



Pelihahmon toteutus

Luonnoksista pelimoottoriin

Viestinnän koulutusohjelma
3D-animaatio ja visualisointi
Opinnäytetyö
24.5.2010

Pia Havukainen

TIIVISTELMÄSIVU

Koulutusohjelma Viestintä		Suuntautumisvaihtoehto 3D-animointi ja visualisointi	
Tekijä Pia Havukainen			
Työn nimi Pelihahmon toteutus – Luonnoksista pelimoottoriin			
Työn ohjaaja/ohjaajat Kristian Simolin			
Työn laji Opinnäytetyö	Aika 24.5.2010	Numeroidut sivut + liitteiden sivut 53	
TIIVISTELMÄ Opinnäytetyössäni käsittelen vähemmän kokeneen 3D-opiskelijan näkökulmasta sitä prosessia, joka on käytävä läpi toteuttaakseen pelihahmon nykypäivän standardien mukaisesti alusta loppuun. Tarkoituksena on kertoa miten hahmon toteutus onnistuu käytännössä, hyödyntäen ainoastaan Internet-lähteitä, joissa tieto pysyy parhaiten ajan tasalla. Produktio-osuus käsittää oman hahmosuunnitelmani. Haasteenomaisesti pyrin selvittämään peligrafiikalle ominaisia mallinnustapoja, jotta lopullisen hahmon toimintakyky peliympäristössä olisi taattu. Varmistaakseni valmiin hahmon käyttökelpoisuuden ja toimivuuden, testasin sen vielä pelimoottorissa (Unreal Engine), joka vahvisti hahmon roolin pelihahmona. Kirjallinen osuus seuraa vaihe vaiheelta oman työni kulkua, ensimmäisestä hahmosuunnitelmasta pelimoottoriin vientiin. Vaiheet olen pyrkinyt kuvailemaan siten että tilanteet on lukijan helppo ymmärtää, sekä ammentaa kohtaamistani ongelmista tietoa itselleen ja näin ollen välttää harmilliset vastoinkäymiset. Siten en ongelmakohtia ole halunnut vähätellä ja piilotella, vaan nimenomaan tuoda ne esiin, myös kuvallisesti. Opinnäytetyöni on kuvaus pelihahmon toteuttamisen yleisestä kulusta ja pyrkii palvelemaan apuna ja tukena toisille samojen ongelmien kanssa painiskeleville. Alun hankaluuksien muuttuminen voiton riemuksi uusien opittujen asioiden turvin takaa motivaation tarttua haasteisiin myös jatkossa.			
Teos/Esitys/Produktio 3DS Maxista rendattuja hahmoanimaatioita, UDK:ssa luotu matinee-animaatio (34 sekuntia), turntable-animaatio, exe-tiedosto UDK:ssa luodusta näkymästä			
Säilytyspaikka Metropolia Ammattikorkeakoulu kirjasto, Tikkurila			
Avainsanat Pelihahmo, hahmosuunnittelu, pelimoottori, UDK, mallinnus, animaatio, Unreal			

Degree Programme in Media		Specialisation 3D Animation and Visualisation
Author Pia Havukainen		
Title Game Character Creation; – From Sketches to Game Engine		
Tutor(s) Kristian Simolin		
Type of Work Bachelor´s Thesis	Date 24 May 2010	Number of pages + appendices 53
<p>ABSTRACT</p> <p>In my thesis, - I approach the game character creation process from the point of view of a person with- average 3D knowledge. The purpose is to create an up-to-date game character with the standards of current generation game consoles, from sketches to the game engine. With this project, -I wanted to prove that it is possible to create a game character by following only the Internet sources, as they are updated fast.</p> <p>In the production part, -I present my own character design. For me it was a challenge to find out and actualize the methods that are commonly used in game graphics as the character also has to be usable within game surroundings. To ensure that the character works, I tested it with Unreal Engine, which finalized the role of the character as a game character.</p> <p>The written part follows the production. I have attempted to describe the workflow of all phases as accurately as possible. I wanted to bring all kinks and knots forth under the eyes of the readers so that they would have the chance to avoid the mistakes I went through. To help the reader follow, also numerous images have been used to depict the situations.</p> <p>My thesis is not a mere personal survival story but it also attempts to serve as a first aid kit and support to those who deal with similar issues regarding 3D. As the difficulties of the beginning turn to joy of victory, and similarly guesses turn to learned facts, the motivation for future challenges is ensured.</p>		
Work / Performance / Project Character animations rendered from 3DS Max, Matinee animation from Unreal Engine (34 seconds), character turntable animation, exe-file of the scene created in UDK		
Place of Storage Metropolia Ammattikorkeakoulu library, Tikkurila		
Keywords 3D modeling, character design, Unreal Engine, UDK, game character, animation		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	2
2.1 Hahmon alkutaival	4
2.2 Luonnokset	6
3 HAHMON TOTEUTUS	9
3.1 Pohjapiirrokset	9
3.2 Mallinnus	10
3.2.1 High poly-version mallinnus ZBrushissa	17
3.3 Teksturointi	21
3.4 Riggaus eli luuston luominen	27
3.5 Skinnaus	27
3.6 Hahmon animaatiot pelimoottoria varten	29
5 HAHMON TESTAUS	33
5.1 UDK eli Unreal Development Kit	33
5.2 UDK:n materiaali editori	37
5.4 Animaatiot UDK:ssa	40
5.4.1 Matinee-animaatio	42
6 POHDINTAA VALMIIN TYÖN ONNISTUMISESTA	46
LÄHTEET	51
LIITTEET	53

1 JOHDANTO

Jo kauan ennen kuin opinnäytetyön pohdiskelu oli ajankohtaista, olin pyöritellyt mielessäni mahdollista aihetta tulevalle työlle. 3D-suuntautumisvaihtoehdon olin aikoinaan valinnut varta vasten kiinnostuksestani peligrafiikoita kohtaan. Alkutaipaleilla kiinnostus hiipui väliaikaisesti ymmärrettyäni, että 3D:tä oppiakseen on pysyttävä ajan tasalla sekä pyrittävä oma-aloitteiseen työskentelyyn vapaa-ajalla. Halusin kovasti herätellä kadoksissa olevaa kiinnostustani, oppia mallintamaan ihmishahmoja ja tuoda omat hahmoni henkiin. Tämä ajoi minut valitsemaan työni aiheeksi pelihahmosuunnittelun ja suunnitelman toteuttamisen.

Kaikenlaisten hahmojen suunnittelu on minulle vuosien varrella tullut erittäin läheiseksi intressiksi. Tyyllilleni ominaista on suunnitella hahmot pienimpiä yksityiskohtia myöten, mistä johtuen hahmon kolmiulotteinen toteutus sai haastavuutta. En myöskään halunnut karsia yksityiskohtia saadakseni hahmosta helpomman työstettävän, vaan halusin kohdata ongelmia oppiakseni uutta paljon tehokkaammin. Pystyäkseni mahdollisimman ajantasaiseen toteutukseen, ovat kaikki käyttämäni lähteet Internet-lähteitä. Koska Internetissä tieto leviää nopeasti ja keskustelufoorumeiden tarjoamat ongelmanratkaisut ovat huomattavasti kattavampia informaation lähteitä pulmatilanteisiin kuin useimpien opaskirjojen materiaali, koin nettisivut oivaksi lähdepankiksi. Pelialan grafiikka on myös suhteellisen uusi alue, mistä johtuen kirjallisten lähteiden hakeminen voi koitua haastavaksi, jos ei tarkalleen tiedä mitä etsii. Osasyynä lähteitä koskevaan valintaani oli myös henkilökohtainen mielenkiintoni siihen, kuinka hyvin Internet-lähteiden turvin tulisi selviämään valitsemani kaltaisen kokonaisuuden läpi, alusta loppuun.

Työkalut tämän kaiken toteuttamiseen noudattavat omaa henkilökohtaista preferenssiäni. Kuvankäsittelyohjelmana olen käyttänyt Photoshopia, missä hahmon tekstuurit on työstetty. Mallinnus- ja animaatio-osuuksissa käytin 3DS Maxia ja high-poly-version mallinnukseen ZBrushia. Pelimoottorivalintani kohdistui Unreal Technologyn Unreal Development Kit:iin, siitä syystä että kyseessä on ilmaisversio.

Näin siksi, että ilmaisversioiden osalta Internet tarjoaa erittäin paljon opastavaa materiaalia työskentelyyn ja siten ei opettelu jää arvailun varaan. Koska käytetty pelimoottori ei tarjoa omaa sisäänrakennettua renderausohjelmistoa, on animaatio tallennettu CamStudiolla.

Työssäni käsittelen pelihahmosuunnittelua sen visuaalisen toteutuksen osalta. Niinpä esimerkiksi hahmon luonteen määrittelyä, asuinmaailmaa sekä muita käytökseen ja olemukseen vaikuttavien tekijöiden analysointia en ole käsitellyt. Olen pyrkinyt kuvailemaan vaiheet siten että tästä työstä voisi olla apua henkilöille jotka painiskelevat samanlaisen kokemattomuuden kanssa, mistä johtuen olen myös paikoittain käsitellyt itselleni yleiseksi riesaksi koituneita virheilmoituksia sekä kuvailut joitakin toimenpiteitä tarkemmin. Osuuksien laajuus vaihtelee sen mukaan kuinka paljon uusia asioita olen selvittänyt ja esimerkiksi pelimoottoria koskeva osuus käsittelee toimintoja paljon käyttäjäläheisemmin kuin 3DS Max-osuudet.

Työvaiheet käsittelen ensimmäisestä vaiheesta, hahmosuunnitelmasta ja luonnoksista lähtien, josta siirryn kertomaan varsinaisesta suunnitelman toteutuksesta.

Toteutusosuus on sisällöltään laajin ja kuvallisesti kattavin. Kuvamateriaalilla olen pyrkinyt havainnollistamaan toteutuksen etenemisen. Toteutusosuuden päättää testausosuus joka kertoo pelimoottorissa työskentelyn vaatimuksista ja käsittelee työvaiheista itselleni hankalinta aluetta. Ruutukaappauksia käyttäen olen pyrkinyt luomaan paremman kuvan Unreal Editorin käyttöliittymästä sekä toiminnoista, jotta tekstiä lukiessa olisi helpompi hahmottaa tilanteet. Viimeinen osuus on omaa pohdintaa työn onnistumisesta sekä työskentelyn aikana syntyneiden ajatusten availua.

Kokonaisuudessaan, kirjallinen osuus käsittelee ne työvaiheet, jotka on käytävä läpi pelihahmon toteuttaakseen, ensimmäisestä suunnitelmasta pelimoottorissa toimivaksi hahmoksi. Itselleni henkilökohtaisesti, opinnäytetyön merkityksen tuli olla viimeinen ja suurin kouluajan haaste, jota työstäessä pääsisin testaamaan omia hermojani ja oppimiskykyä.

