

## **3D-mallin teksturointi**

Substance Painter -ohjelman hyödyntäminen animaatiotuotannossa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus, Tieto- ja viestintäteknikka

Kevät, 2018

Otso Suojalehto

Tieto- ja viestintätekniikka  
Riihimäki

---

<b>Tekijä</b>	Otso Suojalehto	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	3D-mallin teksturointi	
<b>Työn ohjaaja</b>	Antti Laakso	

---

#### TIIVISTELMÄ

Suomen Metsästysmuseo oli tämän opinnäytetyön toimeksiantaja. Tavoitteena oli luoda animaatio rataslukkoaseen toiminnasta. Opinnäytetyö esittelee kaikki animaation luomisen työvaiheet, mutta painottuu 3D-mallin teksturoimiseen käyttämällä Substance Painter 2018.1.1. -ohjelmaa.

Opinnäytetyössä käydään läpi teksturointia yleisellä tasolla. Lisäksi puhutaan käsitteestä nimeltä physically based rendering ja miten se vaikuttaa nykyajan 3D-tuotantoon. Substance Painter esitellään käymällä läpi tärkeimpiä ominaisuuksia ja käyttöliittymää.

Soveltavassa osuudessa kerrotaan laajasti, miten 3D-malli saadaan 3ds Max 2018 -ohjelmistossa teksturointivalmiiksi ja miten itse teksturointi tapahtuu Substance Painterissa. Lopuksi kerrotaan animaation renderöimisestä sekä videon jälkikäsittelystä.

**Avainsanat** 3D-tuotanto, physically based rendering, Substance Painter, teksturointi

**Sivut** 30 sivua, joista liitteitä 3 sivua

Information and Communications Technology  
Riihimäki

---

<b>Author</b>	Otso Suojalehto	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	Texturing a 3D Model	
<b>Supervisor</b>	Antti Laakso	

---

ABSTRACT

This thesis project was commissioned by The Hunting Museum of Finland. The goal was to create an animation about the operation of a wheellock firearm. This thesis introduces the workflow of creating the animation, but the focus is on texturing using Substance Painter 2018.1.1.

Texturing is explained at a general level in this thesis. In addition to that, a concept called physically based rendering and how it influences present-day 3D production is being discussed as well. Substance Painter is introduced by going through the most important features and by illustrating the user interface.

The practical part of the thesis shows extensively how a 3D model is prepared in 3ds Max 2018 for texturing. The texturing process in Substance Painter is also described at length. As the last stage, the final rendering of the animation and the video editing process are discussed here.

**Keywords** 3D-production, physically based rendering, Substance Painter, texturing

**Pages** 30 pages including appendices 3 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TEKSTUROINTI .....	2
2.1	Perinteisesti käytettyjä tekstuureita .....	2
2.2	UV-kartoitus .....	2
3	PHYSICALLY BASED RENDERING .....	3
3.1	PBR:n ominaisia piirteitä .....	3
3.2	PBR Substance Painterissa .....	4
4	SUBSTANCE PAINTER.....	5
4.1	Lisenssivaihtoehdot.....	5
4.2	Käyttökohteet.....	6
4.3	Käyttöliittymä .....	6
4.4	Layers-ikkuna.....	8
4.5	Texture Baking.....	8
4.6	Efektit .....	9
5	SOVELTAVA PROJEKTI.....	10
5.1	Referenssimateriaali.....	10
5.2	Mallintaminen .....	11
5.3	UV-Unwrap.....	13
5.4	3D-mallin viimeistely ja tallennus .....	15
5.5	Projektin luominen Substance Painterissä.....	15
5.6	Mesh-karttojen luominen .....	16
5.7	Pintojen teksturointi .....	17
5.8	Tekstuurien tallentaminen .....	22
5.9	Animointi, renderöinti ja jälkikäsittely.....	23
6	YHTEENVETO .....	24
	LÄHTEET .....	26

## Liitteet

- Liite 1      Renderöintejä
- Liite 2      Kuvakaappauksia valmiista videosta

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantona oli projekti, jossa luodaan animaatio vanhasta rataslukkoaseesta Suomen Metsästysmuseolle. Animaation tulisi esitellä aseiden toimintaperiaate. Museolla oli jo ennestään muutamia muista aseista animaatiota, joita työssä voisi käyttää referenssimateriaalina.

Animaation työvaiheet ovat referenssivalokuvien ottaminen, aseiden 3D-mallinnus, teksturointi, animointi, renderöinti ja lopuksi videon jälkikäsittely. Valitsin opinnäytetyön teoriaosuuden aiheeseen liittyvän pelkästään teksturointiin, koska se osa-alue kiinnostaa minua eniten. Teoriaosuudessa keskitytään teksturoinnin yleispiirteisiin ja soveltavassa osuudessa aseiden teksturointiin ja hieman projektin muihin työvaiheisiin.

Nykyajan teksturointi peli- sekä animaatiotuotantoon tapahtuu usein juuri teksturointiin tarkoitetuilla ohjelmilla ja hyödyntäen proseduraalisia menetelmiä sekä physically based rendering/shading -metodia. Näiden avulla tekstuureista saadaan nopeasti fotorealistisia ja jokaisessa valaistustilanteessa toimivia. Tässä opinnäytetyössä perehdytään 3D-mallin teksturoimiseen Substance Painter -ohjelmalla. Substance Painter on erittäin laaja ohjelma monenlaisen teksturoimiseen, joten kaikkiin ominaisuuksiin ei keskitytä. Opinnäytetyön tarkoitus on antaa yleiskuva ohjelman toiminnosta ja käytettävyydestä.

Teksturoidessa on otettava huomioon myös paljon erinäisiä asioita, jotka tehdään jo mallinnusvaiheessa ja mallin tallentamisessa. Teksturoitavan mallin tekemiseen käytetään Autodesk 3ds Max 2018 -ohjelmistoa ja opinnäytetyössä kerrotaan, miten kyseisessä ohjelmassa malli saadaan teksturointivalmiiksi.

Animaation renderöiminen tapahtuu Autodesk 3ds Max 2018 -ohjelmistossa käyttäen Arnold-renderöintimoottoria. Videon jälkikäsittely tehdään Adobe After Effects CC 2017 -ohjelmistolla.

## 2 TEKSTUROIINTI

Ed Catmull esitti väitöskirjassaan vuonna 1974 3D-mallin pintojen teksturointia kaksiulotteisella kuvalla (Puhakka 2008, 25-26). Alun perin nimitys tuli kuvioidin tuomasta hienorakenteen, eli tekstuurin, vaikutelmasta. (Puhakka 2008, 206).

### 2.1 Perinteisesti käytettyjä tekstuureita

Eri tekstuurikarttojen käyttö riippuu täysin teksturoitavasta mallista ja projektin graafisesta ilmeestä. Erilaiset tekstuurikartat täydentävät toisiaan saadakseen aikaan halutun lopputuloksen. (Polycount n.d.)

Ilmeisin tapa tekstuurien käytössä on lisätä väriä kappaleen pintaan. Nämä kartat voivat olla nimeltään esimerkiksi albedo, diffuse tai color maps. Niin sanotulla specular mapilla voidaan kertoa pinnan heijastavuudesta. Specular map on tyypillisesti harmaasävykuva ja on välttämätön kappaleille, jotka eivät ole yhtä kiiltäviä kappaleen jokaisesta kohdasta. Tätä tekstuuria voidaan myös kutsua esimerkiksi nimellä gloss map. Bump tai normal mapilla voidaan lisätä pintaan kuhmuja ja painaumuksia lisäämättä 3D-mallin geometriaa. Displacement mapilla taas voidaan lisätä geometriaa renderöimisvaiheessa. (Slick 2017.)

### 2.2 UV-kartoitus

Ennen teksturoinnin aloittamista, mutta kuitenkin mallintamisen jälkeen on mallille tehtävä UV-kartoitus. Tämä tarkoittaa mallin jokaisen polygonin asettamista 2D-koordinaatistoon, jonka akseleita kutsutaan kirjaimilla U ja V. Tämän kartoituksen perusteella tekstuurit projisoidaan 3D-mallin pintaan. (Slick 2018.)

UV-kartoituksessa on tärkeää, että 3D-mallin polygonit ovat koordinaatiston 0,0 ja 1,1 pisteiden sisällä, jotta tekstuuri asettuisi malliin oikein. Jotkin renderöintimoottorit ja teksturointiohjelmat kuitenkin tukevat UDIM, eli U-dimensional -karttoja, jotka mahdollistavat useamman UV-kartan käytön samassa mallissa. (Bech-Yagher 2017.)

UV-kartasta pyritään tekemään mahdollisimman vapaa vääristymistä eli tekstuuri ei saa venyä, kun se asetetaan malliin. UV-kartan sisältämien UV-saarekkeiden, eli 3D-mallin palasien, tulee useimmiten olla samassa skaalassa keskenään. Tätä sääntöä voidaan kuitenkin rikkoa sellaisten saarekkeiden kanssa, jotka eivät lopputuotteen ulkonäössä vaikuta. Usein nämä ovat piilossa olevia palasia. (Bech-Yagher 2017.)

Saarekkeiden välillä tulee olla hieman tilaa, jotta saarekkeesta toiseen ei vuoda informaatiota. Saarekkeet kannattaa myös pitää siistissä järjestyksessä, mikä auttaa säästämään tilaa UV-kartassa ja näin johtaa parempaan resoluutioon. (Bech-Yagher 2017.)

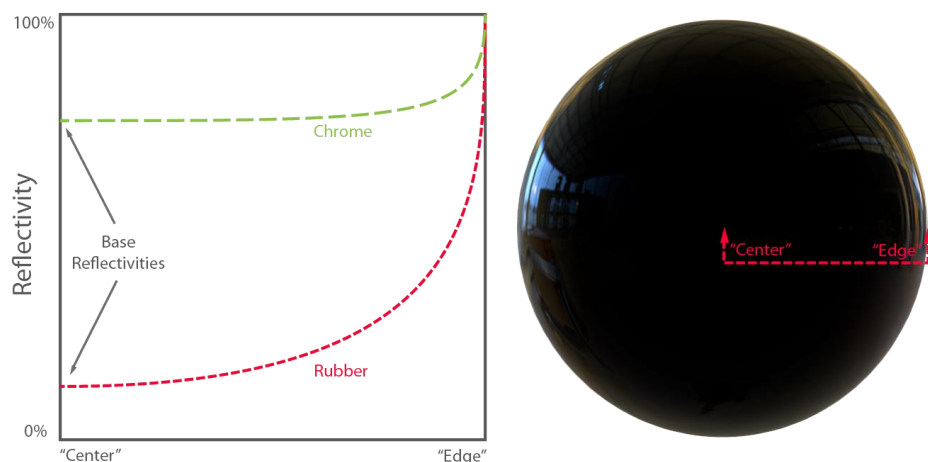
### 3 PHYSICALLY BASED RENDERING

Physically based rendering (PBR) tarkoittaa suomeksi karkeasti kääntäessä fysiikkaperusteista renderöintiä. Tämä tarkoittaa, että renderöidessä lasketaan valon kulku ja käyttäytyminen objektien pinnoissa aivan kuin oikeassa elämässä. PBR ei ole tietty standardi, vaan pikemminkin metodi tai ajattelutapa, jolla pyritään mahdollisimman realistiseen lopputulokseen. Standardin puuttuminen johtaa siihen, että eri ohjelmat voivat käyttää erilaisia prosesseja realistisuuden tavoittelemiseen. Ohjelmat voivat myös käyttää täysin samoja tekstuurikarttoja eri nimillä. (Allegorithmic 2018b.)

