



Jyri Nolvi

3D-MALLIEN SIJOITTAMINEN 3D-KAMERALLA KUVATTUUN VIDEOON

Case: Uki 3D

3D-MALLIEN SIJOITTAMINEN 3D-KAMERALLA KUVATTUUN VIDEOON

Case: Uki 3D

Jyri Nolvi
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Viestinnän koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Viestinnän koulutusohjelma, mediatuottamisen suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Jyri Nolvi

Opinnäytetyön nimi: 3D-mallien sijoittaminen 3D-kameralla kuvattuun videoon.

Case: Uki 3D

Työn ohjaaja: Pekka Isomursu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 51

Tässä opinnäytetyössä selvitan miten tietokoneella luotuja 3D-malleja voidaan sijoittaa 3D-kameralla stereoskooppisesti kuvattuun videoon. Opinnäytetyön produktio-osana toteutin stereoskooppisen markkinointivideon oululaiselle arkkitehtitoimisto Uki Arkkitehdit Oy:lle. Kirjallinen osuus kuvaa produktio-osan etenemistä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää vaadittavat käytännön työvaiheet 3D-mallien sijoittamiseksi 3D-videoon. Tarkoituksena on myös antaa lukijalle kuva työvaiheiden sisällöstä. Työssä esittelen lyhyesti teorian, joiden pohjalta muodostin käsitykseni markkinointivideon toteutuksesta. Tämän jälkeen esittelen käytännön työvaiheet ja sen, miten itse ne suoritin.

Tutkimuksen tuloksena olen löytänyt ja testannut yhden tavan yhdistää 3D-malleja stereoskooppisesti kuvattuun videomateriaaliin. Opinnäytetyöni antaa lukijalle käsityksen prosessista ja auttaa siten lukijaa suunnittelemaan oman stereoskooppisen 3D-tuotantonsa paremmin.

Asiasanat: Stereoskooppinen, 3D-malli, camera tracking

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Communication, option of Media Production

Author: Jyri Nolvi

Title of thesis: Placing 3D-models into a 3D-video filmed with a 3D-camera.

Case: Uki 3D

Supervisor: Pekka Isomursu

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013

Number of pages: 51

In this thesis work I will explain how the computer-generated 3D-models can be placed into the stereoscopic video that is recorded with the 3D-camera. The thesis is based on the production where I made a stereoscopic marketing video for Oulu-based architectural firm Uki Arkkitehdit.

The purpose of this thesis work is to determine the necessary practical steps to place 3D-models in to 3D-video. It is also intended to give the reader an image of required work and operations needed in the process. I will introduce briefly the theories on witch basis I formed my understanding of the marketing video production. After this I will present practical steps and how I carried them out.

As a result of this study I have found and tested one way to combine 3D-models in to a stereoscopic video. This thesis work gives the reader an idea of the process and therby helps the reader to plan their own stereoscopic 3D-production better.

Keywords: Steroscopic, 3D-model, camera tracking

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 STEREOSKOPIA	8
2.1 Monokulaariset syvyysvihjeet	8
2.2 Binokulaariset syvyysvihjeet	9
2.3 3D-lasit	10
2.4 Ulos ruudusta	11
2.5 Stereoskooppisen elokuvan kuvausvälineet	13
2.6 3D-mallinnus	14
2.7 Match moving ja camera tracking -ohjelmat	15
2.8 Editointi	16
3 CASE: UKI 3D	17
3.1 Toteutus	18
3.2 Työvaiheet	24
3.3 Esitys	47
4 POHDINTA	48
LÄHTEET	50

1 JOHDANTO

Tässä työssä selvitin, miten tietokoneella luotuja 3D-malleja voidaan yhdistää 3D-kameralla stereoskooppisesti kuvattuun videomateriaaliin. Selvitin miten yhdistäminen käytännössä tehdään. Aiheesta kirjoitettua kirjallisuutta sekä internetiä hyödyntäen selvitin, mitä työkaluja yhdistämisessä voidaan hyödyntää. Valitsin työkaluista produktiolleni sopivimmat ja niitä käyttäen yhdistin 3D-malleja 3D-kameralla kuvaamaani videoon.

Nykyään lähes kaikki suuren luokan elokuvat voidaan esittää kolmiulotteisesti eli stereoskooppisesti. Valkokankaalta ulos tulevat asiat tekevät helposti vaikutuksen. Tyylikkäätkä erikoisefektit räjähtävät katsojan silmille ja vievät hänet mukanaan syvälle elokuvan epätodelliseen maailmaan. Maailmaan, joka on täynnä uskomattomia näkymiä, asioita ja hahmoja.

Suurinta osaa näistä edellä mainituista asioista ei ole oikeasti olemassa, vaan ne on lisätty elokuvaan tietokoneen avulla. Erilaiset 3D-mallit, kuten rakennukset, esineet tai hahmot on kuitenkin tehty niin aidon näköisiksi, että katsojan on vaikea kertoa missä menee todellisen ja epätodellisen raja. Rajan ollessa huo- maamaton työ on toteutettu onnistuneesti. Stereoskooppisuuden tuoma syvyytulottuvuus tekee rajan piilottamisesta vaikeaa. 3D-mallien on osuttava oikealle kohdalle myös syvyydessä, eikä pelkästään 2d-pinnalla.

3D-esitystekniikat kehittyvät jatkuvasti. Markkinoilla on useita kuluttajille suunnattuja laitteita, jotka tukevat stereoskooppista katselua. Suurelle yleisölle tekniikka on tuttua elokuvateattereista, mutta markkinoilla on myös 3D-tietokoneita, projektoreita sekä pelikonsolitakin. Edes 3D-laseja ei tarvita, jos laite on varustettu autostereoskooppisella näytöllä. Laitteita siis on paljon ja niitä tulee koko ajan lisää.

Stereoskooppisen sisällön tuottajia on vielä melko vähän. Uskon, että kysyntä sisällölle tulee kasvamaan kovaa vauhtia. Myös 3D-tulostus on noussut ajan-

kohtaisena asiana keskusteluun ja sitä kautta asiakkaiden mielenkiinto kolmiulotteisuutta kohtaan lisääntyy.

Viimeisten neljän vuoden ajan olen sekä omatoimisesti että opiskeluissani tutustunut stereoskooppiseen 3D:hen ja siihen liittyviin asioihin. Olen kiinnostunut erilaisista 3D-esitystekniikoista, 3D-kameroista sekä 3D-mallintamisesta. Kaikki tähän tutkielmaani liittyvät asiat 3D-mallintamisesta 3D-kuvaukseen ovat asioita, joissa haluan kehittyä, – asioita, joiden parissa haluan työskennellä ja jotka haluan hallita erinomaisesti.

Stereoskooppinen 3D ei ole mikään uusi asia ja siitä löytyy valtavasti kirjoitettua materiaalia. Myös erikoisefektien ja muiden tietokonemallien sijoittamisesta videoihin on löydettävissä paljon materiaalia. Sen sijaan 3D-mallien sijoittamisesta stereoskooppisesti kuvattuihin 3D-elokuviin on kirjoitettu hyvin vähän. Apuna käytettävät tietokoneohjelmat ja niiden ominaisuudet kehittyvät nopeasti. Eniten tietoa on löydettävissä internetistä. Siellä asian parissa kamppailevat henkilöt etsivät apua ja vastauksia kysymyksiinsä. Tiedonmurusia yhdistelemällä yrityksen ja erehdyksen kautta voi löytää toimivia ratkaisuja ongelmiin.

Tässä tutkielmassa selvitän aluksi stereoskooppisen 3D:n ja ihmisen stereonäön perusteet. Esittelen, mitä työkaluja meillä on käytettävissämme, kun haluamme yhdistää 3D-malleja stereoskooppisesti kuvattuun videomateriaaliin. Tämän jälkeen kerron, miten toteutin Uki 3D -markkinointivideon. Käyn läpi eri työvaiheet ja kerron, minkälaisilla ratkaisuilla onnistuin yhdistämään 3D-mallin 3D-kameralla kuvaamaani videoon.

2 STEREOSKOPIA

Stereoskopia on menetelmä, jossa kahden hieman eri perspektiivistä otetun kuvan avulla muodostetaan kolmiulotteinen kuva (Wright 2010, 126). Kahteen silmään perustuvan näkökykymme ansiosta pystymme hahmottamaan ympäröivän maailmamme stereoskooppisesti eli kolmiulotteisesti. Silmiemme muodostamien kuvien avulla tiedämme, koska asiat ovat lähellä ja koska ne ovat kaukana. Pystymme arvioimaan, ovatko asiat isoja vai pieniä, lähestyvätkö ne vai menevätkö ne pois päin meistä. Aivomme etsivät silmiemme lähettämistä kuvista erilaisia syvyysvihjeitä. Syvyysvihjeet voidaan jakaa monokulaarisiin sekä binokulaarisiin syvyysvihjeisiin. (Kalloniatis & Luu 2007, hakupäivä 21.4.2013.)

2.1 Monokulaariset syvyysvihjeet

Monokulaarisia syvyysvihjeitä on useita, aina lihasten toiminnasta värin ja valon vaihteluun. Yhteistä niille on se, että monokulaarisia syvyysvihjeitä voidaan poimia yhden silmän näkymästä. (Mendiburu 2009, 11.)

Päällekkäisyys on kaikkein voimakkain monokulaarinen syvyysvihje (Mendiburu 2009, 18). Jos näkymässämme on kaksi autoa, joista toinen jää puoliksi peittoon toisen taakse, pystymme helposti päättämään, kumpi kahdesta autosta on lähempänä. Peittoon jäävä auto on kauempana. (Kalloniatis & Luu 2007, hakupäivä 21.4.2013.)

Yksi monokulaarinen syvyysvihje on myös kohteiden suhteellinen koko. Pystymme päättämään asioiden etäisyyksiä vertaamalla niiden kokoa toisiinsa. Jos näkymässämme on esimerkiksi ihminen ja talo ja ne molemmat näyttävät samankokoisina tiedämme, että ihminen on lähempänä. (Mendiburu 2009, 12.)

Katsoessamme junan ikkunasta ulos huomaamme, kuinka lähellä olevat puut vilisevät näkökentässämme nopeasti ohitse, kun taas kaukana olevat puut liik-

kuvat näkökentässämme huomattavasti hitaammin. Vertailemalla näitä sivuttaismuutoksia pystymme päättämään kohteen etäisyyden. Tätä monokulaarista syvyysvihjettä kutsutaan liikeparallaksiksi. (Wright 2010, 126.)

2.2 Binokulaariset syvyysvihjeet

Binokulaariset syvyysvihjeet perustuvat molempien silmien näkymien vertailuun. Ihmisen silmät ovat noin 60–70 mm:n päässä toisistaan. Oikean ja vasemman silmän välittämät kuvat aivoillemme ovat siis hieman erilaisia. Nämä erot toimivat voimakkaina syvyysvihjeinä, joiden avulla pystymme päättämään asioiden etäisyyksiä ja kokoa. (Reeve & Flock 2010, hakupäivä 21.4.2013.)

Parallaksi on binokulaarinen syvyysvihje, joka tarkoittaa oikean ja vasemman silmän kuvien eroa. Kuvien eron huomaa helposti kokeilemalla. Esimerkiksi, jos asetat silmiesi eteen oman sormesi noin 15 cm:n päähän ja suljet silmiäsi vuorotellen, huomaat, kuinka sormi on merkittävästi eri kohdassa oikean ja vasemman silmän näkymässä. Jos näkisit sormesi 20 metrin päässä, ero olisi huomattavasti pienempi. Aivot tulkitsevat vasemman ja oikean silmän kuvien eroavaisuuksien määrää ja laskevat niiden avulla objektin etäisyyden. Mitä kauempana esine on, sitä pienempiä ovat vasemman ja oikean silmän kuvien erot. (Wright 2010, 126.)

Binokulaarisena syvyysvihjeenä toimii myös kohteiden päällekkäisyys. Asioiden peittäessä toisiaan voimme nähdä toisella silmällä hieman enemmän kuin toisella. Voimme asettaa pöydällä olevan kahvikupin taakse kynän siten, että vasemmalla silmällä katsottaessa kynä näkyy ja oikealla silmällä katsottaessa kynä ei näy. Asettamalla kahvikupin peittämään puoliksi toisen kahvikupin huomaamme näkökentässämme ohuen ”kaistaleen”, jonka vain toinen silmä näkee. Tämä ”kaistale” toimii niin voimakkaana syvyysvihjeenä, että se ylittää kaikki muut syvyysvihjeet. (Mendiburu 2009, 18.)

Katsoessamme jotakin kohdetta molemmat silmämme kääntyvät sitä kohti ja tarkentuvat siihen. Tätä kutsutaan konvergenssiksi, joka on myös yksi binoku-

laarisista syvyysvihjeistä. Kääntymisen määrästä aivomme pystyvät päättämään tarkasti kohteen etäisyyden. Katsoessamme lähellä olevaa kohdetta, kuten nenänpäättämme, silmämme kääntyvät hyvin paljon toisiaan kohti, jopa siinä määrin, että se voi tehdä kipeää. Toisaalta katsoessamme kaukaisuuteen silmämme kääntyvät hyvin vähän toisiaan kohden. Pistettä, johon silmämme ovat kohdistuneet, kutsutaan konvergenssipisteeksi. Konvergenssi toimii parhaiten alle 10 metrin matkalla. Se voidaan mitata laskemalla silmien välinen kulma. (Naskali, 2008, 8.) Kohteen ollessa kauempana kuin 10 metrin päässä, silmien välinen kulma ei muutu enää suuresti. Sekä konvergenssi että parallaksi toimivat stereoskooppisen elokuvan kulmakivinä. (Mendiburu 2009, 20.)

2.3 3D-lasit

Elokuvien stereoskooppinen esittäminen perustuu vasemman ja oikean silmän näkymien samanaikaiseen esittämiseen 2d-pinnalla. Molemmille silmille pyritään näyttämään vain sille kuuluva kuva. Erottelu tehdään yleensä jonkinlaisten 3D-lasien avulla. (Mendiburu 2009, 56.)

Suljinlasit peittävät vuorotellen oikean ja vasemman silmän. Lasit synkronoidaan videosaunan kanssa siten, että kun ruudulla on vasemmalle silmälle tarkoitettu kuva, on oikea silmä peitetty, ja kun ruudulla on oikealle silmälle tarkoitettu kuva, on vasen silmä peitetty. Tämä kaikki tapahtuu niin nopeasti, että emme sitä huomaa. Suljinlasit tarvitsevat toimiakseen sähkövirtaa. (Reeve & Flock 2010, hakupäivä 21.4.2013.)

Polarisoiduissa laseissa lasien oikea ja vasen linssi on polarisoitu siten, että ne päästävät läpi vain tietynsuuntaiset valonsäteet. Kun vasemman ja oikean silmän kuvat esitetään polarisoituina, ne päätyvät vain saman suuntaisesti polarisoidun linssin läpi silmälle. (Reeve & Flock 2010, hakupäivä 21.4.2013.)

Anaglyyfiset lasit perustuvat värjättyihin linsseihin. Tällaiset ovat esimerkiksi punaviherlasit. Värien avulla suodatetaan vasemmalle ja oikealle silmälle kuuluvat kuvat. Ongelmana tekniikassa on väritoiston vajavaisuus, sekä kuvien vuo-

taminen väärälle silmälle. (Mendiburu 2009, 56.) Hyvänä puolena anaglyyfisissä laseissa on halpa hinta.

Silmille kuuluvan kuvan voi toimittaa myös kypärän kaltaisilla laitteilla, jotka tuovat oman näytön molemmille silmille. Näyttöjen ollessa näin lähellä silmiä ei muuta suodatusta tarvita. (Naskali 2008, 43.)

Autostereoskooppisella näytöllä kuvien suodatus oikealle ja vasemmalle silmälle tapahtuu jo näytön pinnalla, eikä 3D-laseja tarvita. Suodatus tehdään käyttämällä näköestekalvoa tai linssihilakalvoa. Kuvan eteen laitetaan ikään kuin kalterit, joiden takaa olevasta kuvasta vasen ja oikea silmä näkevät eri osioita. (Järvinen 2005, 4–5.) Kokemusteni perusteella autostereoskooppisten näyttöjen katselukulman pienuus rajoittaa niiden käyttöä. Suodatinkalvot toimivat vain, jos niitä katsotaan suoraan edestä päin. Sivulta katsottaessa suodatus ei osu kohdalleen ja 3D-illuusio murtuu.

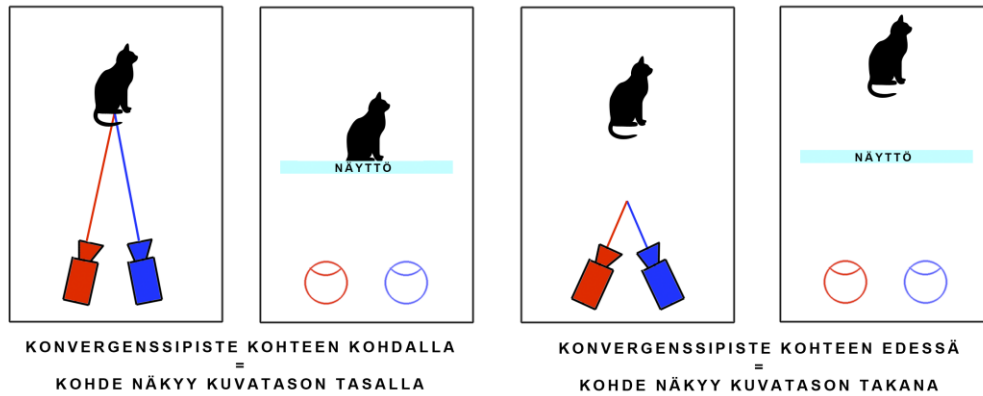
2.4 Ulos ruudusta

Stereoskooppisessa elokuvassa on tärkeä tietää, mitkä tekijät kolmiulotteisuuden illuusioon vaikuttavat. Tekijä voi silloin määrittää, mikä tulee ulos ruudusta ja mikä jää ruudun sisään.

