LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

FOTOGRAMMETRIA PELIASSETIN VALMISTUKSESSA

Visuaalisen videopeliympäristön luominen valokuvien avulla

Könkkölä Juho

Opinnäytetyö

Kuvataiteen koulutus
Kuvataiteilija (AMK)

2020

LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

Opinnäytetyön tiivistelmä

Kuvataiteen koulutus
Kuvataiteilija (AMK)

Tekijä	Juho Könkkölä	Vuosi	2020
Ohjaaja(t)	Jari Penttinen		
Toimeksiantaja			
Työn nimi	Fotogrammetria peliassetin valmistuksessa, visuaalisen videopeliympäristön luominen valokuvien avulla		
Sivu- ja liitesivumäärä	40 + 3		

Toiminnallinen opinnäytetyöni käsitteli videopeliassettien tekemistä fotogrammetriatekniikalla käyttäen apuna ilmaisia Meshroom- ja Blender 3D -mallinnusohjelmia. Tutkimukseni keskittyi yksittäisen assetin luomisprosessiin ja pyrki vastaamaan kysymykseen, miten fotogrammetrian avulla luodaan toimiva pelimalli osaksi videopeliympäristöä. Tämä opinnäytetyö esittelee yhden työnjärjestyksen toimivan pelimallin luomiseen ja näyttää sen kaikki vaiheet käytännön esimerkin kautta.

Työn tavoitteena oli tehdä fotogrammetriaprosessi tutuksi, kehittää omaa ammatillista osaamistani ja lisätä kokemustani kolmiulotteisen videopeligrafiikan luomisesta. Teoreettinen viitekehys muodostui pääasiassa artikkeleista fotogrammetrian käytöstä pelistudioissa sekä valokuvauksen, fotogrammetrian ja 3D-mallintamisen teoriasta. Aineistonani toimi prosessini dokumentaatio, jota peilasin aiempiin tutkimuksiin ja teoriapohjaani.

Fotogrammetriaprosessi on hyvin monivaiheinen, ja siinä on useita vaaran paikkoja mahdolliseen epäonnistumiseen. Hyvät työskentelymenetelmät, huolellisuus ja täsmällinen suunnittelu ehkäisivät ongelmien ilmenemistä. Tiukasta aikataulusta ja monista haasteista huolimatta saavutin tavoitteeni. Tutustuin fotogrammetriatekniikkaan, opin paljon uusia menetelmiä ja tekniikoita sekä sain runsaasti kokemusta 3D-mallien luomisesta.

Fotogrammetriassa etuna on lopputuloksen laatu, yksityiskohtaisuus ja prosessin nopeus. Sen haittapuoliksi ilmenivät sen vaatima laskentatehon määrä ja oikeanlainen kuvauskeli. Yksinkertaiset kohteet, joissa on tekstuuria, soveltuvat hyvin fotogrammetriaan, kun taas monimutkainen kasvillisuus ja tekstuurittomat mallit tuottivat haasteita laskentaprosessissa.

Avainsanat fotogrammetria, peliassetti, pelinkehitys, 3D, 3D-mallinnus, valokuvaus

LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

Abstract of Thesis

Degree Programme in Visual Arts
Bachelor of Culture and Arts

Author Juho Könkkölä Year 2020
Supervisor Jari Penttinen
Commissioned by
Subject of thesis Photogrammetry in Game Asset Production - Creating Visual Videogame Environment by Using Photographs
Number of pages 40 + 3

This thesis discussed the workflow of creating a videogame asset and aimed to answer the question of how to use photogrammetry to create a working asset for a videogame environment. The main objectives were to introduce the process of photogrammetry, improve occupational skills and increase experience in creating 3D video game art. The purpose of the study was to analyse the technique through a practical implementation.

The theoretical framework consisted of articles about photogrammetry in video game development and theories of photogrammetry, 3D modelling and photography. The study material consisted of the documentation about the asset creating process, which was reflected on the theories of the study.

The photogrammetry process consisted of many steps and had several pitfalls for a possible failure. The well-established working methods, meticulousness and thorough planning prevented most problems. The main advantage of the technique is its ability to achieve high quality results in a short time. The drawbacks were its requirements for the high amount of processing power and the right weather conditions. Despite the tight schedule and many challenges, the objectives were achieved. Several new working methods and techniques were learned, and a considerable amount of 3D modelling experience was acquired.

Key words photogrammetry, game asset, game development, 3D, 3D-modeling, photography

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6

2 FOTOGRAMMETRIA 7

2.1 Fotogrammetrian perusteet 7
2.2 Käyttökohteet 8
2.3 Fotogrammetria videopeleissä 10

3 FOTOGRAMMETRIAN KUVAAMINEN 13

3.1 Valokuvaamisen merkitys fotogrammetriassa 13
3.2 Valotus ja valkotasapaino 13
3.3 Terävyys 15
3.4 Fotogrammetriakuvaamisen käytännöt 15
3.5 Laitteistosuositukset ja kuvankäsittely 16

4 FOTOGRAMMETRIAMALLISTA PELIASSETIKSI 18

4.1 3D-mallinnuksen perusteet 18
4.2 3D-mallin optimointi 19
4.3 3D-mallin teksturointi 20

5 FOTOGRAMMETRIA-ASSETIN LUOMISPROSESSI 22

5.1 Esituotantovaihe 22
5.1.1 Projektin tavoitteiden ja rajauksen määrittäminen 22
5.1.2 Fotogrammetrian testaaminen 22
5.1.3 Suunnitelman tekeminen 23
5.2 Tuotantovaihe 24
5.2.1 Ladon kuvaaminen ja kuvien käsittely 24
5.2.2 Ladon fotogrammetrialaskenta 27
5.2.3 Ladon fotogrammetriamallin korjaaminen 28
5.2.4 Latomallin retopologia 29
5.2.5 Ladon teksturointi 31
5.3 Jälkituotantovaihe 34

6 POHDINTA 35

LÄHTEET 38

LIITTEET 40

KÄYTETYT KÄSITTEET

Assetti	(engl. Asset) Teksturoitu ja optimoitu 3D-malli.
Verteksi	(engl. Vertex) Piste kolmiulotteisessa avaruudessa.
Tahko	(engl. Face) Myös polygoni. Vähintään kolmesta verteksistä muodostuva pinta.
Polygonimäärä	(engl. Polycount) Myös verteksimäärä. 3D-mallin resoluutio.
Topologia	(engl. Topology) Polygonien järjestys 3D-mallin pinnalla.
Retopologia	(engl. Retopology) 3D-mallin geometrian uudelleenjärjestely ja optimointi.
Optimoitu malli	(engl. Low poly model) Yksinkertaistettu 3D-malli.
Tekstuurikartta	(engl. Texture) 3D-mallin pinnalle heijastettava kuva.
UV-kartoitus	(engl. UV-mapping UV-layout) 3D-mallin pintojen asettelu 2D-tasolle.
UV-saareke	(engl. UV-Island) Useasta tahkosta muodostuva alue.
Sauma	(engl. Seam) Saumakohdat UV-saarekkeiden välillä.
Tekstuurin laskenta	(engl. texture baking) Tekstuurikartan laskeminen tiheästä mallista.
Muunnin	(engl. Modifier) 3D-mallin geometriaa muuttava automaattinen toiminto.
Renderöintimoottori	(engl. Render engine) 3D-mallin visualisointiin käytettävä ohjelma.
Työnjärjestys	(engl. Workflow) Toimintojen järjestys jonkin prosessin suorittamiselle.

1 JOHDANTO

Fotogrammetria on tekniikka, jota käytetään kolmiulotteisten kappaleiden mittaamiseen. Sen avulla kohteesta otetuista valokuvista voidaan luoda digitaalinen 3D-malli. Monikäyttöisyytensä ansioista sitä käytetään hyvin laajasti eri tieteen ja teollisuuden aloilla. (Luhmann & Robson 2013, 2, 579.) Tässä tutkimuksessa keskityn videopeligrafiikan luomiseen kyseisellä tekniikalla.

Opinnäytetyöni idea juontuu aikaisemmista videopeliprojekteistani, joissa käytin valokuvia videopeliympäristöjen luomisprosessin apuna. Siitä syntyi kiinnostus kokeilla muita tekniikoita valokuvien käyttämiseksi peligrafiikan luomisessa. Fotogrammetria on yksi pelialalla yleistyvistä 3D-mallinnustekniikoista nopeuttaa työskentelyä ja luoda realistisempia lopputuloksia, joten päädyin valitsemaan sen aiheekseni. Fotogrammetria on itselleni kiinnostava aihe, koska siinä yhdistyy valokuvaus ja 3D-mallintaminen tavalla, jolla voi saada näyttävää jälkeä nopeasti.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua fotogrammetriaan, kehittää ammatillista osaamistani ja lisätä kokemustani 3D-videopeligrafiikan luomisesta. Työn tarkoituksena on kuvailla käsiteltävää ilmiötä käytännön toteutuksen kautta sekä kerätä ja yhdistää olemassa olevaa tietoa. Tässä opinnäytetyössä keskityn yksittäisen pelimallin luomisprosessiin ja esittelen sen vaiheet ja havaintoni esimerkin kautta.

Viime vuosina fotogrammetria on alkanut yleistymään videopeleissä. Electronic Arts -peliyhtiön Digital Illusions Creative Entertainment (EA DICE)-, The Astronauts- ja Microsoftin Turn 10 -pelistudiot ovat julkaisseet luentoja ja esityksiä tekniikan käyttöönotosta heidän videopelituotantoonsa. He kertovat prosessin haasteista ja menetelmistään autenttisten videopeliympäristöjen luomisessa.

Viime aikoina pinnalle ovat nousseet uudistuneet ilmaisohjelmat Blender ja Alice Visionin Meshroom. Päädyin rajaamaan aiheeni fotogrammetrian tekemiseen käyttäen saatavillani olevia ohjelmia ja laitteistoa. Järjestelmällisistä pelimallin luomisprosessin työnjärjestyksistä Blender 3D -mallinnusohjelmalla ei ole runsaasti tietoa. Opinnäytetyöni kokeilee ohjelmien ja työnjärjestyksen toimivuutta.

2 FOTOGRAMMETRIA

2.1 Fotogrammetrian perusteet

Fotogrammetria on kappaleen muodon sekä sijainnin tulkitsemista ja mittaamista yhden tai useamman kuvan pohjalta. Riippuen käyttösovelluksesta fotogrammetriaa käytetään pääsääntöisesti kolmiulotteisten kappaleiden ja muotojen laskemiseen valokuvista. Periaatteessa fotogrammetriamittausta voidaan tehdä mistä vain kohteesta, jota voi kuvata. (Luhmann & Robson 2013, 2.)

Fotogrammetria voidaan kategorisoida usealla eri tavalla, kuten mittausetäisyyden, kuvien määrän, tallennusmenetelmän ja käyttösovelluksen perusteella. Etäisyyden perusteella se voidaan jakaa ilmassa toteutettavaan ja maanpäälliseen fotogrammetriaan. Muita valoon perustuvia 3D-skannaustekniikoita ovat Time-of-flight-skannaus ja interferometria. (Luhmann & Robson 2013, 5–6.) Kolmiulotteisia kappaleita voidaan mitata myös kontaktiskannauksen menetelmin. Sen etuna on mahdollisuus mitata läpinäkyviä, heijastavia ja kiiltäviä kohteita sekä haittapuolena on hidas mittausnopeus. (Flynt 2019.)

Fotogrammetriaprosessi voidaan yksinkertaistaa kolmeen vaiheeseen, jotka ovat kuvadatan kerääminen, kuvadatan mittaaminen ja objektin rekonstruktio (Luhmann & Robson 2013, 3). Ensiksi objekti kuvataan kuvaamalla siitä useita kuvia. Kerättyjen kuvien perusteella tietokoneohjelma mittaa ja asettelee kamerat kolmiulotteiseen tilaan. Lopuksi ohjelma laskee kameroiden sijoittelun ja kuvien perusteella 3D-mallin. (Bishop, Cowan & Jančošek 2017.)

Luhmannin ja Robsonin (2013, 3–4) mukaan tarpeeksi laadukkaat välineet ja riittävä osaaminen ovat suuressa roolissa fotogrammetrian onnistumiseen. Toisaalta ohjelmistot ja kaupalliset kamerat ovat kehittyneet niin paljon, että harrastelijakameralla, tai jopa älypuhelimellakin, voi saada laadukasta tulosta ilman erityisempää kokemusta (Bishop ym. 2017). Selkeä työnjärjestys ja huolellinen suunnittelu kuitenkin mahdollistavat laadukkaamman lopputuloksen saavuttamisen (Brown & Hamilton 2016).

2.2 Käyttökohteet

Fotogrammetrian tekniikat mahdollistavat yleiskäyttöisiä menetelmiä ja lähestymistapoja lähes kaikenlaisten kuvattavien kohteiden mittaamiseen. Tekniikan monikäyttöisyyden ansiosta sitä on hyödynnetty monilla eri tieteen ja teollisuuden aloilla. (Luhmann & Robson 2013, 579.) Käyttökohteita ja uusia sovelluksia tulee jatkuvasti lisää teknologian kehittyessä ja yleistyessä yhä laajemman väestön saataville (Foster & Halbstein 2014, 9).

Rakennuksia, arkeologisia löytöjä ja kulttuurillisia perintökohteita voidaan tallentaa digitaaliseen muotoon fotogrammetrian avulla. Sen yhtenä suurimmista eduista on mahdollisuus mitata kohde etäältä, ilman että on vaaraa vahingoittaa kohdetta. Fotogrammetria tuottaa tarkkaa kolmiulotteista mittausdataa, jonka avulla voidaan tehdä rakennuksista pohjapiirroksia, kolmiulotteisia malleja ja visualisointeja. (Luhmann & Robson 2013, 579, 585.) Arkeologiassa fotogrammetriaa voidaan tuottaa ilmasta, maan päältä sekä veden alta ja sitä käytetään kohteen digitaaliseen säilöntään mahdollisen tuhoutumisen varalta. Fotogrammetriaa käytetään myös kartoituksessa ja maanpinnan muotojen mittaamisessa. (Foster & Halbstein 2014, 10.)

