

Laura Kämäräinen

## **360°-VIRTUAALIKIERROS ASEMAKAAVAHANKKEEN HAVAINNOLLISTAMISSESSÄ**

# **360°-VIRTUAALIKIERROS ASEMAKAAVAHANKKEEN HAVAINNOLLISTAMI- SESSA**

Laura Kämäräinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Rakennusarkkitehti  
Oulun ammattikorkeakoulu



# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusarkkitehtuurin tutkinto-ohjelma

---

Tekijä(t): Laura Kämäräinen

Opinnäytetyön nimi: 360°-virtuaalikierron asemakaavahankkeen havainnollistamisessa

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Visualization of area plan with 360° virtual tour

Työn ohjaaja(t): Kimmo Illikainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 33 + 2 liitettä

---

Uusien aluesuunnitelmien visualisoinnissa 360°-virtuaalikierroksella voidaan luoda kokonaisvaltainen kuva alueen rakentumisesta. Tekniikka tarjoaa mahdollisuuden havainnollistaa interaktiivisesti suunnitelmien ideoita ja tavoitteita. Selainpohjainen 360°-virtuaalikierron antaa visualisoinnille näkyyden ajasta ja paikasta riippumatta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia interaktiivinen 360°-virtuaalikierron Zeniitin matkailualueen asemakaavaluonnoksen pohjalta. Tarkoituksena oli toteuttaa houkutteleva ja havainnollinen virtuaalikierron alueen markkinointia ja esittelyä varten. Zeniitin virtuaalikierron tehtiin Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta Kempeleen kunnalle.

Opinnäytetyössä tutustuttiin asemakaavan havainnollistamiseen sekä laajennetun todellisuuden termistöön. Lisäksi perehdyttiin 360°-virtuaalikierron ja 360°-panoraamakuvaukseen dronilla.

Zeniitin matkailualueen virtuaalikierron aloitettiin kokoamalla 3D-pintamalli InfraWorks-ohjelmassa ja rakennukset SketchUp-ohjelmassa. Pintamalli ja rakennukset tuotiin Lumion-visualisointiohjelmaan, josta renderöitiin panoraamakuvat. Panoraamakuvat käsiteltiin ja yhdistettiin dronilla kuvattuihin ilmakehän kuvaviin Photoshopilla. 360°-virtuaalikierron kokoamiseen käytettiin 3DVista Virtual Tour Pro -ohjelmaa. Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan visuaalinen ja interaktiivinen 360°-virtuaalikierron, joka julkaistiin Kempeleen kunnan verkkosivuilla ja sosiaalisen median kanavilla.

---

Asiasanat: Visualisointi, 3D-mallinnus, 360, virtuaalikierron, asemakaava

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Architecture

---

Author(s): Laura Kämäräinen  
Title of thesis: Visualization of area plan with 360° virtual tour  
Supervisor(s): Kimmo Illikainen  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022  
Number of pages: 33 + 2 appendices

---

The visualization of the new area plans with 360° virtual tour create more comprehensive picture of areas construction. The technology offers a possibility to present the idea and the objective of a plan on a more detailed level. The browser based on a 360° virtual tour is available regardless of time and place.

The aim of this thesis was to create an interactive 360° virtual tour of Zeniitti area plan. The object was to create an interesting and illustrative virtual tour for marketing and presentations. The virtual tour was made on assignment for Ramboll Finland Oy to the municipality of Kempele.

As part of the thesis, the visualization of the area plan and the terminology of augmented reality was introduced. In addition of these how to shoot 360° panoramic photos with a drone and how to make the 360° virtual tour were examined.

The virtual tour was started by making a 3D-model of the terrain in Infracore and buildings with SketchUp. The terrain and the buildings were transferred to Lumion-visualization program for rendering panoramic photos. In Photoshop-program the panoramic photos were edited and connected to panoramic photos taken by drone. 360° virtual tour was created in 3DVista Virtual Tour Pro -program. The result of this thesis was visual and interactive 360° virtual tour which Kempele published in its home web page and in social media channels.

---

Keywords: Visualization, 3D modeling, 360, virtual tour, area plan

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	ASEMAKAAVA .....	7
2.1	Asemakaavaprosessin eteneminen ja osallistumismahdollisuudet eri vaiheissa.....	8
2.2	Havainnollistaminen asemakaavahankkeessa .....	9
2.3	Ajallisen toteutumisen havainnollistaminen .....	10
3	VISUALISOINTI.....	12
3.1	Laajennettu todellisuus.....	12
3.1.1	Virtuaalitodellisuus VR .....	12
3.1.2	Lisätty todellisuus AR.....	13
3.1.3	Yhdistetty todellisuus MR.....	13
3.2	360°-virtuaalikierrros .....	14
3.3	Kokemuksellisuus visualisoinnissa .....	15
4	360°-PANORAAMAKUVA .....	17
4.1	360°-panoraamakuvatyytit .....	17
4.2	360°-panoraamakuvaus dronilla.....	18
5	MATKAILUALUE ZENIITIN HAVAINNOLLISTAMINEN .....	20
5.1	Zeniitin asemakaava .....	20
5.2	Aloituskokous ja lähtötiedot.....	22
6	3D-MALLIN LAATIMINEN .....	23
6.1	Pintamalli.....	23
6.2	Rakennukset ja rakennetut elementit .....	25
6.3	Lumion renderöinti.....	27
7	3D-MALLISTA 360°-VIRTUAALIKIERROKSEKSI.....	29
7.1	Kuvankäsittely .....	29
7.2	3DVista Virtual Tour PRO -ohjelma.....	30
8	POHDINTA .....	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET .....	39
	Liite 1 Valmis 3D-mallinnus	
	Liite 2 Vaiheistuksen havainnekuvat	

# 1 JOHDANTO

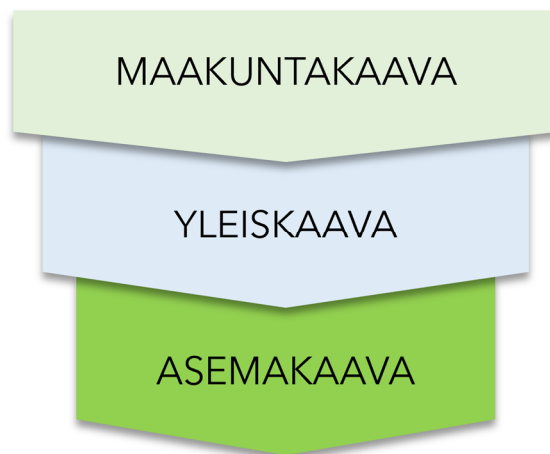
Nopeasti kehittyvät ohjelmat ja laitteet mahdollistavat entistä helpommin toteutettavia ja realistisempia esityksiä. Uusilla menetelmillä voidaan luoda näyttäviä esittelyaineistoja, jotka tarjoavat katsojalle mahdollisuuden tutustua tulevaisuuden näkymiin kokemuksellisessa virtuaaliympäristössä. Kaavoitusprosessissa, etenkin asemakaavaa laadittaessa, havainnollistavat materiaalit auttavat lisäämään vuorovaikutusta sekä edistävät alueen markkinointia.

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa interaktiivinen 360°-virtuaalikierrös Zeniitin asemakaava-hankkeeseen. Zeniitin 360°-virtuaalikierröksen tavoitteena on tukea alueen markkinointia, esitellä alueen monipuolisia toimintoja sekä havainnollistaa alueen vaiheittaista rakentumista. 360°-virtuaalikierröksen toteutuksen lisäksi tutkitaan muita virtuaalisia havainnollistamisen muotoja.

Työn aluksi käydään läpi asemakaavan vaiheita ja tutkitaan visualisoinnin hyödyntämistä asemakaavoituksessa. Toisena perehdytään laajennetun todellisuuden termistöön ja tutustutaan hieman panoraamakuvaukseen. Koska työssä halutaan esitellä myös alueen vaiheittaista rakentumista, tutkitaan myös suppeammin 4D-mallinnuksen mahdollisuuksia. Lopuksi käydään läpi 360°-virtuaalikierröksen työvaiheet Kempeleen Zeniitin asemakaava-alueelle. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Ramboll Finland Oy ja Zeniitin asemakaava-alueen 360°-virtuaalikierröksen tilaajana Kempeleen kunta.

## 2 ASEMAKAAVA

Kaavajärjestelmä muodostuu maakuntakaavasta, yleiskaavasta ja asemakaavasta. Maakuntakaava antaa puitteet kuntien kaavoitukselle ja yleiskaava ohjaa alueen käyttöä ja rakentamista yleispiirteisesti. (1.) Asemakaava on kaavajärjestelmän yksityiskohtaisin kaava. (Kuva 1.) Asemakaava ohjaa alueen tulevaa käyttöä ja rakentamista yksityiskohtaisesti ja tarkentaa yleiskaavan maankäyttöratkaisuja. Asemakaava osoittaa rakennusten sijainnin, käyttötarkoituksen ja rakennusoikeuden maksimin. Asemakaava koostuu kaavakartasta ja kaavaselostuksesta. Tarkempia rakentamisen yksityiskohtia, kuten rakennusten korkeutta, kattomuotoa, julkisivujen materiaaleja ja värejä, voidaan ohjata erikseen laadittavalla rakennustapaohjeella. (2; 3.)



*KUVA 1. Kaavoituksen tasot*

Kaikkissa kaavoituksen tasoissa on otettava huomioon valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Alueidenkäyttötavoitteiden tehtävä on varmistaa valtakunnallisesti merkittävien asioiden huomioon ottaminen, auttaa saavuttamaan maankäyttö- ja rakennuslain ja alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, sekä edistää kansainvälisten sopimusten täytäntöönpanoa. (4.)

## 2.1 Asemakaavaprosessin eteneminen ja osallistumismahdollisuudet eri vaiheissa

Ympäristöministeriön mukaan asemakaavan laatiminen on maankäyttö- ja rakennuslain säätelämä vuorovaikutteinen prosessi, joka edellyttää suunnitelmien kuulemista, tiedottamista ja osallistamista. Kaavahankkeessa osallisia ovat ne, joiden oloihin tai etuihin kaava saattaa huomattavasti vaikuttaa, esimerkiksi kaava-alueen omistajat, asukkaat ja muut ympäristön käyttäjät. (5.)

Maankäyttö ja rakennuslain 1§ 2 momentin mukaan tavoitteena on turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun sekä suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus. Lisäksi varmistetaan asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. (3.)

Lähes jokainen kaavaprosessi etenee neljän seuraavan vaiheen mukaan: aloitus-, luonnos-, ehdotus- ja hyväksymisvaihe. Eri vaiheissa osallistumis- ja vuorovaikutusmahdollisuudet vaihtelevat. (Kuva 2.) Myös kaavaprosessin laajuus vaikuttaa osallistumismahdollisuuksiin. Tieto osallistumismahdollisuuksista ja mahdollisimman selkeät havainnollistavat aineistot sekä monipuoliset keskustelukanavat ovat oleellisia, jotta hyvää vuorovaikutusta voi syntyä kaavahankkeen edetessä. (3.)



KUVA 2. Kaavaprosessin eteneminen ja osallistuminen eri vaiheissa (3)

Aloitusvaiheessa kunta ilmoittaa kaavoituksen vireille tulosta erillisellä kuulutuksella tai kaavoituskatsauksen yhteydessä. Kuulutus julkaistaan yleensä paikallislehdessä ja/tai sähköisesti kunnan kotisivuilla. Tämän yhteydessä tiedotetaan kaavoituksen lähtökohdista, suunnitteluajataulusta sekä osallistamis- ja arviointimenettelystä. Osallistamis- ja arviointisuunnitelma (OAS) on oleellinen osa kaavaprosessin aikaista vuorovaikutusta, osallistamista ja kaavan vaikutusten arviointia. Kuntaan on mahdollista jättää aloitusvaiheessa mielipide, jos OAS koetaan puutteelliseksi. (3; 6.)