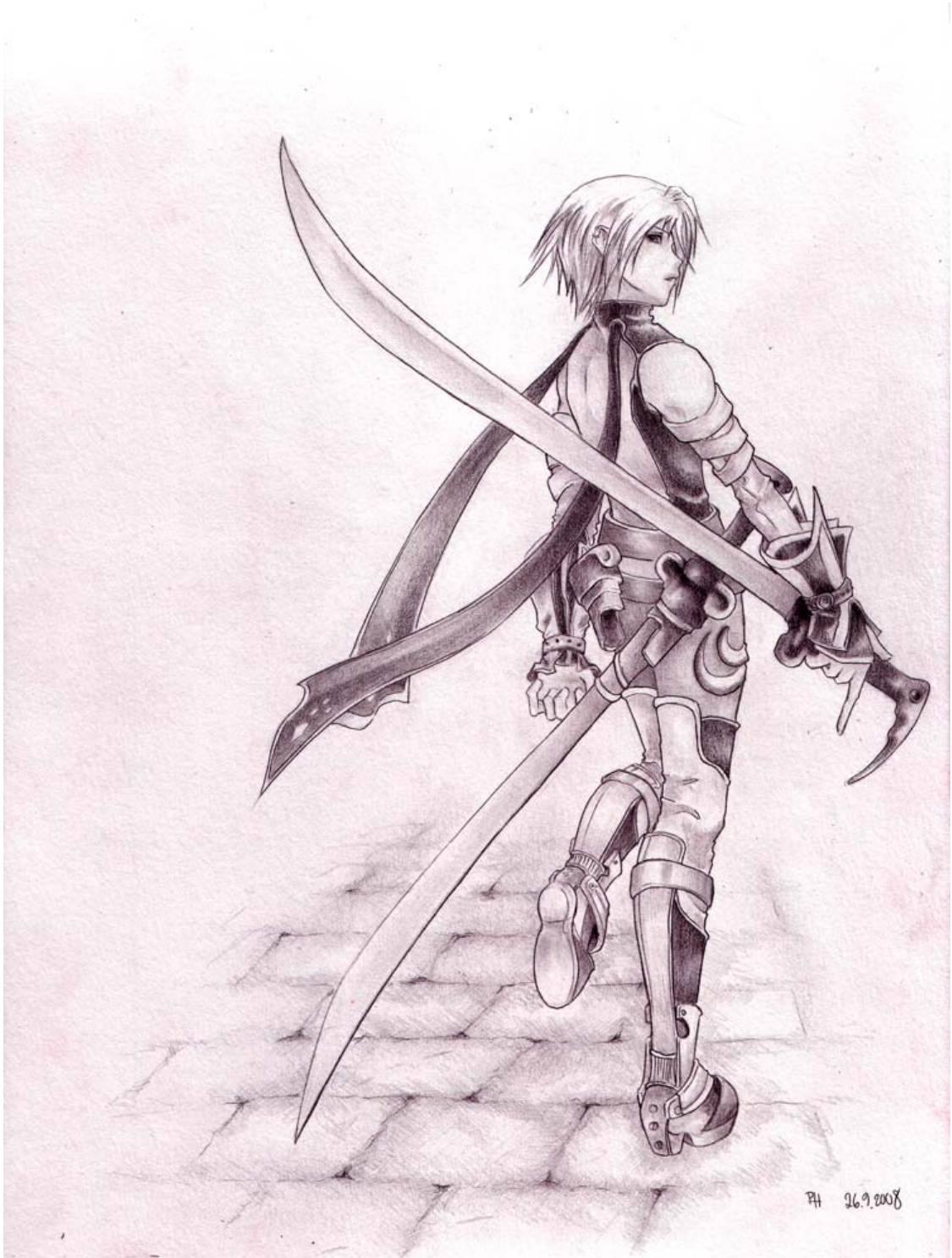
2 HAHMOSUUNNITELMA

Opinnäytetyöni käytännön osuuteen suunnittelemani hahmo oli syntynyt hyvissä ajoin varsinaisen työn aloitusta. Piirsin hahmon puoli vuotta aikaisemmin suunnittelematta sen tarkemmin mitä tekisin ja hahmosta tuli sattumalta sellainen jolle löytyi käyttötarkoitus osana opinnäytettäni. Seuraavassa osuudessa kerron tarkemmin suunnitteluprosessin kulusta ja mitä hahmolle tehtiin ensimmäisen version synnyttyä.

2.1 Hahmon alkutaival

Opinnäytetyöhön valitsemani hahmo syntyi jo syyskuun loppupuolella vuonna 2008. Itse en juurikaan harrasta luonnostelua, mistä johtuen piirros hahmostani on luonnosta valmiimpi ja hahmon varustus aseistusta myöten on kokonaisuudessaan ja selkeästi nähtävillä. Piirroksen valmistuttua tunsin heti että hahmolle tulisi olemaan käyttöä opinnäytetyössäni sillä hahmon olemus huokui pelihahmoisuutta (kuva 1).

Hahmosuunnitelmia on vuosien varrella kertynyt monia ja sama linja on jatkunut toistaiseksi vuodesta toiseen. Fantasiamaailman tarjoamat mahdollisuudet ovat paljon laajempia kuin realismin, ja hahmon varustuksesta saa paljon mielikuvituksellisemman. Realistinen tyyli asettaisi itselleni liian tiukat rajat ja tulisi miettiä tarkemmin mikä meidän maailmassamme on mahdollista ja mikä ei. Tästä huolimatta olen pyrkinyt laatimaan varustuksen ja vaatetuksen siten, että se tuntuu hahmolle luonnolliselta ja toteutettavissa olevalta. Esimerkiksi hahmon kenkien on oltava sellaiset, että ne pystyisi oikeasti vetämään jalkaansa miettimättä sitä, miten toimenpide tulisi onnistumaan. Ensimmäistä versiotani jouduin tämän johdosta muuttamaan jonkin verran, sillä esimerkiksi säären ympäri menevä vyön kaltainen pidike oli suunnitelmassa metallia. Tätä ei mitä ilmeisimmin olisi millään tavoin pystynyt pujottamaan jalkaan alakautta sillä lukkoa tai muita säätöjä kyseisessä viritelmässä ei ollut. Samoin myös kenkien yksityiskohdat, etenkin nilkan päällä oleva metalliliuska ei olisi sallinut liikettä. Jouduin pudottamaan hahmon yksityiskohdista osan pois niin ajan, kuin hermojenkin säästämiseksi.



Kuva 1. Ensimmäinen versio hahmostani. Hahmon nimeksi tuli Rozwit.

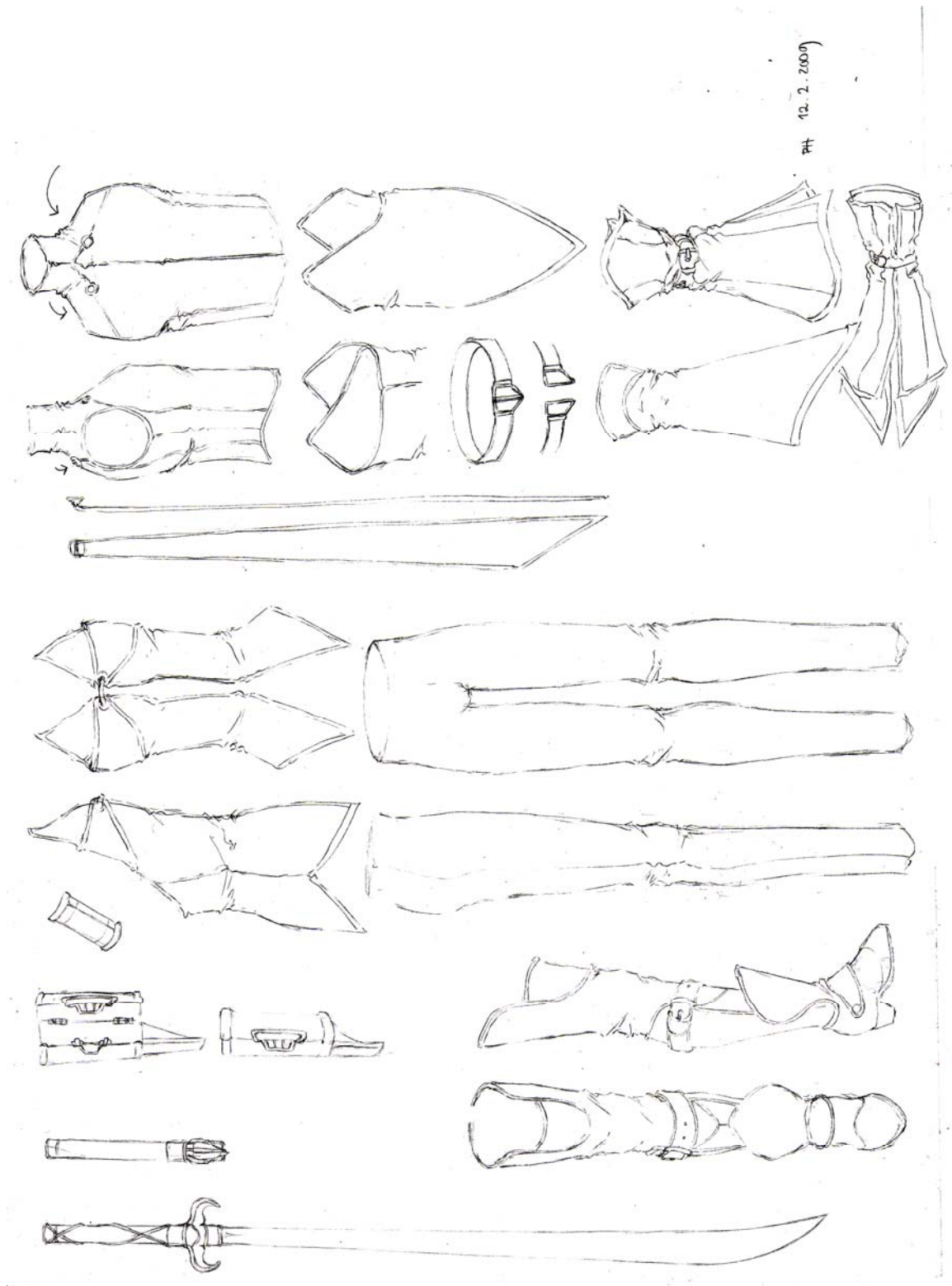
2.2 Luonnokset

Havainnollistaakseni hahmon varustuksen, tapanani on usein piirtää hahmon kokonaisvaatetus paperille siten, että yhdellä paperiarkilla on nähtävissä kaikki se mitä hahmo tarvitsee päälleen. Vaatetusta piirtäessäni tulee mieleen kaikki ne muutokset, mitkä eivät varsinaisessa hahmopiirroksessa näy. Tässä vaiheessa myös varustuksen määrä lisääntyy huomattavasti, mikä osittain johtuu siitä että toteuttamiskelvottomat vaihtoehdot ja yksityiskohdat karsiintuvat pois ja on varaa lisätä uusia kokonaisuuksia (kuva2).