Fotogrammetriaa käytetään monialaisesti erilaisten rakennelmien ja koneiden dokumentointiin (Luhmann & Robson 2013, 594). Useissa monimutkaisissa rakennelmissa, kuten öljynporauslautoissa, alkuperäiset piirrokset ja suunnitelmat vanhenevat ajan myötä rakennelman uudelleenrakentamisen ja jatkokehittämisen takia. Fotogrammetrialla luotuja dokumentaatioita voidaan käyttää uusien osien valmistamiseen ja rakennelman uudelleen- tai jatkorakentamiseen. Mittaustekniikkaa käytetään myös rakennelmien tilan ja turvallisuuden seuraamiseen. (Maas & Vosselman 2010, 237–238.) Voimalaitoksissa nopeista mittaustekniikoista on hyötyä tuotannon keskeyttämisien ja henkilövaaran minimoimiseksi. Fotogrammetriaa käytetään materiaalien ja rakennelmien rasituksesta aiheutuneen vääristymien ja muodonmuutosten mittaamiseen. (Luhmann & Robson 2013, 595–596, 599).

Laaduntarkkailuun vaadittava tarkkuus voidaan saavuttaa fotogrammetrian avulla, ja sen hyötyjä käytetään auto-, laiva- ja lentokoneteollisuudessa. Autoteollisuudessa fotogrammetriaa käytetään esimerkiksi korin mallin mittaamisessa ja rungon muotojen muutosten tutkimiseen törmäystesteissä. Laivateollisuudessa teknologian etuna on mahdollisuus mitata suuria kappaleita. (Luhmann & Robson 2013, 606–607, 610, 614.)

Lääketieteessä kehon eri osia voidaan mitata fotogrammetrian avulla. Mittaustulosten avulla voidaan valmistaa proteeseja ja implantteja sekä tehdä plastiikkakirurgiaa. Fotogrammetriaa käytetään myös luiden ja selkärangan vääristymien sekä kasvun tutkimiseen. Muita lääketieteellisiä käyttökohteita ovat muun muassa hammashoito ja urheilun lääketiede. Fotogrammetrian etuna ovat nopea ja kontaktiton mittaaminen sekä säteilyille altistumisen vähäisyys. (Luhmann & Robson 2013, 615–616.)

Rikostieteessä fotogrammetriaa käytetään ympäristöjen tallentamiseen, tapahtumien rekonstruktioon ja todistusaineiston keräämiseen. Rikostutkinnassa haasteena voi olla kuvamateriaalin vähäisyys, joka saattaa koostua ainoastaan amatöörin tai silminnäkijän puhelimella otetuista kuvista. Sen hyötyjä ovat mahdollisuus luoda virtuaalisia versioita tapahtumapaikasta ilman, että se häiritsee muuta tutkimustoimintaa. Sen avulla voidaan tutkia lento-onnettomuuksia ja mallintaa veriroiskeiden liikeratoja murhatilanteessa. (Luhmann & Robson 2013, 619–621.)

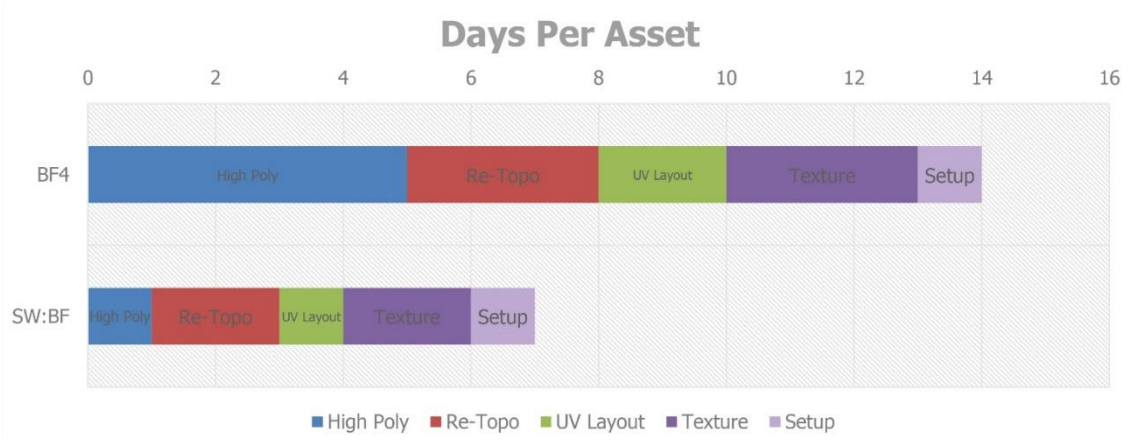
Taide- ja viihdeteollisuus ovat uusia ja nopeasti yleistyviä soveltamisen kohteita fotogrammetrialle. Alhaiset tuotantokustannukset ja laaja saatavuus ovat päätekijöitä tekniikan yleistymiselle. Kolmiulotteisessa tietokonegrafiikassa fotogrammetria on otettu käyttöön nopeaan oikeaan maailmaan pohjautuvan sisällön tuottamiseen. (Foster & Halbstein 2014, 10.) Fotogrammetriaa käytettiin ensimmäisiä kertoja elokuvatuotannoissa 1990-luvun lopulla elokuvissa The Campanile Movie (1997) ja The Matrix (1999). Perinteinen 3D-mallintaminen on hyvin työläs prosessi, mutta fotogrammetrian avulla siitä voidaan tehdä paljon nopeampi ja yksinkertaisempi. Nopeutensa ja realistisuutensa ansiosta tekniikkaa käytetään yhä enemmän kohteiden digitalisointiin ja erikoisehosteiden tekemiseen. (Willis 2016, 64–65.)

2.3 Fotogrammetria videopeleissä

Electronic Arts Digital Illusions Creative Entertainment (EA DICE) -pelistudio käytti Battlefield 3 -pelissään fotogrammetriaa hahmojen luomiseen ja Battlefield 4 -pelissä muutamien yksittäisten ympäristömallien luomiseen. Vuonna 2016 julkaistussa Star Wars Battlefront -pelissä studio pyrki käyttämään fotogrammetriaa mahdollisimman monen peliassetin luomiseen saadakseen pelistä mahdollisimman autenttisen ja elokuvia muistuttavan. Assetin valmistusprosessissa ja fotogrammetriassa keskityttiin laatuun määrän sijaan mahdollisimman laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Star Wars -elokuvissa käytettyjä proppeja ja kuvauspaikkoja käytettiin videopelin mallien luomiseen fotogrammetrian avulla. Propit ja kaikki ympäristöjen yksittäiset kappaleet ja materiaalit kuvattiin Canon EOS 6D -järjestelmäkameralla ja 24mm-laajakulmaobjektiivilla. Kameraa oli helppo kuljettaa pienen kokonsa ansiosta, ja sillä sai riittävän hyvän lopputuloksen. (Brown & Hamilton 2016.)

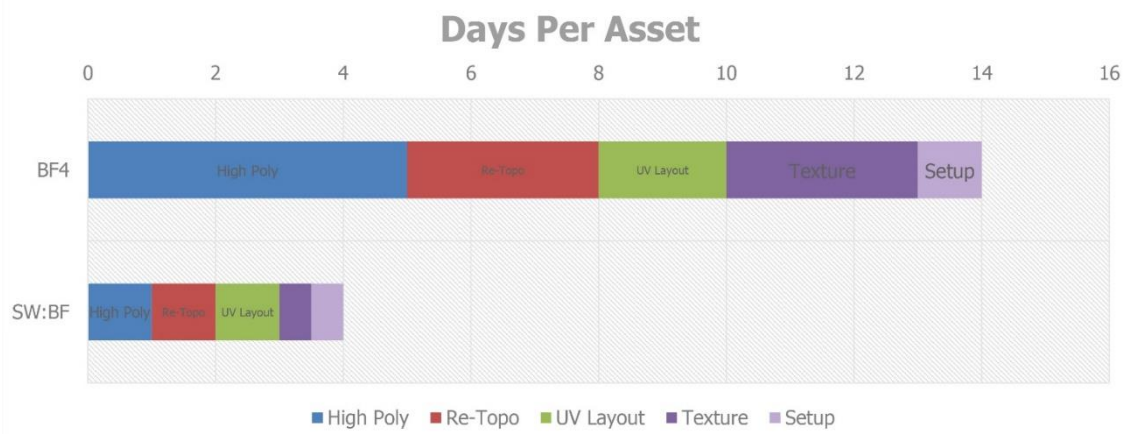
Kuvauspaikalla heidän piti valita kuvattavat kohteet huolella. Tavoitteena oli valita vain olennaisimmat ja ympäristöä parhaiten kuvaavat kohteet. Kohteiden piti näyttää geneerisiltä, jotta toistoa ei huomaisi, mutta sopiva variaatio oli tärkeää mielenkiinnon ylläpitämiseksi. Mallien määrä oli hyvin vähäinen, joten joukosta erottuvan mallin toistuvuus pistäisi silmään helposti. Hyvin suunnitellut fotogrammetriakuvausmatkat mahdollistivat laadukkaan lopputuloksen saavuttamisen. (Brown & Hamilton 2016.)

Agisoft Photoscan -fotogrammetriaohjelmalla lasketun mallin optimointi tehtiin Topogun- ja Meshlab-retopologiaohjelmilla ja UV-kartoitus Autodesk Maya 3D-mallinnusohjelmalla. Normaalikartat, AO-kartat ja displacement-kartat laskettiin X-Normal-ohjelmalla. Normaalikartasta tehtiin toinen versio object space -tilassa eri suuntien erotteluun ja valoisuuden säätämiseen värikarttaa varten. Värikarttaa ja sen valoisuutta hienosäädettiin myös AO-kartalla. Näin saatiin realistisempia värikarttoja ilman näkyviä valoisuuden vaihteluita. (Brown & Hamilton 2016.)



Kuvio 1. EA DICE:n kysely assetin valmistamiseen käytetystä ajasta (Brown & Hamilton 2016)

Studio teki aikavertailun eri tekniikoilla luodusta yksittäisestä mallista. Star Wars Battlefront -pelin fotogrammetriamenetelmällä assetin valmistamiseen kului kaksi kertaa vähemmän aikaa kuin Battlefield 4 -pelin perinteisillä mallinnusmenetelmillä (Kuvio 1). Siltikin lopputulos oli paremman laatuinen ja realistisemman näköinen. Työvaiheiden automatisoinnin jälkeen ero kasvoi entisestään (Kuvio 2). (Brown & Hamilton 2016.)



Kuvio 2. EA DICE:n assetin valmistamiseen käytetty aika automatisaation jälkeen (Brown & Hamilton 2016)

Brown ja Hamilton huomasivat, että fotogrammetria ei maagisesti tee heti parempilaatuista ympäristöä, sillä sen laatuun vaikuttavat monet tekijät työprosessissa. Työskentelyn yhtenäisyys oli tärkeää, jotta kaikista malleista tulee yhtä laadukkaita, samannäköisiä ja tyyliin sopivia. Työprosessiin liittyi paljon käsityötä, jota olisi voinut automatisoida enemmän. (Brown & Hamilton 2016.)

The Astronauts -pelistudion Vanishing of Ethan Carter -pelissä fotogrammetriaa käytettiin pelin visuaalisen tyylin aikaansaamiseksi. Yhdessä perinteisten mallinnusmenetelmien kanssa fotogrammetriamallit muokattiin sopimaan tyylillisesti keskenään. Studio pyrki fotogrammetrian avulla piilottamaan helposti huomattavan toistuvuuden realismin saavuttamisen sijaan. Poznanski kertoo, kuinka helppo fotogrammetriaprosessi oli toteuttaa, mutta kuinka haastavaa sitä oli oppia hallitsemaan. Siihen ei ainoastaan riittänyt hyvät kuvaustaidot, vaan siihen tarvittiin taitoa tehdä mahdollisimman tarkkoja ja täydellisiä kuvia tyylillisesti näyttävien kuvien sijaan. Fotogrammetrian kuvausprosessi vaati erilaisempaa lähestymistapaa. Myös valaistuksen on oltava mahdollisimman oikeanlainen. Poznanskin mielestä ei ole reilua verrata taiteilijan muutamassa päivässä luotua mallia luonnon jopa miljardien vuosien ajan kuluttamaan kappaleeseen. (Poznanski 2014.)

Turn 10 -pelistudion Forza motorsport 7 -pelissä autenttisuus ja aitous olivat tärkeässä roolissa. Siihen luodut ajoradat olivat mahdollisimman tarkkoja kopioita kilpa-ajoradoista ympäri maailmaa. Jotta kilpa-ajaja tai pelaaja osaa jarruttaa mutkiin maamerkkien tai yksityiskohtien avulla, täytyy kilparadan olla mahdollisimman yhdenmukainen oikean maailman kilparadan kanssa. Autenttisuutta on korostettu pelissä, ja se näkyy kaikkien yksityiskohtien ja maamerkkien sijoitteluna oikeaa maailmaa vastaavalla tavalla. Tarkkuus oli saavutettu referenssien, fotogrammetrian ja laserskannauksen avulla. Laserskannauksella koko radan alue muutetaan virtuaaliseksi ympäristöksi, ja sen pohjalta luodaan pelimalleja sekä itse kilparata. Laserskannauksen tarkkuus hyödyttää oikeanlaisten mittasuhteiden saavuttamiseen. Fotogrammetriaa käytettiin ympäristön mallien ja materiaalien luomiseen. (Gosnell 2018.)