Valmisteluvaiheessa laaditaan kaavaluonnos kerätyn aineiston perusteella. Kaavaluonnoksesta voidaan laatia useampia vaihtoehtoja ja näihin haetaan osallisten mielipiteitä. Osallistumisen ja vuorovaikutuksen kannalta valmisteluvaihe on kaikista tärkein. Valmisteluvaiheessa käydään neuvottelut eri osapuolten kesken ja voidaan järjestää yleisötilaisuuksia. Tässä vaiheessa suunniteltuja ratkaisuja olisi hyvä havainnollistaa myös muilla havainnollistavilla esitystavoilla. Osallisilla on mahdollisuus jättää mielipide kuntaan ja vaikuttaa näin suunnittelun etenemiseen. (3; 6.)

Ehdotusvaiheessa luonnos viimeistellään kaavaehdotukseksi ja asetetaan nähtäville. Kunta ilmoittaa kaavaehdotuksesta kuulutuksella. Ehdotusvaiheessa osallisilla on oikeus tehdä muistutus, jonka perusteella kaavaan on vielä mahdollisuus vaikuttaa, jos jotain oleellista on jäänyt huomioimatta. Kaavan sisällöstä kuitenkin päättää lain puitteissa kunta, joten vuorovaikutus ei kuitenkaan tarkoita sitä, että jokainen mielipide olisi ratkaiseva. (3; 6.)

Kaavan viimeisessä vaiheessa käydään läpi hyväksymiskäsittely ja kaavan hyväksyminen. Kunnanvaltuusto hyväksyy vaikutukseltaan merkittävät asemakaavat, muissa tapauksissa hyväksyminen voidaan siirtää johtosäännöllä kunnanhallitukselle tai lautakunnalle. Kaavan hyväksymispäätöksen jälkeen on voimassa valitusaika. Jos valituksia ei ole tullut, päätös tulee lainvoimaiseksi ja kaavan voimaantulosta julkaistaan kuulutus. Jos kaavasta on valitettu, asia siirtyy hallinto-oikeuden käsiteltäväksi ja tämän jälkeen hallinto-oikeuteen, jos osapuolet ovat tyytymättömiä ratkaisuun. (3; 6.)

Monipuolisella ja havainnollistavalla visualisoinnilla voidaan tukea osallistamista ja kaupunkilaisten osallistumista kaavoitusprosessiin. Yleisön osallistuminen on tärkeää kaavahankkeen onnistumisen kannalta, sillä lopulta suunnitelmista tulee ihmisten arkea. Usein osallisista harvat ovat suunnittelun ammattilaisia, joten siksi hyvin havainnollistettu visualisointi tai interaktiiviset menetelmät voivat auttaa laajentamaan ymmärrystä ja edistää vuorovaikutusta. (7.)

## **2.2 Havainnollistaminen asemakaavahankkeessa**

Kaavakartat ja selostukset eivät aina anna täyttä kuvaa kaavan periaatteista ja tavoitteista. Osallisille voi olla epäselvää, mihin milläkin kaavatasolla voidaan vaikuttaa, ja kaavakartan perusteella osallisten mielikuvat suunnitelmasta voivat olla hyvinkin erilaisia. Havainnollistavan aineiston käyttäminen ja esittäminen kaavahankkeen eri vaiheissa lisää ymmärrystä ja kommunikaatiota osallisten välillä. (8; 9, s. 20.)

3D-visualisointien laajempi kehittäminen ja hyödyntäminen kasvavat vauhdikkaasti ja kehitystyö kohti interaktiivisempia verkkopohjaisia järjestelmiä on koko ajan käynnissä. Karkeatasoinen 3D-malli, jossa esitetään maasto ja yksinkertaiset rakennukset, alkaa olla normaali menettelytapa suunnitteluprosessin ohessa. Kuitenkin vielä useissa projekteissa 3D-mallin hyödyntäminen jää lähinnä muutama renderöityyn kuvaan. (10;8.)

Alankomaissa 2009 tehdyssä empiirisessä tutkimuksessa havaittiin, että käsitys suunnittelusta paranee, kun siirrytään 2D-muotoisesta karttakuvasta yksityiskohtaisempaan 3D-malliin. Kiinnostus 3D-malleja kohtaan kasvoi sitä mukaa, kun siirryttiin abstraktimmasta kaavas suunnitelmasta kohti lopullista rakennussuunnitelmaa. (10.)

3D-visualisoinnit ovat osoittautuneet hyödyllisiksi yleisön osallistumisen ja viestinnän kannalta. Yksi 3D-visualisoinnin etu on sen houkuttelevuus ja mielenkiinnon lisääntyminen, mikä voi lisätä yleisön osallistumista ja edistää yleisesti alueen mielenkiintoa. Fotorealistiset 3D-visualisoinnit lisäävät luottamusta ja uskottavuutta. Tämä voi olla myös haitaksi, sillä käyttäjät uskovat näin enemmän 3D-visualisointiin, joka ei todellisuudessa täydellisesti voi vastata tulevaa. (10.) Suositeltavia ovatkin sellaiset havainnollistamisen muodot, jotka tukevat kaavan ideaa ja tavoitteita mutta jättävät rakennussuunnittelijalle vaihtoehtoja (9, s. 20). Asemakaava ei kerro vielä yksityiskohtaisesti, mitä lopputulos tarkalleen tulee olemaan, vaan kaikki mahdollisuudet asemakaavan rajoissa ovat mahdollisia lopputuloksia. (10.)

3D-visualisoinnin yhteydessä voidaan myös pyrkiä parantamaan yleisön osallistumista. Esimerkiksi Oulussa Vanhan Hiukkavaaran alueella on hyödynnetty avointa virtuaalimallia, jossa on mahdollisuus tutkia ja kommentoida vaihtoehtoisia suunnitelmia alueesta. Mallia esitettiin verkkosovelluksessa ja CAVE-virtuaalilaboratorioissa VR-laseilla. Verkkosovelluksessa esitettävässä virtuaalimallissa voi liikkua vapaasti ja samalla jättää kommentteja suunnitelmaan. Mallissa on useampi vaihtoehto alueen mahdollisesta rakenteesta ja malliin on sisällytetty tietoa kortteleista. Sovelluksen tarkoitus on tutustuttaa osallisia kaupunkisuunnitteluun ja parantaa vuorovaikutusta. (8; 11.)

### **2.3 Ajallisen toteutumisen havainnollistaminen**

Uusien asemakaavojen havainnollistamisessa olisi hyvä pohtia, voidaanko ajallista toteutumista havainnollistaa jotenkin. Suunnitelmien havainnollistamisessa aikaa pidetään neljäntenä ulottuvuutena (12). 3D-mallilla pyritään esittämään yleensä aina lopullinen tilanne ja 4D:n avulla voidaan lisätä aikaulottuvuus malliin. 4D-mallinnus yhdistetään pääasiassa tietomallinnuksen osaksi, jossa



3D-tietomalliin saadaan sisällytettyä aikataulusuunnitelma, jonka avulla 3D-malliin voidaan luoda simulaatio. Tämän avulla voidaan havainnollistaa ajallista toteutumista tai rakentamisen aikana tapahtuvia asioita. (13.) Etenkin isoissa projekteissa, johon liittyy monta eri tekniikka-alaa ja toimijaa, 4D-simulaatiolla voidaan sujuvoittaa esimerkiksi rakentamisen aikaista toimintaa. Suurin osa tämän hetken 4D-malleista on kuitenkin käytännössä visualisointia varten toteutettu. (12; 14.)

Asemakaavoituksessa tietomallinnus on vielä melko pitkälti kehittelyvaiheessa ja siirtyminen laajemmin tietomallinnukseen vaatii suurempaa muutosta lainsäädännöstä lähtien. Tietomallinnus tulee kuitenkin olemaan osa asemakaavoitusta tulevaisuudessa. Ympäristöministeriön Kuntapilotti hanke toteutti vuosina 2018–2019 ehdotuksen uudistuvan lainsäädöksen mukaisista asemakaavoituksen tietomallipohjaisista määrittelyistä. Tämän tarkoitus on edistää kaavoituksen digitalisointumista. (15, s.186.)

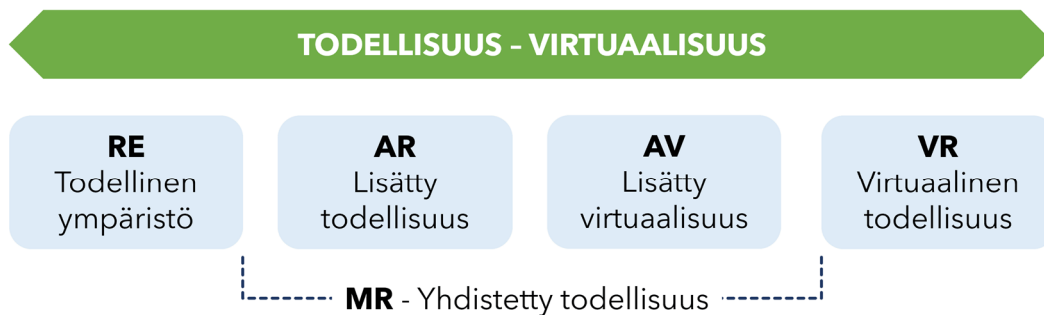
Uutta kaavoitus- ja rakentamislakia on valmisteltu jo vuosia ja eduskunnalle on tehty esitys, jonka tarkoitus on korvata nykyinen maankäyttö- ja rakennuslaki. Tämä laki tulisi voimaan 2024. Ehdotus sisältää muun muassa parannuksia maankäytön suunnittelun digitalisoitumisen tueksi. Digitalisaation osalta on ehdotettu yhteisesti määritettävien tietorakenteiden käyttöönottoa, jotta tietomallipohjainen toiminta on mahdollista. (16.)

Ajallista toteutumista voidaan kuitenkin esittää hyvin monella tavalla, eikä sen tarvitse suoraan liittyä tietomalliin. Tällä hetkellä asemakaavan ajallisen toteutumisen havainnollistamisessa voidaan hyödyntää 4D-simulaation kaltaisia esitystapoja.

### 3 VISUALISOINTI

#### 3.1 Laajennettu todellisuus

Laajennettu todellisuus eli extended reality (XR) on kattotermi, joka viittaa kaikkiin teknologioihin, jotka yhdistelevät tietokoneavusteisesti luotua virtuaalista ja todellista maailmaa. Laajennettua todellisuutta voidaan pitää jatkumona todellisen- ja virtuaalisen maailman välillä. Laajennettu todellisuus pitää sisällään virtuaalitodellisuuden (VR), lisätyn todellisuuden (AR) ja yhdistetyn todellisuuden (MR). Nämä tekniikat eroavat toisistaan sen mukaan, miten kaukana tai lähellä ne ovat todellisuutta ja virtuaalisuutta. Virtuaalitodellisuus on käytännössä kauimpana todellisuudesta ja lisätty todellisuus lähempänä todellista maailmaa. Augmented virtuality (AV) eli lisätty virtuaalisuus -käsitettä ei juurikaan käytetä teknisten laitteiden yhteydessä. Virtuaalitodellisuutta ja todellista ympäristöä yhdistelevistä teknologioista käytetään yleensä nimitystä yhdistetty todellisuus (MR). (Kuva 3.) (17; 18.)