#### 3.1 PBR:n ominaisia piirteitä

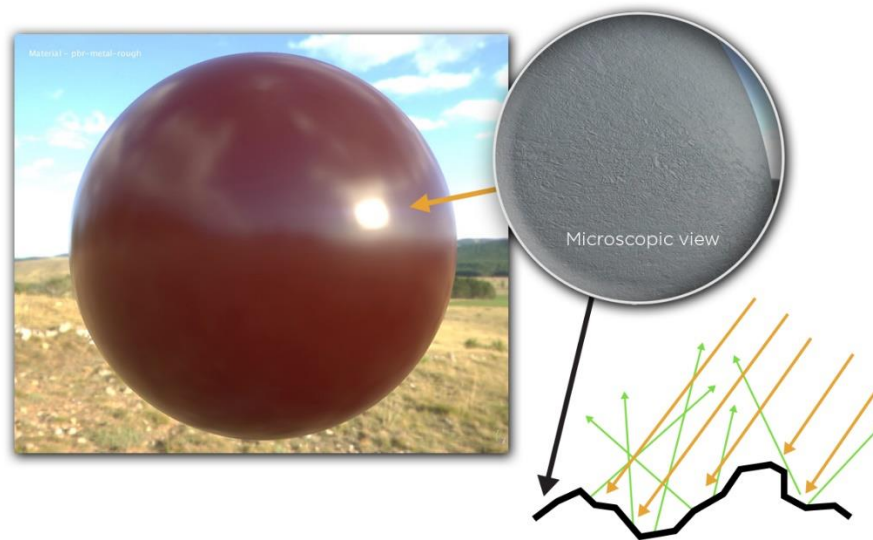
PBR pyrkii noudattamaan fysiikan lakeja valon kulussa, joten energian säilymisen laki on yksi tärkeimmistä periaatteista PBR-metodeissa. Tämä tarkoittaa, että pinta ei voi heijastaa valoa enempää, kuin siihen saapuu. Valo voi kuitenkin absorboitua kappaleeseen, kuten oikeassakin elämässä. (Russell 2015.)

Augustin-Jean Fresnelin mukaan nimetty Fresnel-efekti liittyy heijastavuuden muuttumiseen katselukulman muuttuessa. Efektin käyttö tietokonegrafiikassa ei ole uutta, mutta PBR-shaderit ovat tehneet efektiä tarkemmaksi. Kuvassa 1 on esitetty Fresnel-efektin vaikutus. (Russell 2015.)



Kuva 1. Fresnel-efektin vaikutus (Russell 2015).

PBR-metodeissa oletetaan, että kappaleen makropinta koostuu satunnaisista epäsäännöllisyyksistä eli mikropinnoista. Nämä mikropinnat aiheuttavat heijastuksen sumentumista. Kuva 2 havainnollistaa mikropinnan vaikutusta valonsäteisiin. (Allegorithmic 2018a.)



Kuva 2. Physically-based BRDF based on microfacet theory (Allegorithmic 2018a).

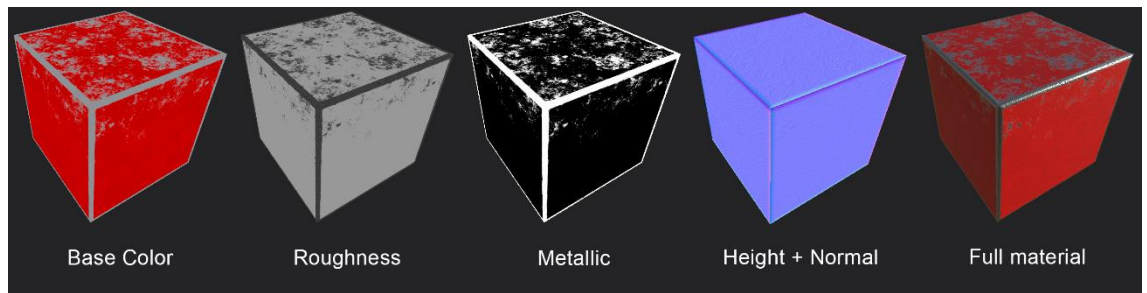
### 3.2 PBR Substance Painterissa

Substance Painter tukee muutamia erilaisia PBR-metodia käyttäviä työskentelytapoja. Useimmiten käytetyt tavat ovat Metallic/Roughness ja Specular/Glossiness. Käytetyn työskentelytavan voi määrittää projektia luodessa. Tässä opinnäytetyössä käytetään Metallic/Roughness -tapaa. Metallic/roughness -työskentelytavan ominaiset tekstuurikartat ovat base color, metallic ja roughness ja näihin karttoihin viitataan Substance Painterissa termillä Channel. Karttoihin voidaan piirtää joko samanaikaisesti tai erikseen. (Allegorithmic 2018b.)

Base color -kartta sisältää tietoa metallien heijastavuudesta ja ei-metallien heijastavasta väristä. Metallic-kartassa esitetään mustalla ei-metalliset ja valkoisella metalliset osat. Roughness-kartta kuvaa pinnan epätasaisuuksia, jotka aiheuttavat valon heijastumista eri suuntiin. Epätasaisuudet saavat pinnan näyttämään karheammalta. Kartassa musta tarkoittaa tasaista pintaa ja valkoinen sileää. (Allegorithmic 2018b.)

Näiden lisäksi karttoja voi olla useita muita, kuten height-, emission-, normal tai ambient occlusion -kartat. Kuvassa 3 on esitettyinä eri tekstuurikarttoja yksinään objektissa ja viimeisenä näistä tekstuurikartoista muodostuva materiaali.





Kuva 3. Eri tekstuurikarttoja ja niistä muodostuva materiaali.

## 4 SUBSTANCE PAINTER

Substance Painter on Allegorithmic nimisen yrityksen 3D-teksturointiohjelma. Ensimmäinen betaversio julkaistiin 2.3.2014 ja tämän hetken uusin stabiili versio 2018.1.1 julkaistiin 3.4.2018 (Allegorithmic – Release Notes, n.d.). Allegorithmic on myös kehittänyt muita teksturoimiseen liittyviä ohjelmia; Substance Designer, jossa voidaan luoda materiaaleja Substance Painterissa käytettäväksi ja Substance B2M, jolla luodaan valokuvista materiaaleja. Allegorithmic tarjoaa myös Substance Source -palvelun, josta voi kuukausimaksulla saada tietyn määrän erilaisia materiaaleja käyttöönsä. Substance Share -palveluun käyttäjät voivat ladata ilmaiseksi omatekemiään materiaaleja ja erilaisia muita työkaluja, kuten siveltimiä ja efektejä.

### 4.1 Lisenssivaihtoehdot

Allegorithmic tarjoaa useita erilaisia lisenssivaihtoehtoja Substance Painterin käyttöön. Heidän internetsivuilta on mahdollista ladata 30 päivän testiversio Substance Painterista ja Substance Designerista, sekä B2M:ää voi käyttää ilmaiseksi vesileimojen kanssa. (Allegorithmic n.d.a)

Indie-lisenssi tarjotaan käyttäjille ja yrityksille, joilla on alle \$100 000 liikevaihto. Substance-paketin, joka sisältää kaikki kaikki Allegorithmicin ohjelmat ja Substance Source -tilauksen, voi ostaa \$19.90 kuukausimaksulla tai \$239 vuosimaksulla. Vuoden laskutuksen jälkeen lisenssi on mahdollista muuttaa elinikäiseksi \$49 lisämaksulla. Substance Painterin elinikäinen lisenssi vuoden päivityksillä on myös mahdollista ostaa erikseen \$149 kertamaksulla. (Allegorithmic n.d.a)

Allegorithmic tarjoaa myös Pro ja Enterprise lisenssit enemmän tuottaville yrityksille, luonnollisesti korkeammilla hinnoilla. Opiskelijat ja opettajat ovat oikeutettuja ilmaiseen vuoden lisenssiin jokaiseen Allegorithmicin ohjelmaan. Tämä lisenssi voidaan uusua vuosittain. Kouluille on olemassa oma hinnoittelunsa, joten opiskelija- ja opettajalisenssit ovat tarkoitettu ainoastaan henkilökohtaisiin tietokoneisiin käytettäväksi. (Allegorithmic n.d.a)

Substance Painterin lisenssejä myydään kuitenkin myös eri alustoissa, kuten Steamissä. Eri alustat voivat hinnoitella lisenssin eri tavalla ja jopa tarjota alemmaa hintaa.

## 4.2 Käyttökohteet

Substance Painter on suunniteltu tekstuurien tekemiseen niin pelituotantoon, kuin elokuviinkin ja muuhun mediaan. Tämän vuoksi ohjelman ominaisuudet ovat kattavat. Myös tekstuurien vieminen erilaisiin renderöintimoottoreihin onnistuu helposti. Valmiiksi tuetut renderöintimoottorit sisältävät pelimoottoreita, kuten esimerkiksi Unreal Engine ja Unity, sekä ray tracing -renderöintimoottoreita, kuten Arnold ja Vray (Allegorithmic Documentation n.d.a). Allegorithmic tarjoaa laajan dokumentaation ohjelman käytöstä ja useita ilmaisia ohjevideosarjoja.

Alun perin Substance Painteria käytettiin pääosin pelien tekstuureihin ja nykyään suurin osa suurista pelistudioista käyttää Substance-tuotteita teksturoimiseen. Esimerkiksi pelit Uncharted 4: A Thief's End, Horizon Zero Dawn ja Tom Clancy's Rainbow Six Siege käyttivät Substancea peleissään. (Allegorhitmic n.d.b.)

Kuitenkin ominaisuudet, kuten 8k tekstuurit, hyvä UDIM-tuki (U-dimensional UV-mapping) ja Linux-tuki on nostanut Substance Painterin suosiota myös visuaalisten tehosteiden alalla. (Noguer 2016.)