3 FOTOGRAMMETRIAN KUVAAMINEN

3.1 Valokuvaamisen merkitys fotogrammetriassa

Kuvattujen kuvien laatu on yksi tärkeimmistä ja haastavimmista tekijöistä fotogrammetriaprosessissa, sekä sillä on merkittävä vaikutus lopullisen mallin laatuun. Kuvaaminen on aina kompromissi projektin tavoitteiden ja rajoituksien välillä. Kohteen koko, materiaaliset ominaisuudet, tekstuurien laatu, varattu kuvausaika, valon määrä ja vaihtelevuus sekä kameran laatu ja asetukset vaikuttavat fotogrammetriaprosessin lopputulokseen. (Lanthony 2019.)

Fotogrammetriassa tärkein tavoite on saada mahdollisimman tarkkoja kuvia ilman epäterävyyksiä ja kohinaa (Lanthony 2019). Kohde voidaan kuvata kameran automaattiasetuksilla, mutta kuviin voi tulla kohinaa vaikeissa valaistusolosuhteissa. Manuaaliasetusten käyttö on suositeltavaa yhtenäisten kuvien saamiseksi ja asetusten hienosäätämiseksi vaikeissa kuvaustilanteissa. (Bishop ym. 2017.)

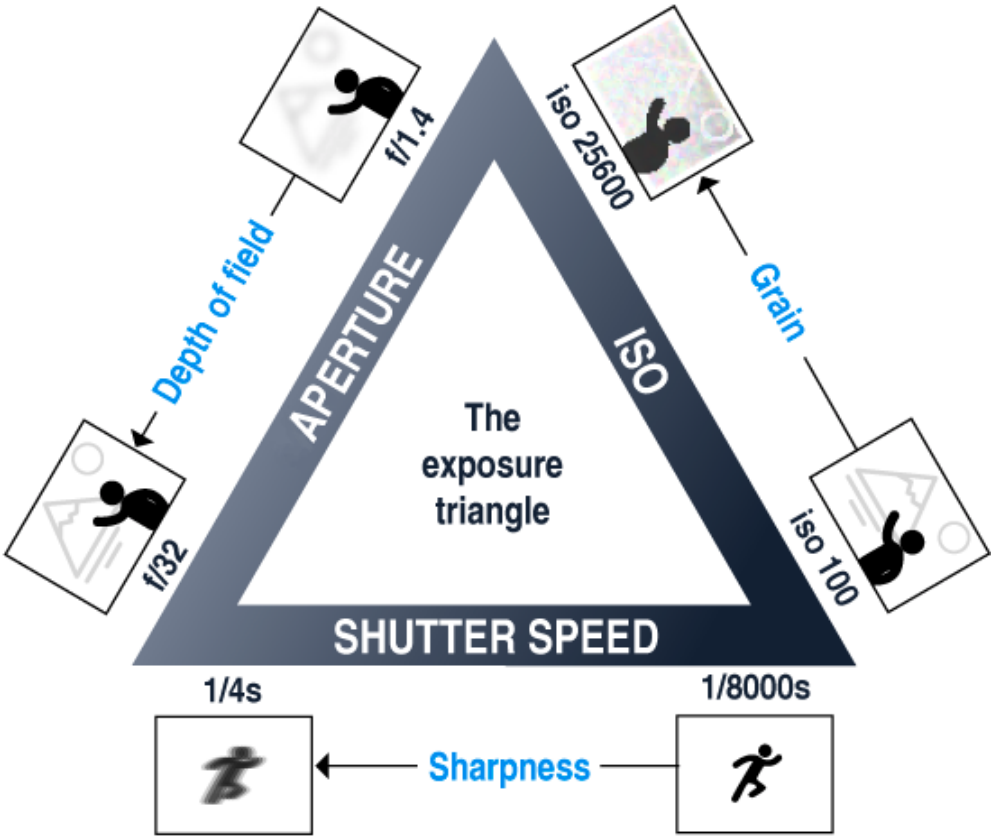
3.2 Valotus ja valkotasapaino

Kameran kennolle tulevan valon määrää säädetään objektiivin aukolla ja kameran suljinajalla. Aukko tarkoittaa objektiivissa olevan alueen kokoa, josta valo pääsee kameran kennolle. (Allen & Triantaphillidou 2011, 2.) Aukkoarvo ilmaistaan f-lukuna. Arvolla f/2 objektiivin aukko avautuu suuremmaksi päästäen kennolle enemmän valoa, kun taas arvolla f/16 aukko sulkeutuu pienemmäksi, päästäen lävitseen vähemmän valoa. Aukon arvo f/2.8 päästää kaksi kertaa enemmän valoa kennolle kuin arvo f/4, ja f/4 päästää kaksi kertaa enemmän valoa kuin f/5.6. (Anthes & Modrak 2010, 95.)

Suljinaika vaikuttaa siihen, kuinka kauan valoa päästetään kennolle valotuksen aikana. Suljinaika ilmaistaan sekunteina ja niiden murtolukuina. Pidempi suljinaika päästää enemmän valoa kennolle ja mahdollistaa valoisampien kuvien ottamisen hämärässä. Suljinajalla 1/125 kameran kennolle pääsee kaksi kertaa enemmän valoa kuin suljinajalla 1/250. (Anthes & Modrak 2010, 100, 102.) Aukko- ja suljinarvoja ilmaistaan valotusaskelina, eli yksi askel valoisammaksi tarkoittaa, että kameran kennolle pääsee kaksi kertaa enemmän valoa. Joissain

kameroissa on mahdollisuus käyttää puolikkaita ja kolmasosa-askelia. (Allen & Triantaphillidou 2011, 2.)

ISO-arvo määrittää kennon valoherkkyyden, ja ne voivat olla väliltä ISO 100 ja ISO 6400. Pienellä herkkyydellä kenno reagoi valoon hitaammin kuin korkealla herkkyydellä. Korkea herkkyys mahdollistaa lyhyempien valotusaikojen käyttämisen hämärässä valaistuksessa, mutta se aiheuttaa digitaalista kohinaa, joka näkyy rakeisuutena kuvassa (Kuvio 3). Pienemmillä ISO-arvoilla kuvasta tulee vähemmän rakeinen ja puhtaampi. (Anthes & Modrak 2010, 235–236.)



Kuvio 3. Kameran asetukset havainnollistettuna ja niiden vaikutus kuvaan (Lanthony 2019)

Valon värin lämpötila vaihtelee valon lähteen, läpäistävän materiaalin tai heijastavan pinnan mukaan. Jotta kappaleen saisi valokuvattua mahdollisimman aidonväriseksi, on käytettävä valaistukseen nähden oikeaa valkotasapainoarvoa. Värilämpötilaa ilmaistaan kelvinasteikolla, ja arvot ovat yleensä väliltä 1900K ja 11000K. Päivänvalon asetuksia käytettäessä keinovalossa kuvasta tulee kellertävän värinen. Keinovalon asetuksilla päivänvalossa kuvasta tulee sinertävä.

(Anthes & Modrak 2010, 238.) Kameran valkotasapaino voidaan kalibroida vastaamaan oikeita värejä värikortin avulla. Sen avulla kaikkien kuvien ja kohteiden värit saadaan vastaamaan toisiaan paremmin. (Gosnell 2018.)

3.3 Terävyys

Syväterävyys on kuvan syvyyssuunnassa oleva alue, joka näyttää terävältä. Mitä laajempaa syväterävyyttä käytetään, sitä suurempi alue näyttää terävältä tarkennetun kohteen etu- ja takapuolella. Syväterävyyteen vaikuttavat objektiivin polttoväli, objektiivin aukkoarvo, kameran kennon koko ja tarkennuspisteen etäisyys. Aukon arvolla f/32 syväterävyys on laajempi kuin arvolla f/1.4 (Kuvio 3). Kuvan voi saada lähes kokonaan näyttämään terävältä, kun käytetään laajakulmaista objektiivia ja kameraa, jossa on pieni kenno. Tällöin voidaan käyttää suurempaa aukkoa ja silti pitää syväterävyys laajana. Kameralla, jossa on suurempi kenno ja pitkän polttovälin objektiivi, on vaikeampi saada koko kuvan alue riittävän teräväksi, vaikka käytettäisiinkin pientä aukkoa. Mitä kauemmaksi tarkennetaan, sitä laajempi syväterävyys saavutetaan. Lähelle tarkennetut kohteet eivät välttämättä näy kokonaan terävänä. (Anthes & Modrak 2010, 95–96.)

Liikesumennukseen vaikuttavat käytettävä suljinaika, liikkuvan kohteen nopeus, liikkeen suunta sekä linssin polttoväli. Lyhyt suljinaika pysäyttää liikkeen, ja liikkuvat kohteet piirtyvät kuvaan terävämmäksi (Kuvio 3). Hitaita ja kohti liikkuvia kohteita voidaan kuvata pidemmällä suljinajalla. Objektiivin pitkä polttoväli korostaa liikkeen nopeutta ja vaatii lyhyempiä suljinaikoja terävän kuvan aikaansaamiseksi. (Anthes & Modrak 2010, 102.) Liian pitkillä suljinajoilla ja käsin kuvattaessa kuvista saattaa tulla epäteräviä, koska suljinaika on liian pitkä kameran heilumisliikkeen pysäyttämiseksi. Suljinajan pituus vaihtelee ihmisten välillä, kuinka hitailla suljinajoilla he pystyvät kuvaamaan teräviä kuvia. (Bishop ym. 2017.)

3.4 Fotogrammetriakuvaamisen käytännöt

3D-mallia ei voida laskea kuvista, joissa kuvattavan kohteen edessä on näkyvä este (Luhmann & Robson 2013, 2). Fotogrammetriaohjelma saattaa tehdä virhelaskelmia, ja se voi johtaa rikkinäiseen tai puutteelliseen 3D-malliin. Tarpeellisella

määrällä kuvia ja niiden riittävällä limittämisellä voidaan ehkäistä laskentavirheiden ilmenemisiä. (Foster & Halbstein 2014, 14.) On hyvä käytäntö ottaa liikaa kuvia kuin liian vähän, sillä moni kuvista saattaa epäonnistua. Tärkeää on pyrkiä kuvaamaan kohde kaikista kuvakulmista, jotta lasketusta mallista tulisi mahdollisimman kokonainen. (Bishop ym. 2017.)

Kuvattavan kohteen pinnalla on hyvä olla paljon tekstuuria, sillä liian tasaiset ja yksiväriset pinnat saattavat aiheuttaa ohjelmassa laskentavirheitä. Fotogrammetrialaskentaa on vaikea tai jopa mahdotonta tehdä kappaleista, jotka ovat läpinäkyviä, heijastavia tai kiiltäviä. (Agisoft 2017, 7.) Kiiltävien, läpinäkyvien ja heijastavien kohteiden kuvaamiseen voi käyttää peittävää maalia tai tarroja (Martín 2018.).

Liikkuvien kohteiden kuvaamista kannattaa välttää, sillä ne voivat aiheuttaa laskentavirheitä. Ihmistä kuvattaessa pienikin asennon muuttuminen voi aiheuttaa paljon siivoustyötä fotogrammetriamallin korjausvaiheessa. Liikkuvien kohteiden kuvaaminen voidaan tehdä käyttämällä kamerajärjestelmää, jossa useat kymmenet kamerat laukeavat samanaikaisesti. (Poznanski 2014.)

Suuret lähellä olevat valonlähteet antavat kappaleelle pehmeän valaistuksen hävittäen kohteen pinnalla näkyvät varjot. Yleisin käytännön esimerkki on pilvipeitteen läpi hajonnut auringonvalo. Vastakohtana ilmiölle olisi suoran auringon valon aiheuttamat terävät varjot, jotka aiheutuvat pistemäisestä ja kirkkaasta valonlähteestä. (Anthes & Modrak 2010, 138.) Fotogrammetrian kuvaaminen onnistuu parhaiten pilvisellä säällä, mutta aurinkoisella säällä sitä voi tehdä varjossa. Sisätiloissa voidaan käyttää studiolaitteita kohteiden valaisemiseksi. Kuvattavasta kohteesta tehtyä mallia saatetaan käyttää ympäristössä, jossa on erilainen valaistus, joten eriävän valaistuksen näkyminen mallin pinnalla rikkoisi autenttisuuden. (Bishop ym. 2017.) Kuvaamisessa on hyvä ottaa huomioon kohteen ympäristö, sillä se voi heijastaa kohteen pinnalle ei-toivottuja värejä. Siksi on hyvä varmistaa, että kohteen ympärillä on neutraali ja tasainen tausta. (Martín 2018.)

3.5 Laitteistosuositukset ja kuvankäsittely

Fotogrammetriakuvaaminen ei tarvitse kalliita laitteistoja. Nykyään lähes millä tahansa modernilla digitaalisella kameralla, myös puhelimella, saa hyvää tulosta.

Suurempi resoluutio kamerassa tuottaa kuitenkin parempaa lopputulosta. Linssi olisi hyvä olla laajakulmainen pidempien suljinaikojen ja laajemman syväterävyyden mahdollistamiseksi. Pienellä kuvauskopterilla, eli dronella, voidaan kuvata kohdetta vaikeista ja korkeista paikoista. (Bishop ym. 2017.) Kameran lisäksi tukeva jalusta ja värikortti ovat tärkeitä lisävarusteita (Brown & Hamilton 2016). Polarisoivalla filtterillä voidaan tehostaa kuvattavan kohteen värejä ja vähentää heijastuksia (Anthes & Modrak 2010, 241–242).

Alice Visionin Meshroom-fotogrammetriaohjelman laitteistovaatimuksena on Nvidian näytönohjain ja suosituksena on 32Gt keskusmuistia (Lanthony 2019). Blender 3D -mallinnusohjelman minimivaatimukset ovat alle 10 vuotta vanha tietokone, 4Gt keskusmuistia, 64 bittinen kaksiydinprosessori ja näytönohjain 1Gt näytönohjainmuistilla. Suositeltavaa olisi käyttää 16Gt keskusmuistia, 64 bittistä neliydinprosessoria ja näytönohjainta 4Gt näytönohjainmuistilla. (Blender 2020.)