Opinnäytteessä käyttämäni hahmon osalta olin erittäin kiintynyt hahmon käsivarsisuojaan ja käsineisiin, ne tahdoin ehdottomasti säilyttää. Myös hahmon ylävartalon vaatetus oli mielestäni kohdillaan ja näiden halusin myös olevan näkyvissä lopullisessa tuotoksessa. Vyöt olivat kuitenkin ongelmallinen tapaus, kuten myös miekkojen pidikkeet. Pohdin kuinka liikkuminen tapahtuisi, mikäli pitkät maahan yltävät miekat olisivat selän takana ristissä. Jalat luultavasti olisivat juostessa potkineet niitä ja ahtaisiin paikkoihin meneminen ei olisi onnistunut miekkojen tarttuessa seiniin kiinni. Siispä siirsin miekat hahmon sivuille. Vaikka keksin tässäkin vaihtoehdossa ongelman ahtaissa käytävissä kääntymisestä, koin sen silti huomattavasti toimivammaksi kuin ensimmäisen.

Muita muutoksen läpikäyneitä varusteita olivat miekat. Ensimmäisen version miekoista en itsekään ymmärtänyt miten ne olin suunnitellut, eikä mallinnuksesta näin ollen olisi tullut yhtään mitään, enkä halunnut improvisoida. En myöskään pitänyt miekkojen kädensijasta ja nupista kädensijan päässä, ja halusin tämän muuttaa. Suunnittelin myös miekkojen pidikkeet uudelleen hieman ergonomisempaan ja käyttäjäystävällisempään muotoon. En tosin ottanut huomioon mallinnusta, mistä johtuen pidikkeissä on tässä vaiheessa vielä liikaa yksityiskohtia.

Ylävartalon vaatetukseen tuli pari vaatekappaletta lisää. Millään muulla tavoin näiden kappaleiden olemassaolo ei ollut perusteltua, muuten kuin visuaalisilla seikoilla. Karsittuani pieniä yksityiskohtia jonkin verran pois, lisäsin näiden paikalle laajemmat kappaleet. Housut yksinkertaistin viimeisen päälle ja poistin oudon merkityksettömän yksityiskohdan reiden paikkeilta, sillä tämä ei mitään ilmeisimmin olisi edes näkynyt paljoakaan lopullisella hahmolla eikä ollut hahmon identifioimisen kannalta tärkeä.



Kuva 2. Hahmon varustuksen kuvallista havainnollistamista.

Säästääkseni päänvaivaa teksturointivaiheessa, pyrin myös selvittämään hahmon varustuksen värit. Halusin pysytellä suhteellisen hillityissä sävyissä ettei valmis hahmo tulisi olemaan enemminkin variksenpelättimen kuin pelihahmon näköinen. Lyijykynäversio toimi hyvänä ohjeistuksena varjostuksineen ja jo varjostuksia tehdessäni näin tulevan värityksen melko selkeästi. Värityksen testaukseksi maalasin digitaalisesti luonnoksen siitä miltä valmiin mallin vaatteet saattaisivat näyttää. Aikaa säästääkseni maalasin vain rintakuvan, sillä oletin että värit jatkuvat hahmon varpasiin asti samansuuntaisina (kuva 3).

Väritys perustui ajatukseeni siitä että hahmo saattaisi kuulua ylhäiseen sukuun, mistä johtuen halusin käyttää dominoivina väreinä sinistä, valkoista sekä kultaa korostevärinä. Koin sinisen värin aateliston merkiksi, ehkä käsitteestä "siniverisyys" johtuen, mikä viittaa aatelisiin. Valkoinen sen sijaan mielletään kulttuureissa jumaluuden ja korkea-arvoisuuden väriksi ja korostevärinä käyttämäni kulta viittaa rikkauteen (Hintsanen 2009, verkkodokumentti). Kokonaisuudessaan väriyhdistelmä kuulostaisi kliseiseltä, mikäli värit olisi haettu nimenomaan merkityksensä perusteella.



Kuva 3. Rozwit väreissä.

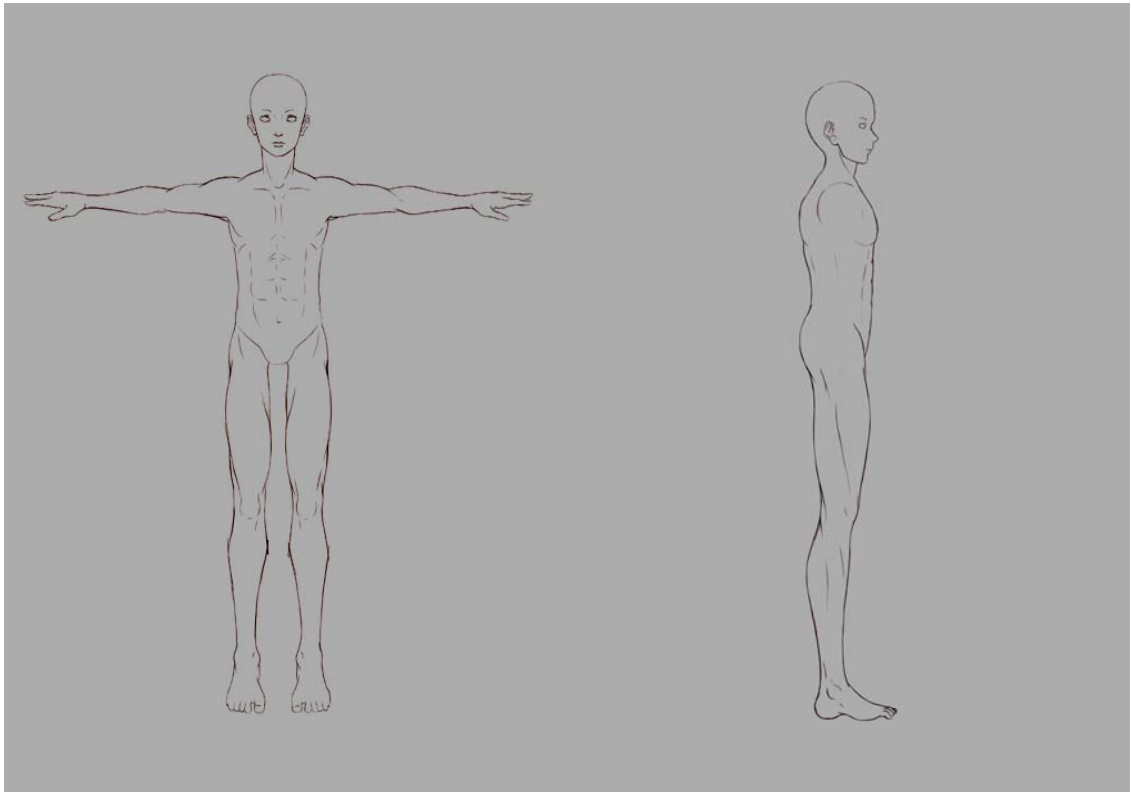
3 HAHMON TOTEUTUS

Selvitettyäni itselleni hahmon ulkoiset piirteet ja varustuksen, pystyin siirtymään eteenpäin työssäni. Pelihahmon toteuttamisesta tuli haaste itselleni sillä ihmishahmojen mallinnuksesta en ollut kerryttänyt paljoa aikaisempaa kokemusta, vaikka käsin piirtäessä ihmishahmojen parissa enimmäkseen työskentelinkin. Tutoriaalit ihmishahmojen mallinnusta varten olivat kuitenkin yhden aikaisemman hahmomallinnusyriytyksen jäljiltä tiedossa, ja tätäkin hahmoa mallintaessani hyödynsin Michel Rogerin tutoriaalia: Modeling Joan of Arc (Michel Roger 2001, verkkodokumentti). Kyseinen tutoriaali kattaa kaiken tarvittavan hahmon mallinnukseen liittyvän.

3.1 Pohjapiirrokset

Ennen mallinnuksen aloittamista, tuli hahmosta piirtää selkeät luonnoskuvat, jotka auttaisivat hahmottamaan hahmon ääriviivat. Pohjapiirroksissa hahmo näyttää geneeriseltä ihmishahmolta ja persoonallisuus hahmon visuaalisuudessa puuttuu, sillä vaatteet ja värytys tulisivat tuomaan sen jälkeensä (kuva 4). Myöskään kasvon piirteisiin en kiinnittänyt paljoa huomiota pohjapiirroksissa sillä oletin kasvojen muodon kontrolloinnin olevan omalla kohdallani helpompaa siinä vaiheessa, kun jonkinlainen lähtökohtainen pää oli jo mallinnettu.

Pohjapiirroksia piirtäessäni en huomionnut vaatteita vaan siirsin niiden mallinnuksen tuonemmaksi, vaikka mallinnus olisi helpottunut, mikäli vaatteet olisivat näkyneet jo pohjapiirroksissa. Tulin siihen tulokseen että aiemmin piirtämäni varustusluonnos tulisi toimimaan pohjapiirroksena vaatteille ja selviäisin tämän turvin varustuksen mallinnuksesta. En siis tehnyt enää uusia pohjapiirroksia vaan lähdin liikkeelle siitä mitä olin jo saanut aikaiseksi. Tämä osaltaan ehkä sen vuoksi, että seurasin apuna käyttämäni tutoriaalia liian sanantarkasti ja päädyin mallintamaan oman hahmoni ensin ilman vaatetusta.



Kuva 4. Käyttämäni pohjapiirrokset - hahmo edestä ja takaa.