## 4.3 Käyttöliittymä

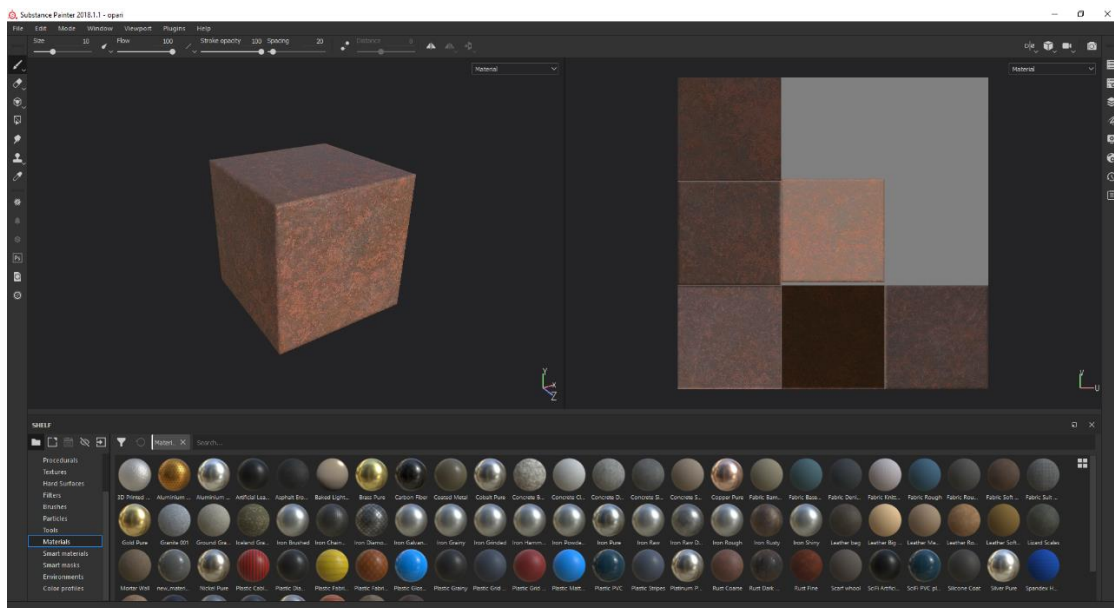
Viimeisimmässä 2018.1.1-päivityksessä Substance Painterin käyttöliittymä muuttui radikaalisti. Käyttöliittymä vaihtui paljon dynaamisemmaksi ja siistimmäksi verrattuna aikaisempaan versioon. Useimmat elementit voi halutessaan piilottaa ja ottaa nopeasti takaisin esille, jolloin itse esikatselu- ja maalausruudulle jää paljon enemmän tilaa. (Noguer 2018.)

Kuvassa 4 on esillä viimeisimmän Substance Painterin käyttöliittymä. Vasemmalla ylhäällä Main Menu, josta löytää ohjelmiston perustoiminnot, kuten esimerkiksi projektin avaaminen, tallentaminen ja sulkeminen.

Main Menun alla on Contextual Toolbar, joka muuttuu aina käytettävän työkalun mukaan. Kuvassa 4 on käytössä Paint-työkalu, joten Contextual Toolbar näyttää esimerkiksi siveltimen koko- ja läpinäkyvyyssäätimet. Vasemmalla on Toolbar, josta näkyy maalaustyökalut kuten Paint, Eraser, Clone ja valintatyökalu. Niiden lisäksi Toolbarissa näkyy asennetut pluginit.

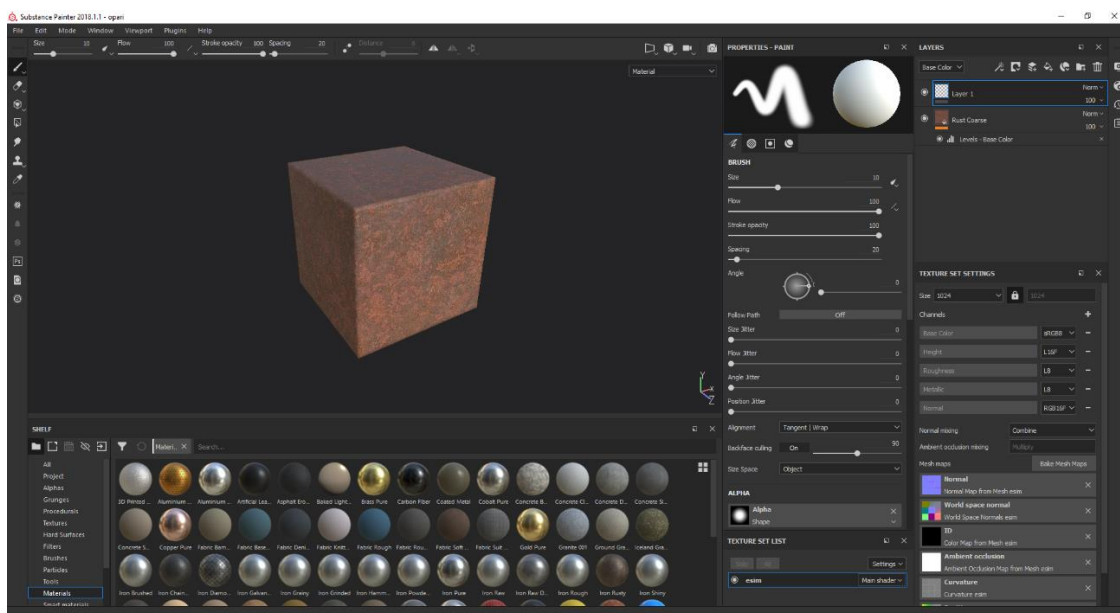
Oikealla on Dock, josta voi avata ja sulkea lisäikkunoita. Alhaalla näkyy Dockista avattu Shelf, joka sisältää kaikki projektissa ja itse ohjelmassa ole-

vat resurssit ja materiaalit. Esikatselunäkymäksi on valittu 3D ja 2D näkymä. Tätä voidaan vaihtaa pikanäppäimillä tai Contextual Toolbarin oikealta puolelta.



Kuva 4. Substance Painter 2018.1.1 käyttöliittymä, avattuna yksinkertainen projekti.

Dockista voidaan avata uuden ikkunan klikkaamalla haluttua kuvaketta, jolloin ikkuna aukeaa Dockin vierelle. Tämän jälkeen ikkunan voi kiinnittää mihin tahansa haluamaan kohtaan. Kuvassa 5 on avattuna ja kiinnitettyä yhteensä 5 ikkunaa; Shelf, Properties, Texture Set List, Layers ja Texture Set Settings.



Kuva 5. Käyttöliittymä ikkunoita kiinnitettyä.

#### 4.4 Layers-ikkuna

Layers-ikkuna sisältää tasopinon, joka näyttää tekstuuriasetetut materiaalit tietyssä järjestyksessä; alin tulee tekstuuriin ensin ja ylin viimeiseksi, jolloin ylemmät tasot voivat peittää alempia. Tasojen sekoittamista keskenään voidaan muuttaa erilaisilla sekoitusmoodeilla ja läpinäkyvyyssäätimellä. Jokaisella tekstuuriikanavalla (esimerkiksi Base Color, Height, Roughness, Metallic ja Normal) on omat tasopinonsa. (Allegorithmic Documentation n.d.b.)

Tasoja on kolmea erilaista:

- Layer on tyhjä taso, johon voidaan maalata esimerkiksi siveltimellä.
- Fill layer, johon ei voida maalata, mutta se voidaan täyttää materiaallilla.
- Folder eli kansio, johon voidaan ryhmitellä muita tasoja.

Jokaiseen tasoon voidaan lisätä maski, joka mahdollistaa tason vaikuttavan vain tiettyihin kohtiin teksturoitavaa kappaletta. (Allegorithmic Documentation n.d.b.)

#### 4.5 Texture Baking

Texture Baking, eli tekstuurin tuottaminen siirtämällä tietoa toisesta 3D-mallista toiseen, on integroitu Substance Painteriin. Tällä tavoin tuotettuja tekstuureita käytetään Substance Painterin muissa työkaluissa, kuten automaattisissa generaattoreissa. Näitä tekstuurikarttoja kutsutaan ohjelman sisällä nimellä Mesh Maps. Joitakin näistä tekstuureista voidaan myös käyttää renderöintimoottoreissa myöhemmin. (Allegorithmic Documentation n.d.c.)

Seuraavat tekstuurikartat voidaan kehittää Texture Baking -työkalulla:

- Normal map eli normaalikartta on tekstuurikartta, joka luodaan siirtämällä korkeapolygonisesta mallista pintatietoa tekstuuriin. Tätä tekstuuria käytetään pienipolygonisen mallin pintojen varjostamiseen tarkemmin.
- World Space Normals -kartta luodaan normaalikartan ja pienipolygonisen mallin avulla. Tätä karttaa käytetään pinnan tietyn kohdan normaalin osoittamiseen, joka tulee hyödylliseksi generaattorien käytössä.
- ID-kartta luodaan korkeapolygonisesta mallista ja tietona käytetään esimerkiksi 3d-ohjelmassa määriteltyä materiaali-ID:tä. Karttaa käytetään valinnoissa ja maskaamisessa.
- Ambient Occlusion -kartta sisältää tietoa ympäristön valon varjopaikoista. Kartta lasketaan korkeapolygonisesta mallista, mutta sen puuttuessa se voidaan myös luoda pienipolygonisesta mallista ja tämän normaalikartasta. Karttaa voidaan käyttää joissain renderöintimoottoreissa osoittamaan varjostuskohtia ja Substance Painterin generaattoreissa.

- Curvature-kartta sisältää tietoa geometrian kuperuudesta ja kaarevuudesta. Karttaa käytetään generaattoreissa.
- Position-kartta kertoo tietyn pisteen sijainnin verrattuna kappaleen muuhun sijaintiin kolmi- tai kaksiulotteisessa koordinaatistossa. Karttaa käytetään generaattoreissa.
- Thickness-kartta kertoo objektin paksuudesta. Karttaa käytetään Sub Surface Scattering (SSS) varjostuksessa, joka laskee valon kulkua pinnan alapuolella. Iho ja varsinkin läpikuultavat materiaalit ovat esimerkki tämän varjostusmetodin käytöstä.

Kaikkia karttoja ei tarvitse kehittää, jos niitä ei tarvitse. Esimerkiksi työskennellessä pelkästään korkeapolygonisen mallin kanssa normaalikartasta ei saada lisää tietoa ja jos ei käytetä läpikuultavia, SSS-varjostusta vaativia materiaaleja, Thickness-kartta on useimmiten turha.

#### 4.6 Efektit

Efektit sisältävät erilaisia toimintoja, joita voidaan lisätä sisältöön, kuten materiaaliin tai tason maskiin. Nämä efektit tarjoavat paljon muokattavuutta yksinkertaisista värimuutoksista monimutkaisiin maskeihin. Substance Painterin mukana tulee monia efektejä valmiiksi, mutta lisää saa esimerkiksi Substance Sharesta tai tekemällä itse Substance Designerilla. (Allegorithmic Documentation n.d.d.)

Efektit lisätään tason tai maskin alle efektipinoon. Efektipinoa luetaan aivan kuin tasopinoa; alhaalta ylöspäin, jolloin alhaalla olevat efektit lisätään ensin ja sen jälkeen ylemmät. Efektien sekoittumista keskenään voidaan säädellä eri sekoitusmoodeilla ja läpinäkyvyydellä. (Allegorithmic Documentation n.d.d.)

Efekteihin kuuluvat seuraavat toiminnot:

- Generator eli generaattori on efekti, joka luo maskin käyttäen Texture Baking -työkalulla kehitetyistä tekstuureista. Generaattoreilla saadaan aikaan esimerkiksi objektin reunakohtiin kuluman näköistä aluetta. Generaattorien idea on toimia proseduraalisesti, jolloin käyttäjän ei tarvitse itse maalata tai piirtää maskeja.
- Paint ja Fill eli maalaus- ja täyttöefektit toimivat aivan kuin normaalit Paint- ja Fill-tasot, mutta efektipinossa ne vaikuttavat luonnollisesti vain tämän efektin omaavaan tasoon tai maskiin.
- Levels-efekti mahdollistaa värien tason tai maskin ja harmaasävyjen muokkaamisen histogrammin avulla. Histogrammin yläpuolella olevat napit vaikuttavat tummiin sävyihin, keskisävyihin ja vaaleisiin sävyihin. Alapuolella olevat napit määrittävät täysin mustan ja täysin valkoisen pisteen. Jokaista tekstuurikanavaa voidaan muokata erikseen.
- Filter-efektillä voidaan muuttaa maskin tai tason sisältöä erinäköisillä filttereillä. Näihin sisältyy muun muassa sumennus- ja terävöintifiltterit.