Interokulaarinen etäisyys on yksi merkittävimmistä kolmiulotteisuuteen vaikuttavista asioista. Vietäessä kameroita kauemmas toisistaan kuvauskohteet tuntuvat kasvavan, kun taas vietäessä kameroita lähemmäs toisiaan kohteet kutistuvat. (Mendiburu 2008, 73.) Interokulaarisesta etäisyydestä puhuttaessa tarkoitetaan oikeanpuoleisen ja vasemmanpuoleisen kameran linssien keskipisteiden välistä etäisyyttä. Ihmisen silmien välinen etäisyys on 60–70 mm. Sama etäisyys toimii hyvänä lähtökohtana myös stereoskooppisessa kuvauksessa. (Naskali 2008, 29.)

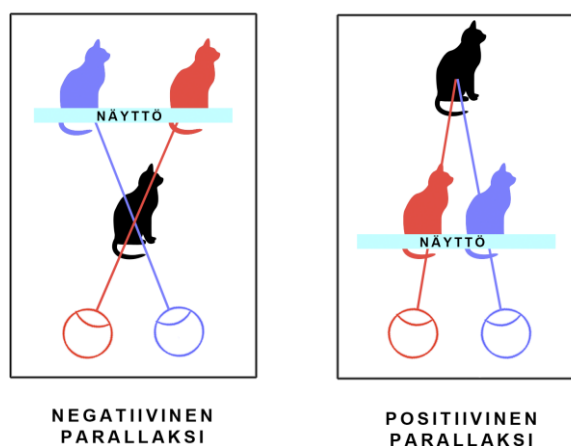
Pistettä, jossa kameroiden optiset akselit kohtaavat, kutsutaan konvergenssipisteeksi. Kameroiden konvergenssia muuttamalla, eli kääntämällä kameroita toi-

siaan kohti, voimme päättää konvergenssipisteen sijainnin (kuva 1). Konvergenssipisteen edessä olevat kohteet tulevat ulos ruudusta ja sen takana olevat kohteet painuvat ruudun sisään. (Reeve & Flock 2010, hakupäivä 21.4.2013.)



KUVA1. *Konvergenssi*

Näemme kohteen tulevan ulos ruudusta, kun kuvatasolla vasen silmä näkee kohteen oikeaa silmää oikeammalla. Tällöin puhutaan negatiivisesta parallaksista. Positiivisesta parallaksista puhutaan, kun näemme kohteen painuvan syvyyteen, eli kun vasen silmä näkee kohteen enemmän vasemmalla kuin oikea silmä (kuva 2). Mikäli molemmat silmät näkevät kohteen samassa kohdassa se ei tule ulos eikä painu ruudun sisään, vaan näyttää olevan tarkalleen kuvatason kohdalla. Tällöin parallaksi on nolla, eli vasemman ja oikean silmän kuvissa ei ole eroavaisuutta sivuttaissuunnassa. (Naskali 2008, 25–27.)



KUVA2. *Parallaksi*

2.5 Stereoskooppisen elokuvan kuvausvälineet

Stereoskooppisessa kuvauksessa jäljitellään ihmisen näkökykyä, joten molemmille silmille kuvataan oma kuvansa. Helpoiten tämä voidaan toteuttaa käyttämällä stereoskooppiseen kuvaukseen suunniteltua 3D-kameraa tai käyttämällä kahta kameraa. Yhtäkin kameraa käyttämällä voidaan selvittää, jos sitä siirrellään tai hyödynnetään peilejä ja linsejä.

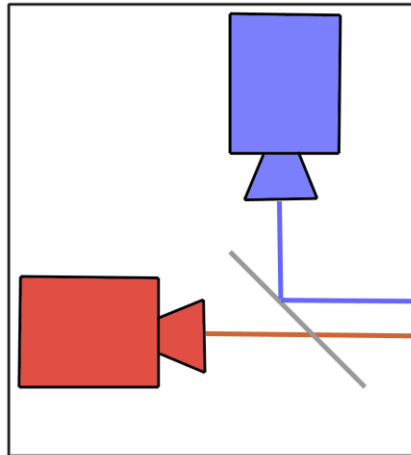
Yhdellä kameralla kuvattaessa stereokuvapari voidaan tuottaa siirtämällä kameraa. Ensin kuvataan vasemman silmän kuva ja sen jälkeen siirretään kameraa halutun interokulaarisen etäisyyden verran oikealle ja kuvataan sama uudelleen. Kuvattavan kohteen on pysyttävä muuttumattomana, jotta vasemman ja oikean silmän kuvissa ei muutu muu kuin kameran sijainti. (Naskali 2008, 11.) Tekniikkaa voidaan hyödyntää lähinnä valokuvauksessa.

Helppo tapa kuvata stereoskooppisesti yhdellä kameralla on hankkia kameraan erityinen 3D-linssi, joka jakaa kuvan kahteen osaan. Kuvan jakamisen voi tehdä myös peilien avulla. Tekniikka ei ole kuitenkaan suositeltava, sillä se jakaa käytössä olevan kuvasensorin vasemmalle ja oikealle kuvalle ja siten puolittaa resoluution. (Naskali 2008, 10.)

Stereoskooppinen elokuva voidaan kuvata käyttämällä samanaikaisesti kahta kameraa, yhtä kameraa vasemmalle ja yhtä oikealle silmälle. Kahdella kameralla kuvattaessa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota moniin asioihin. Usein kamerat ovat niin isoja, ettei niiden sijoittaminen vierekkäin 60–70 mm:n päähän toisistaan ole fyysisesti mahdollista. Tämä voidaan ratkaista esimerkiksi käyttämällä puoliläpäisevää peiliä. Tällöin toinen kamera asetetaan kuvaamaan alaspäin 45 asteen kulmassa olevan puoliläpäisevän peilin kautta ja toinen kamera asetetaan kuvaamaan suoraan peilin läpi (kuva 3). (Reeve & Flock 2010, haku-päivä 21.4.2013.)

Kahta kameraa käytettäessä on pyrittävä varmistamaan kameroiden mahdollisimman suuri samankaltaisuus. Liian suuret erot asetuksissa, valkotasapainos-

sa, linseissä, väreissä tai muussa sellaisessa aiheuttavat häiritsevän paljon eroavaisuutta vasemman ja oikean silmän kuville.



KUVA3. Kuvaus puoliläpäisevän peilin avulla

3D-kameroissa on yhdistetty kaksi kameraa yksiin kuoriin. Kamerassa on linssit ja kuvasensorit niin vasemmalle kuin oikealle silmälle. Linssien interokulaarinen etäisyys vastaa yleensä ihmisen silmien väliä, joka on noin 60–70 mm. 3D-kamera pitää huolen siitä, että kuvattaessa vasemman ja oikean silmän kuvien polttoväli ja muut asetukset pysyvät samoina. 3D-kamerassa konvergenssin säätäminen onnistuu helposti, koska kamera ohjaa sekä oikean- että vasemmanpuoleisen kameran liikkeitä. Joissakin 3D-kameroissa on autostereoskooppinen näyttö, josta kuvan näkee stereoskooppisesti ilman 3D-laseja.

2.6 3D-mallinnus

Markkinoilla on useita 3D-mallinnusohjelmia, joiden perustoiminnot ovat hyvin samankaltaisia. Käytännössä ei ole juurikaan merkitystä, millä ohjelmalla 3D-mallintamisen tekee, jos tuloksena syntyy halutunlainen 3D-malli. Hintavien mallinnusohjelmien joukosta löytyy myös yksi ilmainen ohjelma. Blender on avoimeen lähdekoodiin perustuva mallinnusohjelma, jonka vuoksi sen käyttö on ilmaista.

3D-mallinnusohjelma on hyvä ympäristö stereoskooppisuudelle. Mallit sijaitsevat kolmiulotteisessa koordinaatistossa, joten niitä voi tarkkailla mistä suunnasta tahansa. Yleensä valitaan haluttu näkökulma ja sijoitetaan paikalle virtuaalinen kamera, jolla 3D-malli kuvataan eli renderöidään. Tuloksena syntyy kaksiulotteinen kuva tästä näkökulmasta. Stereoskooppisen kuvaparin muodostaminen on erittäin helppoa. Koordinaatistoon lisätään vain yksi virtuaalinen kamera lisää. Se asetetaan halutun interokulaarisen etäisyyden päähän ensimmäisestä kamerasta ja suunnataan molemmat kamerat kohti haluttua konvergenssipistettä. Stereokuvapari luodaan renderöimällä vasemman ja oikean kameran näkyvät erikseen. Stereoskooppisen kohtauksen renderöintiäika on siis kaksinkertainen. (Schneider 2012, hakupäivä 24.4.2013.)

2.7 Match moving ja camera tracking -ohjelmat

Match moving on prosessi, jonka tarkoituksena on luoda virtuaalinen toisinto kuvauspaikalla käytetystä kamerasta ja sen liikkeistä. Käytetyn kameran polttoväli, korkeus, kallistuskulma, paikka ja liikkeet pyritään toisintamaan mahdollisimman tarkasti. Näin saadaan virtuaalimaailmassa luoduille elementeille sama perspektiivi, syvyys ja sijainti kameraan nähden, kuin jos ne olisivat oikeasti olleet kuvauspaikalla. (Hornung 2010, XII–XV.)

Camera tracking -ohjelmassa kuvasta valitaan haluttuja kohtia ja sijoitetaan näihin seurantapisteet. Videon edetessä eli kuvan vaihtuessa ohjelma pyrkii pitämään seurantapisteet valituissa kohdissa ja laskee näiden avulla kameran liikeradan. Tuloksena syntyy kolmiulotteinen koordinaatisto, jossa kameran toisinto ja seurantapisteet sijaitsevat. Tätä virtuaalista toisintoa kutsutaan ratkaisuksi (solve). (Dobbert 2005, 3.) Hyviä kohteita seurantapisteille voidaan tarkoituksella lisätä kuvaan kuvaushetkellä. Ohjelman on helppo seurata kohteita, joilla on suuri kontrastiero taustansa kanssa. (Dobbert 2005, 94.)

Kaikkein tarkimman tuloksen camera tracking -ohjelma pystyy muodostamaan parallaksin avulla. Kameran liikkuessa sivuttaissuunnassa ohjelman on helppo laskea kaukana ja lähellä sijaitsevien seurantapisteiden muutoserot. Laskemi-

sen jälkeen ohjelman on helppo sijoittaa pisteet niille kuuluville kohdille kolmiulotteisessa koordinaatistossa. (Dobbert 2005, 38-39.) 3D-kameran interokulaarisesta etäisyydestä johtuen stereoskooppisesti kuvatussa materiaalissa on automaattisesti aina hieman parallaksia.

Camera tracking -ohjelmalla voi saada hyviä tuloksia antamalla ohjelman hoitaa kaiken automaattisesti, mutta ratkaisu voi olla myös pahasti pielessä ohjelman pääteltyä asioita väärin. Mahdollisimman tarkan tuloksen saavuttamiseksi voidaan ohjelmaan syöttää varmasti oikeiksi tiedettyjä mittoja. (Dobbert 2005, 94.) Kuvasektorin koko, linssin polttoväli, kameran korkeus, konvergenssipisteen etäisyys ja muut tämän kaltaiset tiedot auttavat ohjelmaa luomaan tarkemman ratkaisun.

2.8 Editointi

Stereoskooppista elokuvaa editoitaessa on pyrittävä leikkaamaan samanaikaisesti vasemman sekä oikean kameran materiaalia. Useimmilla editointiohjelmissä tämä ei ole mikään ongelma. Vasemman kameran kuva voidaan sijoittaa esimerkiksi ensimmäiselle videoraidalle ja oikean kameran kuva toiselle videoraidalle. Tällöin leikkaukset on helppo tehdä samoihin kohtiin ja kuvamateriaali pysyy synkronoituna. Vasemman tai oikean silmän videomateriaalin toistuessa väärään aikaan jopa yhden ruudun ero saattaa olla liikaa ja murtaa stereoskooppisen illuusion.

Stereoskooppisen materiaalin katselu editoinnin aikana onnistuu helpoiten, jos käytettävissä on 3D-näytöllä varustettu tietokone ja leikkausohjelma tukee stereoskooppista esitystä. Halvin vaihtoehto on kuitenkin turvautua anaglyyfiin lasiin, joiden avulla pystyy katselemaan videota stereoskooppisesti tavallisen näytöltä.

3 CASE: UKI 3D

Koulussamme järjestetyn 3D-kuvauksen perusteet -kurssin yhteydessä kävimme tutustumassa juuri rakennettuun koulumme Cave-tilaan. Cave-tilassa (Cave automated virtual environment) käyttäjän ympärille projisoidaan virtuaalitodellisuus. Käytännössä tila on pieni 3D-teatteri, jossa valkokangas voi jatkaa katselijan sivuille ja lattialle. Cave tilassa katsojalla on 3D-lasit silmillään. Laitteistolla voidaan esittää stereoskooppisesti 3D-maailmoja ja liikkua niiden sisällä. Siellä voidaan esimerkiksi liikkua rakennuksesta tehdyn 3D-mallin sisällä huoneesta toiseen. (Oulun seudun ammattikorkeakoulu, hakupäivä 9.5.2013.)

Cave-tilassa pääsimme 3D-lasit silmillämme liikkumaan tietokoneella tehdyssä virtuaalimaailmassa. Virtuaalimaailma koostui muutamasta rakennuksesta sekä piha-alueesta. Kameraa pystyi ohjaamaan vapaasti piha-alueella sekä rakennusten sisällä. 3D-mallit ilmestyivät silmiemme eteen luonnollisessa koossa eli näimme ne sellaisina kuin näkisimme ne oikeassakin ympäristössä. Sain kuulla, että mallin oli toteuttanut oululainen arkkitehtitoimisto Uki Arkkitehdit Oy. Opettajani tiesi myös kertoa, että Uki Arkkitehdit oli suunnittelemassa jotain suurta 3D:hen liittyvää. Kiinnostuin asiasta ja päätin ottaa selvää siitä, mitä oli tekeillä.

Sovin tapaamisen Uki Arkkitehtien toimitusjohtaja Mikko Heikkisen kanssa. Hän kertoi minulle, että he olivat rakentamassa toimistolleen myös omaa cave-tilaa, joka otettaisiin käyttöön vuoden 2013 alussa. Cave-tilan ympärille he olivat kehittäneet Valo-nimisen suunnittelumenetelmän. Valo -suunnittelumenetelmä perustuu siihen, että arkkitehtitoimiston asiakkaat pääsevät liikkumaan 3D-mallien sisällä ja näkemään ne virtuaalisesti yhden suhde yhteen -koossa. Tällöin suunnitelmien toimivuutta sekä näyttävyyttä voidaan arvioida aiempaa paremmin. Mahdollisia virheitä voidaan myös ennaltaehkäistä ennen kuin mitään on vielä fyysisesti rakennettu. Toimitusjohtaja Heikkinen halusi tietää, voiko 3D-kameralla kuvattua materiaalia hyödyntää Valo-suunnittelumenetelmässä.

Valo-suunnittelumenetelmässä asiakas pääsee näkemään, miltä suunniteltu rakennus tulee näyttämään. Jos asiakas haluaa nähdä, miltä suunniteltu raken-

nus tulee näyttämään oikeassa ympäristössään, tarvitaan valtavasti 3D-mallinnusta. Tällöin olisi mallinnettava mahdollisesti lähellä sijaitsevat muut rakennukset, puut, metsät ja merenrannat. Kuvaamalla tämä ympäristö 3D-kameralla ja sijoittamalla tietokoneella tehty 3D-malli videoon voitaisiin näyttää, miltä rakennus tulisi näyttämään oikeassa ympäristössään. 3D-kameraa hyödyntämällä voitaisiin säästää paljon aikaa, koska ympäristön kaikkia yksityiskohtia ei tarvitsisi luoda 3D-mallinnusohjelmalla. Tietenkään samanlaista liikku-
misen vapautta, mikä on mahdollista käytettäessä pelkkiä tietokoneella tehtyjä 3D-malleja, ei voida toteuttaa kuvattaessa 3D-kameralla. 3D-kameralla kuvattua videota, johon on yhdistetty 3D-malleja, voitaisiin mielestäni esittää cave-tilaisuuden aluksi. Katsojat näkisivät ensin, miltä rakennus tulisi oikeassa ympäristössään näyttämään, ja videon loputtua he voisivat taas liikkua 3D-mallin sisällä. Video toimisi johdatuksena mallin sisään.