3.2 Mallinnus

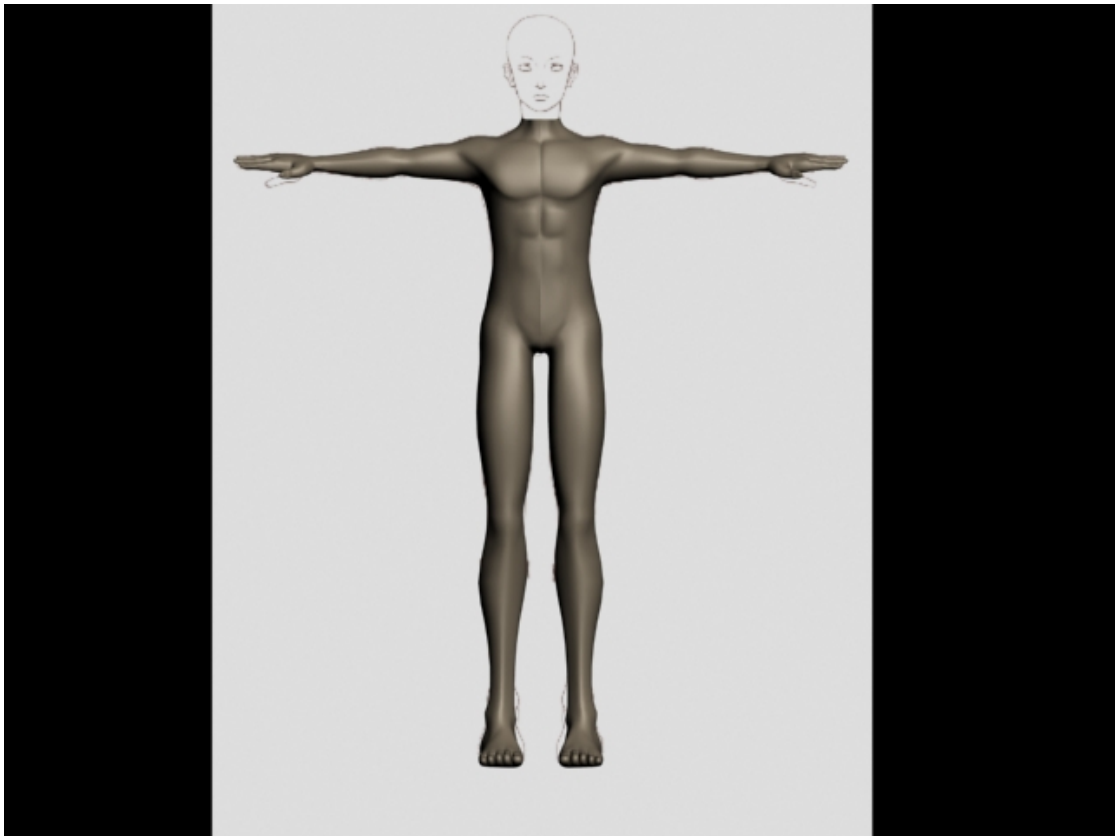
Kuten aikaisemmin totesin, en juuri ollut perehtynyt ihmishahmon mallinnukseen. Täydellisiä eivät myöskään olleet 3D-kursseilla vuosien varrella mallintamani olennot, vaan ne olivat aina tietyistä kohdista viallisia. Useimmiten ongelmat liittyivät topologiaan, skinnaukseen tai näiden kahden yhdistelmään: huonon topologian johdosta raajojen liikeradat olivat liian suppeat eivätkä kyenneet edes hillittyihin liikkeisiin.

Edellä mainittujen ongelmien torjumiseksi halusin etsiä tietoa ihmisen topologiasta, jotta hahmottaisin mallinnuksen tarkkuuden kannalta tärkeimmät alueet. Halusin että viimeiseen koulutyöhöni tekemä malli olisi näiltä osin kunnossa ja olin valmis näkemään vaivaa tämän saavuttamiseksi. Apuna topologiaan tutustumisessa toimi CGSociety'n Internet-foorumi, jossa on tarjolla paljon hyödyllistä materiaalia kaikilta 3D:n osa-alueilta (CGTalk 2002-2010, verkkodokumentti).

Viestiketjun kuvat toimivat erinomaisena havainnollistamismateriaalina, sillä niistä pystyy näkemään missä ruumiinosissa geometrian piti olla tiheää, ja millä alueella

geometrian voi jättää vähemmäksi. Esimerkiksi olkapäät kaikenlaisissa hahmoissa ovat olleet henkilökohtainen ongelmani, sillä olkapään alueen deformaatio on hankala saada kohdilleen. Tämän ohella jalkojen liikkuvuus nivusten alueelta oli oleellista että hahmo pystyi nostamaan jalkojaan ja kyykistymään realistisesti. Myös kaikki muut tärkeät taivekohdat, kuten polvet, kyynärtaive ja ranne vaativat enemmän huomiota.

Saatuani yleiskuvan siitä miltä hahmon topologian tulisi suurin piirtein näyttää, aloitin mallinnusurakan. Joan of Arc-tutoriaalin ohjeistuksen mukaisesti aloitin mallinnuksen jalkateristä ja tästä lähdin siirtymään ylöspäin. Jo parin tunnin mallintamisen kuluttua oli hahmon torso valmiina.



Kuva 5.

Kuten kuvasta (kuva 5) näkyy, lähdin ajatuksissani mallintamaan vartalon yksityiskohtia huomioimatta sitä että ne tulisivat jäämään vaatteiden alle. Mallintamani rinta- sekä vatsalihakset olivat turhuudestaan huolimatta oivaa harjoittelua topologian osalta, vaikka tässä vaiheessa liikaa polygoniresursseja söivätkin. Kuvasta on myös nähtävissä pohjapiirrosten anatomiavirheet, joista näkyvin on selän lyhyys, mikä saa hahmon jalat

näyttämään aivan liian pitkiltä. Pelkkää piirrosta katsellessani en pystynyt tätä havaitsemaan, minkä johdosta jouduin poikkeamaan pohjapiirroksista ja korjaamaan keskivartalon pituuden realistisemmaksi Maxissa.

Vartalon mallinnuksen jälkeen oli vuorossa pää. Aikaisempi kokemukseni pään mallintamisesta ei ollut järin miellyttävä, sillä tuolloin plane-mallintaminen johti kuoppaiseen pintaan. En osannut tuolloin millään tavoin korjata sitä, siitä huolimatta että säädin verteksejä manuaalisesti kyllästymiseen asti. Myös pään anatomia kärsi loputtomasta korjailusta. Niin aikaisemmin kuin nyt, ohjeistuksena käyttämäni tutoriaali noudatti plane-mallinnusta. Halusin ottaa tämän haasteen vastaan, jälleen kerran, ja myös selvittää siitä. Kolmen vuoden tauon jälkeen uusi yritys palkittiin ja ensimmäistä kertaa olin tyytyväinen siihen mitä olin mallintanut: lommoton ja omaan silmään tyylikkäältä näyttävä ihmishahmon pää.



Kuva 6. Hahmon pää mallinnettuna.

Vaihtamalla hahmon materiaalin värin tummemmaksi ja kiiltäväksi, pystyi mahdolliset kuopat havaitsemaan paremmin valon kimmotessa pinnasta (kuva 6). Aikaisemmalla kerralla kohtaamani ongelmat johtuivatkin juuri siitä, että jätin huomiotta materiaalin

vaihdon tärkeyden. Tällä kerralla kaikki osui kohdilleen ensimmäisellä yrityksellä ilman ylimääräistä säätämistä.

Pään valmistuttua liitettiin valmiit osat toisiinsa. Myös materiaalin vaihto mattapintaisempaan oli paikallaan, jotta hahmo näyttäisi miellyttävämmältä, sillä kiiltävälle pinnalle ei enää tarvetta ollut. Kun pää oli kiinni vartalossa, oli helpompaa keskittyä niihin ylimääräisiin osiin jotka tuli siivota pois geometriasta. Näitä kohtia olivat esimerkiksi ylävartalo joka tulisi jäämään kokonaan vaatetuksen alle, sekä varpaat jotka päättyisivät kenkien sisään (kuva 7).

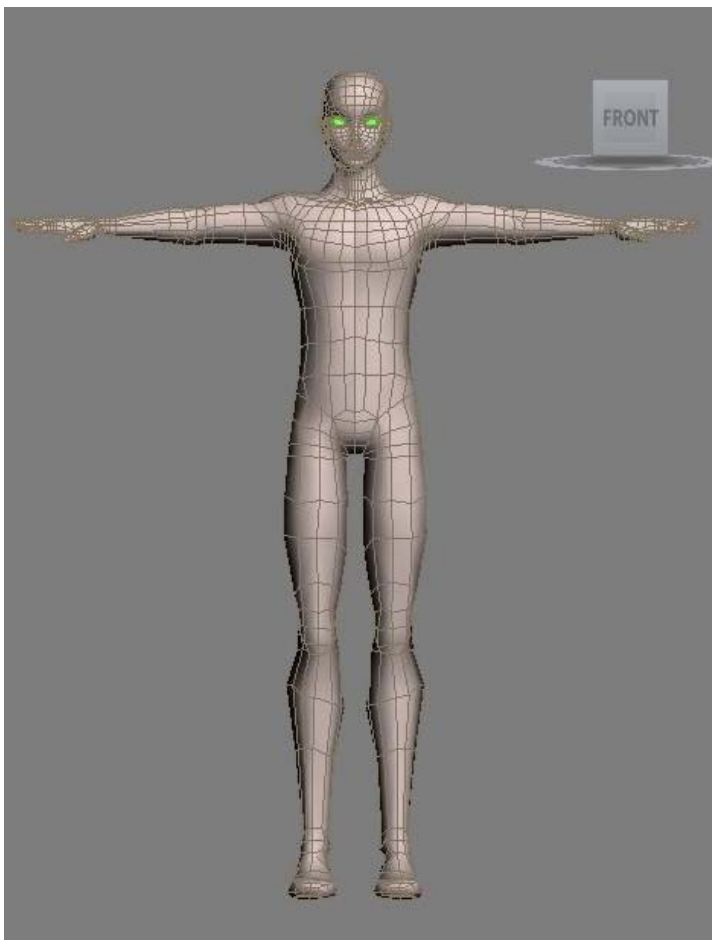


Kuva 7.

Koko mallinnusprosessin ajan pidin Maxin polygonilaskurin näkyvillä, jotta pystyin tarkkailemaan hahmon polygonimäärän kehittymistä. Halusin oman hahmoni olevan sellainen joka pyörisi ongelmitta uusimmissa pelikonsoleissa ja oletin että sallittu polygonimäärä olisi pelikonsoleissa korkeampi kuin tietokoneelle suunnatuissa peleissä. Varmistaakseni hahmon toimivuuden, pyrin pysyttelemään korkeimman mahdollisen polygonirajan sisällä, jonka Internetin lähteistä löysin. Löytämäni CGTalk-foorumin keskustelun mukaan korkein määrä uuden sukupolven pelikonsolille, kuten PlayStation 3 ja Xbox 360, polygonimäärä olisi 10–15 tuhatta (CGTalk 2007, verkkodokumentti). Huomioon tuli kuitenkin ottaa mahdollinen muu ympärillä oleva maailma ja ympärillä