- Anchor Point. Ankkuripisteillä voidaan viitata toisessa tasossa sijaitsevaan efektipinoon.

## 5 SOVELTAVA PROJEKTI

Soveltavana projektina oli määrä luoda Suomen Metsästysmuseolle animaatio vanhasta rataslukkoaseesta ja sen toiminnasta. Suomen metsästysmuseolla oli jo valmiina muutamia erilaisia animaatioita erilaisten aseiden lukkojen toiminnasta, mutta rataslukosta ei.

### 5.1 Referenssimateriaali

Metsästysmuseo toimitti referenssimateriaaliksi vanhat videot ja videon tuli olla samantyylinen kahden muun mustaruutiasevideon kanssa. Internetistä löytyi myös hyviä kuvauksia sekä YouTube-videoita aseiden toiminnasta, joista oli paljon hyötyä aseiden toiminnan animoinnissa.

Aseesta käytiin ottamassa useita referenssivalokuvia työtä varten. Aseen lukko saatiin purkaa, joten lukon sisäpuoleltakin sai otettua kuvia. Joihinkin kuviin sijoitettiin referenssiksi mittanauha tai viivoitin, joten niistä sai tarkistettua tarpeen tullen mittoja. Myös eräitä tarkkoja mittoja, kuten piipun kaliiperi, mitattiin työntömitalla. Kuvia otettiin runsaasti, yli 200 kappaletta, jotta epäonnistuneiden kuvien kanssa olisi myös onnistuneita.

Lukon takaosa oli vaikea kuvattava valo-olosuhteiden ja pienten objektien myötä. Lukon takaosassa oleva suoja-alan estä näkyvyyden lukon akseliin ja akselissa kiinni olevaan ketjuun. Kuvista saa kuitenkin hyvin pääteltyä osien koon ja aseiden toimintaperiaatteen. Kuvassa 6 on esitettyinä neljä referenssivalokuvaa esimerkkinä; aseiden edestä ja takaa, sekä lukon edestä ja takaa.



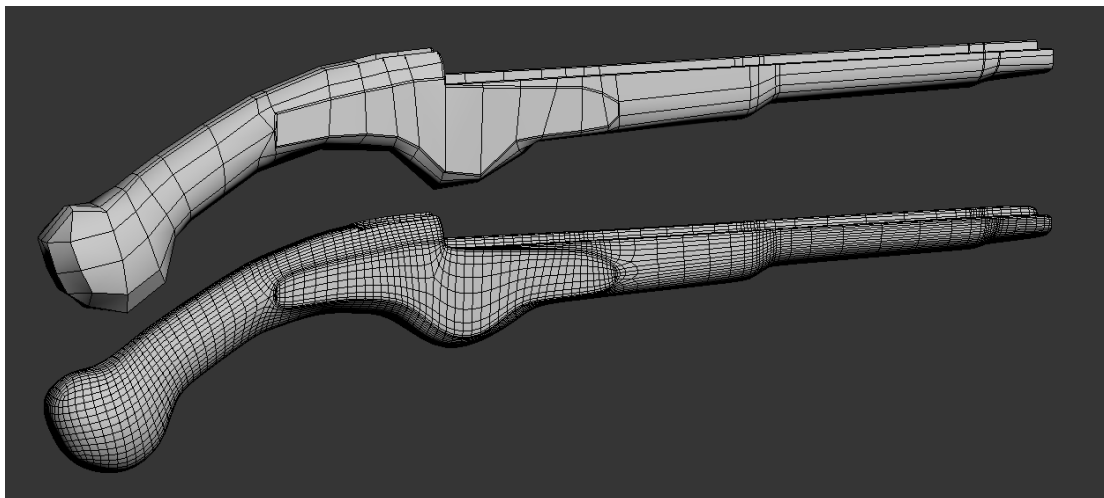
Kuva 6. Rataslukkoaseen referenssivalokuvia.

## 5.2 Mallintaminen

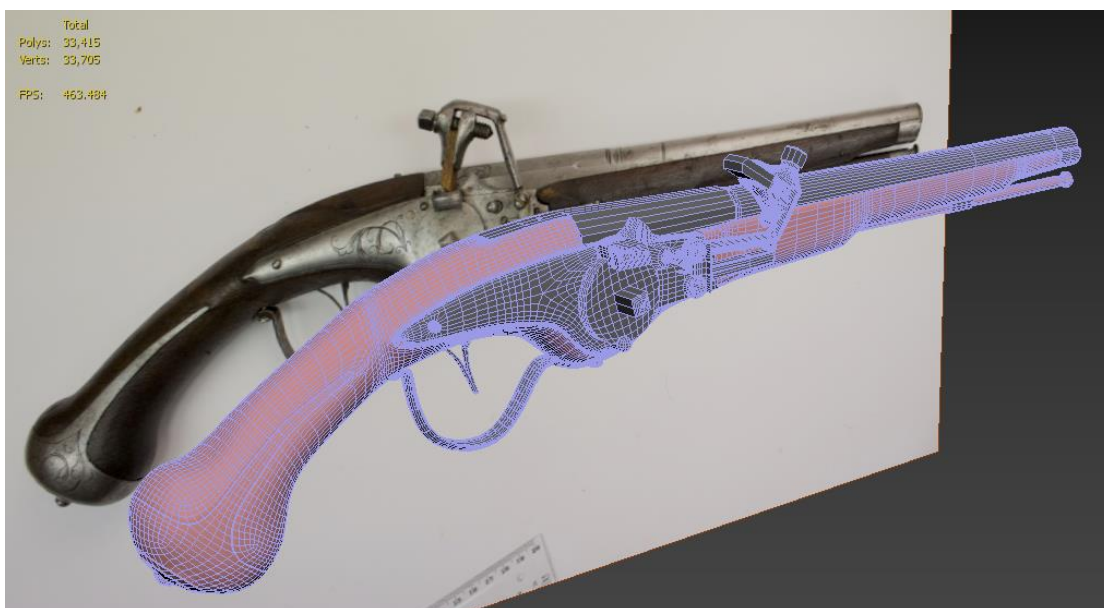
Ase mallinnettiin kokonaisuudessaan 3ds Max -ohjelmassa. Mallintamisessa ei ollut periaatteessa polygonirajoitusta, koska sen päätoiminen käyttö tulisi renderöintiin Arnold-renderöintimoottorilla, joten mallin reaaliaikainen suorituskyky ei ole iso huolenaihe. Mallinnuksessa päädyttiin kuitenkin pitämään polygonimäärä kohtuullisen alhaisena mahdollisen jatkokäytön mahdollisuuden vuoksi. Tämän vuoksi päädyttiin tekemään low-poly (matalapolygoninen) ja highpoly (korkeapolygoninen) malli. Korkeapolygonisesta mallista voi tehdä normal mapin Substance Painterissa, joka lisää pintojen yksityiskohtia tarvitsematta enempää polygoneja. Näin esimerkiksi 90 asteen kulmat metallissa saadaan hieman pyöristettyä ja muihinkin osiin parempi varjostus.

Aseen muodot ulkopuolelta jäljittelevät suurilta osin orgaanisia, eivätkä mekaanisia muotoja, joten suureen osaan elementeistä käytettiin hyväksi Subdivision Surface työskentelytapaa. Tämä tarkoittaa, että ensin tehtiin erittäin matalapolygoninen rajausta mallista, jonka polygonimäärää kasvatetaan Subdivision Surface modifioijalla, kuten Turbo Smoothilla tai Open-Subdivillä. Tämän jälkeen matalapolygonista alettiin muokkaamaan ja tarkentamaan, kunnes korkeapolygoninen versio mukailee referenssikuvan muotoja. Esimerkiksi aseiden puinen runko tehtiin ensin tällä tyylillä ja sen jälkeen perään mallinnettiin metalliset yksityiskohdat. Kuvassa 7 yläpuolella näkyy aseiden rungon summittainen erittäin matalapolygoninen mallinnus ja alla TurboSmooth-modifioijalla tarkennettu malli. Kuitenkin osat,

joissa ei ole paljon orgaanisia muotoja, mallinnettiin perinteisesti muokkaamalla primitiivikappaleita, kuten kuutioita tai sylintereitä. Kuvassa 8 on valmis matalapolygoninen malli, kuvan vasemmassa yläkulmassa näkyy lopullinen polygoni- ja verteksimäärä. Mikäli mallia haluttaisiin käyttää esimerkiksi pelikäytössä, tulisi polygonimäärää pienentää.



Kuva 7. Aseen rungon mallintamista.

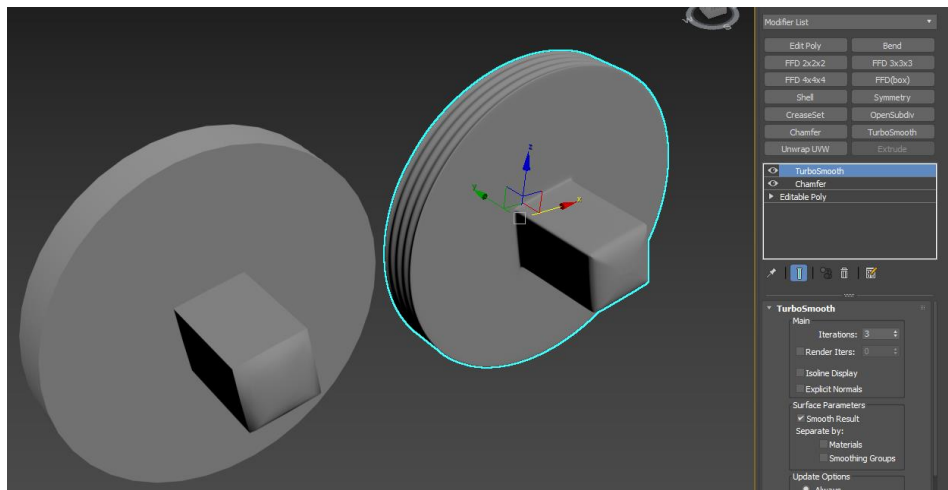


Kuva 8. Valmis matalapolygoninen mallinnus.