KUVA 3. Laajennetun todellisuuden jatkumo

##### 3.1.1 Virtuaalitodellisuus VR

Virtuaalitodellisuus (VR) on tietokonegrafiikan tai 360-kuvan avulla luotu täysin keinotekoinen maailma. Virtuaalitodellisuus on täysin suljettu kokemus, jota tarkastellaan VR-laseilla. VR-lasit luovat

virtuaalisen näkökentän katsojan silmien eteen, LCD- tai OLED-näytöillä, jotka voivat esittää tietokoneella luotua virtuaaliympäristöä tai 360°-virtuaalikierrosta. Lasit liitetään yleensä tietokoneeseen, konsoliin tai älypuhelimeen. Laseissa on kaksi näyttöä, joissa voidaan esittää sama kuva hieman eri kulmissa. Tämä tekniikka jäljittelee ihmisen todellista katsetta. VR-lasien kanssa voidaan käyttää käsiohjaimia, jolla voidaan liikuttaa esineitä virtuaalitodellisuudessa. VR-teknologia on tunnettu pelimaailmassa jo pitkään, mutta teknologiaa on alettu hyödyntää myös teollisuudessa, arkkitehtuurissa, markkinoinnissa, terveydenhuollossa ja opetuksessa. (19; 20.)

### **3.1.2 Lisätty todellisuus AR**

Lisätty todellisuus eli augmented reality (AR) hyödyntää olemassa olevaa todellisuutta ja lisää todellisen ympäristön päälle virtuaalisia elementtejä. Yleensä lisättyä todellisuutta katsellaan älypuhelimella tai tabletilla, mutta AR-tekniikkaa hyödyntäviä laseja löytyy useissa eri muodoissa, kuten puettavissa AR-laseissa ja älylaseissa. Älylasit tuovat tiedon suoraan silmien eteen älypuhelimien sijasta ja voivat muistuttaa paljon tavallisia silmälaseja. (21; 22; 23.)

Tunnettu esimerkki lisäystä todellisuudesta on Pokémon Go -peli, jossa virtuaaliset hahmot näkyvät puhelimen näytöllä kameran kautta näkyvän todellisuuden päällä (24). Suunnittelun ja havainnollistamisen kannalta oleellisia AR-tekniikkaa hyödyntäviä ohjelmia löytyy useita. Ohjelmat voivat esittää 3D-malleja hologrammeina tai simuloida todellisen kokoisia tuotteita tilaan. Esimerkiksi, 3D-malli voidaan muuttaa täysikokoiseksi rakennusohjeeksi, jota voidaan katsoa AR-laseilla samaan aikaan, kun työtä tehdään tai tarkastella asennusten kulkua todellisessa ympäristössä. AR-tekniikalla on mahdollista myös kerätä tietoa ympäristöstä, esimerkiksi älypuhelimelle löytyy ohjelmia, jolla voi määrittää todellisten kohteiden mittoja. (25.)

### **3.1.3 Yhdistetty todellisuus MR**

Yhdistetty todellisuus eli mixed reality (MR) on sekoitus virtuaalista ja lisättyä todellisuutta. Keskeinen ero lisättyyn todellisuuteen on se, että ympäristön digitaaliset osat ovat tietoisempia todellisen maailman rajoista ja pystyvät näin tarkemmin olemaan vuorovaikutuksessa todellisen ympäristön kanssa. Myös käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa virtuaalisen ympäristön kanssa samanaikaisesti. Yhdistetty todellisuus on mukaansatempaavampaa ja interaktiivisempaa kuin lisätty todellisuus. (20;21.)

Yhdistetty todellisuus hyödyntää kameroita ja antureita kerätäkseen mahdollisimman paljon tietoa ympäristöstä ja luodakseen näin virtuaalisen kartan todellisuudesta. Tämän avulla MR-tekniikka voi yhdistää virtuaalisia elementtejä todelliseen ympäristöön paremmin kuin lisätyn todellisuuden - tekniikka, jossa virtuaaliset elementit ovat vain kuvana todellisuuden päällä. Erilaisten antureiden ja kameroiden avulla MR-tekniikka kykenee ymmärtämään ihmisen liikkeitä ja puhetta. Sijainti ja paikannusjärjestelmillä on mahdollisuus lukea käyttäjän sijaintia niin todellisessa kuin virtuaalissa ympäristössä. (26.)

MR-tekniikka on vielä kehityksen alla oleva teknologia ja sen kehitys riippuu paljon siitä, miten järjestelmät mahdollistavat tulevaisuudessa ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen. Toimintaan tehokkaasti MR-teknologian on kyettävä ymmärtämään ympäröivää maisemaa ja ihmisen toimia kyseisessä ympäristössä. Koska MR-tekniikka on huomattavasti monimutkaisempaa kuin AR, se vaatii laitteistolta enemmän laskentatehoa. MR-laseja löytyy vähiten markkinoilta ja ne ovat kalliita suhteessa muihin tekniikoihin. (26.)

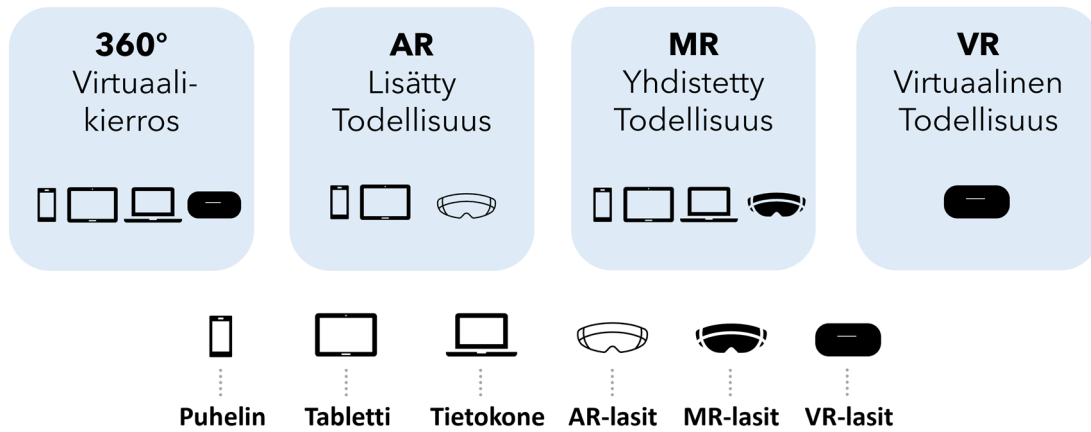
### **3.2 360°-virtuaalikierron**

360°-virtuaalikierron (virtual tour) koostuu useista panoraamakuvista, joissa katsoja voi katsoa ympärilleen ja liikkua kuvasta toiseen. Mitä lähempänä kuvat ovat toisiaan, sitä realistisemmän liikkumisen kokemuksen se luo katsojalle. Virtuaalikierrokset voivat sisältää erilaisia siirtymäelementtejä, ääntä, videoita, kuvia ja informaatiota. (27, s.2.) Virtuaalikierroksen tekemiseen löytyy useita ohjelmia ja useat ohjelmat tukevat myös virtuaalikierroksen julkaisemista VR-laseille. (28.)

360°-virtuaalikierroksia hyödynnetään paljon digitaalisen markkinoinnin työkaluna, esimerkiksi kiinteistöjen myynnissä ja todellisten kohteiden esittelyssä. (29.) Etenkin kiinteistöjen esittelyssä 360-kuvien kuvaaminen kohteesta on yleistynyt viime vuosina ja selattaessa asuntoilmoituksia voidaan useista kohteesta löytää jo 360°-virtuaalikierron perinteisten kuvien lisäksi. Yksi tunnetuimmista 360°-virtuaalikierroksista on Googlen street view, joka koostuu miljoonista panoraamakuvista. Street view -sisältöä on kuvattu 360-kameroilla ympäri maailmaa. (30.) Todellisten kohteiden lisäksi 360°-virtuaalikierron sopii hyvin myös 3D-mallinnuksen virtuaaliseen esittelyyn.

360°-virtuaalikierroksen etuna on, ettei sen esittämiseen tarvita erillistä laitteistoa. Näin ollen esittäminen ja jakaminen on helppoa. Useilla ohjelmilla on mahdollista jakaa 360°-virtuaalikierron palvelimen kautta selaimen, jolloin kierrosta on helppoa katsoa omalla kännykällä, tietokoneella tai

televisiolla, missä ja milloin tahansa. Kun esitys ei ole paikkaan tai laitteistoon sidottua, tämä mahdollistaa esityksen laajan näkyvyyden. (Kuva 4.) (27, s.2.)



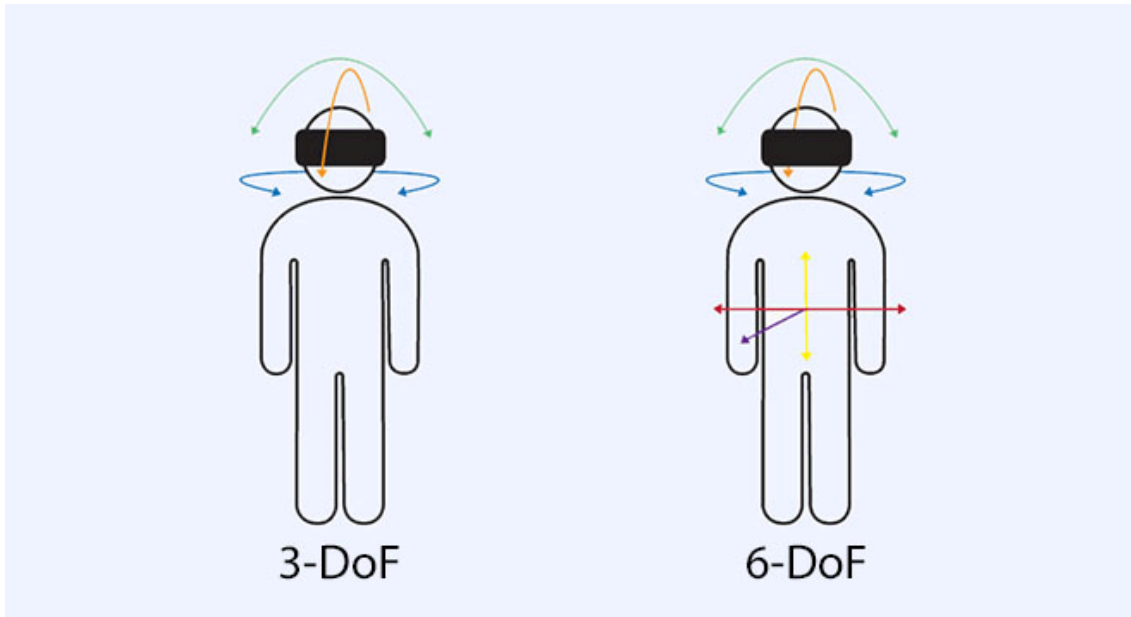
KUVA 4. Eri tekniikoiden kanssa yhteensopivat laitteet

### 3.3 Kokemuksellisuus visualisoinnissa

Virtuaalitodellisuuden yhteydessä puhutaan usein immersioista eli ”uppoutumisesta” virtuaalimaailmaan. Tällöin kokemus tuntuu aidolta ja käyttäjä voi unohtaa olevansa keinotekoisesti luodussa ympäristössä. Tämä kuitenkin vaatii laadukkaat VR-lasit ja kuulokkeet. Virtuaalitodellisuuden ulkopuolelta tulevat äänet ja laitteiston rajoitteet voivat luoda ristiriitaa todellisen ja virtuaalimaailman välillä rikkoen mahdollisen immersion. (19.)