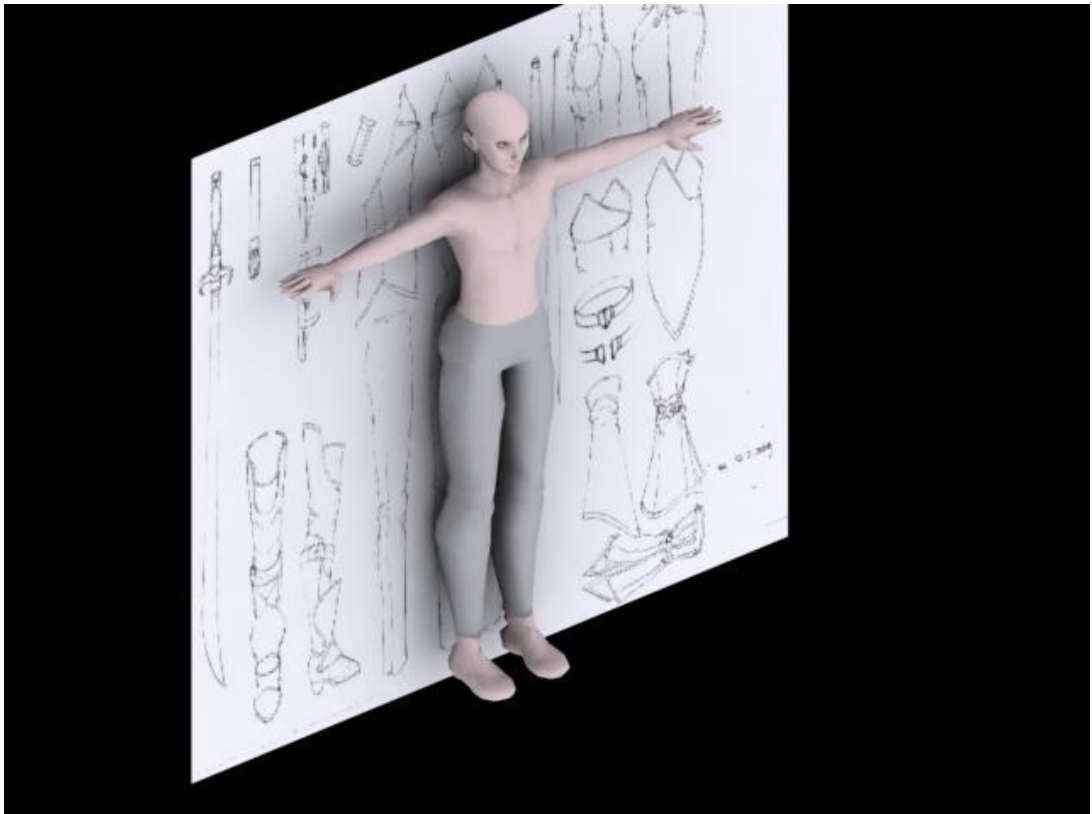
olevien mallien polygonit, sillä hahmo ei olisi maailmassa yksin tyhjyyden keskellä. Kaikki tulisi vaikuttamaan kaikkeen. Vielä mallinnuksen ollessa tässä vaiheessa olin pitänyt päällä Mesh Smooth-modifieria jotta pinnan muotojen ongelmakohdat olisivat helpommin havaittavissa, mutta kyseinen modifier kuitenkin heitti polygonien määrän taivasiin. Tästä johtuen tuli etsiä pelihahmoille sopiva, geometriaa lisäämätön vaihtoehto pinnan tasoitukseen.

Ratkaisua tähän etsiessäni löysin oivan lähteen pelimallinnukseen liittyen. Kyseessä oli Epic Gamesin foorumi joka keskittyi pelien geometrian tuottamiseen. Foorumeilta löysin itselleni täydellisen viestiketjun joka käsitteli samaa ongelmaa joka itsellenikin oli: hahmon polygonimäärän nousu Mesh Smooth-modifierin käytöstä johtuen. Ratkaisuksi tarjottiin smoothing groupeja, jotka säilyttävät polygonien määrän samana kun hahmon perusgeometria on, tasoittaen pintaa (Epic Games Forums 2009, verkkodokumentti). Testasinkin oitis smoothing groupien toimivuutta (kuva 8).



Kuva 8. Hahmo smoothing groupattuna.

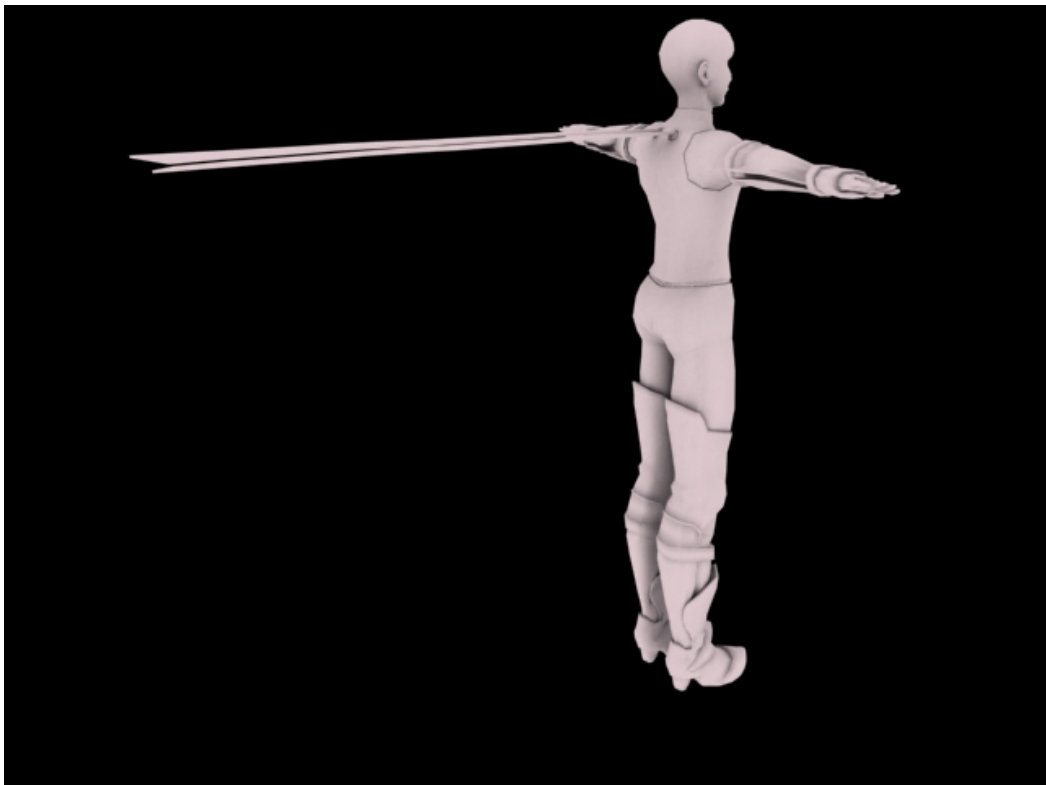
Vaatteita en vielä ollut aikaisemmin yrittänyt mallintaa hahmolle. Ajatuksia ja ongelmakohtia herätti etenkin mallinnustapa. Olisivatko vaatteet mallinnettava erillisinä vaatekappaleina jotka vain laitettaisiin seuraamaan vartaloa, vai pitäisikö niiden olla osa vartalon geometriaa? Tätä pohdiskellessani tulin siihen tulokseen että vaatteet pitäisi olla hahmossa kiinni, mikä madaltaisi polygonimäärää verrattuna toiseen vaihtoehtoon. Ei myöskään ollut millään tavoin olennaista että hahmon olisi ollut tarve ottaa vaatteitaan pois itse pelissä, joten päätöksen vaatetuksen osalta tein tähän perustuen. Pysyin siis alkuperäisessä suunnitelmassa ja käytin aikaisemmin luomaani vaatetuspiirrosta pohjapiirroksena vaatetuksen mallintamiselle (kuva 9). Tämän vaihtoehdon valintaan liittyi seurauksensa ja jouduin muokkaamaan hahmon vartalon geometriaa tietyiltä osin vaatteisiin sopivaksi.



Kuva 9. Vaatteiden pohjapiirrosten asettelu ja ensimmäinen vaatekappale.

Vaatteiden mallinnuksen aloitin valitsemalla vaatekappaleelle sopivan alueen polygonit ja extrude-toiminnolla kohotin pintaa sen verran, minkä kuvittelin olevan riittävä kattamaan vaatteiden korkeuden ihosta. Vaatepiirros toimi ääriviivojen määrittäjänä ja muuten vaatteet mallinsin sellaisena minkä näin hahmolle sopivana, joskin alkuperäisiä suunnitelmia noudattaen. Tämän johdosta vaatteet eivät olleet täsmälleen piirroksessa

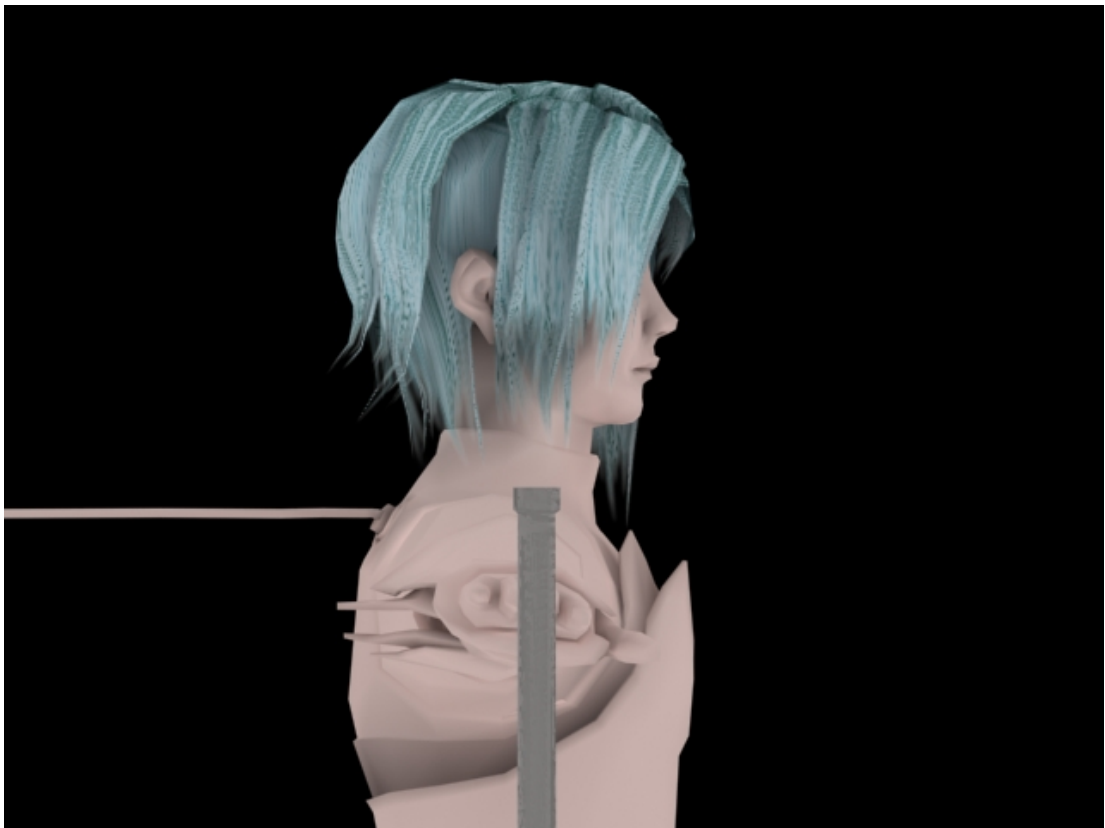
kuvatun mukaiset, vaan mukautuivat tilanteen mukaan sellaisiksi minkä mallinnustekniikkani salli. Housut olivat ensimmäinen mallinnettu vaatekappale sillä vaatekerroksissa ne tulisivat jäämään alimmaisiksi. Kaikkein hankalin mallinnettava vaatekappale oli hahmon saappaat. Hankalaksi saappaat osoittautuivat etenkin siinä vaiheessa kun kenkäosa piti liittää osaksi säärtä, sillä kengän geometria ei osunut aivan kohdilleen säären kanssa. Tätä aikani säädettyä onnistuin liittämään kengän etuosan sääreen. Ongelmallisen yhdistyskohdan piilotin kengän etupuolella olevan läpän taakse, jossa kolmikulmioilla ja muilla ongelmilla ei niin suurta merkitystä ollut. Kohdattuani suurimmat ongelmat kenkiä mallintaessa, selvisin helpommalla saappaiden jälkeen mallinnetuiden vaatekappaleiden osalta. Loput vaatetuksesta valmistuikin vauhdilla (kuva 10).