Keskustelumme jälkeen Mikko Heikkinen oli valmis ottamaan minut työharjoitteleluun Uki Arkkitehtien toimistolle. Tässä vaiheessa minulla oli vielä kuukausi opintoihini kuuluvasta työharjoittelusta suorittamatta, joten tämä oli minulle loistava tilaisuus saada se suoritettua työskentelemällä stereoskooppisen 3D:n parissa. Olin myös aiemmin päättänyt tehdä opinnäytetyönäni jotakin 3D:hen liittyvää. Työharjoitteluni aikana tehtävänäni olisi suunnitella ja toteuttaa 3D-kameralla kuvattavan videon kuvaukset, johon yhdistettäisiin tietokoneella tehtyjä 3D-malleja. Työharjoitteluni jälkeen päätin, että toteuttaisin varsinaisen 3D-mallien yhdistämiseen videoon opinnäytetyöni produktio-osana ja kirjoittaisin tutkielmani samasta aiheesta.

3.1 Toteutus

Käsikirjoitus

Esittelin ideoitani videosta, ja keskustelimme niistä Uki Arkkitehtien toimitusjohtajan sekä muutaman arkkitehdin kanssa. Keskusteluissamme nousi esiin se, että Valo-suunnittelumenetelmän ollessa niin uusi asia sitä pitäisi videolla jotenkin esitellä, pitäisi kertoa, mistä siinä on kyse. Videossa pitäisi myös testata 3D-

mallin oikeaan ympäristöön sijoittamisen toimivuus, koska se on asia, jota Valo-suunnittelumenetelmässä voitaisiin hyödyntää. Asioita yhdistelemällä päädyimme ratkaisuun, että video tulisi olemaan eräänlainen Valo-suunnittelumenetelmän markkinointivideo ja sitä voitaisiin esittää Cave-tilassa asiakkaille. Se toimisi Cave-tilaisuuden aloituksena ja johdattaisi katselijat 3D-mallien pariin.

Video on tarina asiakkaasta, joka löytää Valo-suunnittelumenetelmästä avun ongelmaansa. Videon alussa asiakas seisoo iso paperi kädessään ulkona ja yrittää taistella tuulta vastaan, ettei se veisi paperia. Paperilla on rakennuksen pohjapiirustus. Asiakas yrittää silmiään siristämällä ja asettelemalla paperia oikeaan kohtaan hahmottaa, miltä rakennus tulisi näyttämään oikealla tontillaan. Tuulesta ja paperin koosta johtuen tämä näyttää vaikealta, ja pian asiakas jo luovuttaa. Asiakkaan pakatessa paperia takaisin salkkuunsa salkku hajoaa ja sisältö leviää maahan. Kerätessään salkun sisältöä maasta asiakkaan käteen osuu Uki Arkkitehtien Valo-suunnittelumenetelmän mainosesitys. Asiakas päättää kokeilla Valo-menetelmää. Asiakas saapuu Uki Arkkitehtien toimistolle, jossa hänet otetaan iloisesti vastaan ja ohjataan cave-tilaan. Cave-tilassa asiakas kaivaa taas pohjapiirustuspaperinsa esiin ja on valmiina tekemään siihen muutoksia kynällä. Tässä vaiheessa asiakkaan cave-tilaan vinyt arkkitehti pudistelee päätään ja nostaa esiin 3D-lasit. Tämä on nykyaikaa. Asiakas nostaa 3D-lasit silmilleen ja samalla pohjapiirustuspaperista kohoaa hänen eteensä 3D-malli. Asiakas ei ole uskoa silmiään. Tämän jälkeen arkkitehti käynnistää cave-tilan, ja asiakas näkee edessään, miten suunniteltu rakennus kohoaa oikealle paikalleen oikeassa ympäristössä. Seuraavaksi arkkitehti johdattaa asiakkaan 3D-mallin sisälle. Siellä arkkitehti vaihtaa näkyviin erilaisia sisustus- ja suunnitteluratkaisuja. Asiakas korjaa myös kättä heilauttamalla esiin haluamansa suunnitteluratkaisun. Session jälkeen asiakas on tyytyväinen ja lähdössä Uki Arkkitehtien toimistolta. Astuessaan ulos ovesta asiakas havahtuu ja ihmettelee ympäristöään, sillä hän onkin ilmestynyt takaisin virtuaalimaailmaan, jossa rakennus seisoo oikealla paikallaan.

Halusin videossa verrata uutta Valo-suunnittelumenetelmää vanhoihin menetelmiin ja tuoda esiin sen ylivoimaisuuden. Iso vaikeakäyttöinen paperinen pohjapiirustus edusti vanhoja menetelmiä, joista voidaan päästää irti uusien menetelmien ansiosta.

Kuvaus

Kuvasin videon käyttäen Panasonicin valmistamaa AG-3DA1-3D-kameraa. Tunsin kameran toimintaperiaatteen, ja minulla oli aiempaa kokemusta sillä kuvaamisesta.

3D-mallin sisällä tapahtuvaa kohtausta varten kuvasin näyttelijät viherkangasta vasten, koska halusin heidät 3D-mallin ja kameran väliin. Jälkitöissä korvasin viherkankaan 3D-mallin sisätilalla.

3D-malli

Videon piti valita käytettävä 3D-malli. Työtä aloittaessani mietin, että parhaiten toimisi 3D-malli, joka olisi näyttävä ja olisi jo valmiiksi mallinnettu. Tällöin mallintamiseen ei kuluisi liikaa aikaa. Mallin olisi myös hyvä olla kohteesta, jota ei ole vielä fyysisesti rakennettu ja joka rakennettaisiin tyhjälle tontille, jonka kuvaaminen olisi helppoa. Tällaista ihannekohdetta ei Uki Arkkitehdeillä ollut suunnitella vaan päädyimme valitsemaan 3D-mallin, joka rakennettaisiin Tampereen yliopistollisen sairaalan alueelle. Sairaalan alueella sijaitsevan matalan rakennuksen tilalle rakennettaisiin uusi korkeampi rakennus. Rakennuksesta oli näyttävä kuvioidulla lasijulkisivulla varustettu 3D-malli jo olemassa. Lisäksi rakennuksen sisätilat oli mallinnettu valmiiksi Cave-tilassa esittämistä varten, joten voisin hyödyntää sitä viherkangasta vasten kuvatussa sisätila kohtauksessa.

Omat 3D-mallinnustaitoni olivat projektin alkuvaiheessa perustaso, joten oli parempi, että arkkitehtitoimiston ammattimallintajat olivat tehneet näyttävän 3D-mallin. Taitojani kuitenkin tarvittiin 3D-mallien yhdistämisessä videoon. 3D-mallinsohjelman käyttö oli avainasemassa aseteltaessa 3D-mallia 3D-

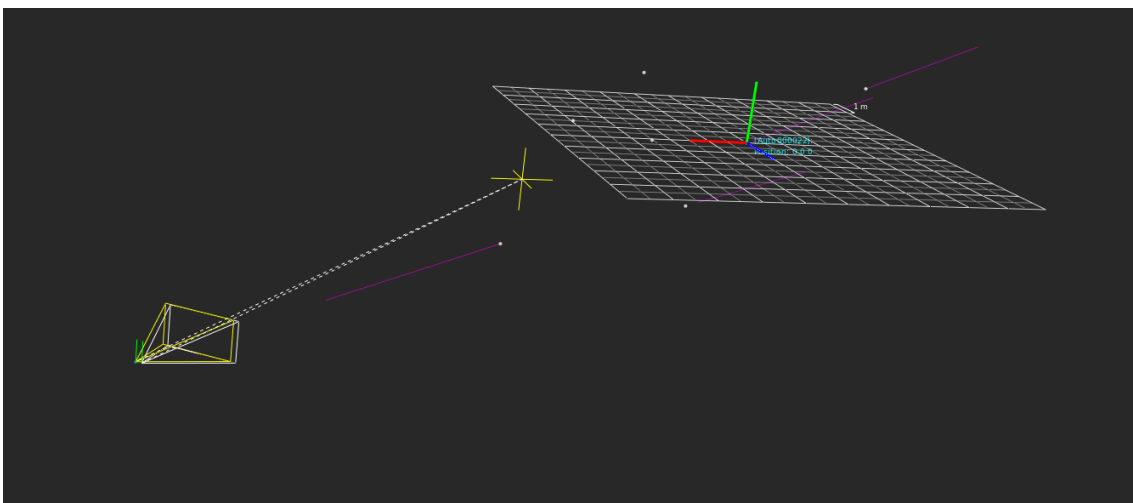
koordinaatistossa oikeaan kohtaan. 3D-mallinusohjelmassa tein myös tarvittavat animoinnit 3D-malleihin. 3D-malli piti animoida kohoamaan omalle paikalleen sekä ilmestymään paperisesta pohjapiirustuksesta. Tämän lisäksi piti animoida mallin sisällä tapahtuva kohtaaminen, jossa asiakas ja arkkitehti vaihtelevat elementtien, kuten huoneiden, paikkojen.

3D-mallinusohjelmista minulla oli eniten kokemusta Maxonin valmistamasta Cinema 4d -paketista. Maxon tarjoaa ohjelmistosta ilmaisversiota opiskelijoille, jotta he voisivat harjoitella taitojaan sen parissa ja siirtyä myöhemmin maksaviksi asiakkaiden. Ilmaisversiolla ei saa kuitenkaan tuottaa sisältöä kaupalliseen käyttöön. Cinema 4d:tä käyttö olisi siis vaatinut lisenssin ostoa. Uki Arkkitehdillä oli käytössä ohjelmistovalmistaja Autodeskin arkkitehdeille suunnittelemissa ohjelmissa. Näihin kuuluu muun muassa 3D-mallinusohjelma 3Ds Max. 3D-mallinusohjelmien toimintaperiaatteet ja käyttö ovat hyvin lähellä toisiaan, joten olisin voinut melko nopeastikin opetella 3Ds Maxin käytön, etenkin kun internet on täynnä erilaisia opetusvideoita aiheeseen liittyen.

Keskustelin tilanteesta 3D-mallinusspalveluita tarjoavan oululaisen Evocons Oy:n toimitusjohtaja Eero Tervon kanssa. Hän suositteli minulle mallinusohjelmaa Blenderiä. Avoimen lähdekoodin ohjelmana sen käyttö on ilmaista. Blenderistä löytyy lähestulkoon kaikki samat ominaisuudet kuin kaupallisista kilpailijoistakin. Sillä pystyy saavuttamaan samat tulokset, ja se on vartenotettava vaihtoehto kalliille kaupallisille 3D-mallinusohjelmistoille. Tilanne muistuttaa hienoa "Linux vastaan Windows" -asetelmaa Blenderin edustaessa Linuxia. Blenderin käyttö on yleistymässä erityisesti pienten yritysten käytössä, koska sen käyttäminen on taloudellisesti järkevää. Blenderin taustalla on myös aktiivinen käyttäjäkunta, joten internetistä löytyy valtavasti koulutusvideoita ja opastusta Blenderin käytöstä. Valitsin käytettäväksi mallinusohjelmaksi siis Blenderin. Blenderin käytön opettelu ei ollut minulle vaikeaa. Hallitsin jo Cinema 4d:n, joten lähtökohtani uuden ohjelman opettelemiseksi olivat hyvät.

Camera tracking

Yksi tärkeimmistä työvaiheista videota tehtäessä oli camera tracking. Sen avulla luotiin virtuaalinen toisinto kameran liikkeistä sekä koordinaatisto, johon 3D-malli sijoitettiin (kuva 4). Camera trackingin ansiosta 3D-mallin perspektiivi ja liikkeet saatiin vastaamaan kuvauskameran perspektiiviä ja liikkeitä kuvauspaikalla. 3D-malli voitiin sijoittaa videokuvaan ja näytti siltä, että se on ollut kuvauspaikalla kuvaushetkellä. Stereoskooppisesti kuvatussa videossa myös konvergenssin oli vastattava kuvauskameran konvergenssia, jotta 3D-mallin paralaksiksi vastasi kuvauspaikkaa ja siten sijoittui oikeaan kohtaan myös syvyydessä.



KUVA4. 3D-kameran virtuaalinen toisinto. Konvergenssipiste näkyy keltaisena.

Internetiä hyödyntäen vertailin stereoskooppista videomateriaalia tukevien tracking-ohjelmien hintoja, ominaisuuksia ja käytettävyyttä. Markkinoilla ei ole olemassa kovinkaan monia stereoskooppista kuvaa tukevaa tracking-ohjelmaa, ja joidenkin tracking-ohjelmien hinta on hyvin korkea. Vertailin ohjelmien ominaisuuksia kotisivuilta löytyvien tietojen sekä ohjelmien käyttöä kuvaavien videoiden avulla. Hinta oli tietysti yksi tärkeimmistä tekijöistä valintaa tehtäessä, mutta etsin myös ohjelmaa, jossa oli selkeä käyttöliittymä.

Pixel Farmin valmistama ohjelma PFTrack kiinnitti huomioni. Sen solmupohjainen (Node-based) käyttöliittymä vaikutti hyvin selkeältä ja tehokaalta. PFTrack sisälsi monipuolisesti työkaluja, ja niiden joukossa oli monia, joita pystyisi hyö-

dyntämään myös stereoskooppisen materiaalin tracking-prosessissa. Se tarjosi myös kätevän testiobjektityökalun, jonka avulla ratkaisun toimivuutta pystyisi testaamaan myös anaglyyfisten 3D-lasien avulla.

PFTrack-lisenssin hinta tammikuussa 2013 oli kuitenkin 1200 euroa, mikä oli aivan liian paljon tämän kokoluokan tuotannossa. Pixel Farm on kuitenkin järkevästi tuonut markkinoille myös ominaisuuksiltaan karsitun version PFTrackistä, joka kantaa nimeä PFMatchit. PFMatchitistä on karsittu PFTrackin tehokkaimmat työkalut, kuten maaston muotojen seuranta sekä 3D-mallinnustyökalut. PFMatchitin hinta helmikuussa 2013 oli 360 euroa, mikä teki siitä markkinoiden edullisimman tracking-ohjelman. PFMatchit oli tuotantooni täydellisesti sopiva työkalu jonka avulla sain tehtyä tarvittavan camera trackingin.

Kompositointi

Loin camera trackingin avulla koordinaatiston 3D-kameralla kuvaamastani videosta. Sijoitin koordinaatistoon 3D-mallin ja animoin sen. Tämän tuloksena syntyi erilliset oikealle ja vasemmalle silmälle tarkoitetut kuvasarjat. Näiden kuvasarjojen taakse asetin kompositointiohjelmassa 3D-kameralla kuvatut videot.

Kompositointiohjelmista minulle tutuimpia ovat Adoben Premiere ja After Effects, joten suoritin yhdistämisen käyttämällä niitä. Premiere ei varsinaisesti tue stereoskooppista editointia, mutta pystyin helposti sijoittamaan vasemman ja oikean silmän kuvat eri videoraidoille ja tekemään niihin samat leikkaukset, joten se ei muodostunut ongelmaksi. Samalla ohjelmalla tein myös sekä äänityöt että värikorjauksen.

Mallin sisällä tapahtuvaa kohtausta varten näyttelijät kuvattiin viherkangasta vasten. Näyttelijöiden syväyksen tein After Effectsissä käyttäen KeyLight-työkalua.

3.2 Työvaiheet

Kuvaus

Kuvauksia varten olin tehnyt kuvakäsikirjoituksen sekä kuvalistan. Kuvalistaan tein jokaisen kuvan yhteyteen muistilistan, jonka avulla muistin tehdä tarvittavat säädöt kameraan. Lista muistutti minua ennen jokaista otosta asettamaan oikean valkotasapainon, säätämään kameran tarkennuksen sekä konvergenssin. Listaan kirjasin ylös käyttämäni konvergenssin, polttovälin, tarkennuksen, aukon sekä kameran 3D-opastimen näyttämät lukemat (kuva 5). Arvelin näistä tiedoista olevan hyötyä camera tracking -vaiheessa.



KUVA5. 3D-kameran lcd-näyttö.

AG-3DA1-kameran näytölle voi valita 3D-mix tilan, jolloin ruudulla näkyvät sekä vasemman että oikean linssin kuvat päällekkäin. Tarkennusta tehtäessä se kannattaa asettaa pois päältä, mutta konvergenssia säädettäessä siitä on yhdessä 3D-opastimen kanssa suurta hyötyä. 3D-mix-kuvan avulla konvergenssin valinta on helppoa. Konvergenssipiste sijaitsee vasemman ja oikean linssin kuvien risteyksessä. Tätä pistettä lähempänä olevat kohteet tulevat ulos ruudusta ja kauempana olevat kohteet painuvat ruudun sisään. Konvergenssipisteen kohdalla sijaitsevat kohteet eivät nouse eivätkä painu kuvapinnalla vaan ovat sen tasalla.

Kamerassa oleva 3D-opastin kertoo optimaalisen 3D-alueen. Opastin kertoo, kuinka lähellä kameraa lähin ja kaukaisin kohde voivat sijaita ilman, että se raskauttaa silmiä. 3D-alueen ulkopuolella olevien kohteiden parallax on niin suuri, että silmämme eivät pysty kääntymään tarpeeksi sisäänpäin (kieroon) tai ulospäin nähdäkseen kohteen. Kuvatessa on oltava tarkkana, jotta kohteet pysyvät sopivalla 3D-alueella.