Kun matalapolygoninen malli oli valmis, kaikki sen osat kloonattiin uusiksi osiksi. Näistä osista muokattiin korkeapolygoninen malli käyttämällä taas Subdivision Surface -tekniikoita hyväksi. Korkeapolygonisen mallin osien terävät reunat tulee pyöristää hieman, mutta ei liikaa, joten ennen TurboSmooth-modifioijan käyttöä reunoihin lisätään niin sanotut tukireunat, jotka estävät liian pyöristymisen. Jos käytetään OpenSubdiv-modifioijaa Subdivision Surface -tekniikkana, niin reunojen tukeminen voidaan toteuttaa CreaseSet-modifioijalla. TurboSmoothia varten tukireunat voidaan



tehdä käsin tai esimerkiksi Chamfer-modifioijalla. Kuvassa 9 näkyy esimerkki asean rattaan pieni- ja korkeapolygonisista versioista, jossa korkeapolygoninen versio on toteutettu Chamfer- ja TurboSmooth-modifioijilla. Korkeapolygonisen version pinnan tarkemmat yksityiskohdat siirtyvät Substance Painterissa tekstuurikarttojen kehittämissivaiheessa normaalikarttaan, jonka ansioista saavutetaan yksityiskohtaisempi vaikutelma pienemmällä polygonimäärällä.



Kuva 9. Asean rattaan pienipolygoninen ja korkeapolygoninen versio.

### 5.3 UV-Unwrap

UV-Unwrap, suomeksi UV-kartoitus, aloitettiin mallintamisen valmistuttua. Ase päätettiin jakaa kahteen tekstuuriin, metalliosiin ja pääosin puisiin osiin. Puisessa perässä oleva metallinen yksityiskohta ja latauspuikossa olevat metalliset osat eivät ole yksittäisiä objekteja kokonaisessa 3D-mallissa, joten nämä metalliset kohdat ovat samassa tekstuurikoordinaatissa puisten osien kanssa.

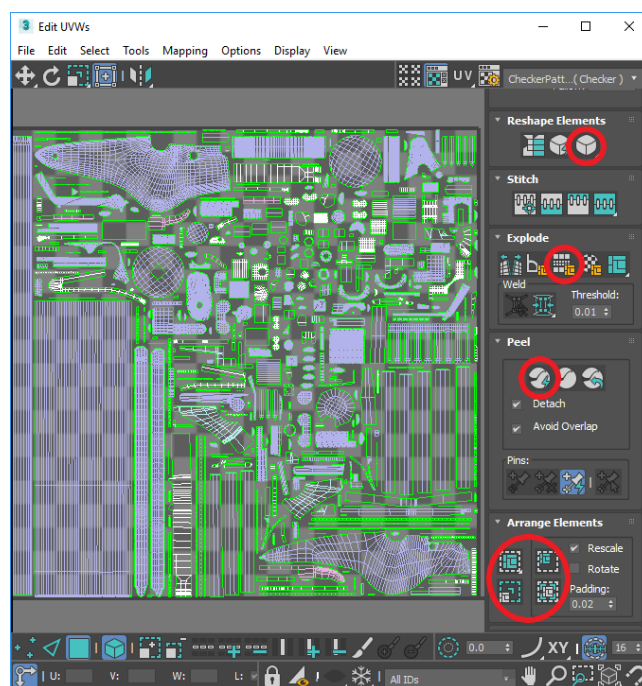
UV-kartoittamisen apuna käytettiin 3ds Max -pluginia nimeltä TexTools. TexTools on ilmainen teksturoimisen helpottamiseen tarkoitettu plugin, joka sisältää monia hyödyllisiä ominaisuuksia, joita 3ds Maxista saattaa puuttua. Pluginin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2009 ja viimeisin versio on vuodelta 2010, mutta se on silti tänäkin päivänä hyödyllinen lisä 3ds Maxin omiin työkaluihin. (Renderhjs 2010).

Yksi pluginin hyödyllisimmistä ominaisuuksista on nopea ruudukkotekstuuriin asettaminen objekteille. Erilaiset ruudukkotekstuurit helpottavat UV-kartoittamista näyttämällä mahdolliset virhekohdat, kuten vääntymät ja eriresoluutioiset UV-saarekkeet.

UV-kartoittamiseen on monia eri tyylejä, jotkin toimivat paremmin yhdenlaisille kappaleille ja toiset taas toisenlaisille. On myös olemassa automaattisesti kartoittamisen suorittavia algoritmeja, mutta aina tämä ei tuota haluttua tulosta. Projektia tehdessä käytettiin useimmiten seuraavaa tapaa:

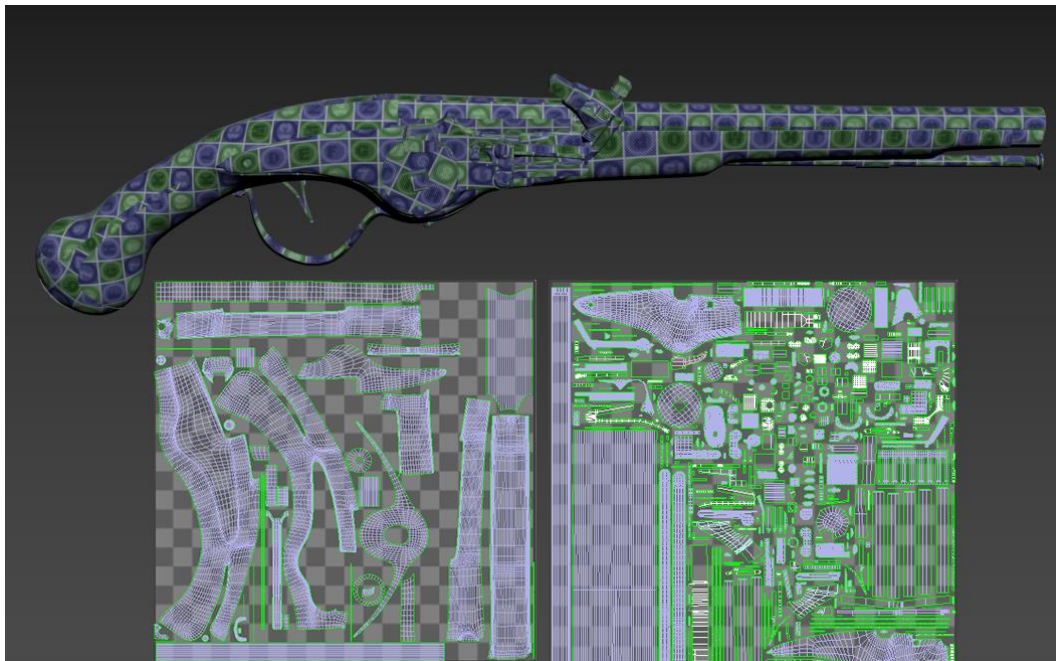
- Asetetaan kappaleen Smoothing Groupit siten, että Smoothing Group vaihtuu aina siinä särmässä, jossa halutaan rikkoa UV-saareke.
- Asetetaan kappaleeseen UVW-Unwrap -modifioija.
- Avataan modifioijasta UV Editori.
- Käytetään editorin Flatten by Smoothing Group -toimintoa.
- Valitaan UV-saareke kerrallaan ja käytetään jokaiselle Quick Peel -toimintoa. Mikäli tässä vaiheessa huomataan, että saareketta ei voi projektoida 2D-karttaan, voidaan saareke rikkoa valitsemalla haluttu särmä ja käyttämällä Break-toimintoa.
- Saarekkeelle voi käyttää tarvittaessa Relax-toimintoa ja suoristaa mahdolliset liian kaarevat särmät.
- Lopuksi saarekkeet on skaalattava samaan resoluutioon toistensa kanssa ja pakattava UV-karttaan.

Kuvassa 10 on ympyröity UV Editorin tärkeät työkalut ylimmästä alimpaan seuraavassa järjestyksessä: Relax, Flatten by Smoothing Group, Quick Peel, Uudelleenskaalaus- ja pakkaustyökalut.



Kuva 10. UV Editorin työkaluja.

Koska objektiin tehdään kaksi UV-karttaa, on varmistettava, että molempien karttojen UV-saarekkeilla on sama resoluutio. Erilainen resoluutio vaikuttaisi huomattavasti lopulliseen ulkonäköön, koska toisen UV-karttaan sijoitetut tekstuurit näyttäisivät huonolaatuisemmilta. Kuvassa 11 on molemmat UV-kartat esitettyinä ja 3D-malliin asetetusta ruututekstuurista voi huomata resoluutioiden täsmävän.



Kuva 11. Lopulliset UV-kartat.

#### 5.4 3D-mallin viimeistely ja tallennus

Ennen mallin tallentamista jouduttiin asettamaan eri materiaalit eri UV-kartan omaaville elementeille. Tämä johtuu siitä, että Substance Painter luo tekstuurisetin jokaiselle materiaalille, joka on Substance Painteriin tuodussa 3D-mallissa. Materiaalit voi nimetä 3ds Maxissa, jolloin tekstuurisetin nimeksi muodostuu materiaalin nimi.

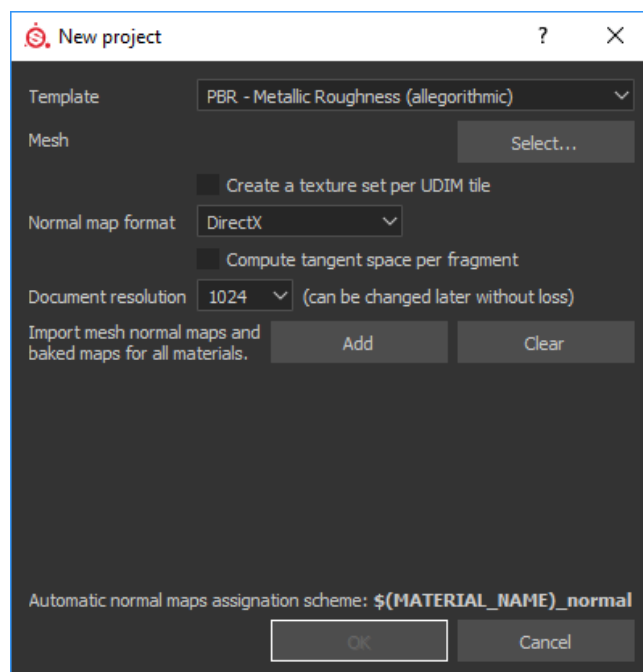
3D-mallin elementit on myös nimettävä tietyllä tavalla, vastaavien elementtien matala- ja korkeapolygoniset versiot tulee nimetä samannimisesti, mutta niiden suffiksit tulee nimetä eri tavalla. Substance Painterissa on oletuksena, että matalapolygonisen mallin elementtien suffiksi on `_low` ja korkeapolygonisen mallin elementtien `_high`. 3ds Maxin Rename Objects -työkalulla voi lisätä oikeat suffiksit elementteihin.

Mallin tallentaminen tapahtuu Export-toiminnon kautta. Ensin valitaan matala- tai korkeapolygonisen mallin elementit ja painetaan Export Selected. Seuraavassa ruudussa valitaan tiedostotyyppi ja tallennussijainti. Matalapolygonisen mallin tiedostomuodoksi valittiin `.fbx` ja korkeapolygonisen `.obj`. Sopivia tiedostomuotoja on kuitenkin useampia vaihtoehtoja.

#### 5.5 Projektin luominen Substance Painterissä

Uusi projekti luodaan Main Menusta File-välilehden alta. Uutta projektia tehdessä ohjelma kysyy Templaten ja Meshin kuvan 12 osoittamassa ikkunassa. PBR – Metallic Roughness (allegorhitmic) -template sopii erinomaisesti tehdessä tekstuurereja Arnold-renderöintimoottorille, sillä tällä tavalla

saadut tekstuurit sopivat suoraan Arnoldin Standard Surface -materiaaliin. Mesh-kohtaan haetaan tallennettu matalapolygoninen versio. Tämän jälkeen voidaan painaa ok ja projekti aukeaa, sekä esikatselunäkymässä näkyy 3D-malli.