Kuva 10. Hahmon vaatetuksen mallinnus loppusuoralla.

Vaatteiden valmistuttua tuli lisätä hahmolle hiukset. Olin jo aikaisemmin löytänyt inspiroivan tutoriaalin hiusten rakentamiseen ja sain aikaa perehtyä siihen tarkemmin (Paul Tosca 2006-2007, verkkodokumentti). Hiukset tulisi mallintaa planeina ja mallinnusta helpottaa jos hiusplaneissa on jonkinlainen tekstuuri, jotta hiusten latvaraja on nähtävissä. Tekstuuriin siis tarvitsee alphanavan jotta latvat saataisiin näkyviin. Brushasin Photoshopissa hiusliuskaehdokkaita joita sovittelin hahmolle päähän.

Ollakseen tarpeeksi luonnollisen näköiset, on hiusplaneja oltava tarpeeksi paljon, mikä kasvattaa polygonimäärää melkoisesti. Pään alueen ollessa hiusplaneilla vuorattu, voi niiden muotoa muokata luonnollisemmaksi ja alkuperäisen suunnitelman mukaiseksi (kuva 11). Alpha-kanava voi tuottaa pieniä ongelmia alphan, eli läpinäkyvyyden toimivuuden kanssa, sillä materiaalin asetuksista sekä valaistuksesta riippuen koko hiusplane saattaa heittää hahmon päähän varjoja. Tarkoittaen siis sitä että varjoissa alfaa ei huomioida koska pohjageometria on tasainen levy. Nämä ongelmat voidaan korjata materiaalin asetuksilla joissa määritellään varjojen toimintaa.



Kuva 11. Hahmon hiukset valmiiksi mallinnettuna, minimaalisia säätöjä vailla. Etualalla näkyvissä hahmon miekka jonka mallinsin sen koon havainnollistamiseksi.

3.2.1 High poly-version mallinnus ZBrushissa

High poly-versiota käytetään peligräfiikassa pohjana normaalikartan luomiselle. High polyn mallinnus tarkoittaa sitä että aikaisemmin mallinnetulle low-poly hahmolle voidaan lisätä sellaisia yksityiskohtia, joiden mallinnus veisi liikaa polygoniresursseja. Valmiista high poly-mallista voidaan tallentaa normaalikartta, joka voidaan viedä ulos ohjelmasta tekstuurikäyttöä varten. Normaalikartta ei nosta hahmon geometrian määrää, vaan tallentaa pinnan syvyys- ja korkeusvaihtelut tasaiselle planelle, joka

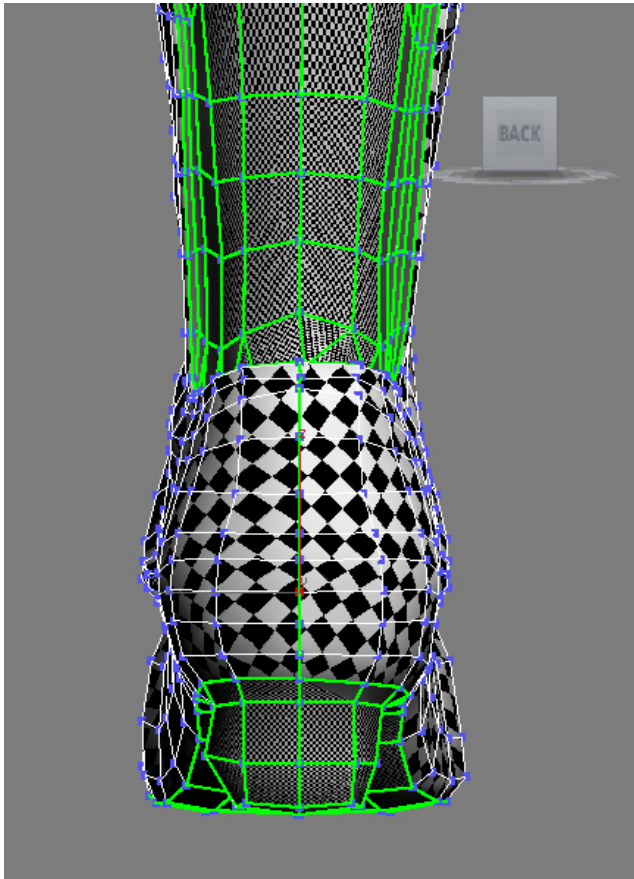
voidaan levittää tekstuuriksi hahmon pintaan. Mahdollisia vaihtoehtoja high-poly mallien tuottamiseen ovat esimerkiksi Autodeskin Mudbox, sekä Pixologicin ZBrush, joista omaan käyttööni valitsin ZBrushin.

Ennen varsinaisen veistelyn aloittamista ZBrushissa, tuli hahmo ensin unwrapata. Tämä sen johdosta, että valmiin high polyn avulla tulitaisiin tekemään hahmon normaalikartat, jotka pitäisi saada levittymään hahmon päälle oikeille kohdilleen. Unwrappauksessa määritellään objektin - eli tässä tapauksessa hahmon - UVW-koordinaatit, jotka kertovat mihin kohtaan tekstuurit sijoittuvat. Mikäli unwrappausta ei erikseen tee, on edessä ongelma joka muistuttaa unwrappauksen tärkeydestä. Unwrappaamattomalla hahmolla ei ole UVW-koordinaatteja joten tekstuuri ei voi pintaan levittyä halutulla tavalla. Jotta hahmolle tulevien normaalikarttojen toimivuus voitaisiin taata, on ensin Maxissa selvitettävä mihin kohtiin haluaa tarkkoja yksityiskohtia ja mitkä kohdat voi jättää vähemmälle huomiolle. Unwrapatessa määritellään myös saumakohdat hahmolle tulevia tekstuureja varten, sekä tekstuureille varattu tarkkuusaste (Waylon Brinck 2005, verkkodokumentti).

UVW-kartoitusta laatiessani pohdin hahmoni tärkeimpiä osia joiden tuli näkyä selkeästi. Tärkeimpänä osana hahmoani koin hahmon kasvot, joiden yksityiskohtien tuli olla selkeitä. Hahmon ylävartalon vaatetuksessa olleet yksityiskohdat myös vaativat tarkkuutta. Housut sen sijaan olivat vähemmän merkityksellisiä ja kengät jotain tarkan ja epätarkan väliltä. Määriteltyäni itselleni tärkeimmät detaljialueet hahmossani, oli keskittyminen varsinaiseen unwrappaukseen helpompaa. Unwrapatuissa mapeissa ne alueet joille on tarkoitus tulla tarkempia yksityiskohtia, ovat kooltaan suurempia ja vähemmän tärkeät alueet pieniä.

Unwrapatessa oiva apu on shakkiruututekstuurin asettaminen hahmolle, jolloin ruutujen muoto havainnollistaa lopullisen tekstuurin levittymistä pinnalle. Ruutujen siis tuli olla ruudun muotoisia, suunnikkaiden tai muiden epämääräisten nelikulmioiden sijaan. Lähtökohtaisesti kappaleille määritetyissä saumakohdissa shakkiruutukuvio katkeaa ja ruudut eivät enää jatku ruutuina. Nämä kohdat vaativat erityistä huomiota, mikäli tekstuurien haluaa jatkuvan yhtenäisenä saumakohdan yli (kuva 12). Shakkiruututekstuurin levittymistä kontrolloidaan muokkaamalla UVW mapeja UVW Unwrap-modifierin "Edit" nappulan kautta. Hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi mappien muokkaaminen on pääosin tehtävä manuaalisesti verteksejä liikuttamalla,

vaikka Edit UVVs-ikkunan tools-valikosta löytyvä Relax-työkalu onkin oivallinen apu joka auttaa ruutujen neliöksi muuttamisessa.



Kuva 12. Esimerkki UVV mappien muokkaamisesta kengän takapuolen saumakohdasta. Ruutukuvio jatkuu keskellä olevan saumakohdan yli ja alalaidassa on nähtävillä kuvion jatkumattomuus.

ZBrushissa mallintaakseen on tallennettava muokattavasta mallista .obj-tiedosto, joka tuodaan sisään ohjelmaan. Yksityiskohtien lisääminen tapahtuu "veistämällä" alkuperäistä mallia ja siten toiminta poikkeaa Maxin vertekseihin perustuvasta mallinnuksesta. Yksityiskohtien mallinnus perustuu yhteensä kuudella tasolla tapahtuvaan hienosäätöön subdivisionien turvin, jossa taso 1 on matalin, eli vähiten geometriaa sisältävä taso ja 6 kaikkein yksityiskohtaisin (kuva 13). Subdivision-toiminto lisää objektin geometriaan lisää polygoneja. Yhdestä polygonista siis muodostuu useampia polygoneja (Pixologic 2007, verkkodokumentti). Geometrian lisääntyessä yksityiskohdat tarkentuvat.