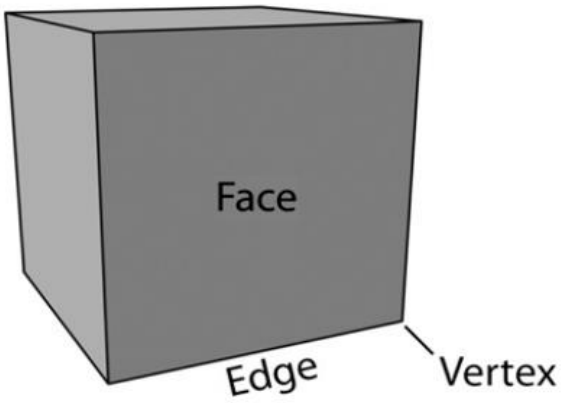
Raakakuvaformaatissa kuvaaminen mahdollistaa paremman valotuksen ja valkotasapainon säätämisen kuvankäsittelyssä (Bishop ym. 2017). Kuvankäsittelyn jälkeen raakakuvien tallentaminen kuvan häviöttömään TIFF-muotoon antaa myöhemmissä vaiheissa enemmän mahdollisuuksia muokata värejä ja antaa yleensä paremman lopputuloksen fotogrammetriaprosessissa. JPG-kompressio saattaa tuottaa ei-toivottua kohinaa kuviin. (Agisoft 2017, 7.)

Kuvankäsittelyssä on tärkeää olla muuttamatta kuvan ulkomuotoa ja välttää ylimääräistä kuvanmuokkausta, sillä kuvien sisällön muuttaminen voi pilata fotogrammetriaprosessin (Bishop ym. 2017). Samasta syystä kuvien kokoa ja rajausta ei saa muuttaa (Agisoft 2017, 8). Bishopin, Cowanin ja Jančošekin (2017) esittelemässä työjärjestyksessä kuvista muokataan kahdet versiot, joista ensimmäisessä pidetään kontrasti ennallaan fotogrammetrialaskentaa varten ja toisesta poistetaan kirkkaat kohdat ja varjot teksturointia varten. Brownin ja Hamiltonin (2016) mukaan Adobe Photoshop Camera Raw -sovelluksella kirkkaiden kohtien ja varjojen poistaminen tuottaa yleensä hyviä tuloksia valojen poistamisessa.

4 FOTOGRAMMETRIAMALLISTA PELIASSETIKSI

4.1 3D-mallinnuksen perusteet

3D-malli koostuu vertekseistä, särmistä ja tahkoista (Kuvio 4) (Chopine 2011, 22). Verteksi on yksittäinen piste kolmiulotteisessa avaruudessa eli XYZ-koordinaatistossa. Viiva, joka muodostuu kahden verteksin välille, kutsutaan särmäksi. (Totten 2012, 9.) Tahko muodostuu vähintään kolmesta verteksistä ja verteksit toimivat tahkon kulmapisteinä. Tahkoja kutsutaan myös polygoneiksi. Kolmesivuiset tahkot ovat yksinkertaisimpia tietokoneelle laskettavaksi, mutta nelisivuisia tahkoja on helpompi käsitellä ja manipuloida. (Chopine 2011, 22.) Tahkoista muodostuvan mallin verkkomaista rakennetta kutsutaan tahkoverkoksi (engl. mesh) (Totten 2012, 10).



Kuvio 4. 3D-mallin perusrakenne (Chopine 2011)

Topologia tarkoittaa tahkojen järjestystä ja asettelua 3D-mallin pinnalla. Siisti topologia helpottaa mallin ymmärtämistä ja käsittelyä. Nelisivuiset tahkot tekevät mallista helpommin luettavan. Mallin särmät voivat kiertää mallin ympäri siististi ja niiden lisääminen on helppoa ja nopeaa. Topologia on tärkeää ymmärtää hyvien ja toimivien mallien aikaansaamiseksi. (Chopine 2011, 58.) Teksturointiprosessi on helpompi mallilla, jossa on hyvä topologia (Guilherme 2015).

4.2 3D-mallin optimointi

Tahkojen määrä, eli polygonimäärä määrittää 3D-mallin resoluution. Suurempi määrä polygoneja mahdollistaa yksityiskohtaisemman mallin luomisen, mutta se vaatii enemmän laskentatehoa. (Chopine 2011, 33.) Fotogrammetriaprosessin tuottaman 3D-mallin polygonimäärä voi olla useita miljoonia ja se on raskas tietokoneelle laskettavaksi (Bishop ym. 2017). Polygonien määrällä on suuri vaikutus videopelin sulavuuteen. Videopeleissä kaikki mallit, valot ja animaatiot täytyy laskea sekunnin murto-osissa, jotta peli toimisi sulavasti. Tätä varten ympäristöä ja sen kaikkia malleja täytyy optimoida. Polygonimäärän vähentäminen ei välttämättä tarkoita, että mallista tulisi vähemmän kiinnostava, vaan sen tarkoituksena on tehdä mallista tehokkaampi. (Totten 2012, 13–14.)

Videopelimallin polygonimäärälle on vaikea asettaa tarkkoja suosituksia, sillä siihen vaikuttavat monet eri muuttujat. Pelissä tai pelimoottorissa on polygonibudjetti, joka määrittää monta polygonia voi olla näkyvillä kerrallaan. Suositeltavaan polygonimäärään vaikuttavat etäisyys pelaajasta tai kamerasta, mallin tärkeys, pelaajan vuorovaikutuksen määrä kyseiseen malliin sekä pelimoottorin ja tietokoneen laskentateho. Läheltä näytettävässä päähenkilössä saattaa olla kymmeniä tuhansia polygoneja ja kaukana olevassa laatikossa vain muutama. (Totten 2012, 14–15.) Peleissä on tapana käyttää samasta peliassetista useita eri malleja eri yksityiskohtien määrällä. Näitä malleja kutsutan LODeiksi. Kauempana olevat kohteet piirretään näytölle yksinkertaisempina ja lähellä olevat yksityiskohtia vaativat kohteet tiheämpinä. (Chopine 2011, 34.) Tottenin (2012, 15) mukaan puhelimella suositeltava polygonimäärä ympäristössä saattaa olla tuhansia ja pelikonsoleissa satoja tuhansia tai jopa miljoonia.

Retopologia on prosessi, jossa tiheästä 3D-mallista tehdään yksinkertaisempi videopeliä varten optimoitu malli ilman, että menetetään tärkeimpiä yksityiskohtia. Se voidaan tehdä joko käsin, tai se voidaan toteuttaa automaattisesti ohjelman avulla. Käsin tehdessä pystyy paremmin hallitsemaan mallin topologiaa ja saa yleensä siistimpää jälkeä, mutta automaattisesti laskettuna prosessi on paljon nopeampi. Prosessissa luodaan uusi siistimpi malli korkearesoluutioisen mallin päälle, käyttäen korkearesoluutioista mallia pohjana. (Mooney 2012.) Hyvässä mallissa topologia on siistiä ja polygonit ovat kohdennettu alueille, joissa on

enemmän tärkeitä yksityiskohtia. On helpompi lisätä polygoneja, kuin poistaa niitä. (Chopine 2011, 34.)

4.3 3D-mallin teksturointi

Koska pelimallit ovat geometrialtaan yksinkertaisia, teksturointi on yksi tärkeimmistä tavoista saada mallista yksityiskohtainen ja aidon näköinen. Tekstuuri on kuva, joka heijastetaan mallin pinnalle antamaan sille värityksen tai materiaalisen ominaisuuden. Tekstuurikarttoja on monia erilaisia, ja niiden avulla malli saa esimerkiksi värin, kiiltävyyden ja pinnan yksityiskohtien sekä epätasaisuuden vaihtelevuuden. (Totten 2012, 17–20, 88.)

3D-mallit saadaan näyttämään aidoilta materiaalien avulla. Materiaali on sarja ohjeita 3D-ohjelmassa tai pelissä kertomaan 3D-mallille, kuinka simuloidaan oikean maailman materiaaleja. 3D-mallin materiaali koostuu tekstuurikartoista ja shader-ohjelmasta. Shader-ohjelma kertoo materiaalille tekstuurikarttojen perusteella, miten materiaali käyttäytyy virtuaalisessa valossa. Tekstuurikartta saadaan näkymään mallin pinnalla oikein UV-kartoituksen avulla. (Totten 2012, 11, 88)

UV-kartoituksessa mallinnusohjelma määrittää 3D-mallin verteksien sijainnit kaksiulotteiselle tasolle. Tämä prosessi on helpommin hahmoteltavissa siten, että 3D-mallin pinta avataan kaksiulotteiseksi tasoksi ja sen päälle heijastetaan kuva, joka näkyy mallin pinnalla. Jotta 3D-mallin saa avattua kaksiulotteiselle tasolle oikein, täytyy sen pintaan tehdä saumoja. Ei kuitenkaan ole järkevää leikata jokaista polygonia erilleen, vaan leikatuista alueista, eli UV-saarekkeista tulisi tehdä mahdollisimman suuria. Pieni vääristyminen ei haittaa, mutta paljolla vääristymisellä tekstuuri näkyy vääntyneenä ja venytettynä mallin pinnalla. Hyvässä UV-kartassa saumojen ja vääristymien määrä on mahdollisimman vähäistä, sekä tekstuurin asettaminen kohdilleen on helppoa. (Chopine 2011, 153, 155.)

Hyvässä UV-kartoituksessa saumojen oikein asettelu on tärkeää. Esimerkiksi kohdat, joissa on terävä reuna, tai materiaali vaihtuu, on yleensä hyvä asettaa sauma. UV-saarekkeiden on hyvä viedä tekstuurin tila mahdollisimman hyvin, jotta malli saa enemmän käytettävää resoluutiota tekstuurilta. (Guilherme 2015.)

Mooneyn (2012) mukaan korkearesoluutioisen mallin UV-kartoitus käsin on käytännössä mahdotonta. Fotogrammetriaohjelman tekemät tekstuurikartat ovat hyvin pirstaleisia ja vaikealukuisia. UV-kartoitus voidaan tehdä myös ohjelmilla automaattisesti, mutta niillä on tapana tuhlata tärkeää tekstuuritilaa. (Bishop ym. 2017.)

Normaali ilmaisee, mihin suuntaan polygoni osoittaa. Sitä voidaan havainnollistaa vektorilla tai viivalla, joka lähtee kohtisuoraan polygonin pinnalta. Normaaleja käytetään virtuaalisen valon käyttäytymisen laskemiseen. Normaalikartalla voidaan tuoda 3D-malliin tarkkoja yksityiskohtia, joita ei ole itse 3D-mallin geometriassa. (Chopine 2011, 34, 160.) Sen tarkoituksena on vähentää 3D-mallin vaativien laskettavien resurssien määrää tekemällä tasainen pinta näyttämään epätasaiselta (Totten 2012, 18). Normaalikartta voidaan laskea tiheän fotogrammetriamallin ja optimoidun pelimallin avulla. Fotogrammetriamallista lasketulla normaalikartalla saadaan optimoidulle pelimallille kaikki alkuperäiset yksityiskohdat. Normaalikarttojen laskeminen tehdään 3D-mallinnus- tai teksturointiohjelmassa. (Bishop ym. 2017.)

Normaalikartan tapaan voidaan myös laskea AO-, object space -normaali-, ja displacement-kartat (Bishop ym. 2017). AO- eli ambient occlusion -kartassa tummina alueina näkyvät kaikki paikat, johon valon pääseminen on vaikeampaa. Object space -normaalikartta on normaalikartan tapainen, mutta mallin eri puolet näkyvät eri värisenä. AO- ja object space -normaalikarttaa voidaan käyttää valoisuuden vaihtelun säätämiseen ja poistamiseen värikartasta Photoshop-ohjelmassa. Displacement-kartalla voidaan tuoda lisää yksityiskohtia 3D-mallille. Sen avulla voidaan myös muokata mallin geometriaa. (Brown & Hamilton 2016.)

Värikartta voidaan laskea fotogrammetriaohjelmalla alkuperäisistä kuvista (Lanthony 2019). Se voidaan laskea suoraan optimoidun ja UV-kartoitetun mallin pinnalle (Bishop ym. 2017). Kiiltävyyskartta antaa mallille kiiltävyyden ja karkeuden vaihtelevuuden. Sen voi tehdä värikartasta muuntamalla sen mustavalkoiseksi ja säätämällä sen tummuutta halutun kiiltävyyden saamiseksi. Realistista kiiltävyyttä varten on hyvä käyttää kuvareferenssejä apuna. (Martín 2018.)

5 FOTOGRAMMETRIA-ASSETIN LUOMISPROSESSI

5.1 Esituotantovaihe

5.1.1 Projektin tavoitteiden ja rajauksen määrittäminen

Lähdin ensimmäisenä määrittämään tavoitteita projektilleni ja selvittämään, oliko se realistisesti toteutettavissa. Projektini tulee olemaan osana portfoliotani, jota käytän työnhakuun. Halusin kokeilla fotogrammetriaa ja oppia tekemään sitä luontevasti. Olin tehnyt aikaisemmin kaksi videopeliympäristöä, mutta nyt tarkoituksena oli luoda vielä laadukkaampi ja realistisempi produkti. Päätin että tämä ympäristö on sisällöllisesti suppeampi ja aikataulultaan paljon nopeampi projekti, sillä tavoitteenani oli valmistua kesään mennessä. Yksi rajoitteistani oli luoda ympäristö käyttäen saatavilla olevia ohjelmia ja laitteistoa.

Käytettävissäni oli Sony A7 järjestelmäkamera ja muutama objektiivi, joista 28-70mm f/3.5-5.6 -objektiivi soveltui parhaiten fotogrammetriakuvausta varten. Tietokoneessani oli 16Gt keskusmuistia, Intel i7 -neliydinprosessori ja Nvidian GTX 1050Ti -näytönohjain 4Gt näytönohjainmuistilla.

