin olla suositeltava vaihtoehto visuaalisen seurannan kuvausmenetelmäksi.



Droonilla tehtävien kuvausten etuina pidetään niiden helppoutta, suurta kuva-aineiston määrää sekä erityisaineistojen saatavuutta. Pallopanoraama- ja viistokuvien sekä videointien kohdalla näin onkin. Pallopanoraamakuvien avulla saadaan hyvä yleiskuva kuvauspaikalta visuaaliseen seurantaan. Kuvaukset toteutettiin tässä hankkeessa 30 ja 50 m korkeuksilta mutta yleissuosituksena 30 m korkeus on ehkä liian matala, koska varttuneen puuston korkeus on usein yli 25 metriä. Toisaalta 50 m paljon ylempää voisi kuvata, kun droonilla voidaan kuvata jopa 120 m korkeudesta. Pallopanoraamakuvien käyttöä seurannassa haittaa, että tasoesityksessä pallopanoraamakuvan näkymää on vaikea hahmottaa ja suhteuttaminen normaaliin maan tasalta nähtävään maisemaan on vaikeaa. Kuvien katselu on tehtävä erityisohjelmien avulla, joilla kuvaa voidaan katsella paremmin todellisia näkymiä vastaavasti. Pallopanoraamakuvien etu on, että yhdellä kuvalla saadaan kuva koko ympäristöstä ja siitä voidaan ottaa useita osakuvia erilaisista kuva-alueista eri mittakaavoissa. Pallopanoraamoilla voidaan ja kannattaa korvata erilliset viistokuvat seurannan kuva-aineistoina.

Droonilla saatavien erillisaineistojen kohdalla maastotöiden osuus on pieni osa aineistojen käsittelyn työmäärästä. Erityisaineistojen jatkokäsittely kuvausten jälkeen lopullisiksi käyttöaineistoiksi onkin aikaa vievää niin, että kannattaa harkita mitä tehdä ja milloin. Vasta erityisaineistojen valmistuttua tiedetään niiden onnistuminen ja saadaan tietää mahdollisten täydennys- tai uusintakuvausten tarve. Droonilla tehtävien kuvausten toteutuksessa kannattaa erityisesti miettiä, minkä laatuaisia erityisaineistoja tarvitaan ja mitä niiden saannissa on tällöin huomioitava. Samalla on syytä muistaa, että liian tiukka tai väärässä kohtaa tehty raja- jaus voi olla riski. Täydentävien tai uusien kuvausten tekeminen voi olla hankalaa tai olla jopa mahdotonta.

Erityisaineistojen vertailun perusteella kuva-aineiston määrällä sekä käytetyllä ohjelmalla on selvä vaikutus aineistojen laatuun ja käyttökelpoisuuteen. 3D-malliaineistojen osalta liian pieni kuvamäärä saattaa hävittää merkittävästikin yksityiskohtien näkymistä. Ortomosaikkikuvaan nyt käytettyä kuvamäärää pystyttiin vähentämään ilman, että kuvan laatu olisi siitä heikentynyt. Koska kuva-aineistojen muokkaukseen kuluva aika on kuitenkin pääosin tietokoneresursseja vaativaa, kannattaa kuvien määrän ja päällekkäispeiton kuvauksissa olla mieluummin liian suuret kuin liian pienet.

Erityiskuva-aineistoista käyttökelpoisimpia ovat pistepilviaineisto ja 3D-pintamalliaineisto, joiden avulla tarkasteluun saadaan kohteiden 3D-mallit, joita ohjelmallisesti voidaan tarkastella eri suunnista ja etäisyyksiltä. Ne mahdollistavat aivan uuden tarkastelutavan visuaalisessa seurannassa ja ovat siten hyvin kehityskelpoista aineistoa visuaaliseen seurantaan. Usein ne yksinäänkin ovat riittäviä perustelemaan kohteella tehtävät droonikuvaukset.

## Liite 1: Tietokoneohjelmat

Luettelossa listattu hankkeen aineistojen käsittelyssä käytetyt tietokoneohjelmat. Viitteiden toimivuus on tarkastettu 12.12.2021

ACDSee Photo Studio Ultimate: ACDSee Photo Studio Software | Photo Editing, Photo Management, Photo Editor, Digital Photography, Digital Asset Management, DAM. <https://www.acdsee.com/en/index/>

Agisoft Metashape: Agisoft Metashape. <https://www.agisoft.com/>

ArcGIS: About ArcGIS | Mapping & Analytics Software and Services (esri.com). <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>.