Virtuaalisen todellisuuden lisälaitteivalikoima laajenee jatkuvasti. Uudet lisävarusteet luovat virtuaalitodellisuuden kokemuksesta entistä todentuntuisempaa. Erilaiset käsissä pidettävät laitteet ja käsiineet luovat vuorovaikutusta käyttäjän ja virtuaalitodellisuuden välille. Näkö- ja kuuloaistin lisäksi voidaan aktivoida tuntoaistia ulkoisilla toimilla. Esimerkiksi tilassa voidaan säädellä lämpötilaa, kosteutta ja ilmavirtaa. (21; 31.)

Liikkumisen vapausasteilla voidaan myös määritellä virtuaalitodellisuuden kokemuksellisuutta ja todentuntua. Vapausasteilla (DoF = degrees of freedom) viitataan siihen, miten monella tapaa käyttäjä voi liikkua kolmiulotteisessa virtuaalitodellisuudessa. (Kuva 5.) (21.) VR-lasit ja käsihjaimet ovat yleensä vapausasteeltaan 3-DoF tai 6-DoF (32).



KUVA 5. Liikkumisen vapausasteet VR-laseilla (32)

3-DoF-laite pystyy tunnistamaan ainoastaan lasien kiertoliikkeen. Tämän tyyppiset lasit sopivatkin paremmin 360-kuvan avulla luotuihin virtuaalitodellisuuksiin, jossa mahdollisuutta liikkua vapaasti mallissa ei ole. (32.)

6DoF-lasit havainnoivat ihmisen liikettä todellisessa tilassa eteen taakse ja sivuille. Järjestelmä voi tunnistaa käyttäjän liikkeen joko ulkoisilla antureilla, jotka sijoitettu ympäri huonetilaa tai lasiin upotetuilla näkyvän valon matalaresoluutioisilla kameroilla, jotka havainnoivat ympäröivää tilaa. 6-DoF-järjestelmä luo käyttäjällä paljon todentuntuisemman vapauden tulkia ja toimia VR:ssä. Jotta vapaata liikkumista voidaan toteuttaa VR:ssä, on myös todellisen tilan oltava vapaasti liikuttava. (32.)

Liikkumiseen tueksi on myös kehitetty monenlaisia lisävarusteita, kuten Virtuix Omni monisuuntainen juoksumatto. Mikä takaa käyttäjälleen mahdollisuuden kävellä tai juosta vapaasti virtuaalimaailmassa, ilman että todellisuuden rajat tulisivat vastaan. (31.)

## 4 360°-PANORAAMAKUVA

### 4.1 360°-panoraamakuvatyytit

360°-panoraamakuvat voidaan muodostaa muutamalla eri tavalla, joko pallo-, lieriö- tai kuutiopanoraamana. Pallopanoraama pystyy edustamaan koko ympäröivää tilaa pysty- ja vaakasuunnassa. Pallomainen panoraamakuvaa kattaa 360° vaakasuunnassa ja 180° pystysuunnassa. Kuva muodostuu tasakulmaiseksi panoraamakuvaksi, jonka suhde on tasan 2:1. Kuva näyttää ylä- ja alaosasta hyvin vääristyneeltä, sillä kuvan navat venyvät koko leveyden mitalta. (33.)

Lieriöpanoraamakuva muodostuu vaakasuuntaisesta lieriöstä, joka voi kattaa koko 360°. Pystysuunnassa näkökenttä voi kattaa käytännössä vain noin 120°. Tämän vuoksi lieriömäinen projektiio soveltuu enimmäkseen yhdeltä vaakasuuntaiselta riviltä kuvattuihin panoraamoihin. Esimerkiksi puhelimesta kuvattu panoraamakuva vastaa parhaiten tätä projektiotapaa. (28.)

Kuutiopanoraama muodostuu kuudesta kuvasta, jossa kuvataan 4 kuvaa vaakaan sekä yksi kuva ylhäältä ja alhaalta. Kuvien reunat eivät välttämättä asetu yhtä saumattomasti kuin pallomaisessa panoraamakuvassa. Kuutiopanoraamaa voidaan hyödyntää 360°-panoraamakuvan muokkaamiseen. Vääristyneen tasasivuisen pallopanoraamakuvan muokkaaminen kuvan ylä- ja alaosasta voi olla hankalaa vääristymän vuoksi. Pallomainen panoraama voidaan muuttaa väliaikaisesti kuutiopanoraamaksi, jolloin etenkin kuvan ylä- ja alaosaa on helpompi muokata. Tämän jälkeen kuva voidaan palauttaa takaisin pallomaiseen muotoon. (28.)

Useat visualisointiohjelmat mahdollistavat 360°-panoraamakuvien renderöinnin myös stereomuodossa. Stereo panoraamakuvaa voidaan hyödyntää ainoastaan VR-laseilla katsottaessa. Stereokuvassa kummallekin silmälle luodaan oma panoraamakuva. Kuvien välille jätetään hieman erilaiset katselukulmat, jotka vastaavat paremmin ihmisen todellista katsetta. Stereokuva luo katsojalle todellisemman tuntuksen syvyysvaikutelman. Näytöllä stereokuvat esitetään yleensä kahtena kuvana päällekkäin, jossa ylempi kuva on vasemman silmän kuva ja alempi oikean. (34.)

## 4.2 360°-panoraamakuvaus droonilla

360°-panoraamakuva koostuu yleensä aina useammasta kuvasta ja yleisesti ottaen jokaisella droonilla voidaan kuvata 360°-panoraamakuva. Kuvat on mahdollista ottaa manuaalisesti ja yhdistää ne jälkikäteen kuvankäsittelyllä. Nykyisin kuitenkin monet droonit sisältävät panoraamatilan, joka kuvaa ja yhdistää automaattisesti usean kuvan kokoelman valmiiksi panoraamakuvaksi. (35; 36.) Drooneille löytyy myös panoraamojen automaattikuvaukseen kehitettyjä sovelluksia, kuten DronePan tai Litchi (37).

Manuaalisesti 360°-panoraamakuvaus aloitetaan ottamalla kuva noin 45°:n välein, kiertämällä vaakasuunnassa koko kierros aloituspisteeseen. Seuraavaksi siirrytään 30° alemmas ja toistetaan samanlainen kierros. Kuvaus toistetaan vielä 60°:n kulmassa ja lopuksi suoraan alapuolelta otetaan yksi kuva. Kuvissa olisi hyvä olla noin 40–50 prosenttia päällekkäisyyttä, jotta kuvankäsittelyssä kuvat yhdistyvät saumattomasti. Automaattinen panoraamatila tai sovellus käytännössä toistaa tämän saman, ilman että jokainen kuva täytyy erikseen ottaa. Automaattisella sovelluksella tulokset ovat yleensä tarkempia ja sovellus korjaa suurimman osan vääristymistä. (37.)

Kuvausolosuhteet vaikuttavat merkittävästi panoraamakuvan onnistumiseen. Äkilliset tuulenpuuskat ja kovat tuulet liikuttavat dronia ja tällöin lopulliseen kuvaan tulee vääristymiä. Droonin koko ja paino vaikuttaa myös vakauteen. Suuremmat ja raskaammat droonit leijuvat vakaammin kuin kevyemmät. Myös valaistusolosuhteet on hyvä ottaa huomioon, jos kuvataan monitasoisia panoraamoja. (38.)

Panoraamakuvia kuvatessa kannattaa tarkastella droonin asetuksia. Etenkin manuaalikuvauksessa on hyvä huomioida tietyt asiat, kun kuvataan useaa kuvaa samaan kohtaukseen.

Panoraamakuvausessa pidempi polttoväli on optimaalisempi. Polttoväli kertoo miten kapea tai laaja objektiivin kuvakulma on (39). Laajakuvalinssillä kuviin syntyy suurempaa vääristymää, joka tekee jälkikäsitelystä vaikeampaa. Pidemmällä polttovälillä otettujen panoraamojen yhdistäminen on huomattavasti helpompaa. Markkinoilta löytyy hyvin erilaisilla kameroilla varustettuja drooneja ja monissa drooneissa on kiinteänä vain laajakuvalinssillä varustettu kamera. Edistyneemmät drooneissa on mahdollisuus säätää myös aukkoa. Valaistusolosuhteiden mukaan voi olla tarpeen säätää objektin aukkoa parhaan kontrastin ja terävyyden saavuttamiseksi. (38.)

Panoraamaa kuvattaessa pienillä suljinnopeuksilla voidaan vähentää tai poistaa liikkeen aiheuttama epäterävyyttä. Droonilla kuvatessa yleensä 1/60 sekunnin nopeus toimii hyvin. Optimaaliseen



suljinnopeuteen vaikuttaa ennen kaikkea se, kuinka hyvin drooni pysyy ilmassa paikoillaan. Tähän vaikuttavat kuvaolosuhteet ja droonin ominaisuudet, kuten vakaus, koko ja paino. Droonin roottorin värinä voi jo itsessään aiheuttaa tarpeeksi värinää, jolloin pitkällä valotusajalla kuvaan tulee epätarkkuutta. (35; 38.)

Automaattinen ISO-arvo kannattaa kytkeä pois päältä, jotta kuvien välille ei tule valotuseroja. ISO-arvoksi kannattaa valita kameran oletus ISO-arvo. Valotus ja tarkennusasetukset tulisi pysyä jokaisen kuvan kohdalla samana. Kun tarkennus on vakaa, kannattaa tarkastaa vielä koko kuvattava alue ylivalotuksen varalta. (35; 38.)

Panoraamakuvat kannattaa kuvata RAW-muodossa. RAW-tiedosto on raakakuva, joka sisältää kaiken kameran tallentaman kuvadatan. JPEG-kuvatiedosto on valmiiksi pakattu ja käsitelty tiettyyn muotoon, joten se menettää osan kuvadatasta. RAW-kuvien käsittelyssä on huomattavasti laajemmat mahdollisuudet kohinan, yksityiskohtien ja valotuksen muokkaamiselle ja säilyttämiselle. (38; 40.)

Yhtenä vaihtoehtona 360°-panoraamakuvan tai -videon ottamiselle ilmasta on yhdistää 360-kamera suoraan drooniin. Etenkin jos halutaan luoda 360°-video, 360-kameran saaminen ilmaan on oleellista. Valmiita 360-kameran omaavia droonilennokkeja on kehitetty juuri tähän tarkoitukseen, mutta ne ovat markkinahinnaltaan todella kalliita eivätkä laadullisesti vastaa erillisiä 360-kameroita. (41.)

Suosituille droonilennokeille löytyy lisäosana kameratelineitä, johon on mahdollista yhdistää 360-kamera. 360-kameran yhdistämisessä drooniin oleellista on, että kamera on tarpeeksi kevyt, jotta lennokka jaksaa kantaa sen. 360-kameroiden tekniikka on myös kehittynyt viime vuosien aikana merkittävästi, joten uudemmat versiot takaavat paremman laadun. (41.)