Fotogrammetrian laskemiseen päätin käyttää Alice Visionin ilmaista Meshroom-fotogrammetriaohjelmaa. 3D-mallintamiseen olen käyttänyt Blender 3D -mallinnusohjelmaa useamman projektin ajan ja päätin kokeilla sen uutta Eevee-renderöintimoottoria ympäristöni ja mallieni esittämiseen. Tutkimuksen aikana käytetyn Blender 3D -mallinnusohjelman ohjelmaversio oli 2.82.7 ja Meshroom-fotogrammetriaohjelman 2019.2.0. Kuvien käsittelyyn käytin Adoben Photoshop- ja Lightroom-ohjelmia. Olisin voinut tehdä kaiken muokkaamisen Photoshop-ohjelmalla ja sen Camera Raw -sovelluksella, mutta minulla oli kaikki asetukset valmiina Lightroom-ohjelmassa, ja sen toimintaperiaate on käytännössä sama. Retopologiaan päätin kokeilla myös ilmaista Instant Meshes -retopologiaohjelmaa.

5.1.2 Fotogrammetrian testaaminen

Lähdin helmikuussa kokeilemaan muutaman kannon kuvaamista ja kokeilin fotogrammetriaprosessin toimivuutta. Kuvasin ensimmäiset kuvamateriaalit pilvisellä

säällä käyttäen manuaaliasetuksia. En kiinnittänyt paljoa huomiota syväterävyyteen ja kuvasin kuvat samalla valotusasetuksilla. Lightroom-ohjelmalla hienosäädin kuvien valotusta ja valkotasapainoa. Terävöitin niitä hieman ja tarkistin, että kaikki kuvat olivat tarkkoja ja kuvien valoisuus oli mahdollisimman samanlainen kaikissa kuvissa. Manuaaliasetuksista ja pilvisestä säästä huolimatta kuvissa oli huomattavissa merkittäviä eroja valoisuudessa. En osannut tarkalleen sanoa mistä se johtui, mutta sen sai kuitenkin helposti korjattua. Se saattoi johtua omasta varjostani, siitä että kuva oli otettu paljon lähempää kohdetta tai pilvipeite oli sen verran epätasainen, että se aiheutti ajoittain hämärtymisiä.

Vein muokatut kuvat JPEG-muodossa Meshroom-ohjelmaan ja yhtä nappia painamalla ohjelma laski noin viidessä tunnissa niistä 3D-mallin. Lopputulos oli yllättävän hyvä ensimmäiseltä yritykseltä. Pieniä reikiä oli muutamissa kohdissa mallia, mutta muuten malli oli ihan käyttökelpoinen. Fotogrammetriaprosessi oli toimiva, eikä tuottanut suurempia haasteita. Arvioin, että projektini olisi toteutuskelpoinen.

Tein muutaman testin lisää maaliskuussa ja kokeilin lumen toimivuutta fotogrammetriassa. Arvelin, että lumi ei toimisi kovinkaan hyvin johtuen sen yksivärisyydestä ja tekstuurin puutteesta. Ohjelma ei pystynyt laskemaan pelkän lumen muotoja. Se olisi tarvinnut joitain selkeitä ja eroavia piirteitä, tai erilaisempaa kuvankäsittelyä kuvien tuntomerkkien löytämiseksi ja niiden yhdistämiseksi.

5.1.3 Suunnitelman tekeminen

Fotogrammetriaa varten tarvitsin otolliset kuvauskelit, mutta päätin olla kuvaamatta lunta ympäristööni. Lumen kuvaaminen aiheutti haasteita ohjelmalle sekä se oli muotokieleltään varsin yksinkertainen ja mielestäni huono kohde projektiani varten. Halusin luoda tunnelmallisen ja metsäisen ympäristön. Lumien sulamisen hitaus ja jatkuva säätilojen vaihtelu vaikeutti suunnitelmien tekemistä fotogrammetrian osalta, ja jouduin muuttamaan alkuperäistä ideaa ja aikataulutustani useampaan kertaan projektini aikana.

Päätin luoda ympäristöstä vielä yksinkertaisemman, jotta sen saisi noin kuukaudessa toteutettua muiden projektien ohella järkevästi. Minun täytyi aikatauluttaa

hyvin tarkasti missä järjestyksessä teen mitkäkin vaiheet ja milloin pystyin kuvaamaan lisää kuvamateriaalia. Löysin läheisestä metsästä muutamia sulaneita kohtia, joista mahdollisesti saisin kuvattua materiaalit projektiani varten. Paljaista ja mielenkiintoisista juurista sain inspiraatiota projektiini ja kuvasin niistä muutamia referenssejä. Tein listan kaikista tärkeimmistä malleista, joita laittaisin ympäristööni.

Ensimmäisellä viikolla oli tarkoitus kuvata ja mallintaa kasvillisuus, lumen määrä ei haitannut sitä, sillä pystyin kuvaamaan oksat ja lehdet sisällä. Ne olivat liian monimutkaisia fotogrammetriaa varten, niin tein ne perinteisillä mallinnusmenetelmillä. Pystyin työstämään projektiani, kun odotin lumien sulamista varsinaisten mallien kuvaamista varten. Fotogrammetriamallien kuvaamiseen ja käsittelyyn suunnittelin käyttää kaksi viikkoa. Viimeisillä viikoilla oli tarkoitus tehdä rästiin jääneet vaiheet, mallien materiaalit ja ympäristön viimeistely. Päätin että ympäristööni tulisi mänty, koivu, hieman pientä kasvillisuutta, kiviä, juuria ja maastoa.

Tein ympäristöstä Blender 3D -mallinnusohjelman veistotyökalulla karkean suunnitelman eli blockoutin ympäristöstä. Ajanpuutteen takia parantelin tätä samalla, kun tein ensimmäisiä mallejani ympäristöä varten. Huomasin nopeasti, että ympäristöni vaatisi jonkinlaisen kiintopisteen, johon katsojan huomio kiinnittyisi. Päätin etsiä lähistöltä ladon, joka olisi sopiva ympäristööni. Lato oli yksi projektini viimeisimmistä malleista, minkä tein käyttäen fotogrammetriaa tekniikkana. Usean mallin kohdalla kokeilin eri lähestymistapoja, miten eri asiat voitaisiin tehdä helpommin, laadukkaammin ja nopeammin. Valitsin ladon esimerkikseni, sillä se oli vaikein ja monimutkaisin toteuttaa ja sen prosessin aikana opin tekniikkaa ja sen eri puolia kaikista eniten.

5.2 Tuotantovaihe

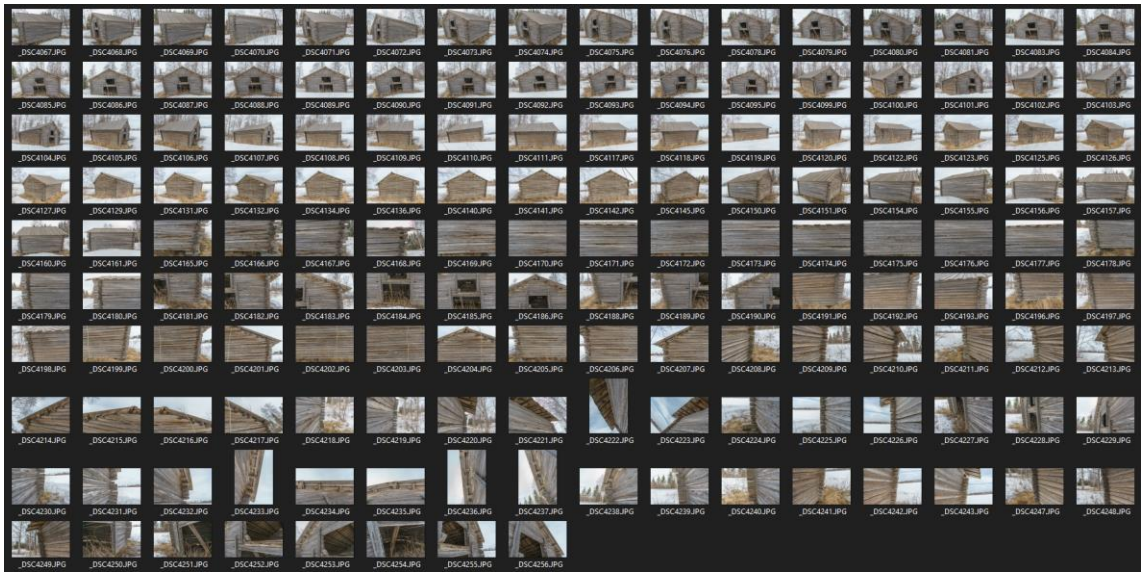
5.2.1 Ladon kuvaaminen ja kuvien käsittely

Jatkuvasti vaihtelevien sääolosuhteiden takia kävin muutamalla kuvausreissulla, ja jokaisella kerralla otin uusia asioita huomioon kuvausprosessissani. Pyrin kuvaamaan kaikki kuvat pilvisellä säällä, jotta valaistuksesta tulisi mahdollisimman

yhtenevä, eikä kohteiden pinnoille heijastuisi teräviä varjoja. Ladon kuvaamisessa pilvipeite oli rakoileva ja auringon valo heijastui osittain siitä lävitse. Tämä teki ladon toisesta puolesta hieman kirkkaamman, mutta onneksi ladon seinille ei heijastunut teräviä varjoja. Nopeasti vaihteleva valoisuus vaikeutti ladon kuvaamista joka puolelta yhtä valoisaksi.

Kuvasin ladon kiertämällä sen ympäri muutamaan kertaan kuvaamalla sen eri korkeustasoista. Jokaisen kuvan välissä otin lyhyen askelen, jotta kuviin tulisi mahdollisimman paljon päällekkäisyyttä. Päädyin käyttämään f/8 ja 1/160s asetuksia saadakseni mahdollisimman hyvän terävyyden koko kuva-alalle. Ladossa oli aika suuret valoisuuserot, joten säädin herkkyysarvoja välillä ISO 100 ja ISO 160 kirkkaiden kohtien puhki palamisen ja tummien kohtien pimenemisen estämiseksi. Näillä asetuksilla sain mielestäni hyvän tasapainon kohinan vähäisyydelle, syväterävyydelle ja riittävän nopealle valotukselle. Aikaisemmissa yrityksissä hitaamman valotuksen takia osa kuvista oli hieman heilahtaneita ja jouduin poistamaan kymmeniä kuvia. Silti lopullisessa fotogrammetriamallissa saattoi olla joitain epätarkkuuksia. Pienemmissä malleissa käytin aukkoa f/10 laajemman syväterävyyden saavuttamiseksi, mutta en kokenut sitä tarpeelliseksi näin isossa kohteessa, jota kuvataan enimmäkseen suoraan kohti. Huomasin, että huolellisuus oli tärkeässä roolissa onnistuneiden ja toimivien kuvien saamiseksi.

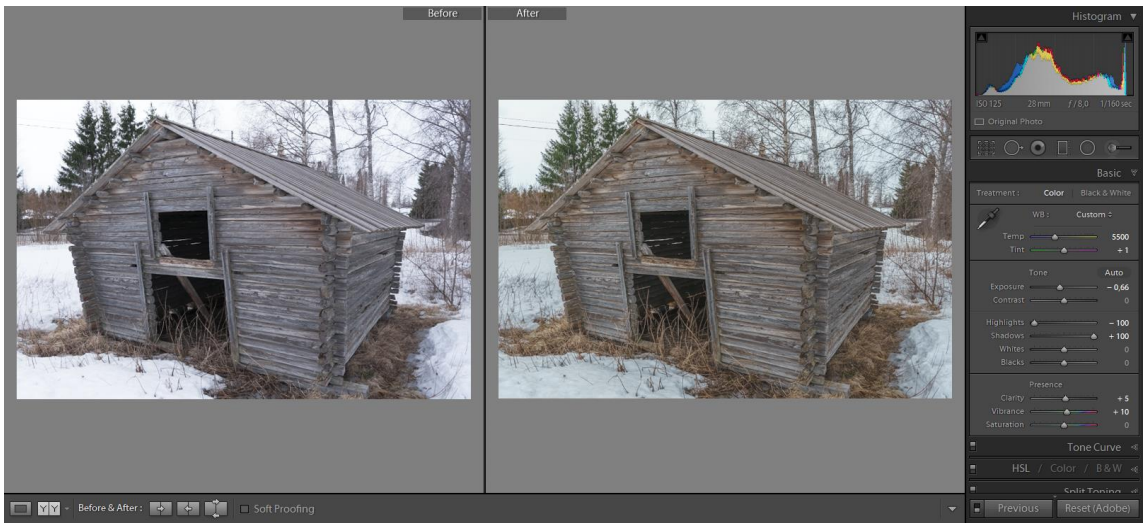
Tällä kertaa paljon suurempi osa kuvista olivat täysin tarkkoja ja poistettavana oli enää sellaisia kuvia, jotka olivat vain vähän heilahtaneita. Latoa kuvattaessa osasin käyttää syväterävyyden etu- ja taka-alaa paremmin, siten, että lato oli mahdollisimman terävä kauttaaltaan. Kuvasin ladosta yhteensä 232 valokuvaa, mutta päätin olla käyttämättä sisäpuolelta otettuja kuvia. Sisäpuolelta otetuissa kuvissa oli pimeyden takia liian paljon kohinaa, eivätkä ne olleet mielestäni riittävän laadukkaita fotogrammetriaprosessiin. Lisäksi niin suuri määrä kuvia olisi saattanut olla liikaa tietokoneelleni laskettavaksi. Poistin myös kaikki kuvat, jotka eivät olleet täysin teräviä. Käytettäviä kuvia tuli yhteensä 152 kappaletta (Kuva 1). Koko projektia varten kuvasin yhteensä 1350 valokuvaa.