Kuva 12. Uusi Substance Painter -projekti.

## 5.6 Mesh-karttojen luominen

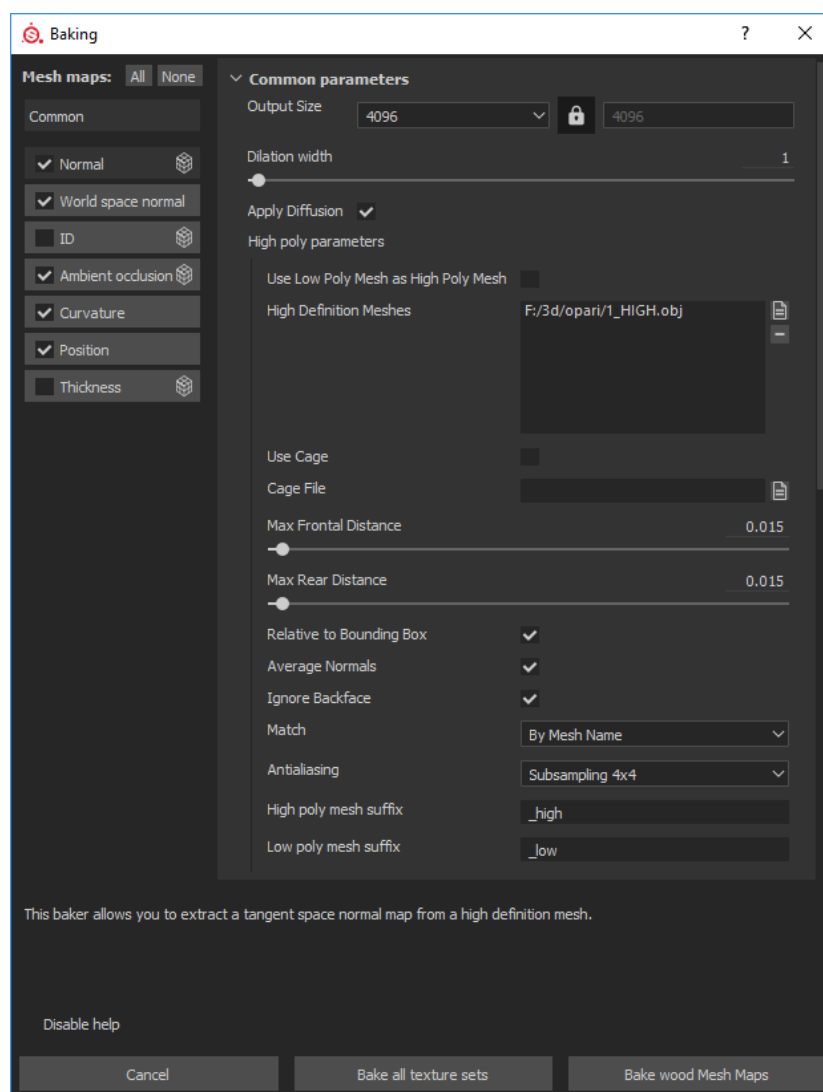
Uuden projektin luomisen jälkeen Texture Set List -ikkunassa näkyy 3D-mallinnusohjelmassa nimettyjen materiaalien mukaan kaksi tekstuurisettiä. Jotta Substance Painterin ominaisuuksista saa kaiken irti, on näille tekstuuriseteille luotava Mesh-kartat, eli Mesh Maps. Tämä onnistuu Texture Set Settings -ikkunasta kohdasta Bake Mesh Maps. Baking-työkalun ikkuna on esitettyä kuvassa 13.

Vasemmalla puolella olevasta listasta voidaan valita halutut kartat. ID- ja Thickness-karttoja ei projektissa tarvita, joten ne jätetään pois. Tärkeimmät parametrit ovat Common parameters -välilehden alla. Output Size määrittelee luotujen Mesh-karttojen koon, tässä projektissa valitaan kooksi 4k-resoluutio. High Definition Meshes -kohdassa haetaan tallennettu korkeapolygoninen versio 3D-mallista. Mesh-karttalistassa näkyy pieni ikoni kartan nimen vieressä, jos sen tekemiseen käytetään hyväksi korkeapolygonista versiota.

Max Frontal Distance ja Max Rear Distance viittaavat siihen, kuinka kauas karttoja laskevat säteet kulkevat matalapolygonisen mallin pinnasta. Mikäli karttojen luomisen jälkeen huomataan esimerkiksi normaalikartasta puuttuvan informaatiota, näitä parametreja tulee kasvattaa. Mikäli normaalikarttaan tulee liikaa informaatiota, parametreja tulee pienentää.

Average Normals -asetus helpottaa varsinkin terävien kulmien kohdalta karttojen laskua, joten se kannattaa pitää päällä. Match-asetus tulee asettaa By Mesh Name, jos halutaan, että eri elementistä ei voi vuotaa informaatiota, mikäli ne ollaan nimetty toisin. Tässä ruudussa myös määritellään, mitä suffikseja käytettiin elementeille 3ds Maxissa.

Aluksi voidaan tehdä muutamat testiluonnit pienellä resoluutiolla ja antialiasoinnilla. Karttojen ollessa miellyttävät ja toimivat asetuksia voidaan korottaa. Korkein mahdollinen resoluutio on 8k ja antialiasointi Subsampling 8x8. Korkeilla asetuksilla karttojen luomisessa menee luonnollisesti enemmän aikaa.



Kuva 13. Baking-ikkuna.

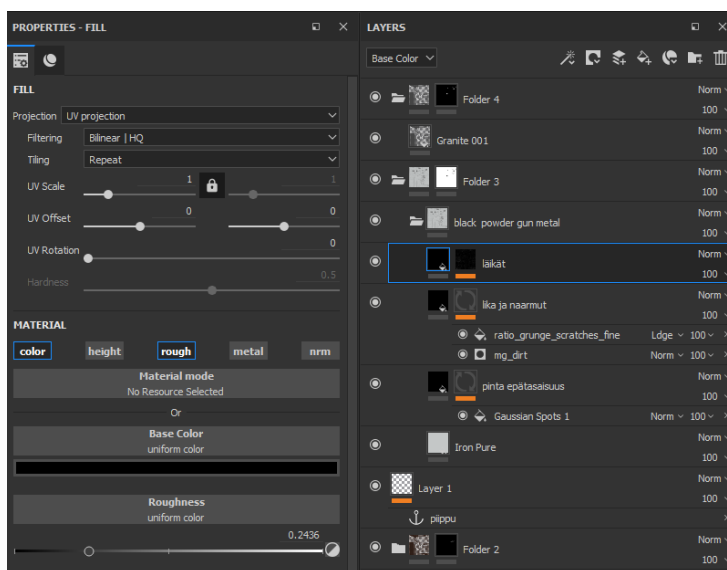
## 5.7 Pintojen teksturointi

Koska sekä puu- että metallipintojen tekemisessä käytetään samoja työkaluja, tässä kappaleessa esitellään esimerkkinä ainoastaan metallipintojen teksturointi.

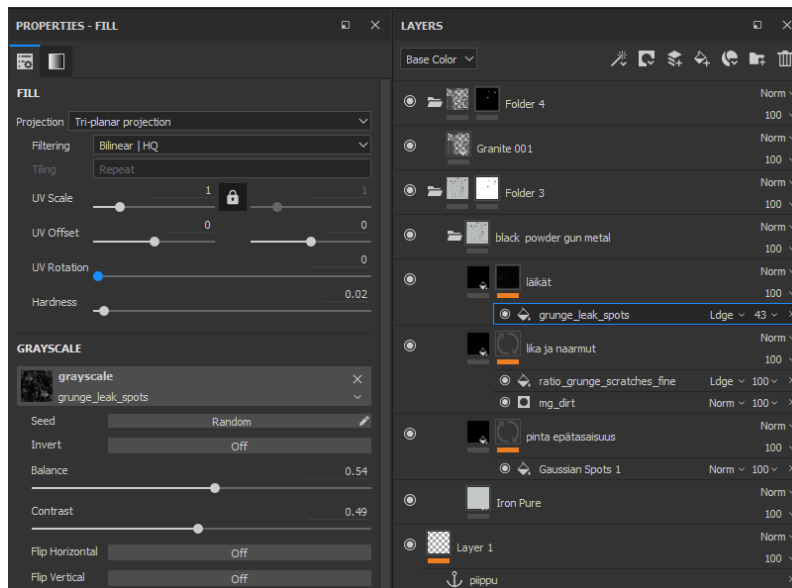
Metalliosien teksturointi aloitetaan valitsemalla oikea tekstuuriseti Texture Set List -ikkunasta. Tekstuurisetin Layers-ikkunaan asetetaan jokin metallinen materiaali alimmaksi kerrokseksi, esimerkiksi Iron Pure. Tämän jälkeen tekstuuriin lisätään erilaisia yksityiskohtia käyttämällä efektejä hyväksi.

Metalliin lisätään esimerkiksi mustia läikkiä ensin tekemällä Fill Layer, joka täytetään mustalla värillä ja roughness-arvoksi asetetaan hieman korkeampi, kuin Iron Pure -materiaalin arvo, nämä ovat esillä kuvassa 14. Tasoon tehdään musta maski, johon lisätään Fill-efekti. Efekti täytetään tekstuurilla, tässä tapauksessa grunge\_leak\_spots-tekstuurilla, joka tulee Substance Painterin mukana. Efektin voimakkuutta voidaan säätää tekstuurin parametreista, efektin läpinäkyvyydestä tai koko kerroksen läpinäkyvyydestä. Kuvassa 15 on esillä Fill-efektin parametrit. Kyseinen efekti näkyy sijoitettuna maskiin, joka on läikät-nimisessä Fill-tasossa.

Samassa kuvassa on myös esillä lika ja naarmut -taso, johon tehtiin naarmuja käyttämällä erilaista grunge-tekstuuria ja likaa käyttämällä Dirt-generaattoria. Tämä generaattori tuottaa maskiin läpinäkyvää aluetta käyttäen hyväksi aiemmin luotuja Mesh-karttoja. Pinta epätasaisuus -tasossa käytetään Gaussian Spots 1 -tekstuuria luomaan pientä kohinamaista epätasaisuutta. Tämä taso käyttää vain Height-kanavaa.