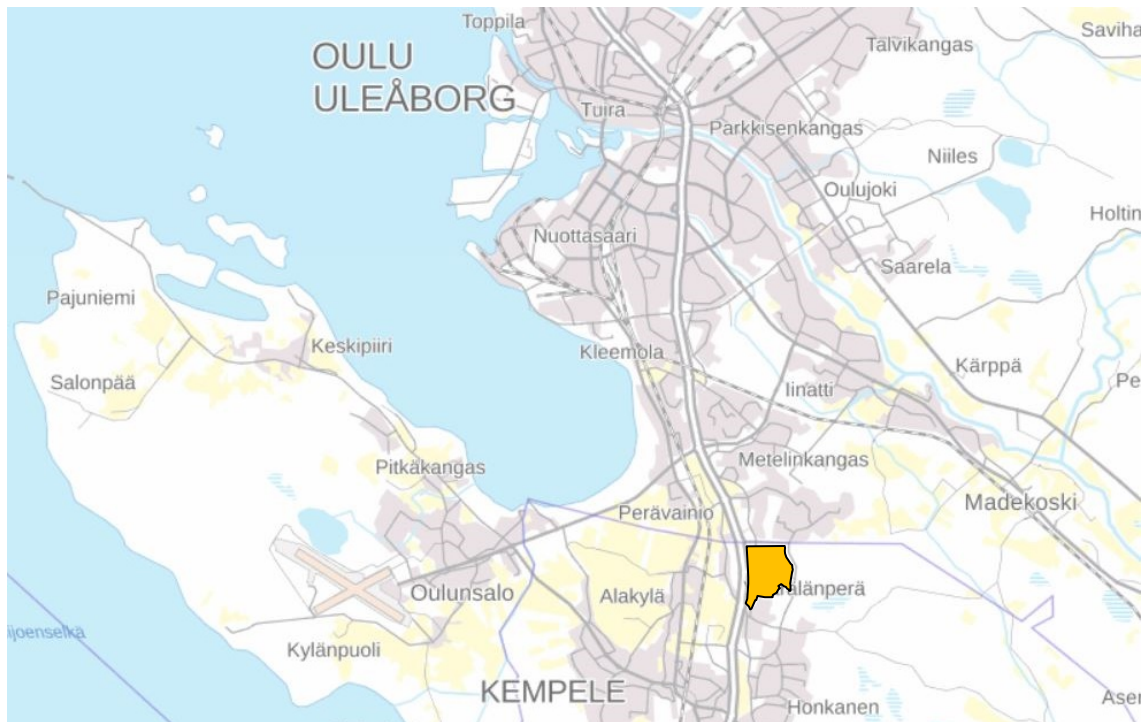
## 5 MATKAILUALUE ZENIITIN HAVAINNOLLISTAMINEN

### 5.1 Zeniitin asemakaava

Opinnäytetyön osana toteutettiin Zeniitin asemakaavaa havainnollistava 360°-virtuaalikierrros. Työssä keskityttiin alueen 3D-mallinnukseen, tulevaisuudenkuvan muodostamiseen ja houkuttelevan mielikuvan luomiseen markkinoinnin näkökulmasta.

Zeniitin asemakaava-alueen 360°-virtuaalikierroksen tilaajana toimii Kempeleen kunta. Kempele on noin 19 000 asukkaan kunta Oulun seudulla. Kempele on voimakkaasti kehittyvä ja yksi Suomen nopeimmin kasvavista kunnista. (42.)

Kempeleeseen suunnitteilla oleva Zeniitin matkailualue sijoittuu nelostien varteen lähelle Oulun ja Kempeleen rajaa (kuva 6). Oulun lentoasema ja keskusta sijaitsevat vain noin 10 kilometrin päässä alueesta. Alueen kokonaispinta-ala on yli 100 hehtaaria, josta kalliojärvi kattaa 10 hehtaaria. Alueelle on tehty Masterplan vuonna 2015 ja asemakaava on hyväksytty kunnanvaltuuston toimesta syksyllä 2021. (43.)



KUVA 6. Zeniitin sijainti Oulun seudulla

Zeniitin asemakaavan tavoite on luoda alueelle vetovoimainen matkailun, työpaikkojen, palveluiden ja virkistystyksen keskittymä. Asemakaavaan suunnitelluille tonteille on kaavailtu mm. hotelli- ja vapaa-ajan asuntojen keskittymä, leirintäalue, tapahtuma-areena sekä tilaa liike- ja toimitiloille. Urheilutoimintaa tukevalle korttelialueelle on jo rakennettu Ajax Sarkkirannan ja Kempeleen Kirin yhteinen palloiluhalli vuonna 2019 ja urheilutalo syksyllä 2021. Alueelle on kaavailtu myös asumista sekä asumista tukevia palveluja, kuten lähikoulu. (43.)

Alueen keskelle rakentuva järvi on toiminut Destian louhosalueena vuodesta 1989 (44). Louhostoiminta on päättynyt vuonna 2017 ja louhoksen hallinta on siirtynyt Kempeleen kunnalle vuonna 2019, jolloin myös louhoksen pohjaustyöt aloitettiin. Järvi tulee täyttymään luonnollisesti, kun tyhjennys lopetetaan ja järven ympäristöstä rakentuu keskeinen harrastus- ja matkailutoimintojen keskittymä. (Kuva 7.) (43.)



*KUVA 7. Ilmakuva Zeniitin alueesta (45)*

## 5.2 Aloituskokous ja lähtötiedot

Työ toteutettiin hyödyntäen asemakaavaluonnosta ja rakennemallia sekä viitesuunnitelmaa. Asemakaava oli työn alkaessa luonnosvaiheessa, joten asemakaavaan tuli pieniä muutoksia mallintamisen aikana. Aloituskokouksessa keskusteltiin työn lähtöaineistosta, 360-kuvauspisteiden sijainneista ja mallinnustarkkuudesta.

360-kuvauspisteet päätettiin sijoittaa neljään eri pisteeseen: järven päälle, tapahtuma-alueelle, urheilualueelle sekä metsäalueelle, josta suunnitellut asuinalueet näkyvät. Päätetyistä kuvauspisteistä käytettiin kuvaamassa 360-kuvat droni-lennokilla.

Mallinnustarkkuuden osalta sovittiin, että mallissa esitetään katuyhteydet, rakennusten massoittelu sekä maasto eri alueineen, kuten viheralueet, puistot ja aukiot. Alueen monipuolisia toimintoja haluttiin korostaa. Rakennusten tarkkuustasossa päädyttiin siihen, että rakennuksiin mallinnetaan kattomuodot, aukotukset ja ulokkeet.

Yhtenä tärkeänä elementtinä koettiin mallin vaiheistus, eli mallissa haluttiin esittää alueen rakentamista eri vaiheissa. Tarkkoja aikatauluja rakentumiselle ei tässä vaiheessa ollut päätetty, joten esitettäväksi päätettiin muutaman eri vaiheen esittäminen. Lisäksi virtuaalikerroksen kokemuksellisuutta haluttiin lisätä äänillä.



## 6 3D-MALLIN LAATIMINEN

### 6.1 Pintamalli

Alueen mallinnus aloitettiin pintamallin luomisella. Aluksi tutkittiin, millä ohjelmalla pintamalli olisi järkevintä toteuttaa kokonaisuutta ajatellen. Vaihtoehtoina pohdittiin ArchiCad-, SketchUp- ja InfraWorks-ohjelmia. Pintamalli päädyttiin toteuttamaan Autodesk InfraWorks -ohjelmalla. Kyseinen ohjelma lukee hyvin erilaisia tiedostomuotoja ja maastoaineistoja sekä sisältää infran mallintamiseen parhaimmat työkalut.

Ohjelmaan tuotiin pohja-aineistoa Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen -tiedostopalvelusta. Alueen maanpinnan muodostamiseen tuotiin korkeusmalli ja ortokuva. Näillä tiedostoilla saatiin aikaan nykytilaa vastaava pintamalli. Muodostuneen maaston päälle tuotiin myös aiemmassa suunnitteluvaiheessa tehty tasaussuunnitelma, joka vastaa paremmin tulevaa tilannetta. Louhoksen alueen maastoa muokataan ja maisemoidaan tulevaa käyttöä varten, joten myös muutokset pintamalliin olivat tarpeellisia. (Kuva 8.)



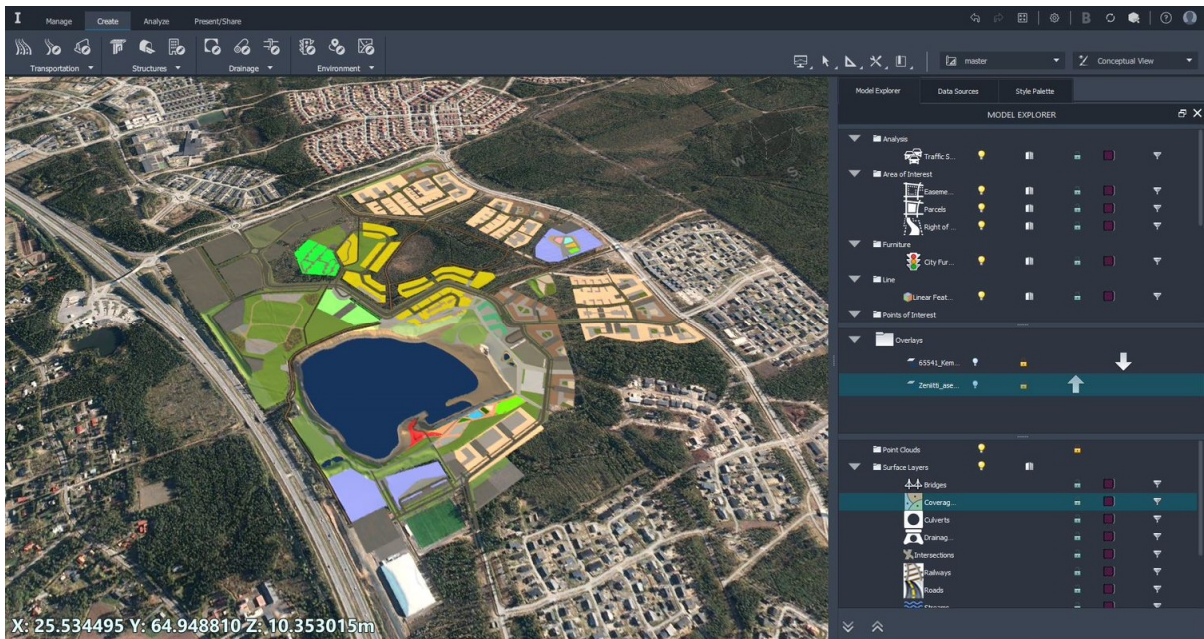
KUVA 8. Pintamallin luominen Maanmittauslaitoksen aineistosta InfraWorks-ohjelmassa

InfraWorks-ohjelmaan tuotiin olemassa olevan pintamallin päälle asemakaavan luonnossuunnitelma DWG-tiedostomuodossa. Näiden tiedostojen päälle oli helppoa aloittaa uusien alueiden mallinnus. Pintamallin päälle luotiin kadut ja muut reitit sekä materiaalirajaukset, joilla myös tasoiteltiin maastoa tarvittaessa. (Kuva 9.) Tässä vaiheessa oli tärkeää tietää, millaisia pintoja ja materiaaleja halutaan lopulliseen 3D-malliin, sillä kaikki samalla materiaalilla merkityt elementit muokkautuvat jatkossa suhteessa toisiinsa.

Pintamalli ja luodut elementit oli tarkoitus jakaa paloihin alueen vaiheittaisen rakentumisen mukaan, mutta käytännössä tämä osoittautui InfraWorks-ohjelmassa ongelmalliseksi. Mallinnuksen alussa eri vaiheista ei vielä ollut varmuutta, joten alueen jaottelu tuli aiheelliseksi, kun pinnalle oli jo luotu suurin osa teistä ja aluerajauksista.