Blender: blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software. <https://www.blender.org/>

CloudCompare: CloudCompare - Open Source project (danielgm.net). <https://www.danielgm.net/cc/>

DJI Media Maker: DJI Media Maker - Download Center - DJI. <https://www.dji.com/fi/downloads/software/other-dji-media-maker>.

DroneDeploy: Drone Mapping Software | Drone Mapping App | UAV Mapping | Surveying Software | DroneDeploy <https://www.dronedeploy.com/>

FBX Review: FBX Review | Cross-platform 3D model viewer | Autodesk <https://www.autodesk.com/products/fbx/fbx-review>

FSPViewer: Welcome to the FSPViewer web pages (fsoft.it) <http://www.fsoft.it/FSPViewer/>

Image Composite Editor: Image Composite Editor - Microsoft Research. <https://www.microsoft.com/en-us/research/product/computational-photography-applications/image-composite-editor/>

PanoramaStudio Pro 3: Create and present 360 degree panoramas | PanoramaStudio Panorama Software (tshsoft.com) <https://www.tshsoft.com/en/index>

Pix4D: Professional photogrammetry and drone mapping software | Pix4D <https://www.pix4d.com/>

PIX4Dmapper: Professional photogrammetry software for drone mapping | Pix4D <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>

PTGui: Photo stitching software 360 degree Panorama image software - PTGui Stitching Software <https://www.ptgui.com/>

QGIS: Tervetuloa QGIS-ohjelmiston pariin! <https://qgis.org/fi/site/>

WebODM: WebODM Drone Software - OpenDroneMap. <https://www.opendronemap.org/webodm/>

## Liite 2: Termejä

**3D-pintamalliaineisto.** Droonin pistepilviaineiston vierekkäisten pisteiden avulla muodostettu 3D -polygoniaineisto, joka kuvaa pistepilviaineiston ulkopintaa.

**Alkukuva.** Seurannan ensimmäisellä kuvauskerralla otettu kuva.

**Alkukuvaus.** Seurannan ensimmäinen kuvaus

**Drooni, drone.** Miehittämätön ilma-alus. Yleisesti termillä tarkoitetaan ilmassa paikallaan lentämään pystyvää pyöriväsiipistä kopteria mutta voidaan tarkoittaa myös kiinteäsiipisiä lennokkeja ja miehittämättömiä lentokoneita

**Droonikuva.** Droonin kameralla otettu kuva.

**Droonikuvaus.** Droonin avulla toteutettu kuvaus.

**Gridikuvaus, gridikuvaustapa.** Droonikuvaus, jossa drooni lentää määritellyn kuvausalueen läpi edestakaisin ottaen kuvia automaattisesti etukäteen määritellyn suunnitelman mukaisesti.

**Ilmansuuntakuva.** Tiettyyn ilmansuuntaan otettu kuva.

**Ilmansuuntakuvaus.** Kuvaus, jossa kuvat otetaan kuvauspaikoilta ennalta määritettyihin ilmansuuntiin - yleensä pääilmansuuntiin.

**Kaksoisgridikuvaus, kaksoisgridikuvaustapa.** Droonikuvaus, jossa droonilla toteutetaan kuvausalueen kuvaus gridikuvauksena ja sen jälkeen saman kuvausalueen kuvaus gridikuvauksena poikittain suhteessa ensimmäiseen kuvaukseen.

**Kehäkuvaus, kehäkuvaustapa.** Droonikuvaus, jossa drooni lentää spiraalimaisesti kohteen ympäri kehässä, ottaen kuvia kehän keskusta päin. Voidaan käyttää myös sisätilojen, esim. seinien kuvaamiseen, jolloin kuvia otetaan kehän ulkopuolelle.

**Kohdekuva.** Määritellystä kohteesta otettu kuva.

**Kohdekuvaus.** Etukäteen määritellyistä kohteista tehty kuvaus. Kohteet ovat yleensä yksittäisiä rakennuksia tai rakennusryhmiä mutta myös luonnonkohteita esim. koskia, lähteitä, ym.