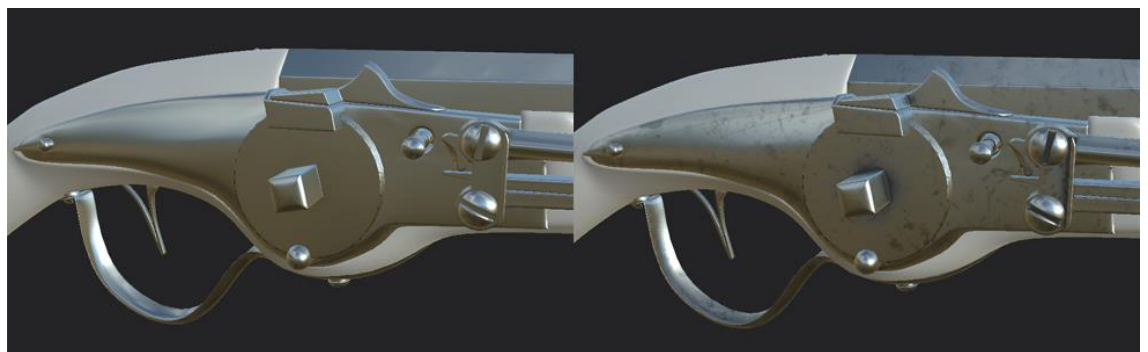


Kuva 14. Läikät-kerroksen parametrit.



Kuva 15. Läkät-kerroksen maskiin lisätyn Fill-efektin parametrit.

Näiden kolmen kerroksen ansiosta metallin pinta saadaan kuluneemman näköiseksi. Pinta ennen ja jälkeen kerroksien lisäystä näkyy kuvassa 16.



Kuva 16. Metallin pinnan luontia.

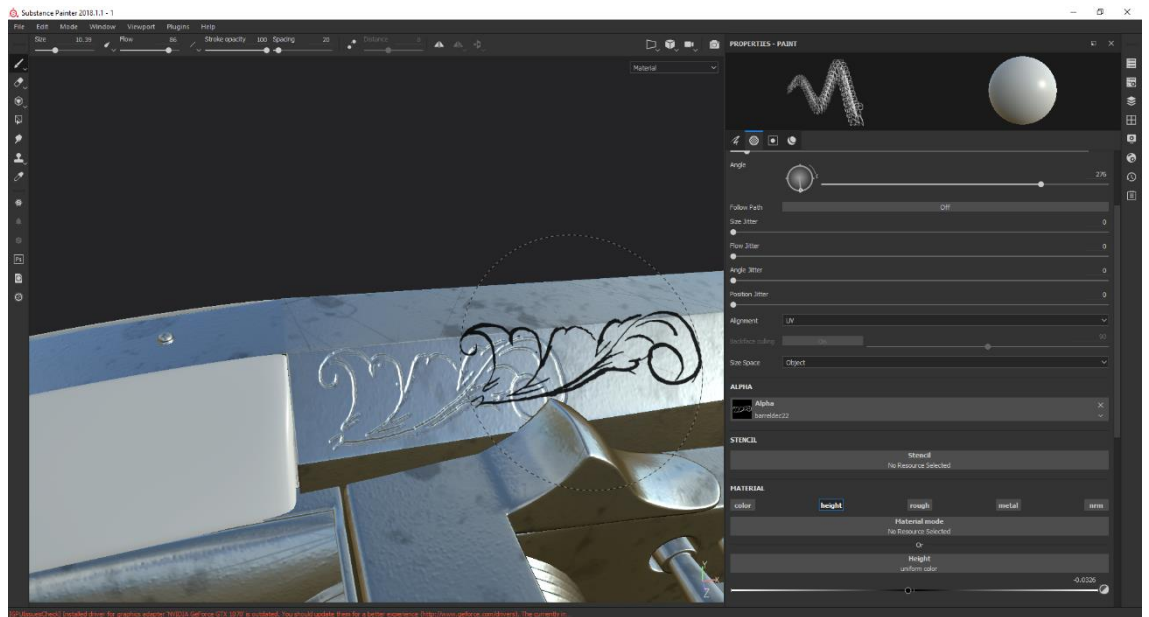
Referenssikuvissa näkyy myös kaiverrettuja yksityiskohtia lukossa, piipussa ja perän metalliosassa. Nämä kaiverukset jäljennettiin Photoshopissa piirtämällä valkoisella mustalle taustalle kaiverruksien mukaisesti. Kuvassa 17. näkyvät referenssikuvassa oleva kaiverrus ja Photoshopissa tehty jäljennös.



Kuva 17. Kaiverrus ja Photoshopissa tehty jäljennös

Jäljennös tuodaan Substance Painteriin vetämällä ja pudottamalla se Shelf-ikkunaan. Näkyviin tulee Import resources -ikkuna, josta voidaan valita tuodun kuvan tyyppi. Tämän tyyppiset mustavalkoiset kuvat ovat yleensä tarkoitettu käytettäväksi alphanavassa, joten valitaan tyyppi alpha.

Tämän jälkeen alhakuva voidaan käyttää siveltimen alphanavassa, jonka ansiosta sivellin maalaa ainoastaan kuvan valkoisen osan mukaan. Siveltimellä maalataan uuden kerroksen height-kanavaan, jotta saadaan vaikutelma syventymästä metallin pinnassa. Kuvassa 18 on esillä siveltimen parametreja, maalattava alhakuva, sekä valittu height-kanava.

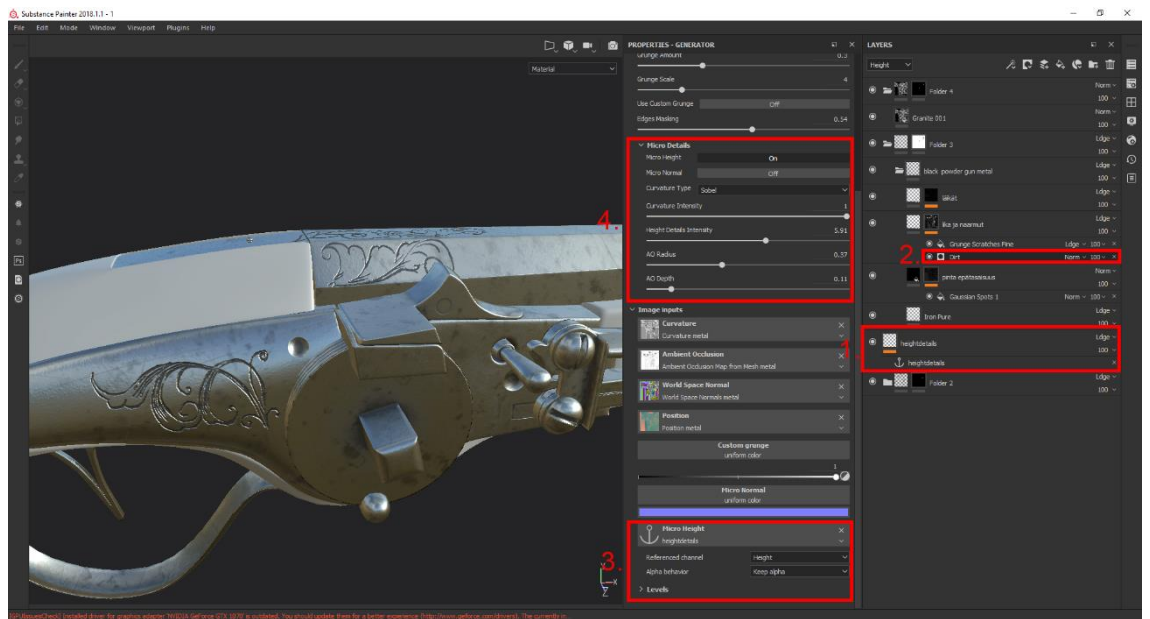


Kuva 18. Kaiverruksen maalaaminen

Koska kaiverrukseen halutaan aikaisemmin Dirt-generaattorilla luotu lika, on kaiverrukset sisältävään tasoon lisättävä Anchor Point. Tätä ankkuripistettä referoidaan Dirt-generaattorin Micro Height -kohdassa, jolloin Dirt-generaattori käyttää lian luomiseen myös kaiverrukset sisältävän tason height-informaatiota.

Kuvassa 19 näytetään ankkuripisteen käyttäminen. Neliö 1 sisältää tason, johon on maalattu kaiverrukset sekä muutamia muita height-kanavaa käyttäviä yksityiskohtia. Tason alla näkyy ankkuripisteen nimi ja ikoni. Neliö 2 on Dirt-generaattori, johon ankkuripiste halutaan referoida. Neliöt 3 ja 4 ovat generaattorin parametreja, jotka liittyvät ankkuripisteeseen. Neliössä 3 referoidaan käytettävä ankkuripiste ja neliössä 4 voidaan tarkemmin määrittellä ankkuripisteen vaikutus generaattorin käyttäytymisessä. Samassa kuvassa näkyy myös valmis metallipinta.





Kuva 19. Ankkuripisteen käyttäminen ja valmis metallipinta.

Koska myös puuosien teksturisetyissä on osia, jotka tarvitsevat metallisen materiaalin, voidaan valmiista metallipinnasta tehdä Smart Material -tyyppinen materiaali. Materiaali tallentuu efekteineen Shelf-ikkunan Smart materials -välilehteen, josta sitä voidaan käyttää eri teksturisetyissä ja jopa muissa projekteissa.

Jotta materiaali lisättäisiin ainoastaan metallisiin osiin, on metalliset osat ensin maskattava erilleen. Tämä voidaan tehdä luomalla ensin Layers-ikkunaan uusi kansio ja siihen musta maski. Polygon Fill -työkalulla maalataan maskiin valkoisella värillä metalliset osat, jolloin kyseinen kansio ja sen sisältö vaikuttavat ainoastaan haluttuihin osiin. Polygon Fill -työkalulla voi maalata kerralla yhden kolmion, polygonin, elementin tai UV-saarekkeen. Aikaisemmin luotu Smart Material vedetään kansion sisälle, jolloin metallin pinta on samannäköinen kuten toisessa teksturisetyissä. Kaiverrukset kuitenkin luodaan uudelleen samalla tavalla, kuin aiemminkin. Kuvassa 20 on esitettyä valmiiksi teksturoitu malli Substance Painterin esikatselurudussa.

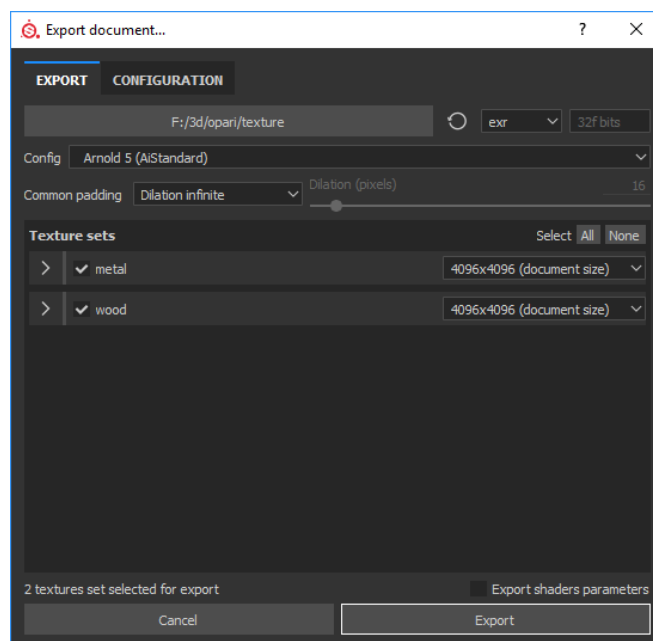


Kuva 20. Teksturointi valmis.