InfraWorksistä löytyy toiminto, jolla voidaan muodostaa ja tarkastella vaihtoehtoisia suunnitelmia saman työn sisällä. Käytännössä ohjelmassa luodut eri elementit voivat siis sijaita eri tasoilla. Ohjelmaan kokeiltiin luoda tasot eri vaiheille. Haastavaksi ja aikaa vieväksi osoittautui eri elementtien siirteleminen eri tasoille. Tasot muodostuivat ongelmaksi myös uusia elementtejä mallinnettaessa. Kun jotain uutta luotiin, se näkyi vain tasolla, jonne se luotiin. Vaiheistuksessa oleellista on, että luodut elementit näkyvät lopputulosta kohti mentäessä kaikilla tasoilla. Elementtien siirtely ja kopiointi tasojen välillä osoittautui turhaksi, sillä alkuperäistä pintamallia ei voinut tässä ohjelmassa rajata paloihin. Tässä olisi päädytty tilanteeseen, jossa mallista viedään ulos useampi versio, jossa on sama pintamalli mutta päällä näkyisi eri elementit. Tämän vuoksi päädyttiin viemään ainoastaan yksi malli ulos ohjelmasta ja pohdittiin, voidaanko mallia jakaa osiin jossakin muussa ohjelmassa.

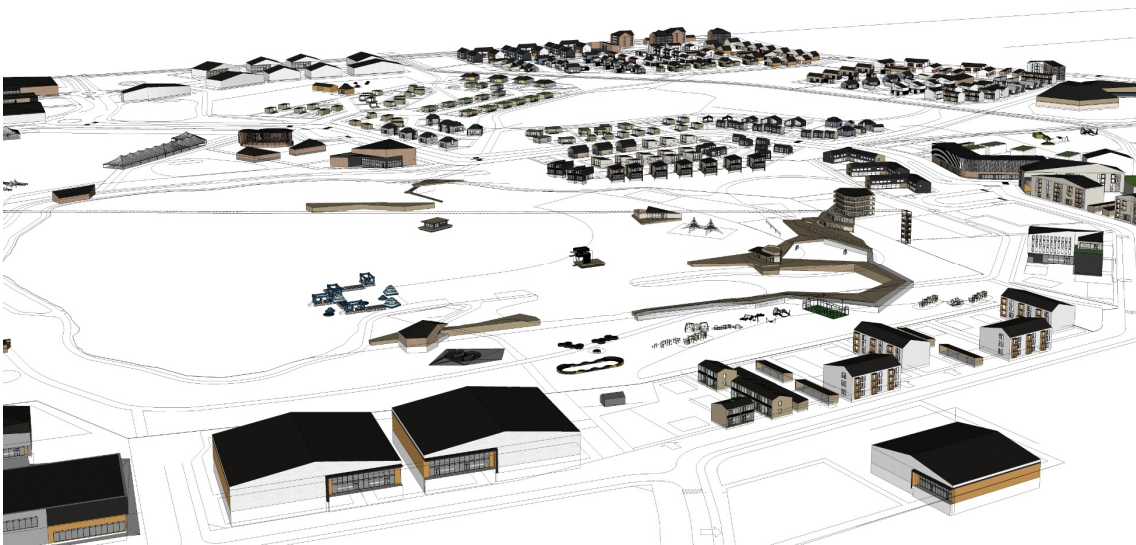
Suunnittelualueen ulkopuolella olevaa maastoa tai olemassa olevia rakennuksia ei ollut tarpeen mallintaa, sillä mallin taustalle lisättiin loppuvaiheessa droonilla kuvatut 360-kuvat. Asemakaava ehdotukseen tuli työn aikana muutoksia, joten pintamallia käytiin vielä päivittämässä mallinnuksen edetessä.



KUVA 9. Autodesk InfraWorks-ohjelmalla luotu pintamalli, johon on mallinnettu tiet ja pintamateriaalien rajaukset

## 6.2 Rakennukset ja rakennetut elementit

Rakennusten ja muiden rakennettavien elementtien mallinnukseen käytettiin SketchUp-ohjelmaa (kuva 10). SketchUpiin tuotiin pohjatiedostoksi DWG-tiedostomuodossa oleva rakennemalli. Rakennemalli kertoo asemakaavaluonnosta tarkemmin suunnitelluista rakennusmassoista ja alueen mahdollisista toiminnoista.

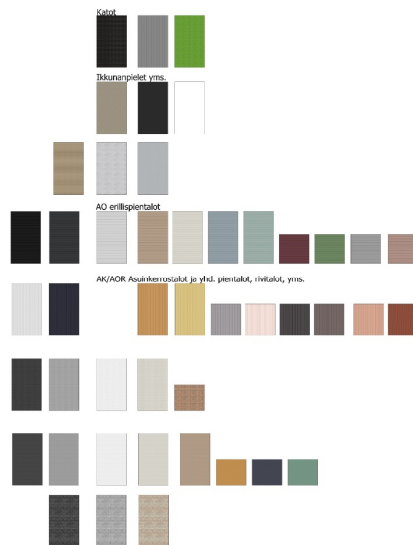


KUVA 10. Mallinnetut rakennukset ja rakenteet SketchUp-ohjelmassa

Rakennemallia hyödynnettiin automaattisten rakennusmassojen luomiseen. Tähän käytettiin SketchUpin Archicad tools -lisäosan Generate Buildings -työkalua, joka täyttää automaattisesti DWG-suunnitelmassa olevat rakennustasot. Mallinnusta jatkettiin tästä määrittämällä jokaiselle rakennukselle asemakaavaa vastaava korkeus.

SketchUp-ohjelmassa merkittävänä osana mallinnusta on eri osien ryhmittely. Ryhmittelyllä estetään eri pintojen tarttuminen toisiinsa, jotta muokattavuus on helpompaa. Erilaisista elementeistä voidaan luoda ryhmä eli "Group" tai komponentti. Komponentti muodostaa ryhmästä kokonaisuuden, jota muokattaessa kaikki samanlaiset komponentit muuttuvat suhteessa toisiinsa.

SketchUpissa luotiin oma komponenttikirjasto mallinuksessa tarvittaville elementeille, kuten ikkunoille, oville, lasituksille ja parvekkeille. Jokainen erilainen rakennusmassa koottiin myös komponentiksi. Rakennusmassat toistuvat samanlaisina tietyillä alueilla, joten samoja rakennusmassoja hyödynnettiin alueiden täytössä. Rakennusten materiaalien määrittämiseen luotiin rakennustapaohjetta vastaava värikartta, josta poimittiin materiaaleja eri rakennuksiin (kuva 11).



KUVA 11. Materiaalien määrittely SketchUp-ohjelmassa



Asemakaavaan tuli muutoksia mallinnuksen aikana ja alueelle suunnitellut rakennustapaohjeet tarkentuivat, jolloin komponentit osoittautuivat hyvinkin tärkeäksi osaksi mallinnusta. Projektin edessä ja rakennusmassojen tarkentuessa saatiin siis nopeasti muokattua kokonaisia alueita.

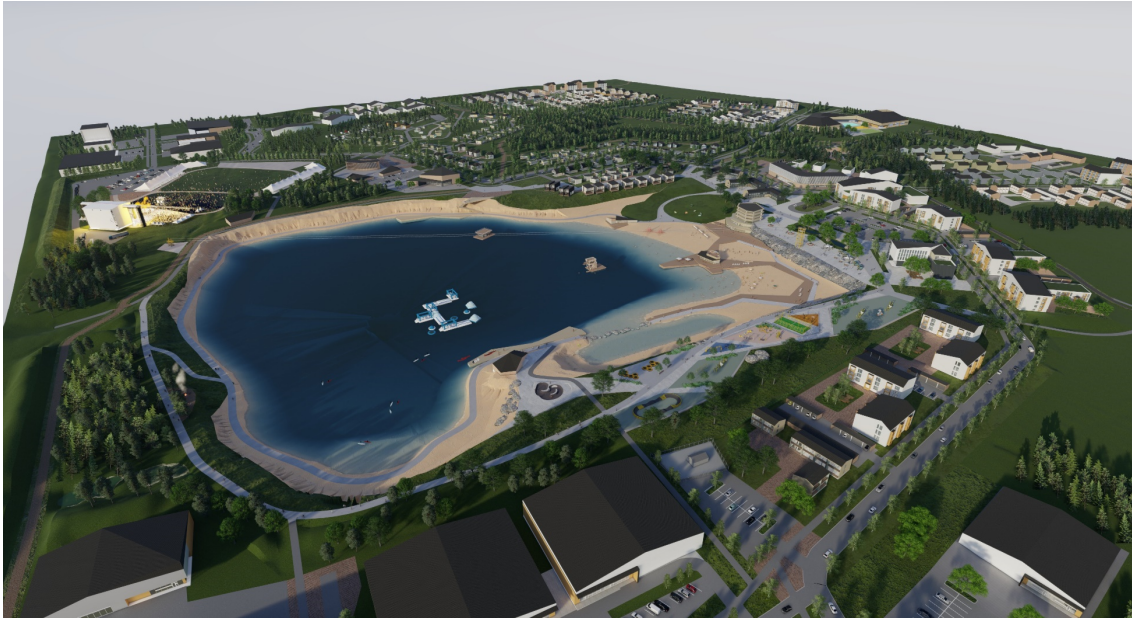
Mallin vaiheistuksessa hyödynnettiin SketchUpin luokitteluominaisuuksia. Outliner-kansiovalikossa luotiin tasot eri vaiheille. Eri tasojen alle koottiin kaikki kyseiseen rakennusvaiheeseen kuuluvat ryhmät ja komponentit. Kansiot nimettiin vastaamaan eri vaiheita ja samassa kansiorakenteessa nimettiin myös muut tarpeelliset alaryhmät, kuten asemakaavaa vastaavat alueet. Kansiorakenteen avulla eri vaiheet on mahdollista piilottaa ja näin näytöllä näkyvät vain kulloiseenkin vaiheeseen kuuluvat rakennukset.

InfraWorksilla luotua pintamallia yritettiin tuoda SketchUp-ohjelmaan, jotta rakennukset saataisiin mallinnettua oikeille korkeuksille maaston mukaan. Pintamallin tuominen SketchUpiin osoittautui haastavaksi ja sopivaa tiedostomuotoa ei löytynyt InfraWorksin ja SketchUpin välillä. Pintamalli muutettiin sopivaan tiedostomuotoon toisen 3D-mallinnusohjelman kautta, mutta muunnettu pintamalli osoittautui liian raskaaksi SketchUp-malliin, joten tästä vaiheesta päätettiin luopua. Pintamalli siirrettiin suoraan Lumion ohjelmaa, johon yhdistettiin myös SketchUp-malli.

### **6.3 Lumion renderöinti**

SketchUp-mallinnuksen ohessa otettiin käyttöön Lumion-ohjelma. Lumion on visualisointiohjelma, josta löytyi laajat kirjastot materiaaleja, kasvillisuutta, ihmisiä ja varusteita sekä visualisointiin liittyviä efektejä ja filttäreitä. SketchUp-ohjelmaan on saatavilla Lumion LiveSync-lisäosa, jonka avulla ohjelmat toimivat reaaliajassa keskenään. Tätä lisäosaa hyödynnettiin koko mallinnusprosessin ajan. Ohjelmaan tuotiin InfraWorksillä luotu pintamalli sekä SketchUp-malli Lumion LiveSync -tilassa. Lumionissa voitiin vihdoinkin tutkia rakennusten asettumista maastoon ja samalla korjailla SketchUpissa rakennukset oikeille korkeuksille.