Sen sijaan, että siirtyessä tasoilla ylöspäin, kaikkein alhaisin taso katoaisi, ZBrush muistaa aikaisemmat tasot. Tämä mahdollistaa tasoilla siirtymiset taaksepäin, mikäli jotain haluaa korjata alemmilla tasoilla. Alemmilla tasoilla tapahtuvat säädöt ovat

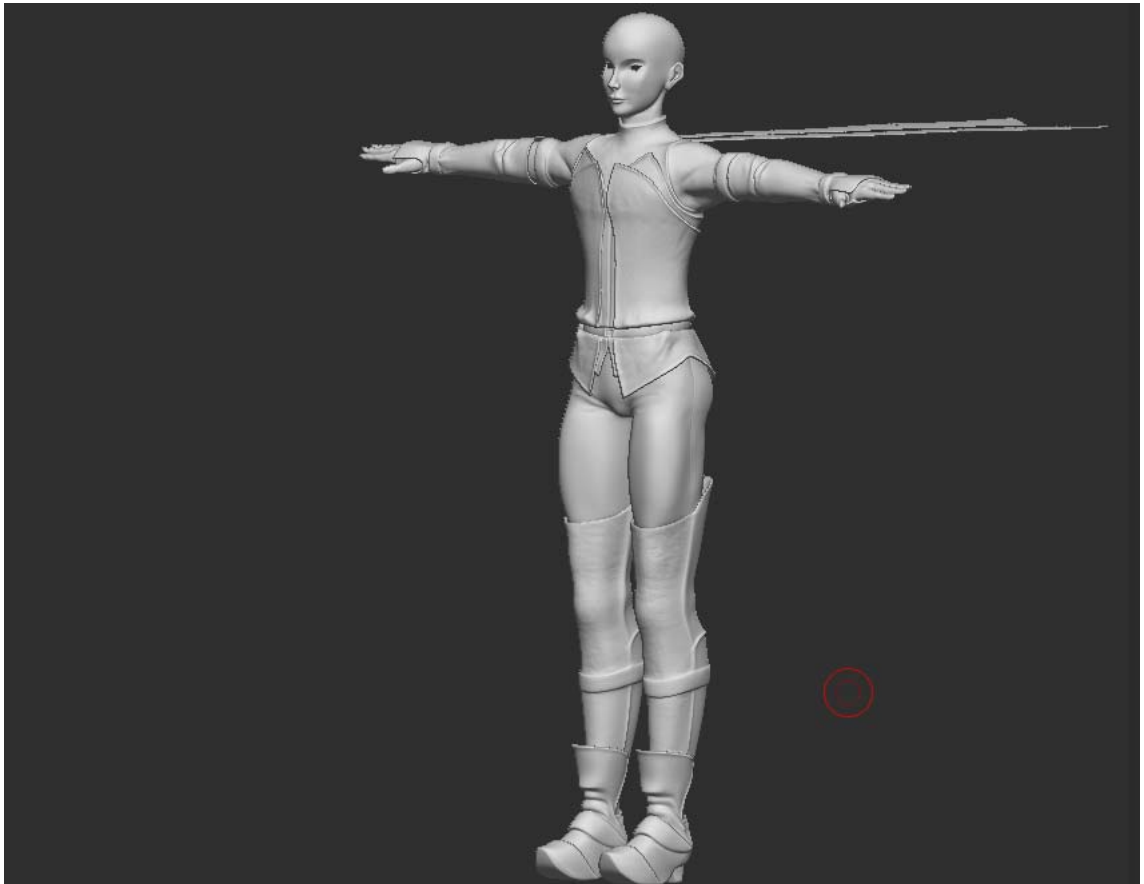
suuripiirteisempiä kuin korkeilla tasoilla, ja siten suuret pinnan korkeusvaihtelut on hyvä tehdä matalammilla tasoilla. Alhaisemmilla tasoilla tehdyt muutokset näkyvät korkeammilla tasoilla. (Pixologic 2007, verkkodokumentti)



Kuva 13. Subdivision-tasojen geometriavaihtelut. Ensimmäisenä kengät subdivision-tason ollessa 1, toisena taso 3 ja viimeisenä korkein, taso 6. Muutos ensimmäisen ja viimeisen geometrian välillä on suuri.

Yksityiskohtien lisääminen tulisi aloittaa matalimmalta tasolta, jossa esiin tuodaan pinnan korkeusvaihtelut suuripiirteisesti. Koska ensimmäinen taso sisältää hahmon perusgeometrian, ei muutoksia tarvitse alimmalla tasolla tehdä, ellei tarvittava korkeusvaihtelu ole niin suuri että se olisi parempi tehdä kontrolloimalla alimman tason suurempia polygoneja. Pinnan kohottaminen ja sisään työntäminen tapahtuu sivellintä käyttäen, kuten esimerkiksi Photoshopissa. Sivellin kohottaa tai työntää sisäänpäin allensa jääviä verteksejä ja siten yhtä yksittäistä verteksiä voidaan kontrolloida vain sivellimen ollessa erittäin pieni. Tasolla 2 hahmon geometria lisääntyy subdivisionin ansiosta jo sen verran, että tasolla voidaan tehdä enemmän töitä ja lisätä laajimpia korkeusvaihteluita.

Kun suuremmat kohoalueet on määritelty, voidaan hahmotella pintojen yksityiskohtia tarkemmin, esimerkiksi vaatteiden rypytyksiä. Rypytyksien luomiseen käytin apuna havainnollistavaa videotutoriaalia, jossa kuvattiin vaatteiden rypyjen tyyli ja se miten kankaan tyyppi vaikuttaa siihen miltä rypyt pinnassa näyttävät (Klein 2009, verkkodokumentti). Ensin luodaan rypyjen kohovaihtelut jonka jälkeen rypyjen päädyt nipistettiin yhteen, jolloin rypytyks näytti realistisemmalla. Kolmiulotteisen mallin vaatetuksen pintadetaalit koin tärkeäksi tavoitellessani realistista ulkonäköä.



Kuva 14. Valmis high poly-malli.

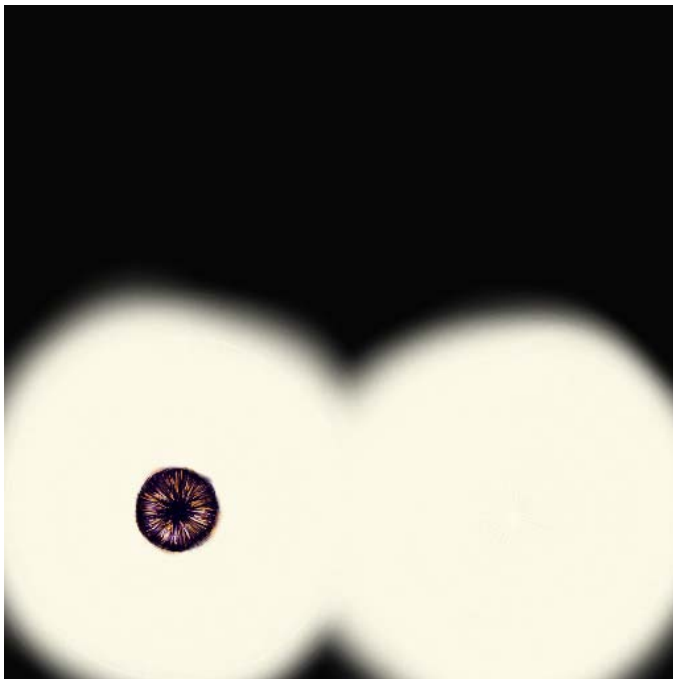
Kaiken tärkeän veisteltyäni, viimeistelin lopputuloksen raaputtamalla korkeimmalla tasolla hahmon pintaan tekstuuria niihin kohtiin vaatedusta, jossa materiaali kaipasi lisäilmettä ja yksityiskohtaisuutta pintaan. Tällaisia kohtia olivat nahkaremmit ja kengät. Viimeistelin myös kasvojen yksityiskohdat kuten kulmakarvat, silmien ympärykset ja huulet, minkä jälkeen high poly-malli oli valmis. Tämän jälkeen tallensin ZBrushin mahdollistamana normaalikartan talteen hahmoni high poly-versiosta odottelemaan teksturointia. Varustuksen läpikäymistä muutoksista huolimatta valmis high poly-malli alkoi jo muistuttaa sitä mitä alun perin olin lähtenyt tavoittelemaan: yhdennäköisyyttä alkuperäiseen hahmoon (kuva 14).

3.3 Teksturointi

Aikaisemmin olin tutustunut ainoastaan UVW mapittomaan teksturointiin, hitaasta työskentelytavastani johtuen. Siksi olin odottanut hahmon teksturointiosuutta hartaasti, sillä ensimmäistä kertaa saisin käyttää tarvitsemani ajan siihen, ja hahmoni osalta oli

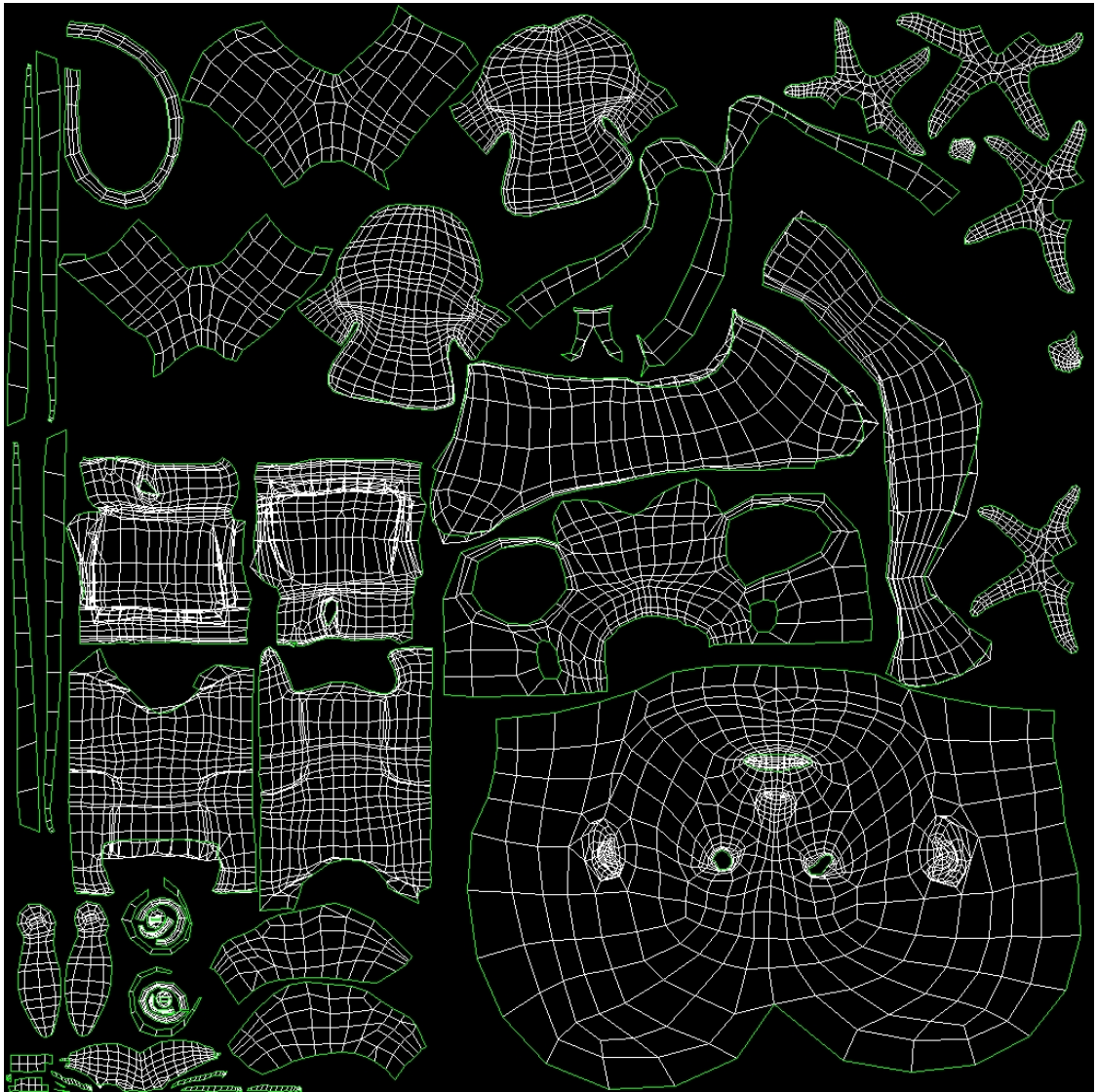
erittäin olennaista opetella UVW mappauksen vaikutukset teksturointiin. Tekstuurit tulisivat tekemään hahmosta sen, keneksi hänet oli suunniteltu ja loisivat enemmän persoonallisuutta.