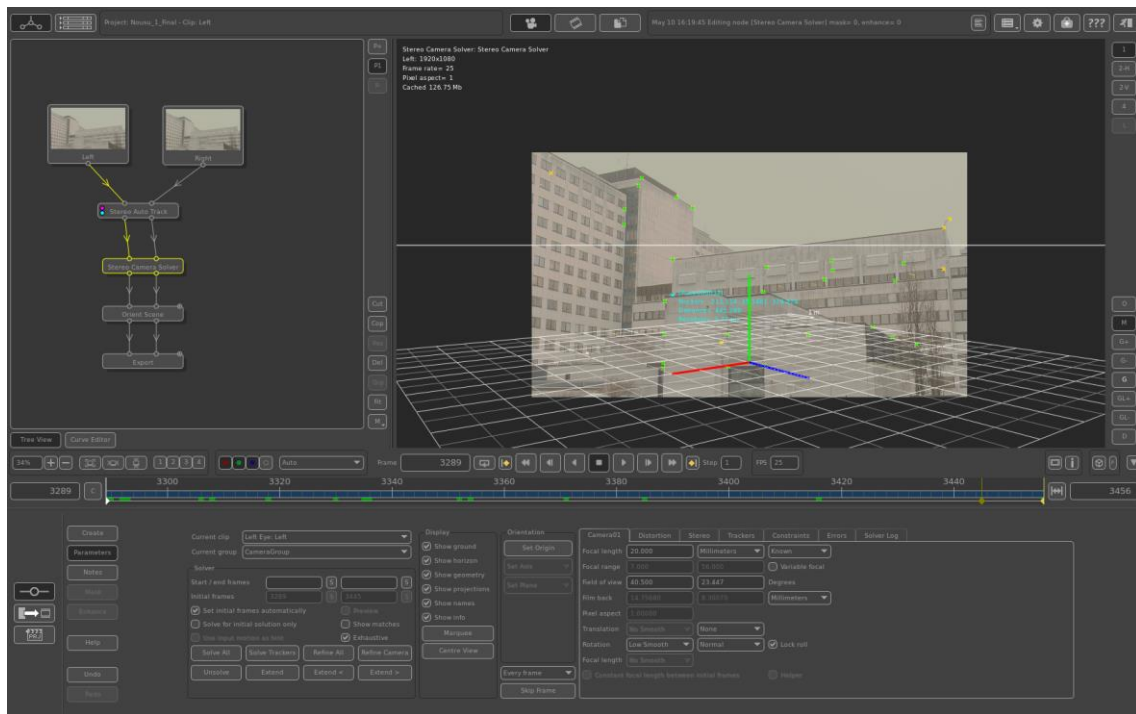
Kuvatessani kohtausta, jossa asiakas levittää pohjapiirustuksen eteensä pöydälle ja johon suunnittelin lisääväni rakennuksen 3D-mallin nousemaan paperista, törmäsin kameras käyttöä rajoittavaan seikkaan. AG-3DA1-kameran polttoväli vastaa laajimmillaan kinokoossa 47,1 mm. Kuvatessani kohtausta Uki Arkkitehtien cave-tilassa, jonka koko on noin 10–15 neliometriä, kävi tila ahtaaksi. En ollut saanut 3D-kameraa riittävän kauas, kuvatakseni kokokuvaa kohtauksesta.

Kuvatessa Panasonicin AG-3DA1-kameralla hyvänä nyrkkisääntönä voi pitää kahden metrin rajaa. Fyysisesti kahta metriä lähempänä kameraa sijaitsevia kohteita on lähes mahdoton saada toimivan 3D-alueen sisään. Konvergenssipisteen tuominen näin lähelle kasvattaa taustan parallaxin liian suureksi. Lähikuvaa kuvatessa on parempi käyttää suurempaa polttoväliä ja pitää kohteet fyysisesti ainakin kahta metriä kauempana kamerasta.

Camera tracking

Kuvattuani kaiken materiaalin, valitsin parhaat otot ja tein markkinointivideosta ensimmäisen raakaleikkauksen Adobe Premierellä. Parhaat otokset valittuani minun täytyi muuntaa tiedostojen formaatti. AG-3DA1 tallentaa kuvatun materiaalin h.264 -tekniikalla MTS-tiedostoiksi. PFMATCHIT (kuva 6) ei tue tätä tiedostomuotoa suoraan, vaan tiedostot on muunnettava toiseen formaattiin. Päätin muuttaa tiedostot DPX-tiedostoiksi, sillä DPX on laadukas ja laajalti tuettu formaatti, jota myös PFMATCHIT tukee. Tiedostojen nimeämisessä on syytä tehdä selvä ero vasemmalle silmälle ja oikealle silmälle tarkoitettujen tiedostojen kohdalla. Itse lisäsin vasemmalle silmälle tarkoitettujen tiedostojen perään merkin-

nän _left ja oikealle silmälle tarkoitettujen tiedostojen perään merkinnän _right. 3D-malleja stereoskooppiseen videoon yhdistettäessä eri työvaiheissa syntyy lukuisia eri tiedostoja, joten alusta asti on syytä olla järjestelmällinen tiedostojen nimeämisen suhteen. Vasemmalle silmälle tarkoitettujen tiedostojen sekoittuminen oikean silmän tiedostoihin saattaa pilata koko projektin.



KUVA6. Camera tracking -ohjelma PFMATCHIT.

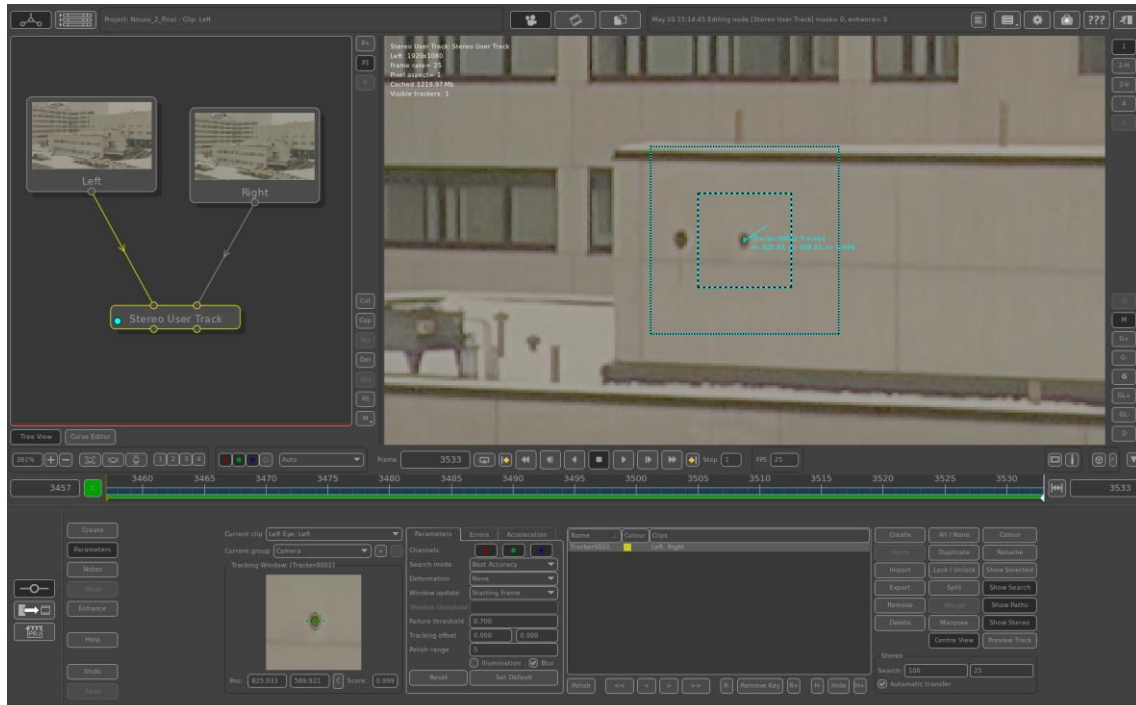
Ensimmäinen tehtävä tiedostojen PFMATCHITiin lataamisen jälkeen on määrittää, minkälaisella kameralla materiaali on kuvattu. Ohjelmalle voidaan kertoa materiaalin kuvanopeus, kuvasuhde ja se, miten kuva on lomitettu, jos se on lomitettu. Tämän lisäksi ohjelmalle voidaan kertoa käytetyn kuvasensorin koko. Määritetty kuvasensorin koko yhdessä polttovälin kanssa on tärkeässä asemassa ohjelman laskiessa ratkaisua. Niiden välinen suhde kertoo ohjelmalle kamerasensorin näkökentän laajuuden, johon suhteuttaa seurantapisteiden sijainti.

Etsin turhaan tietoa siitä, mitä sensorin kokoa ohjelmassa tulisi käyttää kun materiaali on kuvattu AG-3DA1-kameralla. Kysyin asiaa sähköpostilla ohjelman valmistajalta sekä myös kamerasensorin valmistajalta. Ohjelman valmistaja ei osannut vastata kysymykseen, ja kamerasensorin valmistaja ilmoitti, että he eivät halua paljas-

taa kuvasensorin tarkkoja leveys- ja korkeusmittoja. Leveys- ja korkeusmittojen sijasta he ilmoittivat kuvasensorin halkaisijan, joka on 0,24 tuumaa.

Käytännössä olen huomannut, että valitsemalla ohjelmassa kuvasensorin kooksi valmiista vaihtoehdoista HD 1080p on mahdollista saada onnistuneita ratkaisuja yrittämällä hieman eri polttoväliarvoja. HD 1080p -kokoa käytettäessä AG-3DA1:n lyhyin polttoväli, joka vastaa kinokoossa 47,1:tä mm, vastaa tällä asetuksella ohjelmassa noin 20:tä mm.

Ohjelman toiminta perustuu kuvaan määritettävien seurantapisteiden sijainnin tarkkailuun. Kuvaan sijoitetaan seurantapiste, ja määritellään sen koko sekä etsintäalue, jolta se seuraavassa kuvassa (frame) löytyy (kuva 7). Valitun alueen pikseleitä seuraavaan kuvaan vertaamalla ohjelma pitää seurantapisteiden valitun kohteen kohdalla. Esimerkiksi kohtauksessa, jossa kamera kääntyy kohti taloa, voidaan seurantapiste asettaa talon kulmaukseen ja ohjelma pitää seurantapisteiden kulmauksen kohdalla kameran liikkeestä huolimatta.



KUVA7. Seurantapiste on sijoitettu kuvaan.

Ohjelman voi antaa automaattisesti valita kuvasta seurantapisteet, tai ne voi valita itse. Hyviä seurantapisteitä ovat kohteet, joilla on suuri kontrastiero ympäristönsä kanssa. Hyvä seurantapiste on esimerkiksi tumma täplä vaaleaa taustaa vasten. Seurantapisteet pitää sijoittaa kohteisiin, jotka eivät fyysisesti liiku vaan ovat koko kohtauksen ajan paikoillaan. Muuten ohjelma tulkitsee liikkuvat seurantapisteet kameran liikkeiksi.

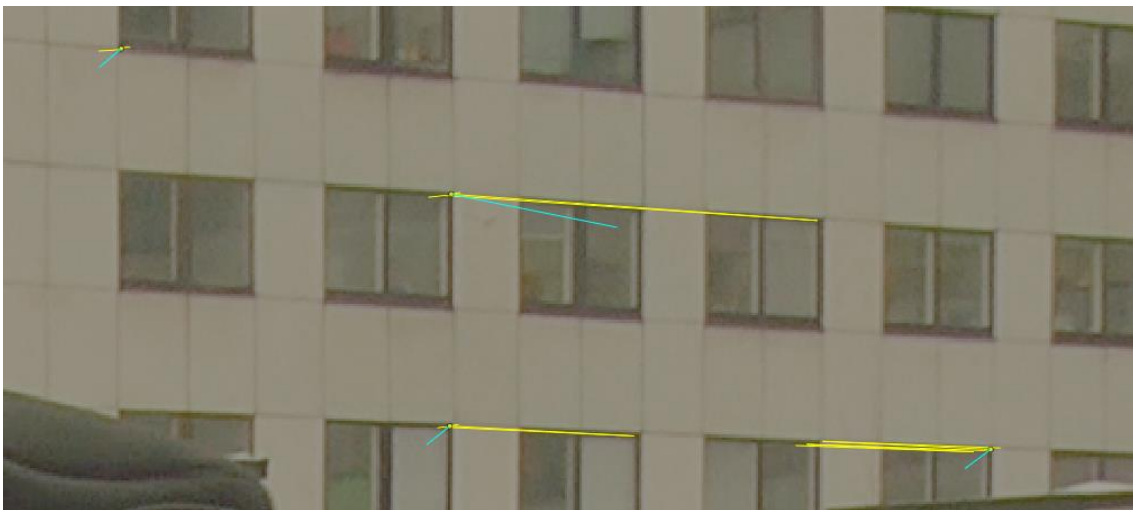
Automaattisella asetuksella ohjelma etsii kuvasta mielestään sopivimmat kohteet ja sijoittaa seurantapisteet niihin. Seurantapisteiden määrään voi vaikuttaa kahdella asetuksella. Ohjelmalle voidaan kertoa, kuinka monta seurantapistettä ohjelman pitäisi luoda ja seurata ja kuinka monta näistä pitäisi lopullisesti hyväksyä. Perusasetuksilla ohjelma sijoittaa ja seuraa 60 seurantapistettä ja säästää näistä 40 parasta (kuva 8). Manuaalisesti toimittaessa seurantapisteitä voi asettaa haluamansa määrän haluamiinsa kohtiin. Käytännössä olen oppinut, että seurantapisteiden laatu voittaa määrään. Vähän tarkkasti kohteissaan pysyviä seurantapisteitä on parempi kuin sadoittain epätarkkoja seurantapisteitä.



KUVA8. Ohjelma on karsinut huonoimmat seurantapisteet ja säästänyt parhaimmat.

Stereoskooppista materiaalia käsiteltäessä seurantapisteet on sijoitettava vastaaviin kohtiin sekä oikean silmän että vasemman silmän kuvissa. Manuaalisesti tämä voidaan tehdä asettamalla seurantapiste ensin vasemman silmän kuvaan

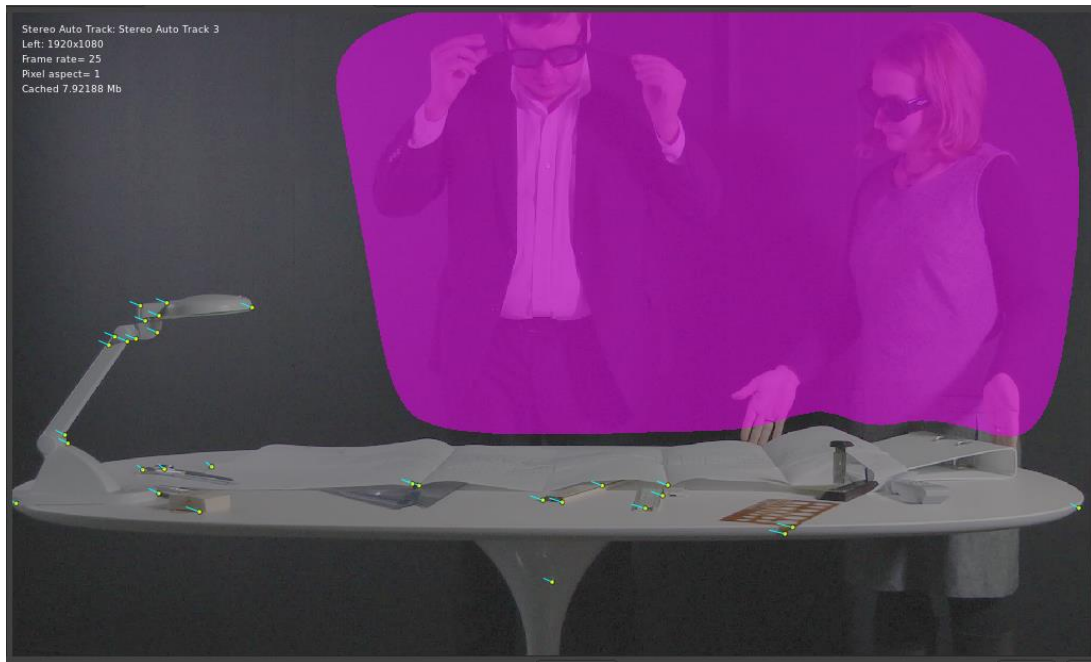
ja sen jälkeen määrittää saman pisteen sijainti oikean silmän kuvassa. Tämänkaltaisen työskentely olisi kuitenkin hyvin työlästä ja aikaa vievää. PFMatchit osaa kuitenkin etsiä stereoskooppista materiaalia käsiteltäessä automaattisesti seurantapisteen stereoskooppisen parin. Yleensä ohjelma osaa sijoittaa stereoskooppisen parin täsmälleen oikeaan kohtaan, mutta jos kuvassa on jokin samanlaisena toistuva kuvio, saattaa se aiheuttaa ongelmia. Asettaessani vasemman silmän kuvassa seurantapisteen kuvaamani ison rakennuksen erään ikkunan kulmaan yritti ohjelma sijoittaa vastaavan pisteen oikean silmän kuvassa väärän ikkunan kulmaan. Rakennuksen ikkunat olivat kaikki niin samannäköisiä, että ohjelma ei osannut pikseleitä vertailemalla tehdä eroa niiden välille (kuva 9). Seurantapisteen stereoskooppisen parin sijainti näkyy ohjelmassa sinisellä viivalla. Viivaa ja sen käyttäytymistä tarkkailemalla huomaa helposti, jos ohjelma sijoittaa seurantapisteen väärin.