Lumion-ohjelmassa malliin lisättiin puustoa ja realistisemmat materiaalit. Tapahtuma-alueelle hahmottiin tuoda elämää ihmisillä ja valoilla. Teille ja pihoille lisättiin autoja ja ihmisiä. Lumionin kuvaosiossa mallin värimaailma ja auringonvalo säädettiin vastaamaan mahdollisimman hyvin droonilla otettujen kuvien värimaailmaa. Näin kuvien väriä ja valoa ei enää kuvankäsittelyssä tarvinnut muokata. (Kuva 12.)



*KUVA 12. SketchUp- ja InfraWorks-malli yhdistettynä Lumion-ohjelmassa*

Lumionissa haastavaksi osoittautuikin oikean kuvauspisteen löytäminen. Dronilla kuvatuissa panoraamakuvissa näkyvät tarkat koordinaatit, joilla oikean pisteen pystyy kartalla paikantamaan. Lumion ei toimi koordinaatistossa ja näin ollen kuvauspisteet etsittiin silmämääräisesti hyödyntäen pintamallin ortokuvaa ja droonikuvien koordinaattia korkeussuunnassa. Tämä vaati useita ottoja, jotta kuvat saatiin otettua juuri samoista kohdista. Tässä olisi voitu hyödyntää aikaisemmin InfraWorks-ohjelman koordinaatistoa ja lisätä jokin fyysinen objekti merkiksi kuvauspisteisiin. Tämän avulla oikean kuvauspisteen olisi voinut löytää myös Lumionissa helpommin.

Vaiheistus otettiin huomioon renderöintivaiheessa, niin että jokaisesta kuvauspisteestä otettiin kolme erillistä kuvaa. Kuvista oli piilotettu kaikki kyseiseen vaiheeseen kuulumattomat rakennukset ja muut elementit. Pintamallille ei tehty jaottelua alkuvaiheessa, eikä enää tässä vaiheessa ollut järkevää lähteä sitä tekemään, joten pintamallin osalta vaiheistus rajattiin kuvankäsittelyssä.

## 7 3D-MALLISTA 360°-VIRTUAALIKIERROKSEKSI

### 7.1 Kuvankäsittely

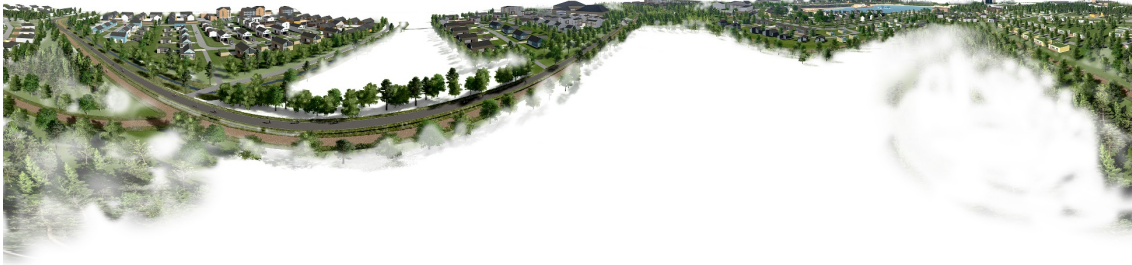
360-kuvia varten Zeniitin alue käytiin kuvaamassa drooni-lennokilla. Droonilla kuvatut panoraamakuvat koostuivat useista yksittäisistä kuvista, jotka täytyi yhdistää ennen kuin niitä pystyi käyttämään. Kuvien yhdistäminen osoittautui ongelmalliseksi. Kuvia yritettiin yhdistää ensin Photoshopin photomerge-työkalua hyödyntäen. Photoshopissa yhdistetty kuva vääntyi erikoiseen muotoon ja tätä yritettiin käsin korjata tuloksetta. Käytännössä tämän prosessin tuloksena olisi ollut mahdollista vääntää kuva oikeaan muotoon. Kuvat yhdistettiin lopulta 360-panoraamakuviksi Agisoftin Metashape -ohjelmalla.

Osa drooni-lennokilla kuvatuista panoraamakuvista oli ylivalottuneita. Photoshopilla pystyttiin säättämään tiettyyn pisteeseen valotusta mutta taivaan korjaamiseen ei löytynyt keinoja. Kuvia ei ollut tallennettu kuvaushetkellä RAW-muodossa vaan JPEG-muodossa. Tämä aiheutti sen, että ylivalottuneita kohtiin ei saatu palautettua mitään värejä. Osassa kuvista päädyttiin korjaamaan liika ylivalottunut taivas korvaamalla se toisen kuvan taivaalla. (Kuva 13.)



*KUVA 13. Vasemmalla drooni kuva ennen kuvankäsittelyä ja oikealla kuvankäsittelyn jälkeen*

Droonikuvien ja Lumionista saatujen panoraamakuvien yhteensovittaminen tapahtui Adobe Photoshop -kuvankäsittelyohjelmalla. 3D-mallista renderöidyt panoraamakuville tehtiin maski, jolla rajattiin ylimääräinen tausta ja maasto pois näkyvistä (kuva 14). Näin saatiin 3D-malli istutettua todelliseen maastoon ja ympäristöön (kuva 15). 3D-mallin panoraamakuvan rajoja pehmennettiin häivyttämällä. Jokaisesta kuvauspisteistä luotiin droonikuvan lisäksi kolme erilaista rajausta mallista, joilla luotiin kuvat eri vaiheista.



*KUVA 14. 3D-mallista otetun panoraamakuvan rajaus Photoshopissa*



*KUVA 15. 3D-mallista otetun panoraamakuva yhdistettynä drooni-kuvaan*

## **7.2 3DVista Virtual Tour PRO -ohjelma**

Viimeisenä vaiheena valmiit panoraamakuvat tuotiin 3DVista-ohjelmaan. 3DVista on luotu 360°-virtuaalikierröksien luomiseen ja esittämiseen. 3DVistasta löytyy laaja kattaus erilaisia ominaisuuksia ja esitysten kustomointi. Ohjelmalla luotiin viimeistelty esitys sisältäen mm. siirtymät toiminnot, infotekstit ja äänet.



Ohjelmaan tuotiin kaikki kuvat, neljän eri kuvauspisteen neljästä eri vaiheesta. Kuvia oli yhteensä 16. Jokaisen kuvan nykytila vastaa suoraan dronilla kuvattua kuvaa. Loput kolme kuvaa muodostui mallinnuksen vaiheista ja dronikuvien yhteensovituksesta. Jokaiselle kuvakollaasille luotiin valikko, josta eri vaiheiden välillä voi liikkua lopullisessa virtuaalikierröksessä.

Ensimmäisen valmiin virtuaalikierroksen valmistuessa huomattiin, että 360-kuvissa vaiheistuksen kokonaiskuva jää hieman epäselväksi, koska 360-panoraamakuvissa ei näy koko alue yhtä aikaa. Siksi alueesta päätettiin koota yksi valokuvakollaasi, josta näkyy koko alueen kehitys kerralla. Tämä lisättiin vielä virtuaalikierrokseen.

3DVista-ohjelmalla luotiin siirtymät eri kuvapisteen välille. Siirtyminen tapahtuu 360-kuvan päällä olevien hotspotin eli aktiivisen kuvakkeen kautta. Toisena siirtymisvaihtoehtona lisättiin pikakuva valikko, jossa jokaiselle kuvalle on oma kuvake sekä seliteteksti kuvan alla. (Kuva 16.)



KUVA 16. 3DVista-ohjelmalla luotu 360°-virtuaalikierrros

Kuvien päälle päätettiin lisätä tekstit, jotka kertovat asemakaavan mukaisten alueiden käyttötarkoituksesta, kuten lomamökit, asuinalue tai liike- ja toimitilat. Osalle yksittäisistä rakennuksista ja muista toiminnoista, osoitettiin mahdollinen käyttötarkoitus kuvaamaan alueen monipuolisia toimintoja ja harrastemahdollisuuksia. Tekstit ilmestyvät virtuaalikierroksen aikana, kun hiiren vie kyseisen rakennuksen tai alueen päälle, jolloin kyseiset infotekstit eivät muuten ole näkymien tiellä.

Ohjelmassa lisättiin myös äänet kuvien päälle. Äänellä haluttiin luoda syvyyttä virtuaalikokemukseen. Äänien osalta hyödynnettiin 3DVistan Immersive audio -ominaisuutta, jolla äänen saa koh-

dennettua haluttuun suuntaan ja tällä tavoin voidaan luoda yhteen kuvaan kolmiulotteisempaa äänimaailmaa. Haasteeksi osoittautui kuvia vastaavan äänimateriaalin löytäminen käytettävissä olevista äänipankeista. Esityksessä päädyttiin käyttämään melko neutraaleja tunnelmaa luovia ääniä.

3DVistalla luotiin automaattisesti pyörivä esitys, jossa eri vaiheet vaihtuvat yhden 360°:n pyörähdysten jälkeen. Esitys pyörii näin automaattisesti taustalla ja käy läpi kaikki vaiheet sekä kuvat. Ohjelmassa koottiin eri vaiheiden kuvat yhteen ja lisättiin yläreunaan valikko, josta eri vaiheita voi esityksen aikana tarkastella. Viimeisenä vaiheena esityksestä julkaistiin paketti, joka oli valmis siirrettäväksi palvelimelle.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda Zeniitin matkailualueen 360°-virtuaalikierrros, jonka tarkoitus oli esitellä uutta matkailualueita ja edistää alueen markkinointia. Teoriaosassa perehdyttiin havainnollistamiseen asemakaavahankkeessa ja laajennetun todellisuuden tekniikoihin. Tarkemmin tutkittiin 360-virtuaalikierrrosta ja siihen vaikuttavia tekijöitä, kuten panoraamakuvausta.

Lähteiden etsiminen osoittautui haastavaksi etenkin suomen kielellä. Tämän vuoksi teoriaosassa käytettiin useita englanninkielisiä artikkeleita hyödyksi. Laajennetun todellisuuden termistö ei selkeästi ole vielä vakiintunut kaikilta osilta ja ristiriitaista tietoa tuntui olevan paljon saatavilla.

Alueen 3D-mallinnus toteutettiin InfraWorks- ja SketchUp-ohjelmalla ja visualisointi Lumionilla. 3D-mallinnuksen osalta työn kulkua olisi ollut mahdollista sujuvoittaa valitsemalla jokin yhteinen ohjelma pintamallille ja rakennuksille. 3DVistalla saatiin viimeisteltyä virtuaalikierrros verkossa esitettäväksi kokonaisuudeksi.

Mallinnuksessa päädyttiin melko yksityiskohtaiseen ja fotorealistiseen lopputulokseen, vaikka vallinnan riskinä on mahdollisesti virheellisen kuvan muodostuminen tulevasta alueesta. Ratkaisuun päädyttiin siksi, että Zeniitin matkailualueen mallinnuksessa oli vahvasti kyse havainnollistamisen lisäksi myös markkinoinnista: tavoitteena oli saada alueelle uusia toimijoita, ja mahdollisimman houkuttelevan mielikuvan luomiseen visuaalinen esitystapa nähtiin hyväksi. Vaiheistusta ei toteutettu käyttäen 4D-mallinnuksen keinoja, mutta käytännössä lopputulos vastasi sitä, mihin pyrittiin, ja täyttää 4D:n eli ajallisen näkökulman virtuaalikierrroksessa.