## 5.8 Tekstuurien tallentaminen

Tekstuurien tallentaminen tapahtuu Main Menun File-välilehden alta kohdasta Export Textures. Export-ikkunassa, joka on kuvassa 21, valitaan tekstuurien tiedostomuoto ja bittisyvyys, tallennussijainti sekä tallennuksessa käytettävä tallennuskonfiguraatio.

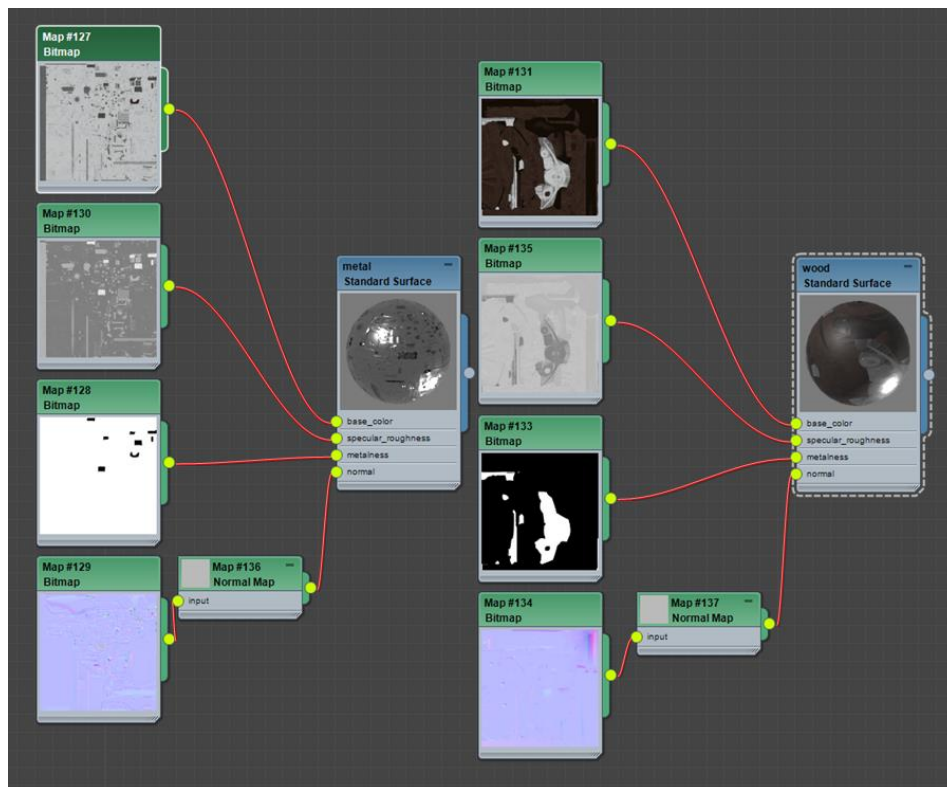
Useille eri renderöintimoottoreille on valmiina omat konfiguraatiot, joiden avulla Substance Painter kääntää tekstuurit suoraan käytettäviksi valitussa moottorissa. Lisää konfiguraatioita saa tehtyä Configuration-välilehdestä. Tässä projektissa valitaan Arnold 5 (AiStandard) -konfiguraatio. Tämän jälkeen Export-nappulasta tekstuurit tallentuvat valittuun sijaintiin.



Kuva 21. Export-ikkuna.

## 5.9 Animointi, renderöinti ja jälkikäsittely

Tallennetut tekstuurit viedään 3ds Maxiin ja niitä varten luodaan 2 Arnold Standard Surface -materiaalia. Tekstuurit liitetään materiaaliin kuvan 22 osoittamalla tavalla. Tämän jälkeen materiaalit asetetaan 3D-malliin aiemmin suunnitellulla tavalla, eli puuosiin oma materiaali ja metalliosiin oma.



Kuva 22. Tekstuurit liitettynä Standard Surface -materiaaliin.

Aseen lisäksi animaatiossa on asean lataamiseen tarvittavia osia. Nämä luotiin samalla tavalla mallintamalla ja teksturoimalla, kuten itse asekin.

Animaatiota varten tarvittiin myös läpinäkyvyyttä sisältäviä osuuksia. Läpinäkyvyydet luodaan liittämällä materiaalien opacity-kanavaan värikartta, jonka väriä animoidaan keyframeilla mustan ja valkoisen väriä tarpeen tullen. Animaatiossa on myös tiettyjä osia korostavia kohtia, jotka luodaan asettamalla materiaalin Emission-arvo nolasta korkeammalle. Tämä luo materiaaliin hohtavan vaikutelman.

Osien ja kameran liike luodaan keyframe-animoinnilla ja ruuti sekä räjähdys- ja kipinäefektit 3ds Maxin partikkelisysteemillä. Lopuksi animaatio renderöidään hyväksikäyttäen Batch Render -työkalua kuvasarjoihin. Kuvassa 23 on kuva, jossa latausavain on siirtymässä asean rattaaseen.

Kuvasarjat viedään Adobe After Effects -ohjelmistoon jälkikäsittelyä varten. Sarjat liitetään toisiinsa ja videoon lisätään lopuksi tekstitykset.



Kuva 23. Yksi renderöidyistä kuvista.

## 6 YHTEENVETO

Olen tyytyväinen saavutettuun lopputulokseen visuaalisesti, mutta aika-  
taulullisesti projekti eteni osaltani aika hitaasti. Tämä johtui osittain muista  
samanaikaisista projekteista ja opinnäytetyöaiheen opiskelusta, joten pro-  
jektin aikana opin runsaasti uusia asioita teksturoimisesta, renderöinnistä  
ja mallintamisesta. Myös Substance Painterin huhtikuussa julkaisema suuri  
päivitys hidasti hieman etenemistä. Käyttöliittymä muuttui niin radikaali-  
listi, että vanhasta käyttöjärjestelmästä kertominen opinnäytetyössä ei  
olisi ollut järkevää. Toisaalta ohjelmistot muuttuvat jatkuvasti, ja tämänkin  
opinnäytetyön jotkut osuudet saattavat vanheta nopeastikin.

3D-mallintamisvaiheessa olisi voinut tehdä ainoastaan korkeapolygonisen  
mallin, kuten mallintamisessa animaatiotuotantoon yleensä toimitaan. Ha-  
lusin kuitenkin mahdollistaa mallin jatkokäytön esimerkiksi pelimootto-  
rissa. Tätä varten mallia olisi hyvä kuitenkin siistiä ja vähentää po-  
lygonimäärää. Lisäksi matalapolygonisen ja korkeapolygonisen mallin  
käyttö monimutkaisti ja lisäsi sisältöä opinnäytetyöhön, joka oli mielestäni  
hyvä asia.

Teksturointivaiheeseen olisi voinut käyttää enemmän aikaa ja luoda vielä  
yksityiskohtaisempaa jälkeä. Lopullisen teksturoidun 3D-mallin pinta näyt-  
tää erittäin uudelta verrattuna referenssimateriaaliin, jossa näkyy paljon  
enemmän likaa, naarmuja ja ruhjeita. Lisäksi puun teksturi näyttää  
omaan silmääni hieman muoviselta, jonka olisi voinut korjata pienellä hie-  
nosäädöllä tai materiaalin vaihdolla. Animaatiossa oleva ruutisarvi ei ole  
kovin yksityiskohtainen, sitä olisi voinut muuttaa erilaisilla värinmuutok-  
silla.

Opinnäytetyön aikana opin runsaasti 3D-tuotannon erilaisista työvaiheista ja varsinkin teksturoinnista. Osoittautui, että jopa erittäin fotorealististen tekstuurien ja renderöintien luominen nykyaikaisilla työkaluilla on suhteellisen nopeaa ja helppoa. Physically based rendering -metodia hyödyntävät ohjelmat auttavat teksturointiartistia luomaan aitoja tekstuureja antamalla välitöntä palautetta lopputuloksesta.

Liitteessä 1 näkyy renderöintejä valmiista 3D-mallista tekstuureineen. Liitteen neljä ensimmäistä kuvaa on renderöity Substance Painterin Vray-renderöintimoottorilla ja viimeinen kuva 3ds Maxin Arnold-renderöintimoottorilla. Liitteessä 2 on kuvakaappauksia valmiista videosta.

## LÄHTEET

Allegorithmic (2018a). THE PBR GUIDE - VOL. 1. Haettu 12.5.2018 osoitteesta <https://academy-api.allegorithmic.com/static/files/pdfs/the-pbr-guide-vol-1.pdf>

Allegorithmic (2018b). THE PBR GUIDE - VOL. 2. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://academy-api.allegorithmic.com/static/files/pdfs/the-pbr-guide-vol-2.pdf>

Allegorithmic Documentation (n.d.a). Exporting textures. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://support.allegorithmic.com/documentation/display/SPDOC/Exporting+textures>

Allegorithmic Documentation (n.d.b). Layer Stack. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://support.allegorithmic.com/documentation/display/SPDOC/Layer+stack>

Allegorithmic Documentation (n.d.c). Baking. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://support.allegorithmic.com/documentation/display/SPDOC/Baking>

Allegorithmic Documentation (n.d.d). Effects. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://support.allegorithmic.com/documentation/display/SPDOC/Effects>

Allegorithmic (n.d.a). Buy. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://www.allegorithmic.com/buy>

Allegorithmic (n.d.b). Games. Haettu 14.5.2018 osoitteesta <https://www.allegorithmic.com/games>

Allegorithmic (n.d.c). SUBSTANCE PAINTER - RELEASE NOTES. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://www.allegorithmic.com/products/substance-painter/release-notes>

Bech-Yagher, C. (2017). UV mapping for beginners. Blogijulkaisu 13.11.2017. Haettu 21.5.2018 osoitteesta <https://www.creativeblog.com/features/uv-mapping-for-beginners>

Noguer, J (2016). SUBSTANCE PAINTER 2.1 IS HERE. Blogijulkaisu 2.6.2016. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://www.allegorithmic.com/blog/substance-painter-21-here>

Noguer, J (2018). SUBSTANCE PAINTER: SPRING HAS COME! Blogijulkaisu 15.3.2018. Haettu 13.5.2018 osoitteesta <https://www.allegorithmic.com/blog/substance-painter-spring-has-come>

Polycount wiki (n.d.). Texture types. Haettu 14.5.2018 osoitteesta [http://wiki.polycount.com/wiki/Texture\\_types](http://wiki.polycount.com/wiki/Texture_types)

Puhakka, A. (2008). 3D-grafiikka. Helsinki: Talentum.

Renderhjs (2010). TexTools. Haettu 14.5.2018 osoitteesta <http://renderhjs.net/texttools/3dsMax.html>

Russell, J. (2015). BASIC THEORY OF PHYSICALLY-BASED RENDERING. Blogijulkaisu 1.11.2015. Haettu 21.5.2018 osoitteesta <https://www.marmoset.co/posts/basic-theory-of-physically-based-rendering/>

Slick, J (2017). Surfacing 101 - The Basics of Texture Mapping. Haettu 14.5.2018 osoitteesta <https://www.lifewire.com/texture-mapping-1956>

Slick, J (2018). Surfacing 101: Creating a UV Layout. Haettu 14.5.2018 osoitteesta <https://www.lifewire.com/creating-a-uv-layout-1955>

Renderöintejä







## Kuvakaappauksia valmiista videosta