KUVA9. Samanlaisena toistuvasta kuviosta johtuen, ohjelmalla oli vaikeuksia sijoittaa seurantapisteen stereoskooppiset parit oikeiden ikkunoiden kulmiin.

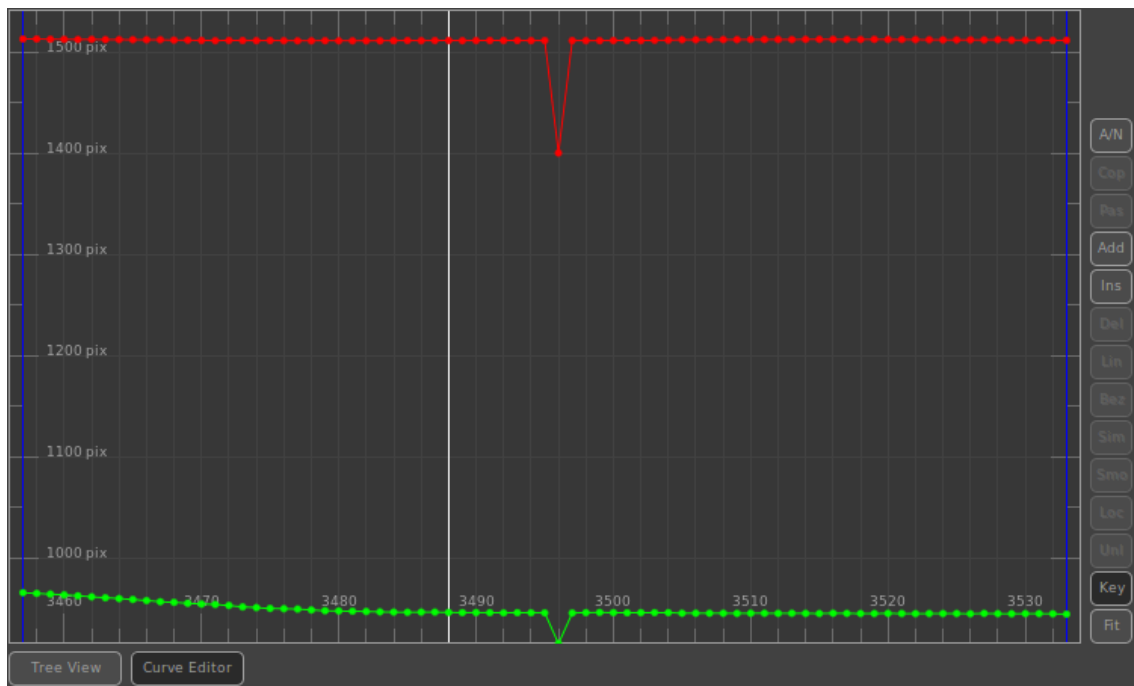
PFMatchit:ssä on toimintoja, joiden avulla kuvaa voi muokata siten, että siitä löytyisi seurantapisteille paremmin soveltuvia kohteita. Voidaan valita esimerkiksi, mitä värikanavaa halutaan käyttää. Valitsemalla käytettäväksi pelkästään sinisen värikanavan voivat kohteiden kontrastierot tulla paremmin esiin, jolloin seurantapisteen on helpompi pysyä kohteessaan. Kuvaan voidaan myös määrittää maskeja, joiden avulla automaattitoimintoa estetään sijoittamasta seurantapisteitä tietyille alueille. Itse käytin tätä toimintoa kohtauksissa, joissa en ha-

lunnut ohjelman sijoittavan seurantapisteitä liikkuviin kohteisiin, kuten kuvassa näkyviin näyttelijöihin tai tuulessa heiluviin puiden oksiin (kuva 10).



KUVA10. *Maski*

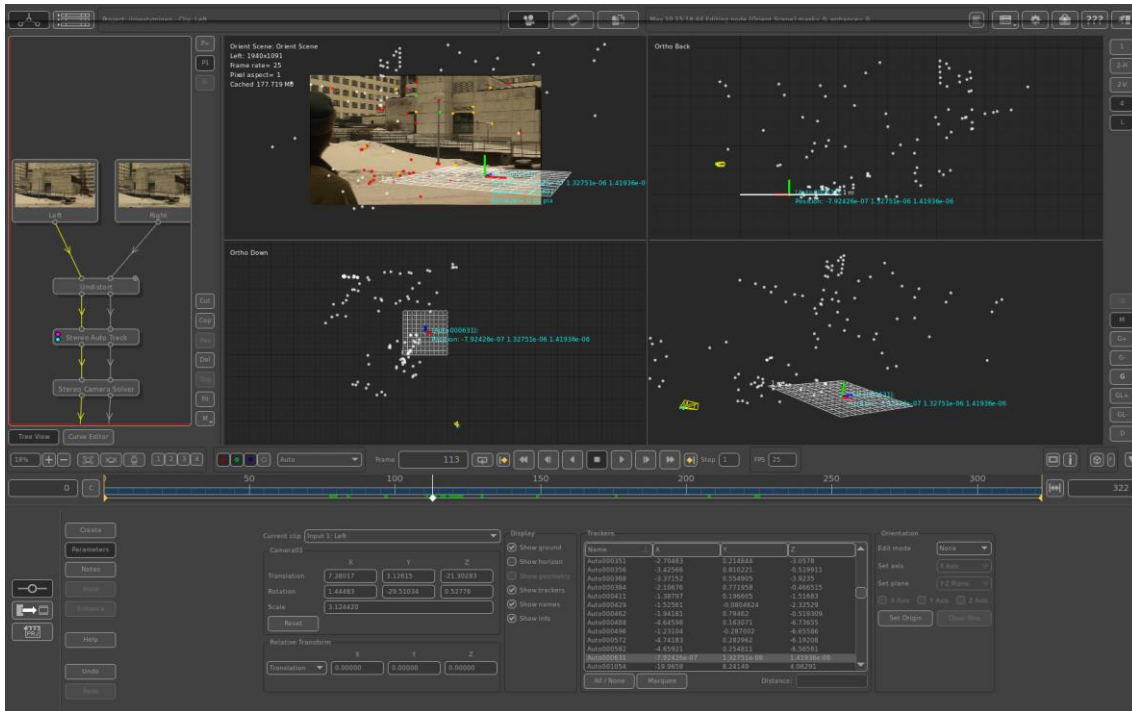
Kun seurantapisteet on valittu ja ohjelma on suorittanut seuraamisen kannattaa seurannan onnistumisen arviointiin käyttää aikaa ja karsia mahdolliset virheet ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. Seurantapisteiden liikeradat näkyvät ohjelmassa keltaisella ja stereoskooppisten parien sijainti sinisellä viivalla. Näiden viivojen käyttäytymistä seuraamalla on helppo huomata mahdolliset virheet. Arvioin seurannan onnistumista hankaamalla aikajanaa pienissä pätkissä edestakaisin. Tällöin huomaa helposti, jos sininen tai keltainen viiva hypähtää yllättävästi yksittäisen kuvan kohdalla. Virheen voi korjata siirtämällä käsin seurantapisteen oikeaan kohtaan tai rajaamalla pisteen olemassaolon vain tiettyihin kuviin tai poistamalla sen kokonaan. Seurantapisteiden sijainnin muutoksia voi seurata myös tarkastelemalla sijainnin kertovia käyriä. Yllättävä piikki käyrässä paljastaa virheen (kuva 11).



KUVA11. Yllättävä piikki käyrässä paljastaa virheen.

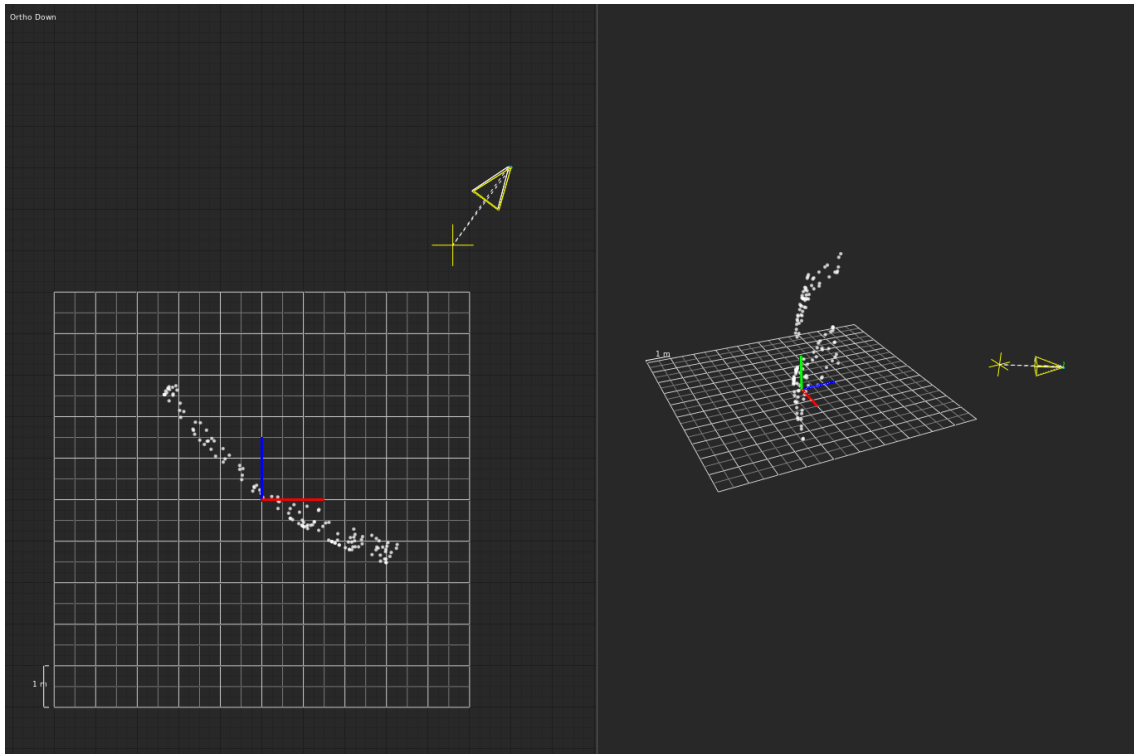
Kuvassa olevien toistuvien kuvioden lisäksi stereoskooppisen materiaalin kohdalla eniten virheitä syntyy, kun seurantapisteen ovat poistumassa kuvasta aivan kuvan reunalla. Oikean silmän kuvan reunassa näkyvä kohde ei välttämättä enää näy lainkaan vasemman silmän kuvassa, jolloin ohjelmalla ei ole aavistustakaan, minne sijoittaa seurantapisteen stereoskooppinen pari. Ongelman voi ratkaista rajoittamalla seurantapisteen olemassaolon vain siihen kuvaan asti, jossa sen stereoskooppinen pari on vielä mukana.

Seuraava vaihe on auttaa ohjelmaa muodostamaan ratkaisu käyttämällä ratkaisijaa. Seurantapisteen avulla ohjelma muodostaa virtuaalisen toisinnon kuvauspaikalla käytetyn kameran liikkeistä. Tätä kutsutaan ratkaisuksi (solve). Vertaamalla seurantapisteen keskinäisten sijaintien muutoksia, ohjelma luo virtuaalisen toisinnon käytetystä kamerasta sekä sijoittaa seurantapisteen kolmiulotteisessa koordinaatistossa kuvaushetkeä vastaaville paikoilleen (kuva 12). Kaukana olevien pisteiden parallaksi on pienempi kuin lähellä olevien. Parallaksin avulla ohjelman on helppo laskea seurantapisteen oikeat sijainnit.



KUVA12. Ohjelman muodostama ratkaisu neljästä eri suunnasta tarkasteltuna

Ohjelman voi antaa muodostaa ratkaisun täysin automaattisesti, jolloin ohjelma yrittää päätellä kameran liikkeen, käytetyn polttovälin, interokulaarisen etäisyyden sekä kaikki muut tiedot seurantapisteiden avulla. Ratkaisun paikkansapitävyys on tällöin kuitenkin yleensä melko huono. Huonon ratkaisun tunnistaa selkeimmin kuvaruudussa poukkoilevasta koordinaatistosta, joka ei näytä vastavan kuvan tapahtumia laisinkaan. Tällöin ohjelma on laskenut kameran liikerradan väärin. Toinen selkeä keino arvioida ratkaisun onnistumista on tarkkailla seurantapisteiden sijaintia koordinaatistossa ylänäköymästä. Jos kaikki seurantapisteet sijaitsevat yhtä kaukana muodostaen kaaren, on ratkaisu pielessä (kuva 13). Tällöin kameran liikerata saattaa olla oikea ja kameranäkymästä tarkasteltaessa kaikki näyttäisi olevan hyvin, mutta seurantapisteiden sijainnit ovat täysin vääriä ja luultavasti stereoskooppisesti tarkasteltaessa konvergenssikin on virheellinen.



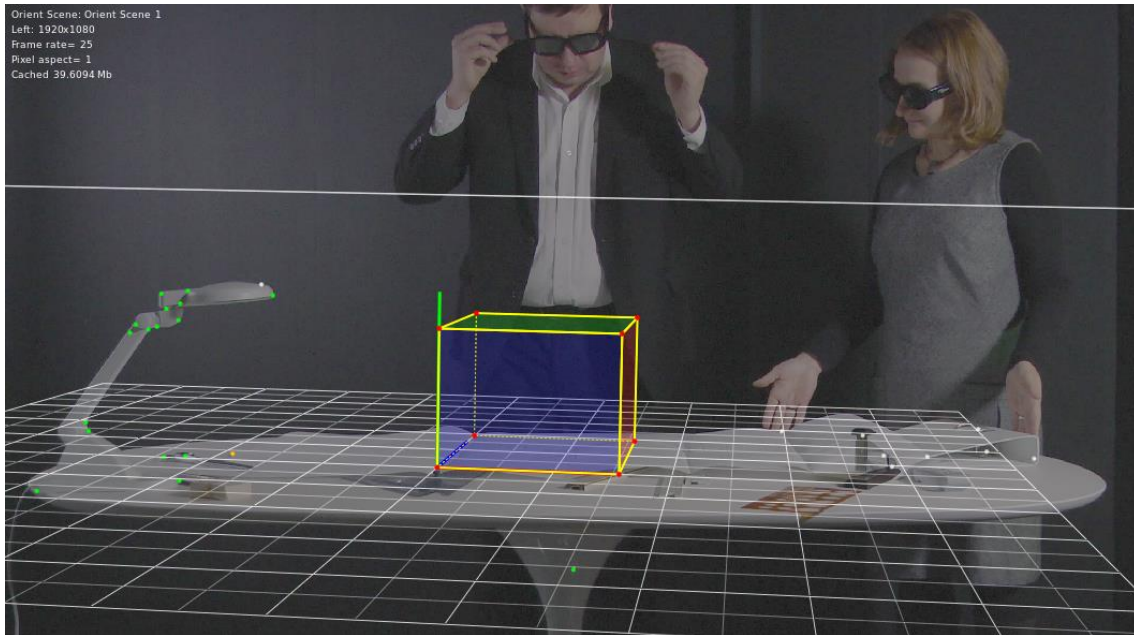
KUVA13. Ohjelma on muodostanut virheellisen ratkaisun. Ohjelma on tulkinut seurantapisteiden sijainnin väärin.

Lukuisten virheellisten yritysten jälkeen tiedän, että parempiin tuloksiin pääsee antamalla ohjelmalle mahdollisimman paljon tietoa kuvaushetkestä. Ohjelmalle kannattaa kertoa mitkä ovat ne kaksi kuvaa, joita vertaamalla kohtauksen paralaksi näyttäytyy selkeimmin. Ohjelmalle voidaan kertoa myös kameran liikeredasta. Kuvasin kaikki kohtaukset käyttämällä jalustaa, joten valitsin kameran liikkeeksi ainoastaan kiertoliikkeen, sillä jalustalla ollessaan kamera ei liiku eteen, taakse tai sivuille. Asetin ohjelmaan AG-3DA1-kameran interokulaariseksi etäisyydeksi 6 cm sekä polttoväliksi laajimmalla asetuksella kuvatessani 20 mm.

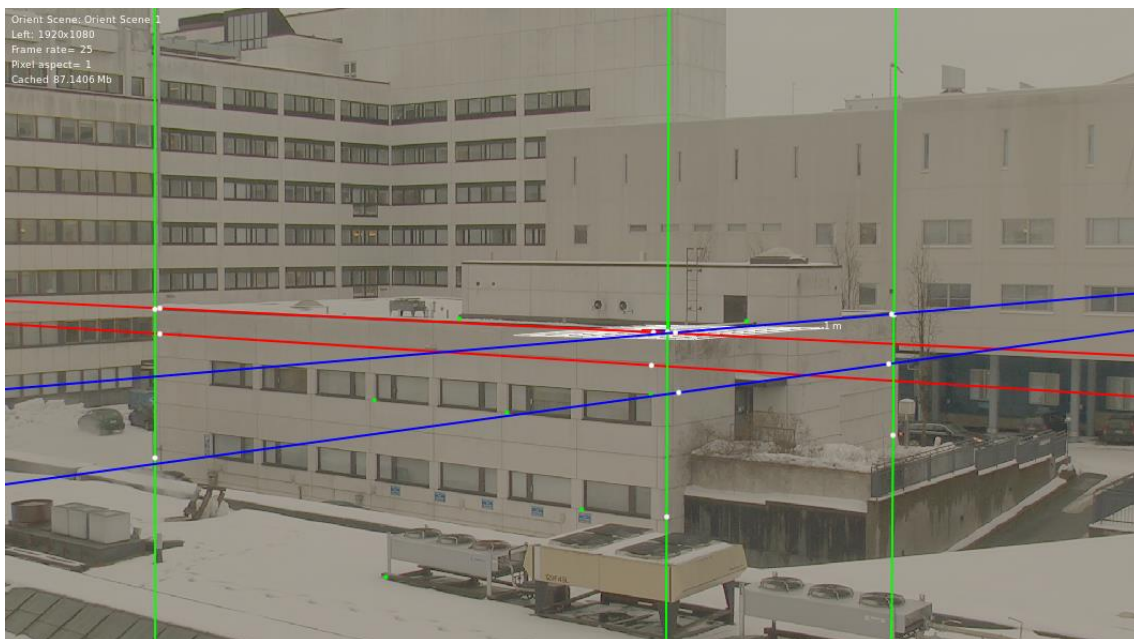
Ohjelmalle voi myös kertoa täsmällisesti seurantapisteiden etäisyyden kamerasta ja toisistaan. Tätä tekniikkaa käyttäessä tulokset ovat kaikkein tarkimpia. Itse käytin tätä tekniikka työstäessäni erästä kohtausta, josta ei muilla keinoilla tunnut syntyvän toimivaa ratkaisua.