Kuva 1. Kaikki ladon laskentaan käytetyt valokuvat

Lightroom-kuvankäsittelyohjelmassa laitoin kuvalle kameraprofiilin, terävöitin hieman sekä poistin varjot ja kirkkaat kohdalla säätämällä niiden liukusäätimet ääriasetuksiin. Lopuksi säädin valkotasapainoa, sillä alkuperäinen kuva näytti liian kylmältä (Kuva 2). Värien käsittelyyn jäi mielestäni hieman parantamisen varaa. Nämä kaikki asetukset asetin samoiksi kaikkiin kuviin, jotta kaikista malleista tulisi mahdollisimman yhtenäisen näköiset. Värejä täytyy vielä säätää myöhemmin, kun kaikki mallit saadaan samaan ympäristöön ja ne täytyy saada sopimaan keskenään hyvin.

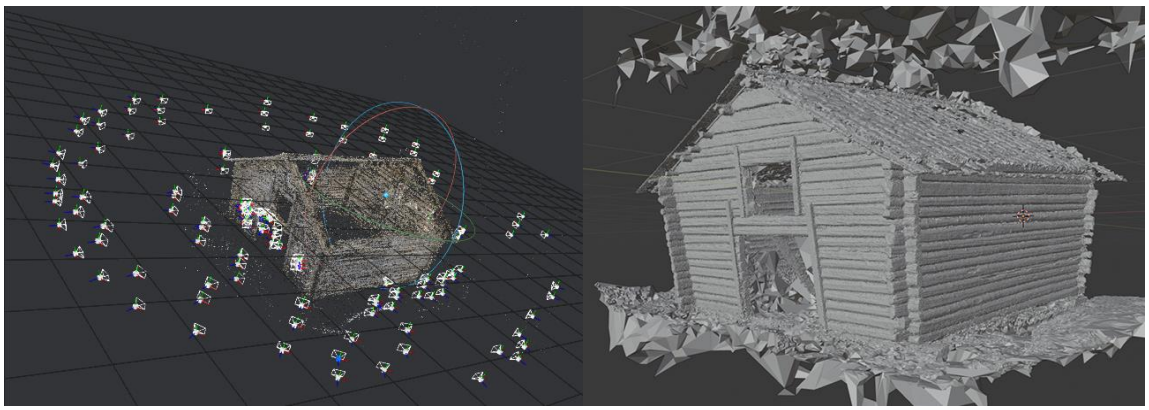
Jouduin joidenkin kuvien valotusta säätämään, jotta lato näyttäisi yhtä valoisalta kaikissa kuvissa. Läheltä kuvatut kuvat ja kaikki ahtaat kolot olivat tummempia ja tarvitsivat enemmän valotuksen säätämistä. Pyrin pitämään muun kuvan käsittelyn minimissä, jotta se ei aiheuttaisi mahdollisia virheitä laskentaprosessissa. Ohjelma korjasi linssin vääristymät automaattisesti, mutta en huomannut sen haittaavan laskentaprosessia. Jätin sen kuviin, vaikka monissa pelistudioiden työprosesseissa kuvien vääristymää ei korjattu. Vein kuvat ohjelmasta JPEG-muodossa tallennustilan vähäisyyden takia.



Kuva 2. Alkuperäinen ja muokattu kuva sekä käytetyt asetukset

5.2.2 Ladon fotogrammetrialaskenta

Kuvien käsittelyn jälkeen vein kuvat Meshroom-fotogrammetriaohjelmaan. Ohjelman käyttö oli yksinkertaista, yhden napin painalluksella tietokone alkoi laskemaan kuvista 3D-mallia. Fotogrammetrialaskennan alkuvaiheilla tarkastin, että tietokone osaa yhdistää kuvat oikein ja se käyttäisi riittävää määrää valokuvia mallin luomiseksi (Kuva 3). Tietokone osasi yhdistää 141 kuvaa toisiinsa. Luulen että käyttämättömät kuvat olivat kuvia harjanteesta, sillä ne oli otettu erilaisemmasta kuvakulmasta, kuin suurin osa muista. Tietokone laski mallia noin yksitoista tuntia. En pystynyt tarkastelemaan mallia ohjelmassa, koska se oli liian raskas tietokoneelleni. Olisin voinut kokeilla vaihtaa laatuasetuksia ja säätää mallin rajausta laskentaprosessin nopeuttamiseksi ja mahdollisesti siistimmän lopputuloksen saamiseksi, mutta niiden toimintojen kokeilu näin raskaalla mallilla olisi ollut liian hidasta.



Kuva 3. Fotogrammetriaohjelman kameroiden asettelu ja laskettu malli

Ohjelma tuottaa kymmeniä gigatavuja tiedostoja ja dataa prosessin aikana, joten tiedostojen järjestelmällinen käsittely oli hyvin olennaisessa roolissa projektissani. Koska tietokoneelle mahtui kerralla vain kaksi fotogrammetriamallia, mallit täytyi tehdä yksitellen prosessin alusta loppuun asti, jonka jälkeen fotogrammetriaohjelmaa ja sen tiedostoja ei tarvittu mallin työstämiseen. Ladon valokuvat veivät 2,52 Gt JPEG-muodossa ja sen fotogrammetriatiedostot 19,8 Gt tallennustilaa. Valmiin mallin tekstuureja oli 24 kappaletta ja ne veivät 816 Mt tallennustilaa. Varsinainen fotogrammetriamalli vei 210 Mt tallennustilaa. Projektiani varten dataa tuli kerättyä ja laskettua yhteensä 211 Gt.

5.2.3 Ladon fotogrammetriamallin korjaaminen

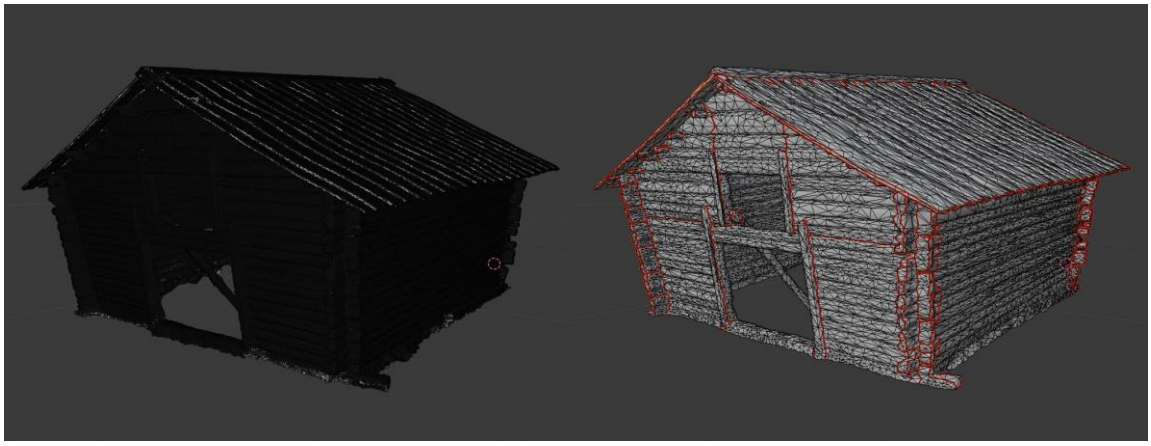
Fotogrammetriaprosessin jälkeen vein mallin Blender 3D -mallinnusohjelmaan jatkotyöstettäväksi. Mallia oli raskasta käsitellä ohjelmassa ja se aiheutti paljon hidastelua ja haasteita työskentelylle. Tekstuurien suuren koon takia en käyttänyt niitä ollenkaan työskentelyn apuna. Mallinnusohjelmassa pääsin viimein näkemään laskentaprosessin lopputuloksen (Kuva 3). Ladon mallissa oli 2,67 miljoonaa verteksiä sekä paljon pirstaleita ja ylimääräistä geometriaa.

Ensimmäisenä poistin kaiken irrallisen ja turhan mallista, sekä erottelin ladon kaikesta muusta ympäristöstä. Koska ladon katto oli laskentavirheiden takia liian pirstaleinen, päätin mallintaa sen kokonaan uudelleen. Reiät ja laskentavirheet johtuivat siitä, että katto oli hyvin ohut koko kohteen kokoon nähden, eikä minulla ollut mahdollisuutta kuvata sitä paremmista kuvakulmista. Sisäosan kuvat olisivat saattaneet tehdä laskentaprosessista vielä hitaamman, tai ne olisivat voineet aiheuttaa lisää laskentavirheitä ladon seinille.

Mallinsin katon polygonimallinnusmenetelmällä käyttäen fotogrammetriasta laskettua kattoa referenssinä. Sitten tein kattoon vääristymiä käyttäen Proportional editing -työkalua, jonka avulla sain katon aaltoilemaan ja vääntymään luonnon runteleman ladon katon tavoin. Tämän jälkeen tein mallista tiheämmän Remesh-toiminnolla ja lopuksi veistin veistotyökalulla kattoon puun tekstuuria ja kuluneisuutta. Tein katon erillisenä mallina, sillä sen yhdistäminen ladon geometriaan olisi ollut liian hidas ja työläs prosessi, ja sain koko ladolle enemmän tekstuuritilaa antamalla molemmille osille omat tekstuurit.

Tämän jälkeen poistin ladosta sisäseinät ja katon. Tämä prosessi kesti odotettua kauemmin, sillä geometriaa oli paljon ja se oli monin tavoin kiinnittynyt käytettävän ladon geometriaan. Lisäksi ohjelma oli todella hidas käsittelemään miljoonia polygoneja, ja suuri osa mallinnukseen käytetystä ajasta kului ohjelman toimimisen odottamiseen tai kaatuiluun. Täytin kaikki seinissä olevat reiät ja korjasin laskentavirheitä. Tässä vaiheessa tajusin, että olisin voinut jakaa mallin useampaan pienempään osaan, jotta se ei olisi ollut niin raskas tietokoneelle käsiteltäväksi. Pienemmissä osissa ohjelma toimi sulavammin ja mallin korjausprosessi oli huomattavasti nopeampaa.

Lopuksi korjasin mallin kohinaa ja muita laskentavirheitä veistotyökalulla. Saumakohdissa täytyi olla varovainen, sillä niitä muokatessa olisi syntynyt myöhemmin reikiä niihin kohtiin, kun osat yhdistetään takaisin yhteen. Osien yhdistämisen jälkeen veistin saumakohdat ja tarkistin, että mallin pinnassa ei ollut reikiä. Jätin jonkin verran geometriaa ja turhia palasia malliin katsoen, että ne eivät haittaa myöhempää normaalikartan laskentaprosessia. Lopuksi mallinsin ja veistin muutamia osia täydentääkseni latoa. Katon ja ladon mallintamisen ja siistimisen jälkeen mallilla oli yhteensä 4,55 miljoonaa verteksiä (Kuva 4).



Kuva 4. Tiheän mallin 4,55 miljoonaa verteksiä ja optimoidun mallin 20 611

5.2.4 Latomallin retopologia

Kokeilin optimoidun mallin luomista ja retopologian tekemistä usealla eri tavalla yksinkertaisemmilla malleilla. Aluksi tein tämän Instant Meshes -retopologiaohjelmalla. Se tuotti suhteellisen siistin lopputuloksen, mutta verteksimäärät olivat aika korkeita, muutamia kymmeniä tuhansia. Vain pelin tärkeimmissä malleissa

on sellaisia määriä verteksejä. Puissa kaikki ohuet oksat hajosivat pirstaleiksi helposti, jos polygonimäärää yritti pienentää liikaa. Ohjelmalla sai kuitenkin tuloksia hyvin nopeasti ja eri polygonimäärien kokeileminen oli helppoa. Sitten kokeilin tehdä retopologiaprosessin käsin. Aluksi prosessi oli hyvin työläs ja hidas. Ensimmäisiin malleihin meni noin päivä, mutta muutaman mallin jälkeen prosessi alkoi nopeutua. Nopeutin prosessiani Shrink wrap -muuntimella, jonka avulla retopologiamalli kääriytyy automaattisesti fotogrammetriamallin ympärille. Käytin myös Subdivision surface- ja Smooth-muuntimia parantaakseni mallia entisestään ja antamalla sille sopivan polygonimäärän. Nämä muuntimet aiheuttivat muutamia virheitä, mutta sain korjattua ne nopeasti. Yksinkertaisempi prosessi mahdollisti keskittymiseni siistimmän topologian luomiseen.

Huomasin, kuinka kehityin tekemään siistimpää ja harvempaa topologiaa lyhyemmässä ajassa, kun toistin prosessin useampaan kertaan. Käsin tehtynä sain mallit optimoitua paremmin ja UV-kartoituksen tekeminen oli paljon helpompaa. Ensimmäisissä malleissa verteksimäärät olivat useita tuhansia, mutta loppua kohden verteksimäärät pienenivät tuhanteen tai pariin. Tähän vaikutti myös se, että ensimmäiset mallit olivat paljon monimutkaisempia kuin myöhemmät. Menetelmässä etuna oli huomattavasti parempi lopputulos, mutta haittapuolena oli prosessin hitaus, joka kesti useamman tunnin muutaman minuutin sijaan. Huomasin pienen kokeilun avulla, että optimoinnin määrällä ei ollut kovin suurta merkitystä lopputuloksen ulkonäköön (Liite 1). Mallista pystyi poistamaan useita tuhansia polygoneja, ilman että eroa huomasi kovinkaan helposti.

Lopulta kokeilin Blender 3D -mallinnusohjelman Decimate-muunninta, joka pilkkoo tiheämmän mallin harvemmaksi käyttäen kolmioita nelikulmioiden sijaan. Sen käyttö oli kaikista nopeinta ja sen lopputulokset vastasivat alkuperäistä mallia hyvin. Muuntimen avulla verteksimäärä oli helposti säädettävissä muutamasta sadasta muutamaan tuhanteen. Tämän mallin topologia ei ollut enää millään tavalla järjestelmällinen, joten UV-kartoituksen tekeminen oli paljon hitaampaa ja työläämpää. Tämä prosessi oli kaikista nopein, ja sillä sai kaikesta parhaimman optimoinnin. Päätin käyttää sitä ladon mallintamisessa.