**Korkeusmalliaineisto.** Droonin pistepilviaineistosta muodostettu pisteiden korkeutta referenssitasosta kuvaava rasteriaineisto.

**Maantasakuva.** Maanpinnalta otettu kuva.

**Maantasakuvaus.** Maanpinnalta toteutettu kuvaus.

**Näkymäkuva.** Laaja-alainen, 90–180 asteen kuva. Ihmisen yhdestä tarkastelupisteestä kerralla näkemästä alueesta - näkymästä - otettu kuva.

**Näkymäkuvaus.** Kuvaus, jossa otetaan laaja-alaisia yleiskuvia. Kuvakulma on tavallisesti 90–180 astetta.

**Ortomosaiikki, ortomosaiikkiaineisto ja ortomosaiikkikuva.** Droonin gridi- ja kaksoisgridikuvauksen kuvista ohjelmallisesti yhdistämällä aikaansaatu kuva-aineisto, joka on droonin GPS-tietojen ja mahdollisten maastokontrollitietojen avulla asemoitu koordinaatistoon paikkatietoaineistoksi.

**Pallopanoraamakuva.** Kuvapaikalta otettu 360/180 asteen kuva, joka on saatu yksittäiskuvia ohjelmallisesti yhdistämällä tai varsinaisella 360/180 asteen kuvia ottavalla kameralla.

**Panoraamakuva.** Hyvin laaja-alainen, yli 180 asteen kuva. Yleisemmin panoraamakuva on vaakasuuntaan laaja-alainen, mutta panoraamakuvia voidaan tehdä myös kuvia pystysuuntaan yhdistämällä.

**Panoraamakuvaus.** Kuvaustapa, jossa useita kuvia ohjelmallisesti yhdistämällä tai kameran panoraamakuvausohjelmalla aikaansaadaan yksittäiskuvaa laaja-alaisempia kuvia.

**Pistepilviaineisto.** Droonin gridi- ja kaksoisgridikuvauksen kuvista fotogrammetristen ohjelmien, droonin GPS-tietojen ja maastokontrollipisteiden avulla laskettu useammalta kovalta erotettujen kohteiden sijaintiaineisto.