Olin asettanut manuaalisesti seurantapisteitä suorakulmaisen rakennuksen kulmaukseen sekä sen kahdelle sivulle. Asetin kulmauksessa olevan seurantapisteen sijainniksi 0,0,0 eli määritin kolmiulotteisen koordinaatiston origon tämän pisteen kohdalle. Tämän jälkeen kerroin ohjelmalle muiden seurantapisteidän etäisyyden origosta. Etäisyyksien saamiseksi en kuitenkaan käynyt rakennusta paikan päällä mittaamassa vaan käytin hyödykseni kaupunkimalli.fi palvelua. Kaupunkimalli.fi:stä voi tilata itselleen satelliittikuvan perusteella muodostetun 3D-mallin haluamastaan alueesta. Tilaamani Tampereen yliopistollisen sairaalan aluetta kuvaavan 3D-mallin mukana tullut katseluohjelma sisälsi mittaus työkalun, jonka avulla sain rakennuksen mitat. Rakennuksen mittojen avulla sain muodostettua toimivan ratkaisun. On siis monia keinoja saada hyödyllisiä mittoja, mutta suosittelen pohtimaan mahdollisia seurantapisteitä ja mittaamaan niiden etäisyyksiä jo kuvaushetkellä.

Onnistuneen ratkaisun jälkeen seuraava vaihe PFMatchitissä on syntyneen koordinaatiston sijoittaminen ja suuntaaminen. X-, y- ja z-akselien suunnat asetetaan vastaamaan kuvauspaikan suuntia. Koordinaatiston suuntaamiseksi ja sijoittamiseksi on PFMatchitissä joukko työkaluja. Koordinaatistoa voi liikuttaa ja pyörittää vapaasti tai käyttää apunaan esimerkiksi laatikkotyökalua. Laatikkotyökalun avulla koordinaatisto ohjataan kohdalleen sijoittamalla kuvaan laatikko, jota kääntelemällä koordinaatisto liikkuu (kuva 14). Kohtauksessa, jossa asiakas levittää pohjapiirustuspaperinsa pöydälle ja josta rakennuksen 3D-mallinousee, halusin asettaa koordinaatiston pöydällä olevan paperin tasalle. Asetin laatikkotyökalua käyttämällä laatikon pohjapiirustuksen tasalle ja kääntelin sen asentoon, jossa halusin 3D-mallinkin olevan. Laatikkotyökalu ei ole aivan yhtä tarkka kuin esimerkiksi akselityökalu. Akselityökalua voi käyttää, jos kuvassa on selvästi x-, y- ja z-akselin suuntaisia viivoja (kuva 15). Käytin akselityökalua kaikissa muissa kohtauksissa paitsi edellä mainitussa pöydän äärellä tapahtuvassa kohtauksessa. Kohtauksissa, joissa kuvassa on esimerkiksi rakennuksia, on akselityökalun avulla helppo asettaa akselit talon seinien mukaisesti, jolloin koordinaatisto suuntautuu kuvauspaikan mukaan.



KUVA14. Koordinaatisto on suunnattu laatikkotyökalun avulla



KUVA15. Koordinaatisto on suunnattu akselityökalun avulla.

Koordinaatiston suuntaamisen ja halutulle paikalle asettamisen jälkeen voi koh-
taukseen asettaa testiobjekteja (kuva 16). Ohjelmassa on valmiina muutamia
testiobjekteja eli 3D-malleja, mutta ohjelmaan voi myös ladata haluamansa 3D-
mallit ja käyttää niitä testiobjekteina. Sijoittamalla kuvaan testiobjektin voi tark-
kailla kokonaisratkaisun onnistumista. Onnistuneessa ratkaisussa objektit pysy-

vät koko kohtauksen ajan halutussa kohdassa eivätkä lähde liukumaan. Stereoskooppista ratkaisua voi tarkkailla anaglyyfisten 3D-lasien avulla.



KUVA16. Kuvaan on sijoitettu kolme testiobjektia.

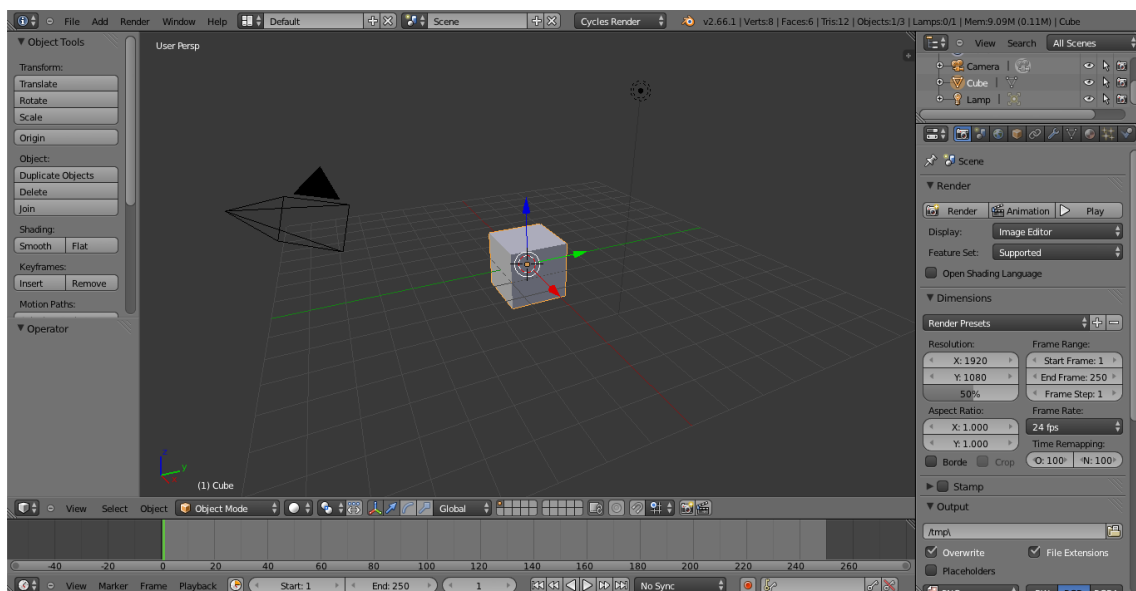
Stereoskooppista ratkaisua arvioitaessa on oltava tarkkana, sillä pienikin virhe voi saada 3D-mallin näkymään väärässä syvyydessä. Testatessani ratkaisuja lisäsin yleensä kohtaukseen yhden testiobjektin koordinaatiston origoon. Origoon olin sijoittanut kuvassa olevan näkyvän rakennuksen katon kulmaukseen ja suunnannut koordinaatiston talon seinien mukaisesti. Lisättyäni testiobjektin origoon vasemman silmän näkymässä vaihdoin oikean silmän näkymään. Testiobjektin pitäisi sijaita oikeassa kohdassa myös oikean silmän näkymässä, muuten ratkaisu olisi virheellinen. Origoon sijoitetun testiobjektin läpäistyä tarkistukseni lisäsin kohtaukseen toisen samanlaisen testiobjektin. Tällä kertaa liikutin testiobjektin x-akselia pitkin talon toiselle kulmalle. Toiselle kulmalle tarkasti osuva objekti kertoi minulle x-akselin olevan tarkasti oikein suunnattu. Tämän jälkeen vaihdoin jälleen toisen silmän näkymään. Jos objekti ei sijainnut oikeassa kohdassa, oli ratkaisussa virhe. Toisen objektin testauksen jälkeen toistin testin vielä kerran, mutta tällä kertaa liikutin objektia z-akselia pitkin talon kolmanteen kulmaukseen. Viimeiseksi tarkastelin vielä kuvaa anaglyyfiset lasit

silmilläni, jolloin varmistuin testiobjektien sijaitsevan samassa syvyydessä kuvassa olevien talonkulmausten kanssa.

Onnistunut ratkaisu tallennetaan 3D-mallinnusohjelman tukemaan formaattiin. 3D-mallinnusohjelmia on monia, joten tuettuja formaattejakin on monia. Käyttämäni avoimen lähdekoodin Blender 3D-mallinnusohjelmaan (kuva 16) ei kuitenkaan löydy PFMatchitistä suoraa tukea. Tiedoston pystyi kuitenkin tallentamaan DAE-formaattiin, jonka avulla ratkaisun sai vietyä Blenderiin.

3D-mallinnus

Ennen PFMatchitissä luodun ratkaisun tuomista Blenderiin on mallinnusohjelman asetukset laitettava kuntoon. Ensimmäiseksi vaihdetaan renderöintimoottori Blenderin vanhasta perusmoottorista Cycles-moottoriin. Cycles perustuu valonsäteiden seurantaan, ja sen avulla on mahdollista saada renderöityä realistisemmän näköisiä lopputuloksia. Myös kohtauksessa mahdollisesti olevat lamput, kamerat ja objektit tulee poistaa siten, että jäljelle jää vain tyhjä koordinaattisto.

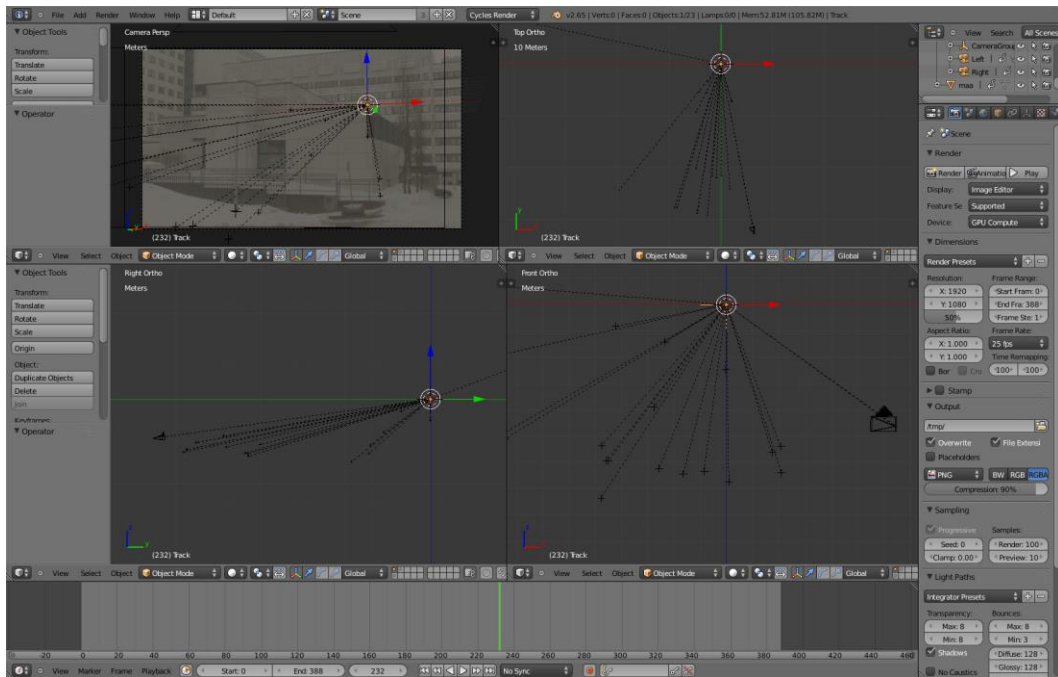


KUVA16. 3D-mallinnusohjelma Blender

Ennen ratkaisun tuomista on myös erittäin tärkeää asettaa Blenderissä kohtauksen kuvanopeus vastaamaan ratkaisun kuvanopeutta, joka tässä tapauksessa on 25 kuvaa sekunnissa. Jos kuvanopeutta yrittää säätää vasta ratkaisun tuomisen jälkeen, se ei vaikuta enää ratkaisun nopeuteen, vaan johtaa tilanteeseen, jossa 3D-malli ei ole synkronoitu kuvamateriaalin kanssa.

Kun Blenderiin lataa DAE-formaattissa olevan ratkaisun, ilmestyy kohtaukseen PFMatchitin luomat vasen ja oikea kamera sekä seurantapisteet. Kaikki nämä ovat kuitenkin ilmestyneet kohtaukseen väärässä asennossa. Tilanteen voi korjata helposti luomalla kohtaukseen tyhjän objektin origon kohdalle ja parentoimalla (parent) sen seurantapisteille ja kameroille. Nyt tyhjää objektia x-akselin ympäri 90 astetta kääntämällä kääntyvät myös kamerat sekä seurantapisteet oikeaan asentoon.

DAE-formaatti ei osaa tallentaa kameroiden polttoväliä eikä kuvasensorin kokoa vaan ne on asetettava manuaalisesti vastaamaan PFMatchitissä käytettyjä arvoja. Koska käytin HD 1080p -asetusta PFMatchitissä, asetin Blenderissä kuvasensorin korkeudeksi 8,30 mm ja leveydeksi 14,76 mm. Polttoväliksi asetin ratkaisua vastaavan lukeman 20 mm. Nämä asetukset on asetettava sekä oikealle että vasemmalle kameralle. Myös kohtauksen kuvaruutujen määrä on asetettava vastaamaan ratkaisun kestoa ja kohtaus on asetettava alkamaan kuvaruudusta numero nolla eikä yksi, koska DAE-formaatissa ohjelmaan tuotu ratkaisu asettuu alkamaan ruudusta nolla.

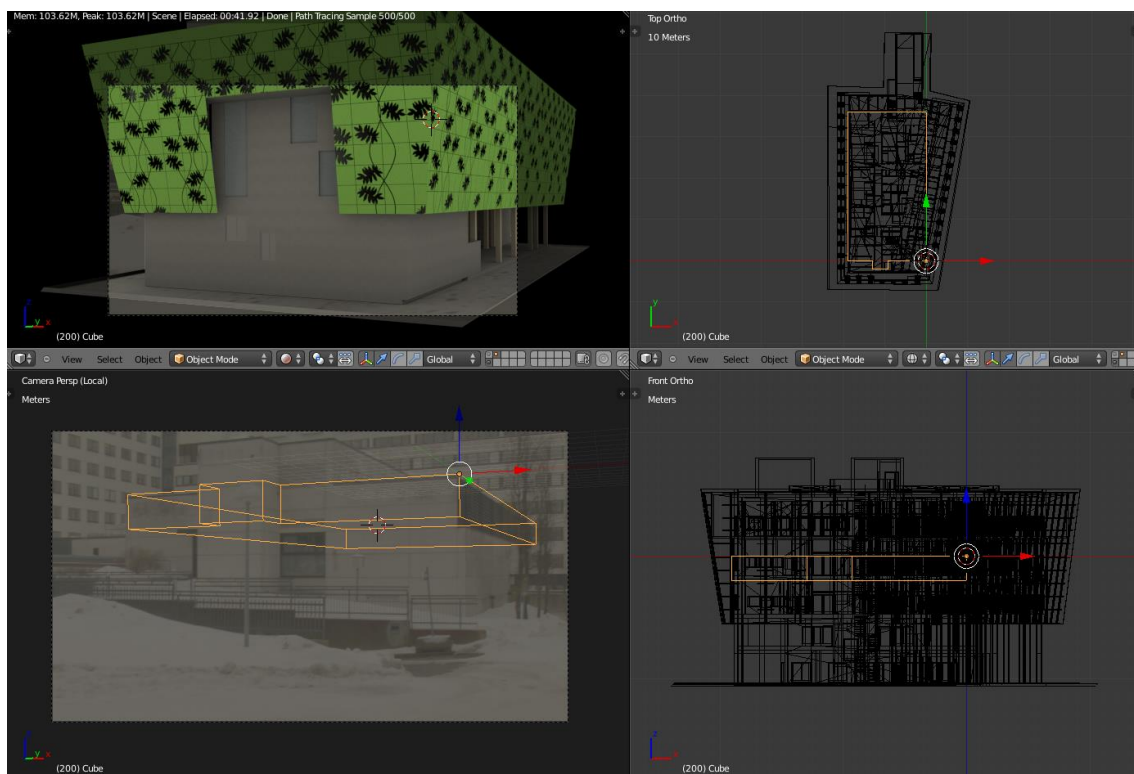


KUVA17. Ratkaisu Blenderissä

Seuraavaksi siirryin vasemman virtuaalikameran näkymään ja latastin taustakuvaksi 3D-kameran kuvaaman vasemman videon. Taustavideon avulla näkee 3D-mallin sijoittumisen lopullisessa kohtauksessa. Pitää muistaa, että siirryttäessä oikeanpuoleisen virtuaalikameran näkymään on myös taustakuvaksi asetettava oikean kameran kuvaama video, jotta näkymä vastaisi todellisuutta. Opin nopeasti, että taustalle videota ladattaessa on jostakin syystä valittava ensimmäiseksi kuvaksi kuvasarjan toinen kuva, muuten se ei synkronoidu oikein 3D-mallin ohjelman kohtauksen kanssa, vaan on yhden ruudun jäljessä.