Decimate-muuntimen avulla sain helposti ja nopeasti tehtyä harvemman mallin, mutta lopputulos ei ollut täysin siisti. Siinä oli jonkin verran rikkinäistä geometriaa

ja muutamia reikiä, mutta sen työstäminen ja korjaaminen oli huomattavasti nopeampaa yksinkertaisemman geometrian takia. Olisin voinut käyttää alkuperäistä mallintamaani polygonimallia katon retopologian tekemiseen ja se olisi todennäköisesti tuottanut paremman lopputuloksen, mutta päätin pyrkiä tekemään siitä mahdollisimman samannäköisen latoon nähden. Koska tämä malli toimii ympäristössäni yhtenä tärkeimmistä visuaalisista elementeistä tein mallista jonkin verran tiheämmän, kuin muista malleistani. Lopulliseen malliin tuli verteksejä 20 611 kappaletta (Kuva 4).

En mallintanut sisäpuolta ladosta säästääkseni aikaa projektin muita osia varten, mutta olisin tehnyt sen kopioimalla ulkoseinät ja siirtämällä ne sisäpuolelle. Lisäksi olisin korjannut karmien sisäpuolet ja mallintanut kattoparrut. Olisin käyttänyt myös ladon muita tekstuureja sisäosien värityksen luomiseksi. Valokuvista tehdyt sisäosat olisivat olleet paljon tummempia ja epärealistisen näköisiä toisenlaisissa valaistustilanteissa. Lisäksi olisin voinut tehdä katon ja ladon välisestä rajasta siistimmän.

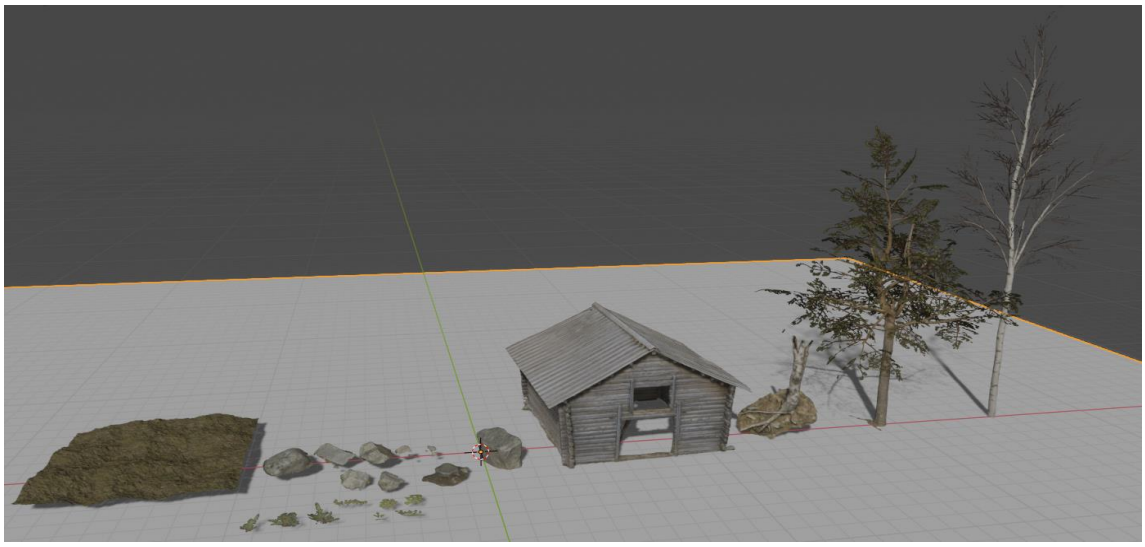
5.2.5 Ladon teksturointi

Epäsäännöllisen topologian ja geometrian monimutkaisuuden ansiosta UV-kartoittaminen oli tälle mallille huomattavasti hitaampaa kuin muille malleilleni. UV-saarekkeet olivat helppo jakaa ladon seiniin, sillä ne olivat yksinkertaisen muotoisia, mutta ladon kulmissa olevat parrut ja seinien päällä olevat irtonaiset laudat täytyi leikata pienempiin osiin vääristymien estämiseksi. Lisäksi jouduin leikkaamaan seinien reunoja vääristymisen vähentämiseksi. Sijoittelin saumat yleensä kulmakohtiin, mutta etuseinälle tein muutaman leikkauskohdan, jotta sain aseteltua sen paremmin UV-kartalle.

Tein häkkimallin (engl. Cage) kopioimalla optimoidun latomallin ja skaalaamalla sitä normaalien suuntaisesti täyttäen fotogrammetriamallin sisäänsä. Häkkimallin avulla sain yleensä parempaa lopputulosta normaalikartan laskemisessa. Lisäsin Smooth-muuntimen fotogrammetriamalliin pienentääkseni mallin kohinaa ja varmistin että kaikilla malleilla oli pehmeä varjostus (engl. Smooth shading) päällä. Normaalikartasta tuli riittävän siistin näköinen. Siinä oli muutama pieni virhe,

mutta ne olivat vaikeasti nähtävissä paikoissa. Olisin voinut korjata niitä parantelemalla optimoidun mallin geometriaa ja säätämällä häkkimallia sopimaan paremmin ahtaisiin koloihin. Katon normaalikartan laskeminen onnistui paremmin ilman häkkimallia. Laskin myös normaalikartat Object space -tilassa värikarttojen muokkaamista varten. Normaalikartan avulla optimoitu malli näytti jälleen fotogrammetriamallin tavoin yksityiskohtaiselta, mutta verteksimäärä oli yli 200 kertaa pienempi.

Laskin värikartat Meshroom-fotogrammetriaohjelmalla. Tein uuden teksturoinnin valokuvien pohjalta käyttäen uutta optimoitua mallia. Uudelleenlaskettuna tekstuurit ovat nyt yhdessä siistissä värikartassa 24 sijaan ja vievät paljon vähemmän tallennustilaa. Ensimmäistä kertaa pääsin näkemään värien kanssa, miltä fotogrammetriamallini näytti. Lopputuloksesta tuli ensisilmäyksellä yllättävän siisti, vaikka muutamissa kohdissa oli pieniä virheitä ja ladon tiellä olevaa kasvillisuutta. Myös katosta tuli yllättävän hyvä muutamaa vääristymistä lukuun ottamatta, vaikka en saanut kuvattua sitä mistään kunnollisesta kuvakulmasta ja sen malli oli suurimmaksi osaksi itse mallinnettu. Vein kaikki luodut pelimallit samaan tilaan värien tarkastelua varten (Kuva 5). Jotkin mallit olivat huomattavasti tummempia, kuin toiset ja joissain malleissa värilämpötila saattoi olla hieman väärä. Parhaiten sen sai visualisoitua, kun asettelin kaikki mallit vierekkäin.

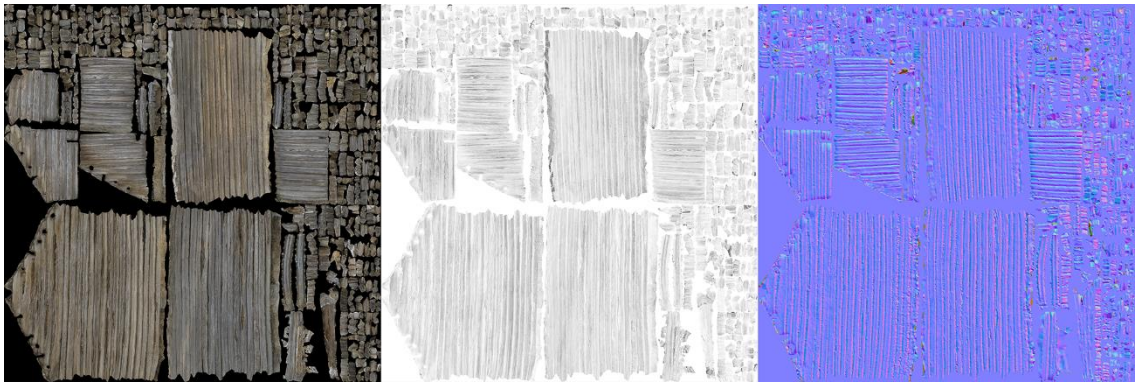


Kuva 5. Assetit vierekkäin värien tarkastelua varten

Korjasin värikartassa olevia vääristymiä ja epätarkkoja kohtia Photoshop-kuvanmuokkausohjelmassa kloonaustyökalujen avulla. Lisäksi paikkasin mahdollisia

reikiä, mihin fotogrammetriaohjelma ei saanut yhdistettyä kuvia. Poistin ladon seiniltä heinät ja muut ylimääräiset roskat, jotka eivät kuuluneet latoon. Säädin tekstuurin epätasaista valaisusta Object space -normaalikartan avulla. Kokeilin muutamaa eri menetelmää valoisuuden säätämiseen. Object space -normaalikartassa mallin eri suunnat ovat erivärisiä, joten sen mustavalkomuunnoksella pystyin säätämään eri värien valoisuuksia ja siten valaisemaan ladon osia eri tavoilla. Object space -normaalikartan jakaminen värikanaviksi ja niiden käyttäminen valoisuuden säätämisen maskeina antoi vielä enemmän mahdollisuuksia säätää ladon seiniä. Seinälle oli heijastunut muita valoisampi valokuva, joka täytyi korjata käsin (Liite 2). Näiden korjauksien jälkeen pyrin sovittamaan ladon värit ja valoisuuden muun ympäristön kanssa (Kuva 6). Katto oli huomattavasti vaaleampi, kuin muu lato ja sain sen sopimaan ladon väreihin paremmin tummentamalla sitä (Liite 2).

Lopuksi tein roughness-kartat värikarttojen pohjalta muuntamalla ne mustavalkoiseksi ja säätämällä niiden sävyarvoja, kunnes mallien kiiltävyys näytti mielestäni riittävän hyvältä (Kuva 6). Ladon kohdalla yritin saada materiaalin näyttämään vanhalta puulta, jolla on sen ominainen hienovarainen kiiltävyys. Huomasin, että Eevee-renderöintimoottori piirtää materiaalit mielestäni liian kiiltäviksi, joten jouduin säätämään karttoja jonkin verran vaaleammaksi. Viimeisimmän värien ja materiaalien tarkastelun tein ympäristön lopullisessa valaistuksessa.



Kuva 6. Ladon seinien värikartta, roughness-kartta ja normaalikartta

5.3 Jälkituotantovaihe

Lopullisen ympäristön tein Blender 3D -mallinnusohjelmassa käyttäen Eevee-renderöintimoottoria. Ympäristöä varten veistin maaston, jonka epätasaisuuden tein Displacement-muuntimella, displacement-kartalla ja proseduraalisilla tekstuureilla. Maaston värin vaihtelun sain aikaiseksi sekoittamalla kahta eri maaston materiaalia keskenään proseduraalisten tekstuurien avulla. Lisäsin ympäristöön pikkukiviä, pientä kasvillisuutta ja puita partikkelisysteemin avulla. Niiden asettelua säädin Weight paining -toiminnolla. Sitten asettelin käsin kaikki tärkeimmät elementit, kuten suuret kivet, ladon, kannot ja tärkeät puut.

Valaistus on mielestäni yksi tärkeimmistä elementeistä videopeliympäristössä, koska sillä tuodaan kaikki tärkeät elementit esiin, kiinnitetään katsojan huomio tärkeään kohtaan ja sitä käytetään ympäristön tarinan tukena. Käytin ympäristöni valaisemiseen aurinkoa, taivaan täyttövaloa ja sinistä ambienttia. Syvyysvaikutelman korostamiseen käytin volumetristä sumua. Säädin valotusta useampaan kertaan saadakseni halutun lopputuloksen (Kuva 7). Valon suunnalla ja asetuksilla oli merkittävä vaikutus lopputuloksen laatuun (Liite 3). Lopuksi koristelin ympäristöä muutamalla kasvilla ja kivellä, sekä asettelin Irradiance Volumen tärkeimpien mallien ympärille antamaan niille realistisemman valaistuksen.

Kuva 7. Valmis ympäristö

6 POHDINTA

Yli 1300 valokuvasta laskin tietokoneen avulla useita 3D-malleja, jotka työstin videopeliä varten optimoituun ympäristöön. Olin ennestään tehnyt useita videopeliprojekteja, mutta uutena aiheena oli fotogrammetria ja sen työvaiheet. Tavoitteenani oli tutustua fotogrammetriaan, kehittää ammatillista osaamistani ja lisätä kokemustani 3D-videopeligrafiikan luomisesta. Lukuisista haasteista ja tiukasta aikataulusta huolimatta mielestäni saavutin tavoitteeni.

Tutkimuskysymykseni oli, miten fotogrammetrian avulla luodaan toimiva pelimalli osaksi videopeliympäristöä. Siihen on vaikea vastata lyhyesti, sillä fotogrammetriaprosessin ja pelimallin laatuun vaikuttavat useat tekijät. Projektini aikana toimivaksi työnjärjestykseksi muotoutui seuraavanlainen: kohteen kuvaus, kuvien käsittely, fotogrammetrialaskenta, mallin siivoaminen, mallin optimointi sekä tekstuurien laskeminen, korjaus ja yhteensovittaminen.

Fotogrammetriassa etuna on prosessin nopeus, laatu ja tarkkuus. Nopeimmat mallit sain muutamassa tunnissa valmiiksi, ja ne näyttivät laadultaan samanlaisilta tai jopa paremmilta, kuin moni haastavampi ja pidempään työstetty malli. Lisäksi kaikissa malleissa oli paljon enemmän yksityiskohtia, kuin aikaisemmissa pelimalleissani. Prosessin aikana minun ei tarvinnut käyttää aikaani ja vaivaani tiheän mallin luomiseen ja teksturointiin, sillä tietokone laski ne prosessit puolestani. Pystyin keskittymään enemmän suunnitteluun ja mallien optimointiin.