Visuaalisesti 360°-virtuaalikierrros on mielestäni onnistunut kokonaisuus, johon saatiin sisällytettyä kaikki oleelliset tavoitteet, kuten alueen toimintojen korostaminen ja vaiheistus. Lisäksi visuaalisilla elementeillä, kuten kohdennetulla äänimaailmalla ja valoilla, saatiin lisättyä virtuaalikierrrokseen kokemuksellisuutta.

## LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö 2017. Maankäytön suunnittelujärjestelmä. Hakupäivä 26.12.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Maankayton\\_suunnittelujarjestelma](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma).
2. Kempele 2021. Asemakaavat. Hakupäivä 3.10.2021. <https://www.kempele.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus-ja-maankaytto/asemakaavat.html>.
3. Haliseva-Soila, Merja 2016. Osallistun kaavoitukseen: Kuntalaisen opas. Opas 5. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hakupäivä 15.12.2021. [file:///C:/Users/lauka/OneDrive%20for%20Business/OPINN%C3%84YTETY%C3%96/L%C3%A4hteet/osallistun\\_kaavoitukseen\\_opas\\_5\\_2016.pdf](file:///C:/Users/lauka/OneDrive%20for%20Business/OPINN%C3%84YTETY%C3%96/L%C3%A4hteet/osallistun_kaavoitukseen_opas_5_2016.pdf).
4. Ympäristöministeriö 2018. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Hakupäivä 20.12.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Maankayton\\_suunnittelujarjestelma/Valtakunnalliset\\_alueidenkayttotavoitteet](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Valtakunnalliset_alueidenkayttotavoitteet).
5. Ympäristöministeriö 2018. Osallistuminen kaavoitukseen. Hakupäivä 22.12.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Kaavoituksen\\_eteneminen/Osallistuminen\\_kaavoituksessa](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Kaavoituksen_eteneminen/Osallistuminen_kaavoituksessa).
6. Tampere 2021. Kaavoituksen kulku ja osallistuminen. Hakupäivä 22.12.2021. <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/kaavoituksen-kulku-ja-osallistuminen.html#kaavatyonvaiheet>.
7. Huayi, Wu, He, Zhengwei & Gong, Jianya 2010. A Virtual Globe-based 3D Visualization and Interactive Framework for Public Participation in Urban Planning Processes. Computers, Environment and Urban Systems 34, no. 4 (2010): 291-298. Hakupäivä 28.12.2021. <https://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2009.12.001>.
8. Oulun kaupunkisuunnittelu 2014. Avoimen ja joustavan asemakaavan käytännöt. Hakupäivä 14.12.2021. [https://www.ouka.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c3878cf6-484f-45f3-95b6-ff6e09f25aab&groupId=139863](https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=c3878cf6-484f-45f3-95b6-ff6e09f25aab&groupId=139863).
9. Raatikainen, Elina & Vesala, Riitta 2000. Asemakaavan selostus. Maankäyttö ja rakennuslaki 2000. Opas 3. Ympäristöministeriö.



10. Judge, Stephanie & Harrie, Lars 2020. Visualizing a Possible Future: Map Guidelines for a 3D Detailed Development Plan. Journal of Geovisualization and Spatial Analysis 4, no. 1. Hakupäivä 29.12.2021. <https://dx.doi.org/10.1007/s41651-020-00049-4>.
11. Oulun kaupunki 2020. Vanhan Hiukkavaaran 3D-sovellus. Hakupäivä 2.1.2022. <https://www.ouka.fi/oulu/hiukkavaara/virtuaalimalli>.
12. Koskela, Veli-Pekka 2016. Aika on se neljäs D. Kuntatekniikka 6/2016. S.11. Hakupäivä 7.9.2021. <https://kuntatekniikka.fi/lehtiarkisto/06-2016/aika-on-se-nelj-s-d>.
13. Humphrey, Richard 2020. What is 4D Construction? GIM International. Hakupäivä 7.9.2021. <https://www.gim-international.com/content/article/what-is-4d-construction>.
14. Flannigan, Kenneth J 2021. Practical 4D Construction Simulation Using Revit and Navisworks. Autodesk. Hakupäivä 7.9.2021. <https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Practical-4D-Construction-Simulation-Using-Revit-and-Navisworks-2021>.
15. Ympäristöministeriö 2018. Kuntapilotti-hanke vauhdittaa siirtymistä paperikaavasta digikaavaan. Hakupäivä 29.12.2021. <https://ym.fi/-/kuntapilotti-hanke-vauhdittaa-siirtymista-paperikaavasta-digikaavaan>.
16. VN/279/2018. HE kaavoitus- ja rakentamislaki. Hallituksen esitys eduskunnalle. Hakupäivä 19.1.2022. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=16515>.
17. Rudnäs, Niko 2019. Mitä on eXtended Reality (laajennettu todellisuus)? SEAMK-verkkolehti 2.5.2019. Hakupäivä 15.12.2021. <https://lehti.seamk.fi/alykkaat-ja-energiatehokkaat-jarjestelmat/mita-on-extended-reality-laajennettu-todellisuus/>.
18. Kuorikoski, Juho 2021. Laajennettu todellisuus muuttaa kaiken. Pointti. Hakupäivä 15.12.2021. <https://pointti.fi/teema/laajennettu-todellisuus-muuttaa-kaiken/>.
19. Laine, Hannele & Dufva, Pilvi 2018. 7 kysymystä virtuaalitodellisuudesta. Virtual Outdoorsfinland. Hakupäivä 9.8.2021. <https://virtual.outdoorsfinland.com/2018/03/7-kysymysta-virtuaalitodellisuudesta/>.
20. Malecaj, Linda 2021. The difference between AR, VR, and MR. Vsight. Hakupäivä 20.12.2021. <https://www.vsight.io/the-difference-between-ar-vr-and-mr/>.

21. Gardonio, Scottie 2017. What's the difference between VR, AR, MR, and 360? Medium. Hakupäivä 9.8.2021. <https://medium.com/iotforall/whats-the-difference-between-vr-ar-mr-and-360-139fcf434585>.
22. Farshid, Mana, Paschen, Jeannette, Eriksson, Theresa, & Kietzmann, Jan 2018. Go Boldly! Explore Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), and Mixed Reality (MR) for Business. Business Horizons 61, no. 5. S. 657-663. Hakupäivä 28.12.2021. <https://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2018.05.009>.
23. Softwaretestinghelp 2022. 10 BEST Augmented Reality Glasses (Smart Glasses) In 2022. Hakupäivä 27.12.2021. <https://www.softwaretestinghelp.com/best-augmented-reality-glasses/>.
24. Beck, Dave 2021. Glossary of VR Terms. Foundary 45. Hakupäivä 27.12.2021. <https://foundry45.com/glossary-vr-terms/>.
25. Souza, Eduardo 2019. 9 Augmented Reality Technologies for Architecture and Construction. ArchDaily. Hakupäivä 16.10.2021. <https://www.archdaily.com/914501/9-augmented-reality-technologies-for-architecture-and-construction>.
26. Carter, Rebekah 2021. How does Mixed Reality Work? An Introduction to Mixed Reality. XR Today. Hakupäivä 27.12.2021. <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/how-does-mixed-reality-work/>.
27. 3Dvista 2014. 3DVista Virtual Tour Suite. Hakupäivä 9.9.2021. <http://download.3dvista.com/current/vts/3DVistaVT-QuickGuide.pdf>.
28. Boukerch, Issam, Takarli, Bachir, Saidi, Kamel, Karich, Mokrane & Meguenni, Mostapha 2021. Development of panoramic virtual tours system based on low-cost devices. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLIII-B2-2021. S.869-874. Hakupäivä 28.12.2021. <https://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-869-2021>.
29. 360 Visible Tour 2021. The difference between 360 Virtual Tour and Virtual Reality. Hakupäivä 14.9.2021. <https://360visibletour.com/difference-between-360-virtual-tour-and-virtual-reality/>.

30. Google 2021. What is Street View? Hakupäivä 14.9.2021. <https://www.google.com/street-view/>.
31. Hoffmeier, Nathan 2017. Virtual Reality Arcades: Making VR a Destination Activity. Medium. Hakupäivä 22.11.2021. <https://medium.com/@rtpvr/virtual-reality-arcades-making-vr-a-destination-activity-8d3bead718f3>.
32. Barnard, Dom 2019. Degrees of Freedom (DoF): 3-DoF vs 6-DoF for VR Headset Selection. VirtualSpeech. Hakupäivä 22.11.2021. <https://virtualspeech.com/blog/degrees-of-freedom-vr>.
33. PTGui 2021. Projections. Hakupäivä 21.12.2021. <https://www.ptgui.com/man/projections.html>.
34. Immersion VR 2021. What is the difference between monoscopic and stereoscopic VR? Hakupäivä 21.12.2021. <https://immersionvr.co.uk/blog/monoscopic-vs-stereoscopic-360-vr/>.
35. Cardinal, David 2018. How to create and share 360-degree panoramas with your drone. ExtremeTech. Hakupäivä 21.12.2021. <https://www.extremetech.com/computing/264649-create-share-360-degree-panoramas-drone>.
36. Feist, Jonathan 2021. Best drone 360-degree camera apps. DroneRush. Hakupäivä 21.12.2021. <https://dronerush.com/best-drone-360-degree-camera-apps-10673/>.
37. Dronegenuity 2021. How to Make 360 Degree Interactive, Aerial Panoramas with a Drone. Hakupäivä 27.12.2021. <https://www.dronegenuity.com/make-360-degree-interactive-drone-panoramas/>.
38. Mansurov, Nasim 2019. How to Shoot and Stitch Panoramas with a Drone. PhotographyLife. Hakupäivä 27.12.2021. <https://photographylife.com/shooting-drone-panoramas>.
39. Saari, Mikko 2012. Valokuvauksen perusteita: Polttoväli. Mikko Saari. Hakupäivä 2.1.2021. <https://www.mikkosaari.fi/polttovali/>.
40. Digi-kuva 2019. 5 hyvää syytä kuvata raakamuodossa. Hakupäivä 30.12.2021. <https://digi-kuva.fi/kuvankasittely/5-hyvaa-syyta-kuvata-raakamuodossa>.
41. Posea, Paul 2021. Best 360 cameras for drones. Dronesgator. Hakupäivä 21.12.2021. <https://dronesgator.com/best-drone-360-cameras/>.

42. Kempele 2021. Kunta ja hallinto. Hakupäivä 5.8.2021. <https://www.kempele.fi/kunta-ja-hallinto.html>.
43. Kempele 2021. Matkailualue Zeniitti. Hakupäivä 5.8.2021. <https://www.kempele.fi/tyo-ja-yrittaminen/sijoitu-kempeleeseen-2/matkailualue-zeniitti.html>.
44. Kempele 2021. Kunnanhallitus, kokous 22.2.2021. § 55 Kempeleen asemakaavan muutos ja laajennus / Zeniitin alue / Luonnosvaiheen kuuleminen. Hakupäivä 5.8.2021. [https://kempele.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Kunnanhallitus/Kokous\\_2222021/Kempeleen\\_asemaakavan\\_muutos\\_ja\\_laajennu\(932\)](https://kempele.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Kunnanhallitus/Kokous_2222021/Kempeleen_asemaakavan_muutos_ja_laajennu(932)).
45. Kempeleen kunta 2020. Ilmakuva Zeniitin alueesta. Droonikuva 17.6.2020.



*Havainnekuva valmiista 3D-mallista*



*Havainnekuva valmiista 3D-mallista*





Vaihe 1



Vaihe 2





Vaihe 3



Vaihe 4