Taustakuvan asettamisen jälkeen kaikki on valmista varsinaisen 3D-mallin tuomiseksi kohtaukseen (kuva 17). Minulla kohtaukseen sijoitettava rakennuksen 3D-malli oli tallennettuna erilliseen Blender-tiedostoon. Animointia varten olin jakanut rakennuksen viideksi objektiksi, joista neljä vastasi jokainen yhtä kerrosta sekä viides objekti oli rakennuksen julkisivun peittävä koristelasikuori. Liitin nämä objektit omasta tiedostostaan kohtaukseeni käyttämällä Blenderin append-toimintoa. Asetin objektit omalle tasolle, jolloin minun oli helppo valita ne samanaikaisesti ja liikuttaa ne haluamaani kohtaan sekä skaalata haluamani kokoiseksi. 3D-mallin paikan ja koon valitsin sen perusteella, mikä mielestäni näytti kuvassa parhaimmalta.

Tampereen yliopistollisen sairaalan pihalla kuvatuissa kohtauksissa kuvassa näkyy vanha rakennus, jonka tilalle 3D-malli sijoittuisi. Näissä kohtauksissa mallin sijoittamista helpottaakseni loin taustakuvaa hyödyntäen yksinkertaisen 3D-mallin kuvassa näkyvästä vanhasta rakennuksesta. Loin 3D-mallin lisäämällä kohtaukseen valmiista objekteista kuution. Koordinaatiston origon olin sijoittanut kuvassa näkyvän talon kulmaukseen, joten liikuttamalla kuution kulmapisteet talon sivujen mukaan sain luotua talon kohdalle taloa vastaavan yksinkertaisen 3D-mallin. Mallinnusnäkymän ylä- ja sivunäkymiä hyödyntäen pystyin vertailemaan varsinaisen 3D-mallin sijaintia ja kokoa luomani 3D-mallin sijaintiin ja kokoon (kuva 18). Tämä auttoi minua muodostamaan käsityksen siitä, miltä 3D-mallin kuvaama rakennus tulisi valmistuttuaan näyttämään oikeassa ympäristössään.

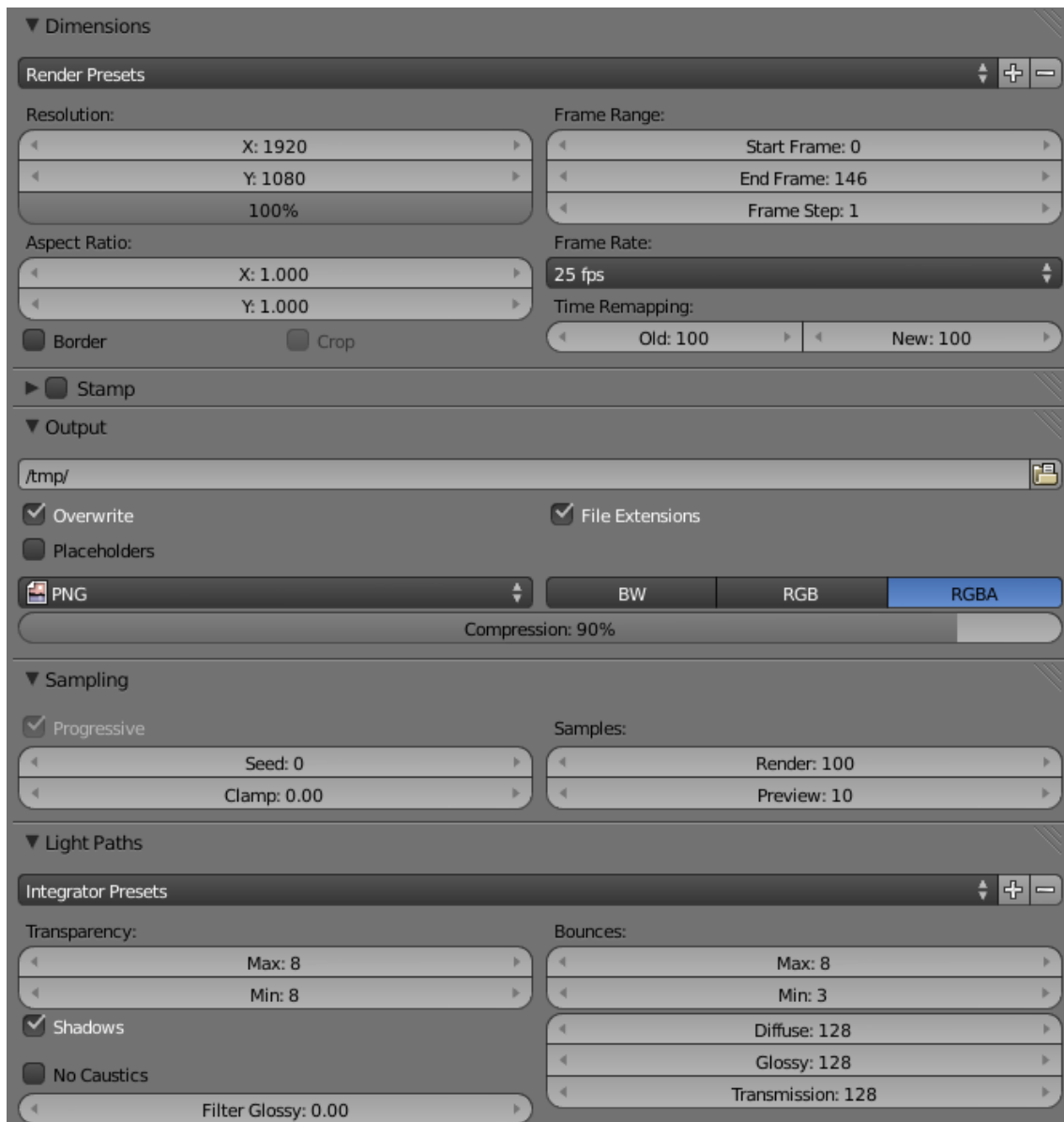


KUVA18. 3D-malli on sijoitettu taustakuvan avulla luodun apumallin kohdalle.

Sijoitettuani 3D-mallin haluamaani kohtaan tein tarvittavan animoinnin. Kohtauksesta riippuen animoin rakennuksen kerrokset tai koko rakennuksen nousemaan tai laskeutumaan paikoilleen. Animointi onnistuu Blenderissä, kuten mo-

nissa muissakin ohjelmissa, avainkehyksiä (keyframe) hyödyntäen. Saadakseni 3D-mallin valaistua kuvauspaikkaa vastaavalla tavalla asetin kohtauksen ympäristötekstuuriksi yhden kuvan kohtauksen taustalla käyttämästäni videosta.

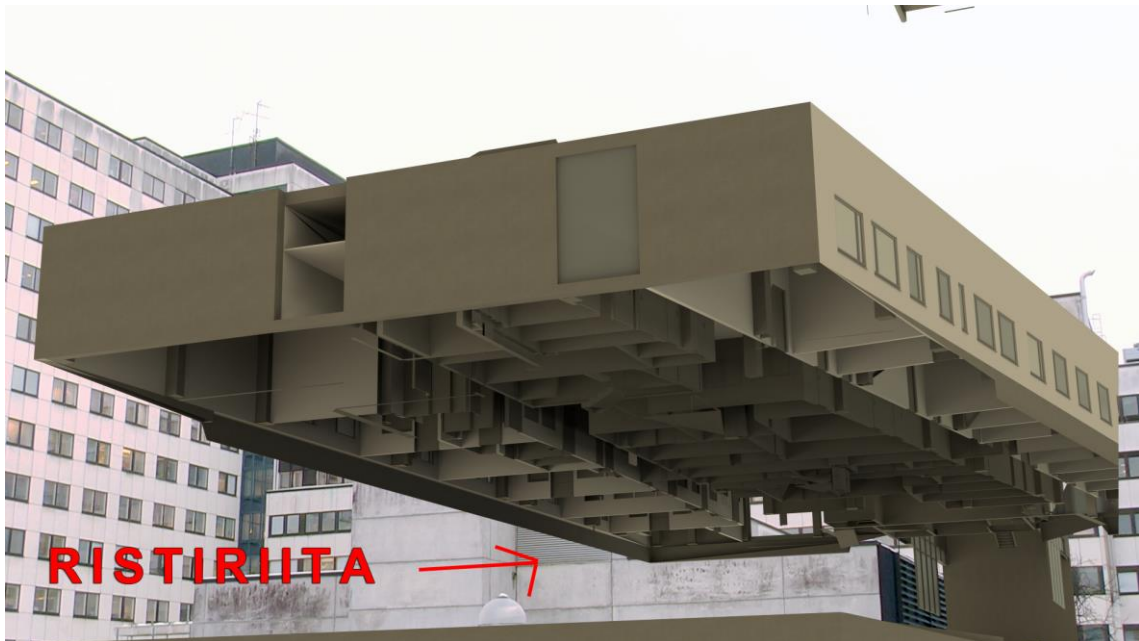
Valmiin kohtauksen renderöin ensin vasemman kameran kautta ja sen jälkeen oikean kameran kautta. Valitsin formaatiksi PNG-kuvasarjan ja aktivoin myös alpha-kanavan, jotta kuviin tallentuisi myös läpinäkyvyys (kuva 19). Cycles-renderöintimoottoria käytettäessä renderöinnin laatuun ja keston voi vaikuttaa säätelemällä näytteiden (sample) ottomäärää. Myös valopoluille (light paths) asetettava heijastusten määrä vaikuttaa renderöinnin laatuun ja keston. Cycles-moottorilla renderöitäessä renderöintiajat voivat kasvaa todella suuriksi. On etsittävä sopiva kompromissi renderöinnin laadun ja renderöintiajan välillä.



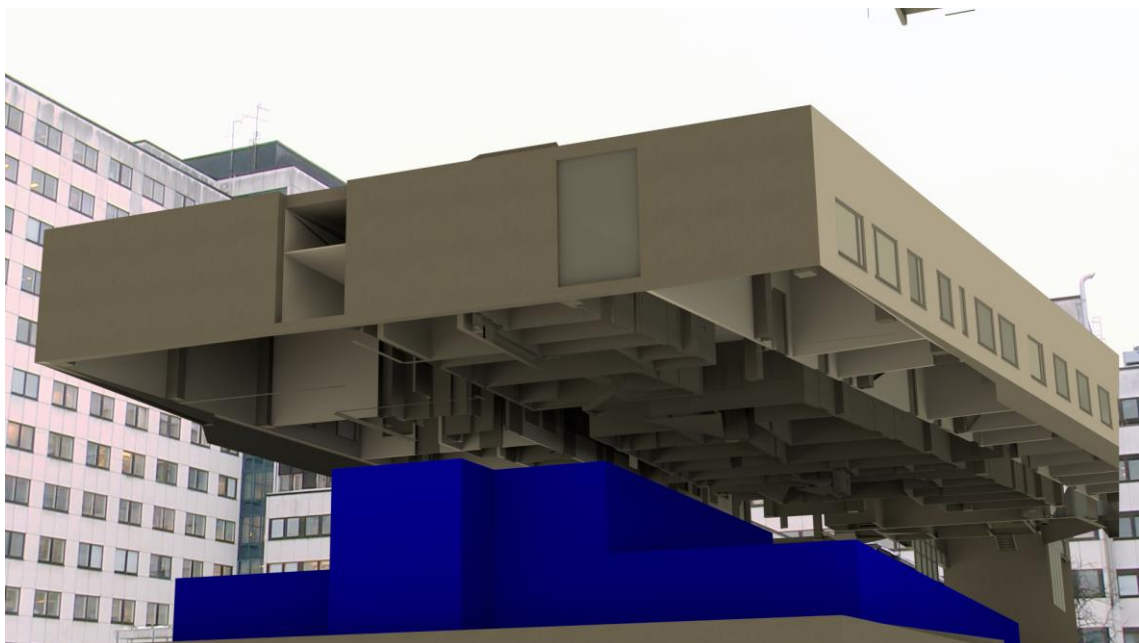
KUVA19. Renderöintiasetukset Blenderissä

Halusin sijoittaa 3D-mallin olemassaolevan rakennuksen tilalle. Minun piti siis keksiä, miten saisin säilytettyä kameran ja rakennuksen välissä olevat kohteet kuvassa myös 3D-mallin sijoittamisen jälkeen. Jos 3D-malli esitettäisiin vain kuvasarjan päällä, syntyisi stereoskooppisesti katsottaessa kuvaan ristiriita etualan kohteiden sekä 3D-mallin rajalle. Etualalla olevat kohteet näkyisivät lähempänä kameraa ja yhtäkkiä 3D-mallin alkaessa se näkyisi kauempana ja kuvasta tuntuisi puuttuvan jotakin. Myös 3D-mallin laskeutuessa rakennuksen tilalle kerros kerrallaan aiheutuisi kuvaan stereoskooppinen ristiriita. 3D-mallin

takakulmauksen pitäisi jäädä olemassaolevan rakennuksen taakse peittoon eikä näkyä rakennuksen läpi (kuva 20).



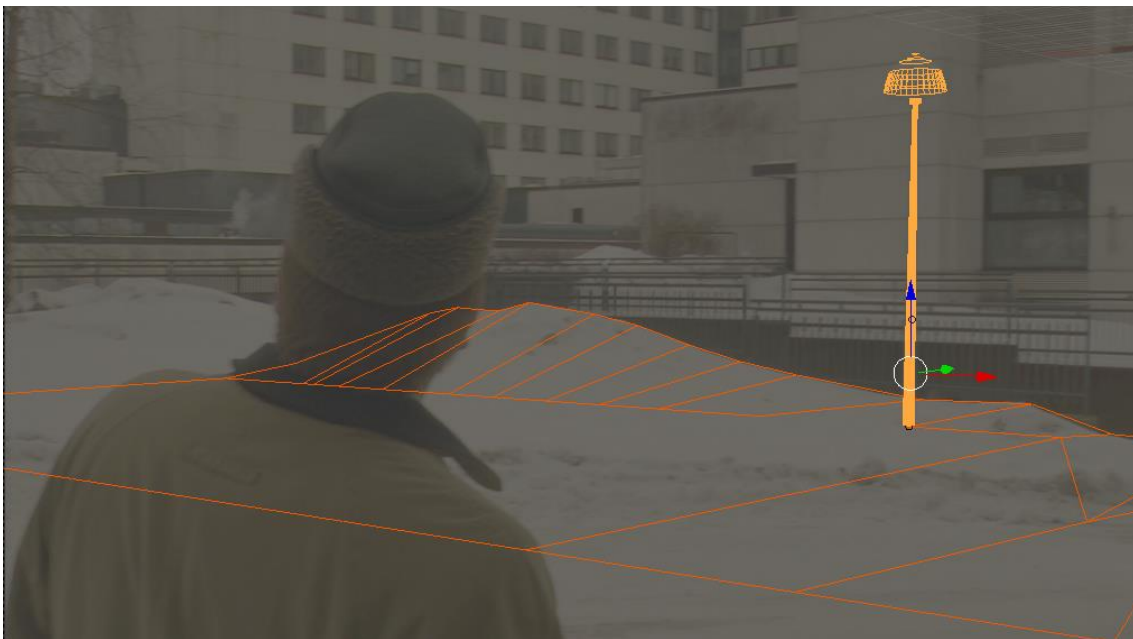
KUVA20. 3D-mallin ja taustan välinen ristiriita



KUVA21. Ristiriidan ratkaisemiseksi tehty maski, joka myös pyydystää varjot.