**Toisintokuva.** Seurannassa myöhemmillä kuvauskerroilla otettu alkukuvaa vastaava kuva.

**Toisintokuvaus.** Alkukuvauksen uusinta.

## Lähteet

- Droneinfo 2021. Droneinfo.fi. Traficom, Liikenne- ja viestintävirasto. <https://www.droneinfo.fi/fi/> 4.10.2021.
- EU 947/2019. KOMISSION TÄYTÄNTÖÖNPANOASETUS (EU) 2019/ 947, - annettu 24 päivänä toukokuuta 2019, - säännöistä ja menetelmistä miehittämättömien ilma-alusten käytössä (europa.eu). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&from=EN>. 12.11.2021
- Euroopan neuvoston maisemayleissopimus 2006. Laki Eurooppalaisen maisemayleissopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta 25.11.2005/922 (SopS 13/2006). <https://www.edilex.fi/valtiosopimukset/20060014>. 12.11.2021
- Heikkilä, T. 2007: Visuaalinen maisemaseuranta: kulttuurimaiseman muutosten valokuvadokumentointi. Tekstit. Musta taide, Helsinki. 232 s.
- Kulttuuriympäristöstrategia 2014–2020. Valtioneuvoston periaatepäätös 20.3.2014. Opetus- ja kulttuuriministeriö ja Ympäristöministeriö. Helsinki 2014. 29 s. <http://hdl.handle.net/10138/43197>. 15.1.2021.
- Lehtinen, Leena. 2005: Karttojen kertomaa: vanhojen karttojen kautta maiseman historiaan. Ympäristöministeriö, 128 s
- Liimatainen Kirsi 2007. Tiehallinnon museotiet ja -sillat. Museokohdeselvitys. – Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 11/2007. 189 s.
- MRA 895/1999, Maankäyttö- ja rakennusasetus. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/1999/19990895>. 12.11.2021
- MRL 132/1999, MRL. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. 12.11.2021
- Museovirasto 2009a. Valtakunnallisesti arvokkaat rakennetun ympäristön kohteet RKY. [http://www.rky.fi/read/asp/r\\_default.aspx](http://www.rky.fi/read/asp/r_default.aspx). 12.11.2021.
- Museovirasto 2009b. Nikkilänmäen museotie, [http://www.rky.fi/read/asp/r\\_kohde\\_det.aspx?KOHDE\\_ID=1057](http://www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=1057). 15.1.2021
- Museovirasto 2009c. Outokummun vanha kaivosalue ja Keretin kaivostorni. [http://www.rky.fi/read/asp/r\\_kohde\\_det.aspx?KOHDE\\_ID=1112](http://www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=1112). 15.1.2021
- Museovirasto 2009d. Savon järvimalmiruukit. [http://www.rky.fi/read/asp/r\\_kohde\\_det.aspx?KOHDE\\_ID=2031](http://www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=2031). 15.1.2021.
- Muuttuvamaalaismaisema.fi 2021. Muuttuva maalaismaisema | SYKE. <http://www.muuttuvamaalaismaisema.fi/fi/> 4.10.2021
- Mökkönen, Teemu 2006: Historiallinen paikkatieto. Digitaalisen paikkatiedon tuottaminen historiallisista kartoista. Suomen ympäristö 34/2006, 74 s. <http://hdl.handle.net/10138/38805>. 12.11.2021
- Nevalainen Olli 2018: Droonit mahdollistavat tehokkaan paikkatiedon keruun kuntien tarpeisiin. Positio 1/2018:12–14.
- Piiparinen Pekka 2016. Outokummun taajaman kulttuuriympäristö. – Suomen paikalliskulttuuriyhdistys ry 2016. 193 s. [http://www.maisemat.fi/database/artikkelit/files/files/Outokummun\\_taajaman\\_kulttuuriymparisto.pdf](http://www.maisemat.fi/database/artikkelit/files/files/Outokummun_taajaman_kulttuuriymparisto.pdf) 6.12.2021.
- Pohjois-Karjala 2014. POK-raportti-valtakunnalliset.pdf (maaseutumaisemat.fi). <http://www.maaseutumaisemat.fi/wp-content/uploads/2014/05/POK-raportti-valtakunnalliset.pdf>. 15.1.2021
- Pohjois-Savo 2014. PSA-raportti-valtakunnalliset.pdf (maaseutumaisemat.fi). <http://www.maaseutumaisemat.fi/wp-content/uploads/2014/02/PSA-raportti-valtakunnalliset.pdf>. 15.1.2021
- Pointcloud 2021. COMBAT/Pointcloud, kaupunkien, metsien ja väylien pistepilvimallintamisen ja 3D-digitalisaation tutkimushanke. <https://pointcloud.fi/> 20.1.2021.
- Soini, Katriina; Pouta, Eija; Kivinen, Tapani & Usitalo, Marja (toim.) 2008. Maaseutu-maiseman muutos, arvottaminen ja eurooppalainen maisemayleissopimus. – Maa- ja elintarviketalous 135. 135 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-208-9>. 6.10.2021
- Valtioneuvoston päätös YM/2017/81. Valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista. <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f80577688>. 15.1.2021.
- Vilhunen Saara 2010: Kulttuurimaisemien inventointi ja arvottaminen. Kehitysideoita inventointi- ja arvottamiskäytännölle Suomen ja Saksan välisen vertailun pohjalta. Diplomityö. Aalto-yliopiston Teknillinen korkeakoulu, Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. 157 s. <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/3357/urn100284.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 18.1.2021
- Ympäristöministeriön mietintö 66/1992. Arvokkaat maisema-alueet – Maisema-aluetyöryhmän mietintö, osa II, 1993. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Helsinki.
- Visuaalinen maisemaseuranta 2020. Peltomaiseman muutos - visuaalinen maisemaseuranta 2020 | Maa- ja kotitalousnaiset (maajakotitalousnaiset.fi). <https://www.maajakotitalousnaiset.fi/hankkeet/peltomaiseman-muutos-visuaalinen-maisemaseuranta-2020-15270>. 4.10.2021.



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet

ISBN: 978-952-361-214-3 PDF

ISSN: 2490-1024 PDF