Fotogrammetriaprosessi on hyvin monivaiheinen ja siinä on monta vaaranpaikkaa epäonnistumiseen. Vääränlainen kuvauskeli, fotogrammetrialaskennan epäonnistuminen ja 3D-mallinnusohjelman kaatuilu ovat esimerkkejä ongelmista, joihin törmäsin useaan otteeseen projektini aikana. Pullonkaulaksi projektissani osoittautuivat tietokoneen laskentatehon puute, tallennustilan vähäisyys ja projektiini nähden huonot säätilat ja vuodenaika. Mallit olivat raskaita tietokoneelle käsiteltäväksi, ja ohjelmat hidastelivat jatkuvasti. Kaikkiin ongelmiin en välttämättä itse pystynyt vaikuttamaan, mutta oikeanlaiset menetelmät sekä huolellinen työskentely ja suunnittelu ehkäisi pahimpien ongelmien ilmenemisen.

Projektin alusta asti oli hyvin selvää, että fotogrammetriamallit vaativat paljon optimointia toimiakseen videopelissä. Fotogrammetriamalli ei edes toiminut sulavasti yksinään 3D-mallinnusohjelmassa. Eri retopologiamenetelmissä oli eroja mallin jatkotyöstämisen ja optimoinnin kannalta. Decimate-muuntimella sai parhaiten optimoitua mallit, mutta sen jatkotyöstäminen oli vaikeampaa. Parhaiten kontrolloidun lopputuloksen sai käsin tekemällä, mutta menetelmän haittapuolena oli sen hitaus.

Huomasin projektini aikana, että tietynlaiset kohteet eivät soveltuneet fotogrammetrialaskentaan yhtä hyvin kuin toiset. Lumessa ei ollut tarpeeksi tekstuuria ja yksityiskohtia fotogrammetrian laskemiseen ja kasvillisuus oli liian monimutkaista toimivan mallin aikaansaamiseksi. Pienen kasvillisuuden mallinsin perinteisin menetelmin valokuvien pohjalta ja täydensin niitä fotogrammetrialla tehdyillä puunrungoilla ja juurilla. Kasvillisuuden olisi saanut paremmin luotua fotometrisellä stereolla, jossa kameran sijaan valoja liikutetaan kohteen ympärillä.

Latomalli oli siinä rajoilla, pystyikö sitä laskemaan järkevästi. Sen ohuet seinät ja katto aiheuttivat monia laskentavirheitä, joita oli työlästä korjata. Siihen olisi voinut auttaa suurempi kuvamäärä paremmista kuvakulmista, mutta tietokoneeni oli tämän mallin kohdalla kovalla koetuksella. Jos lato olisi ollut umpinainen, se olisi ollut huomattavasti helpompi kohde kuvata. Kaikista helpoimmat mallit fotogrammetrian tekemiseen olivat kaikki yksinkertaiset kohteet, kuten kivet ja kannot.

Projektissani on lukuisia kohtia, joita voisin parantaa. Yksi merkittävimmistä parannusehdotuksista olisi tiedostojen parempi käsittely ja raskaiden mallien jakaminen pienempiin osiin. Näiden avulla voisin nopeuttaa menetelmiäni huomattavasti, varsinkin monimutkaisemmissa ja vaikeammissa malleissa. Olisin voinut myös kokeilla vähäisempää määrää kuvia fotogrammetrian tuottamiseen. Käsin mallintaessa keskityttäisiin siistimpään topologiaan, ja kaikki mallien optimointi tehtäisiin aikataulun salliessa käsin. Työnjärjestystäni voisi vielä parannella ja sujuvoittaa, sekä voisin suunnitella ja aikatauluttaa projektini ja sen työnjärjestyksen vielä paremmin. Kaikissa vaiheissa olisin voinut käyttää enemmän huolellisuutta ja malleja olisi voinut optimoida enemmän.

Opin kaikenlaisia taitoja kohteiden kuvaamisesta ja fotogrammetriaprosessista 3D-mallintamiseen ja teksturoimiseen sekä ympäristön valaisemiseen. Lisäksi

työskentelymenetelmäni kehittyivät tehokkaammiksi ja nopeammiksi. Tämä projekti havainnollisti, kuinka rajallinen resurssi aika on ja opetti priorisoimaan kaikki työnvaiheet aikataulutuksen ja halutun lopputuloksen ympärille. Lopetin kiinnittämästä huomiotani jokaiseen yksityiskohtaan ja virheeseen, joita katsoja ei välttämättä näe, vaan keskityin enemmän tarvittavan sisällön ja riittävän hyvän laadun saavuttamiseen.

Teoriaosuus toimi vahvana pohjana käytännön toteutukselleni ja se oli suurelta osin välttämätön projektini onnistumiselle. Teoriapohjan avulla tutustuin fotogrammetrian useisiin käyttötarkoituksiin, ja sain yksityiskohtaista tietoa tekniikan käytöstä autenttisen videopeligrafiikan luomisessa. Koronaepidemian takia en voinut käyttää kirjastoja tiedonhankintaan, ja sen takia en pystynyt käyttämään muutamaa tarpeellista lähdettä tutkimuksessani. Vaikka esimerkkinä oli vain yhden fotogrammetriamallin työstämisen vaiheet, olivat muut mallit ja taustalla toimiva projekti välttämättömiä tutkimuksen aineiston, oppimiseni ja kehittymiseni kannalta.

Blender 3D -mallinnusohjelman uusimmilla versioilla luoduista videopelimalleista ja fotogrammetriasta ei ole runsaasti tietoa. Tämä työ esittelee fotogrammetriaprosessin pelimallin luomisen kaikki vaiheet ja tuo pohjaa aiheeseen. Tutkimus voi toimia runkona aiheesta kiinnostuneelle, joka haluaa kokeilla pelimallien, tai fotogrammetrian luomista Blender 3D -mallinnusohjelman ja Meshroom-fotogrammetriaohjelman avulla.

Projektini aikana heräsi kiinnostus kokeilla kasvillisuuden kuvaamista fotometrisellä stereolla. Sen avulla saisin realistisemman normaalikartan kasvillisuutta varten ja se täydentäisi fotogrammetrian käyttöä yhä laajemmin ympäristöassettien luomiseen. Lisäksi heräsi kiinnostus kokeilla luoda enemmän saumattomia materiaaleja fotogrammetrian avulla. Niitä käyttämällä voisin mallintaa perinteisin menetelmin enemmän malleja ja käyttää realistisempia materiaaleja niissä. Lisäksi voisin saumattomien materiaalien avulla tehdä modulaarisia malleja, joita yhdistettäisiin toisiinsa eri tavoilla. Voisin myös kokeilla tehdä erilaisia kuvakarttoja ja detail-karttoja saadakseni enemmän yksityiskohtia fotogrammetriamallien pinnoille. Projektini avulla löysin työskentelystäni monia kehittämisen kohteita, joita haluan parantaa tulevissa projekteissani.

LÄHTEET

Agisoft 2017. Agisoft PhotoScan User Manual. Professional edition, version 1.3. Viitattu 21.4.2020 https://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/.

Allen, E. & Triantaphillidou, S. 2011. The Manual of Photography and Digital Imaging, 10th Edition. Focal Press. E-kirja. Viitattu 17.4.2020 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

Anthes, B. & Modrak, R. 2010. Reframing Photography: Theory and Practice. Hoboken: Taylor & Francis. E-kirja. Viitattu 1.4.2020 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

Bishop, L., Cowan, C. & Jančošek, M. 2017. NVIDIA. Senior engineer, artist & managing partner. Luento. Photogrammetry for Games. Art, Technology and Pipeline Integration for Amazing Worlds 1.3.2017. Viitattu 17.3.2020 https://www.gdcvault.com/play/1024340/Photogrammetry-for-Games-Art-Technology.

Blender 2020. Hardware Requirements. Viitattu 2.5.2020 https://www.blender.org/download/requirements/.

Brown, K. & Hamilton, A. 2016. EA DICE. Technical art director & lead environment artist. Luento. Photogrammetry and Star Wars Battlefront. 12.8.2016. Viitattu 20.3.2020 https://www.gdcvault.com/play/1023272/Photogrammetry-and-Star-Wars-Battlefront.

Chopine, A. 2011. 3D Art Essentials: The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation. Oxford: Elsevier.

Flynt, J. 2019. Types of 3D Scanning Technologies. 3D Insider 10.4.2019. Viitattu 1.5.2020 https://3dinsider.com/3d-scanning-technology/.

Foster, S. & Halbstein, D. 2014. Integrating 3D Modeling, Photogrammetry and Design. Springer Science & Business Media. E-kirja. Viitattu 29.4.2020 https://books.google.com/, Google-kirjat verkkokirjahylly.

Gosnell, T. 2018. Turn 10 Studios. Environment art director. Luento. Creating realistic environments for Forza Motorsport 7. Photogrammetry and laser scanning 29.3.2018. Viitattu 2.4.2020 https://www.youtube.com/watch?v=ZGQTH-IuEFc.

Guilherme, H. 2015. What to Know When Creating Next Gen Assets. CGMasters 23.4.2015. Viitattu 14.4.2020 https://cgmasters.net/free-tutorials/what-to-know-when-creating-next-gen-assets/.

Lanthony, Y. 2019. Tutorial: Meshroom for Beginners. Sketchfab 8.3.2019. Viitattu 14.4.2020 https://sketchfab.com/blogs/community/tutorial-meshroom-for-beginners/.

Luhmann, T. & Robson, S. 2013. Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging. Berlin: De Gruyter. E-kirja. Viitattu 16.3.2020 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

Maas, H. & Vosselman, G. 2010. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Whittles Publishing. E-kirja. Viitattu 24.4.20 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

Martín, A. 2018. 3D Collective's Photogrammetry Guide. 3D Collective 17.4.2018. Viitattu 16.4.2020 https://3dcollective.es/en/photogrammetry-guide/.

Mooney, T. 2012. 3ds Max Speed Modeling for 3D Artists: Flex Your Speed Modeling Muscles Using 3ds Max. Birmingham: Packt Publishing. E-kirja. Viitattu 10.4.2020 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

Poznanski, A. 2014. Visual Revolution of The Vanishing of Ethan Carter. The Astronauts 25.3.2014. Viitattu 13.4.20 http://www.theastronauts.com/2014/03/visual-revolution-vanishing-ethan-carter/.

Totten, C. 2012. Game Character Creation with Blender and Unity. Sybex. E-kirja. Viitattu 20.4.20 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

Willis, H. 2016. Fast Forward, The future(s) of cinematic arts. Wallflower Press. E-kirja. Viitattu 3.5.2020 https://luc.finna.fi/lapinamk/, Ebook Central verkkokirjahylly.

LIITTEET

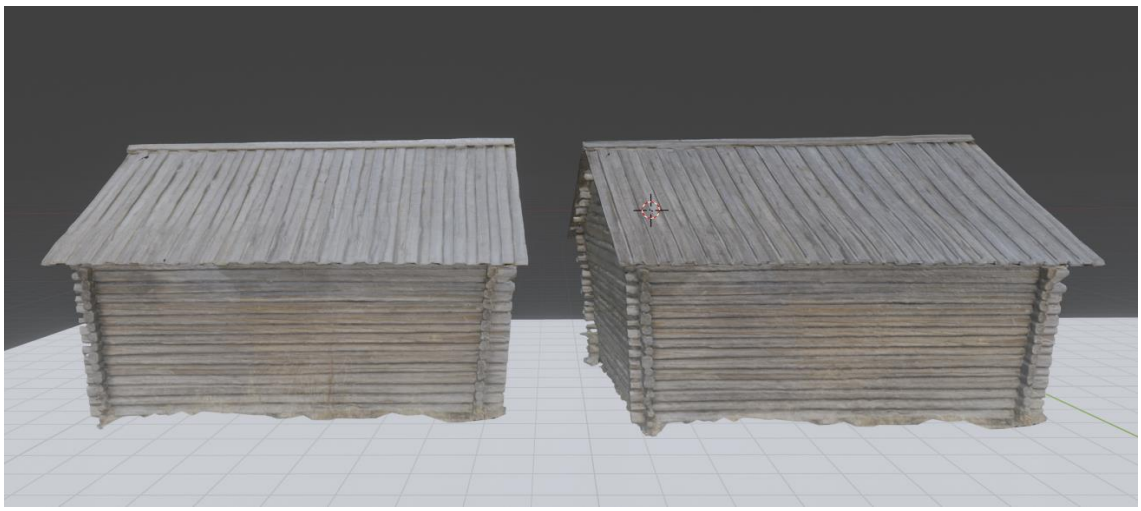
Liite 1. Koivun juurimallin optimoinnin vertailu. Vasemmalla käsin optimoitu 6256 verteksin malli ja oikealla Insant Meshes -ohjelmalla optimoitu 24864 verteksin malli.

Liite 2. Ladon seinien ja katon värien korjaus.

Liite 3. Valaistuksen laadun merkitys ympäristön lopputuloksessa. Vasemmalla ympäristö ilman valaistuksen säätämistä ja taivasta, oikealla valaistuksen, efektien ja värien säädön jälkeen.

Liite 1. Koivun juurimallin optimoinnin vertailu. Vasemmalla käsin optimoitu 6256 verteksin malli ja oikealla Insant Meshes -ohjelmalla optimoitu 24864 verteksin malli.

Liite 2. Ladon seinien ja katon värien korjaus.



Liite 3. Valaistuksen laadun merkitys ympäristön lopputuloksessa. Vasemmalla ympäristö ilman valaistuksen säätämistä ja taivasta, oikealla valaistuksen, efektien ja värien säädön jälkeen.