Tilanteen voisi ratkaista käyttämällä kompositointiohjelmassa erilaisia maskeja peittämään 3D-mallista tarvittavat osat ja säilyttämään etualan kohteet näkyvil-

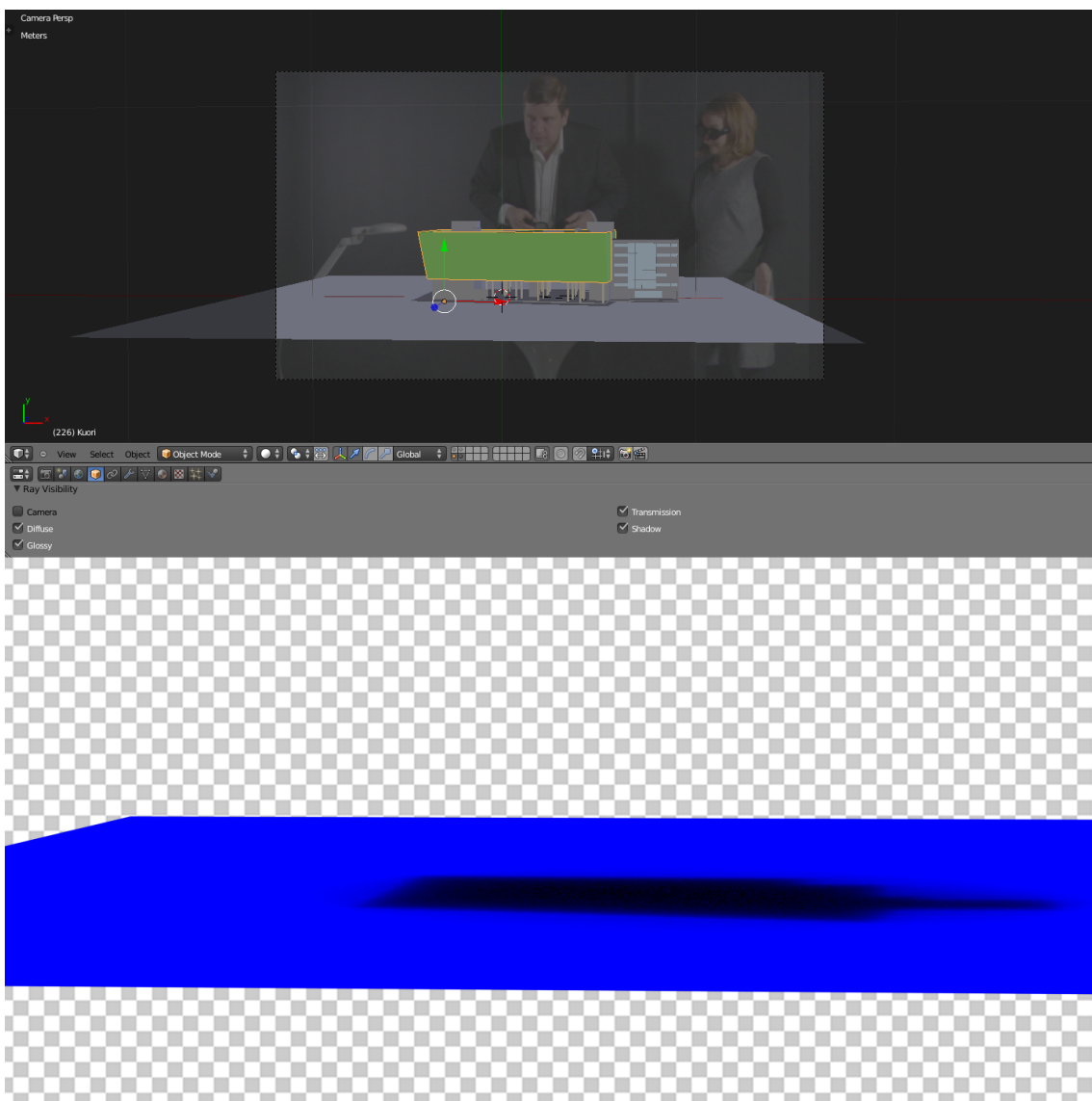
lä. Olisi kuitenkin erittäin työlästä saada maskit pysymään juuri oikeilla kohdilla sekä vasemman silmän että oikean silmän kuvissa. Ratkaisin tilanteen mallintamalla tarvittavat maskit Blenderissä. Käytin samaa tekniikka kuin luodessani 3D-mallin sijoittamista helpottaneen talon 3D-mallin (kuva 21). Taustakuvan avulla mallinsin olemassaolevan talon tällä kertaa hieman tarkemmin ja lisäksi etualalla näkyvän maaston sekä yhden katulampun (kuva 22). Määritin luomani mallit sinisiksi valonlähteiksi ja asetin niiden valonsäteet näkymään ainoastaan kamerassa. Näin sain luotua kuvaan tasaisen siniset maskit, jotka eivät sinisyydellään kuitenkaan vaikuttaisi kohtauksen valaistukseen. Tällä tekniikalla luodut maskit sijoittuvat oikein sekä vasemman kameran että oikean kameran näkymissä. Syntyneitä sinisiä maskeja hyödyntäisin kompositointiohjelmassa sapluunoina, joiden avulla saisin säilytettyä etualalla olevat kohteet kuvassa.



KUVA22. Taustakuvan avulla luotu maski

Jotta illuusio 3D-mallin sijaitsemisesta kuvauspaikalla olisi mahdollisimman suuri, pitäisi kuvaan saada myös rakennuksen langettamat varjot. Monissa 3D-mallinnusohjelmissa on varjojen pyydystämiseen luotuja valmiita työkaluja. Blenderissä tällaisia ei kuitenkaan ole. Keksin ongelmaan melko yksinkertaisen ratkaisun. Hyödynsin luomiani sinisiä maskeja. Tällä kertaa vaihdoin ne kuitenkin vain kameralle näkyvistä valonlähteistä tavallisiksi koko kohtaukseen vaikut-

taviksi sinisiksi objekteiksi. Tällöin muiden objektien varjot lankeaisivat niiden sinisille pinnoille, mutta myös niiden sinisyys heijastuisi muihin objekteihin. Blenderissä voi asettaa objektit piiloon kameralta siten, että ne kuitenkin vaikuttavat normaalisti muihin kohtauksen objekteihin. Valitsin kaikki muut objektit paitsi luomani siniset ja asetin niiden asetukset siten, että niiden valonsäteet eivät näkyisi kameralle vaan ainoastaan muille objekteille. Lopputuloksena syntyi kohtaus, jossa kameralta piilossa olevien kohteiden varjot kuitenkin näkyivät sinisten objektien pinnoilla (kuva 23). Syväsin After Effectissä sinisen värin pois, jolloin jäljelle jäivät vain varjot.

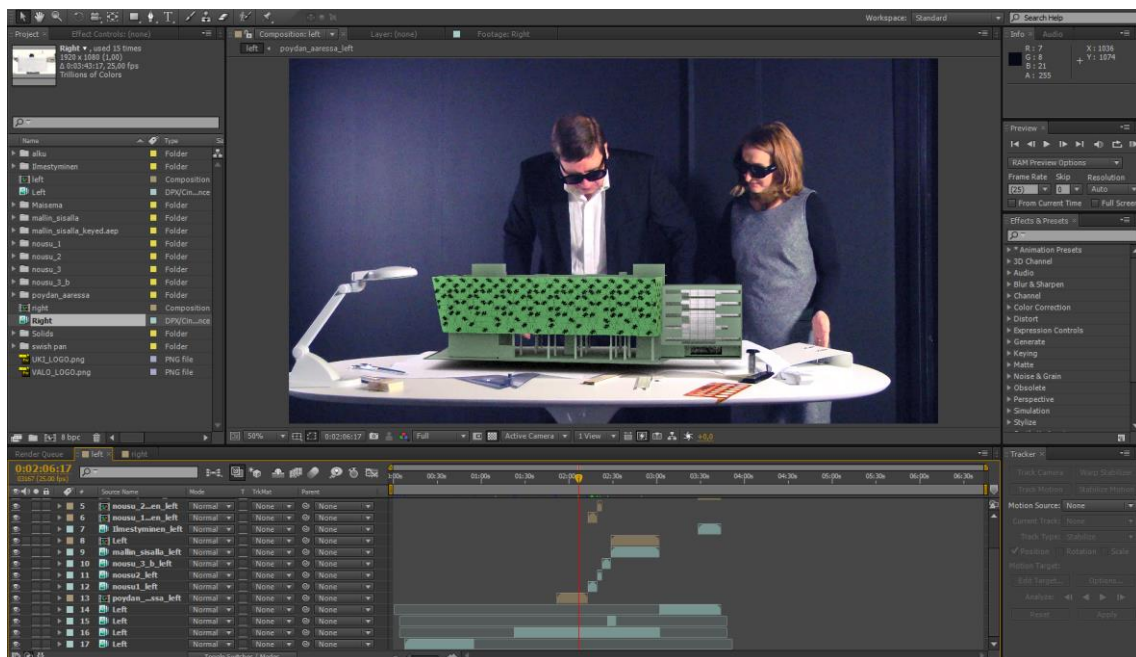


KUVA23. 3D-mallin varjon pyydystys siniselle objektille

Kompositointi

Kompositoinnin osalta suurimman työn tein käyttämällä Adoben After Effects-ohjelmaa (kuva 24). Materiaalin stereoskooppisuudesta johtuen työstin rinnakkain sekä oikean että vasemman silmän kompositointia. Toinen sisälsi vasemmalle silmälle tarkoitetun ja toinen oikealle silmälle tarkoitetun materiaalin. Etenin kohtaus kerrallaan tehden muutokset aina ensin vasemman silmän kompositiolle ja sen jälkeen samat muutokset oikean silmän kompositiolle.

Rakensin valmiin kohtauksen sijoittamalla Blenderistä renderöimiäni kuvasarjoja sekä kameran kuvamateriaalia omille tasoilleen. Alimmaiselle tasolle sijoitin yleensä kameran kuvamateriaalin, jonka päälle asetin varjojen pyydystämiseen käyttämäni siniset 3D-mallit. Syväsin Keylight-työkalua käyttämällä sinisen värin pois, minkä jälkeen asetin seuraavalle tasolle varsinaisen 3D-mallin. Seuraavalle tasolle asetin uudestaan kameran kuvamateriaalin. Tästä tasosta leikkasin kuitenkin näkymään vain etualan kohteet. Tein sen sijoittamalla seuraavalle tasolle Blenderissä luomani siniset etualan maskit ja käyttämällä niitä sapluuoina.



KUVA24. Adobe After Effects

After Effectsistä lähetin tiedostot Adoben Premiere-leikkausohjelmaan. Premieressä lisäsin videoon ääniefektejä sekä taustamusiikkia. Tämän jälkeen renderöin valmiin videon kahdeksi eri silmille tarkoitetuksi tiedostoksi.

3.3 Esitys

Uki 3D -markkinointivideon virallinen viimeinen versio ei ehtinyt valmistumaan tämän tutkielman palautuspäivään mennessä. Uki Arkkitehdit halusivat vielä tehdä muutoksia videoon tulevaan 3D-malliin. Etenkin rakennuksen lasisen julkisivun näyttävyttä haluttiin parantaa. Odotan siis mallin valmistumista, jonka jälkeen sijoitan uuden mallin vanhan tilalle ja renderöin kohtaukset uudestaan. Valmistuttuaan videota tullaan esittämään stereoskooppisesti Uki Arkkitehtien Cave-tilassa.

Mitä isommalta ruudulta 3D-videota esitetään, sitä pienempiin virheisiin on varaa. Kannettavan tietokoneen suhteellisen pieneltä näytöltä katsottaessa ei pieniä virheitä taustan ja 3D-mallin parallaksissa huomaa. Katsottaessa isommalta näytöltä virhe parallaksin määrässä kasvaa, jolloin sen myös huomaa helpommin. Markkinointivideosta tekemieni väliversioiden perusteella, voin kuitenkin väittää onnistuneeni riittävän tarkasti sijoittamaan 3D-malleja 3D-kameralla kuvattuun videoon. Videon stereoskooppisuus toimii ja 3D-mallit näyttävät sijaitsevan oikeassa syvyydessä, kun videota esitetään Cave-tilassa isolla valkokankaalla.

4 POHDINTA

Stereoskooppisuudesta puhuttaessa mielipiteet jakautuvat. Monet ystäväistäkin pitävät lasit päässä katsottavia stereoskooppisia elokuvia lähinnä ärsyttävinä. Tällä hetkellä käytössä olevat stereoskooppiset esitystekniikat eivät ole vielä tarpeeksi kehittyneitä. Vaikka näyttäviä 3D-elokuvia osataan jo tehdä eivät ne silti päihitä ihmisen jokapäiväistä stereonäköä. Olemme tottuneita näkemään täydellistä 3D:tä omilla silmillämme, joten pienetkin virheet elokuvissa huomataan. Toistaiseksi todellisuus on tarua ihmeellisempää.

Uskon, että voimme tehdä 3D-elokuvista todellisuutta ihmeellisempiä. On lisättävä niihin todellisuudessa mahdottomia asioita sekä keksittävä keinoja näyttää katsojalle jotakin, mitä todellisuudessa ei voi nähdä. Näin voimme kenties tarjota katsojalle elämää suuremman kokemuksen, vaikka esitystekniikat eivät ikinä yltäisikään ihmisen oman näkökyvyn tasolle.

Tämän opinnäytetyön aikana olen harjoitellut taitoja, joita tarvitaan, kun halutaan yhdistää epätodellisuus ja todellisuus stereoskooppiseksi elokuvaksi. Tässä työssä esitelty työtapo on tietysti vain yksi monista. Toteutustapoja on luultavasti yhtä monia kuin on tekijöitäkin. Jokaiseen työvaiheeseen voisi syventyä vielä enemmän ja löytää toimivampia keinoja 3D-mallien yhdistämiseksi stereoskooppisesti kuvattuun materiaaliin. Toivon, että tähän opinnäytetyöhön tutustuminen auttaa ja johdattaa oikeille jäljille kaikki ne lukijat, jotka suunnittelevat 3D-mallien sijoittamista 3D-kameralla kuvattuun videoon.

3D-kameralla kuvatun materiaalin hyödyntäminen Valo-suunnittelumenetelmän kaltaisissa palveluissa on mielestäni mahdollista, mutta vaatii vielä kehittelyä. Mielestäni syvyysvaikutelma toimii parhaiten kohteiden ollessa 2–20 metrin etäisyydellä. Kuvattaessa suuria rakennuksia on mentävä reilusti kauemmas, jotta rakennus ja sen ympäristö näkyisivät kuvassa. Kohteiden ollessa 20:tä metriä kauempana syvyysvaikutelma ei ole enää hätkähdyttävän suuri. Stereoskooppisuus ei siis automaattisesti riitä luomaan hätkähdyttävää kokemusta.

Edelleen on mietittävä tarinan tärkeyttä sekä hyödynnettävä 2d-elokuvista tuttuja fundamentteja.

Käyttämässäni tekniikassa tärkeimmäksi vaiheeksi muodostui onnistuneen ratkaisun luominen PFMATCHITISSÄ. Ohjelman käytön opettelin kantapään kautta yrityksen ja erehdyksen avulla. Minulle tämä oli ensimmäinen kerta, kun yritin sijoittaa 3D-malleja 3D-videoon. Yllätyin kuitenkin siitä, kuinka paljon aikaa projektin toteuttamiseen kului. Tällaiseen projektiin lähdetessä on syytä pitää huoli siitä, että käytössä on suurella laskentateholla varustettuja työasemia, sillä teräväpiirtolaadulla kuvatun materiaalin käsittely vaatii laskentatehoa. Stereoskooppisen materiaalin käsittely on kaksi kertaa raskaampaa, koska on käsiteltävä samanaikaisesti vasemman ja oikean silmän kuvia. Kaikki on myös renderöitävä kahteen kertaan.

Stereoskooppista elokuvaa tehtäessä kaikkein tärkein työvaihe on mielestäni kuitenkin suunnittelu. Hyvä suunnittelu nopeuttaa ja helpottaa muita työvaiheita. Camera trackingiä varten on kuvauspaikalla tehtävä mittauksia ja suunniteltava hyviä kohteita seurantapisteille. Kuvaustilanteessa kameran ja 3D-mallien väliin jäävät kohteet on myös huomioitava.

Opinnäytetyötä tehdessäni olen oppinut, mitä kaikkea kannattaa suunnittelussa ottaa huomioon. Se, että olen toteuttanut jokaisen työvaiheen käytännössä, on antanut minulle tietoja ja taitoja, joita voin tulevaisuudessa hyödyntää. Kokonaiskuva koko prosessista tekee minusta asiantuntijan suunnittelemaan ja toteuttamaan vastaavanlaisia projekteja tulevaisuudessa.

Uki Arkkitehtien Valo-suunnittelumenetelmä on vain yksi idea, jossa 3D-kameralla kuvattua materiaalia voitaisiin hyödyntää yhdessä 3D-mallien kanssa. Uskon, että uusien ideoiden ja esitystekniikoiden ansiosta kysyntä 3D-mallien käyttämiseksi 3D-kameralla kuvatuissa videoissa tulee kasvamaan.

LÄHTEET

Dobbert, T. 2005. Matchmoving – The Invisible Art of Camera Tracking. California: Sybex.

Hornung, E. 2010. The Art and Technique of Matchmoving. Solutions for the VFX Artist. Burlington: Elsevier.

Järvinen, J. 2005. Autostereoskooppinen näyttö. Fotogrammetrian Seminaarityö. Helsinki: Helsingin teknillinen korkeakoulu.

Kalloniatis, M. & Luu, C. 2007. Perception of Depth. Hakupäivä 21.4.2013.
<http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/perception-of-depth/>

Mendiburu, B. 2009. 3D Movie Making. Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen. Burlington: Elsevier.

Naskali, R. 2008. Kolmiulotteinen elokuvaus. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2013, Tietoa Cavesta, hakupäivä 9.5.2013.
<http://www.oamk.fi/hankkeet/cave/cave/?ln=fi>

Reeve, S & Flock, J. 2010. Basic Principles of Stereoscopic 3D. Hakupäivä 21.4.2013.
[http://www.sky.com/shop/export/sites/www.sky.com/shop/PDF/3D/Basic Principles of Stereoscopic 3D v1.pdf](http://www.sky.com/shop/export/sites/www.sky.com/shop/PDF/3D/Basic_Principles_of_Stereoscopic_3D_v1.pdf)

Schneider, S. 2012. Stereoscopic Rendering in Blender. Hakupäivä 24.4.2013.
<http://www.noel.de/s3D/>

Wright, S. 2010. Digital Compositing for Film and Video. Third Edition.
Burlington: Elsevier.