Heti ensi alkuun teksturoin hahmon silmät, sillä niitä saatoin käyttää yksinkertaisen UVW mapin johdosta koekaniininani väritystapaa testatakseni (kuva 15). Photoshopin tarjoamien värikorjaustyökalujen avulla pystyin vielä kokeilemaan värivaihtoehtoja läpi, mutta päädyin alkuperäisiin violetteihin silmiin.



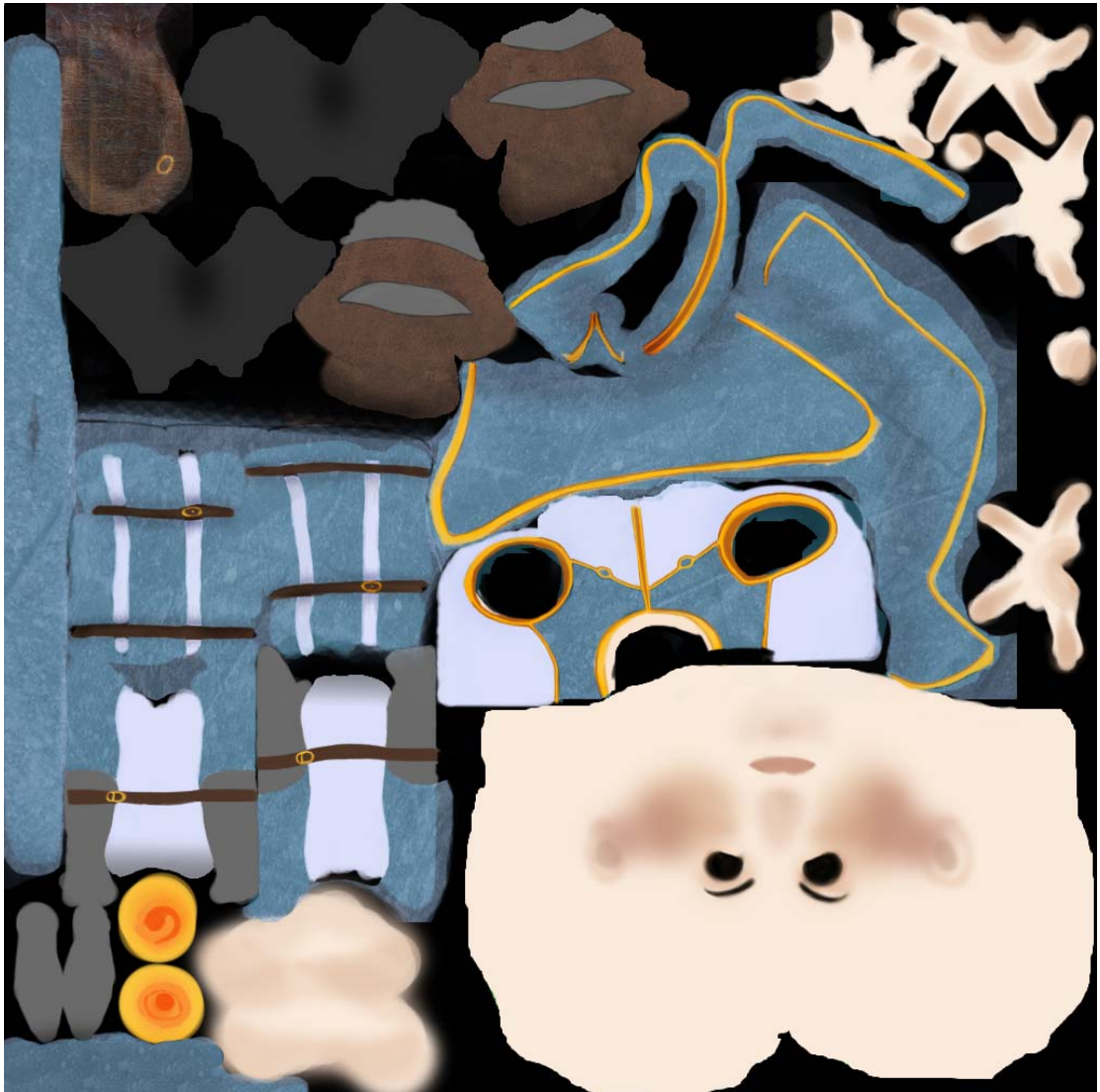
Kuva 15. Ensimmäinen teksturi-koekaniini.

UVW-karttojen ollessa valmiina high poly-mallin valmistelujen jäljiltä, oli renderöitävä mappi ulos ja katsoa kuinka väritys olisi toteutettavissa. Seuraavassa kuvassa on näkyvillä valintani UVW mappien asettelun suhteen (kuva 16). Kuten kuvasta näkyy, joidenkin varusteiden UVWt olivat muodoltaan hankalia shakkiruutukuvion kanssa säätämisen seurauksena, minkä johdosta erilliset kappaleet tuntuivat lainehtivan pitkin renderöityä mappia. Esimerkiksi paitakappaleiden osat näyttivät haastavilta värityksen kohteilta muodostaan johtuen.



Kuva 16. Hahmon vartalon UVW map valmiina Photoshopattavaksi.

Tekstuurien väritys koostui pääosin tasaisista väripinnoista joita en paljoakaan suunnitellut tyylitteleväni, jotta saisin tekstuurin jatkumaan tarpeeksi yhdenmukaisena saumakohtien yli. Sinisten vaatekappaleiden päälle käytin Internetin CG Textures-tekstuuripankista löytämäni jää-tekstuuria, ja nahkaisten osien päälle nahka-tekstuuria luomaan hieman mielenkiintoisempaa pintamateriaalia. Valmis väritetty vaatteiden diffuusi-tekstuurimappi näyttää seuraavanlaiselta (kuva 17):



Kuva 17. Hahmon diffuusi-kanavan tekstuuri.

Väritetyn diffuusitekstuurin lisäksi hahmo tarvitsi vielä kokonaisuuden kruunaamiseksi päälleen normaalikartan, jonka jo aikaisemmin olin renderöinyt ZBrushista ulos luomaan illuusion pinnan korkeusvaihteluista. Lopuksi säädin vielä käsin UVW mappeja verteksi verteksiltä, jotta kaikki varmasti osuisi kohdilleen. Normal mapin tekstuuri kun ei aivan yksi yhteen diffuusikartan kanssa osunut ja säätämistä oli UVW-karttojen lisäksi myös Photoshopissa. Tekstuureiden ollessa kohdallaan muokkasin diffuusikarttaa sen verran että sain sen pohjalta muokattua speulaarikartan joka määrittäisi kiiltävät pinnat. Tämän kaiken valmistuttua pääsin ottamaan ensimmäiset kunnolliset rendit hahmosta asusteineen, joskin ilman aseistusta (kuva 18).

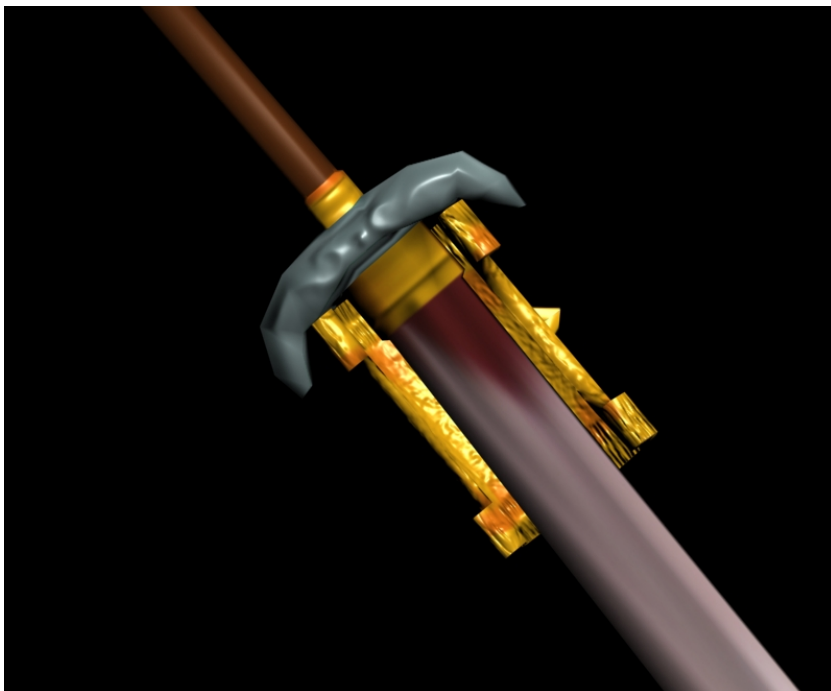


Kuva 18. Hahmo teksturoituna.

Jo hyvin aikaisessa vaiheessa olin tehnyt erittäin karkean version hahmolle tulevasta miekasta, hahmottaakseni sen kokoa hahmoon verraten. Koska jo tässä vaiheessa itse hahmon polygonimäärä oli ylittänyt tuon 15 000 polygonia, en halunnut aseesta enää tehdä yhtään monimutkaisempaa, vaan toivoin high poly-version normaalikarttoineen luovan tarpeeksi hyvän illuusion yksityiskohtaisemmasta geometriasta. Miekan pidike kuitenkin puuttui ja oli mallinnusta vaille. Kuten miekka, myös pidike oli mallinnettava erittäin rajoitetulla geometrialla, jonka vuoksi mielikuvituksellisuus kärsi. Päätin pidikkeen olevan kiinni hahmon vyössä, vaikken mitään vyöhön lukkiutuvaa kappaletta mallintanutkaan. Oletin ettei kukaan kuitenkaan kyseenalaistaisi niiden paikallaan pysyvyyttä (kuva 19 ja 20).



Kuva 19. Miekka pidikkeineen kävi lävitse saman kartoitusoperaation kuin hahmon vartalo.



Kuva 20. Miekkan ja pidikkeen normaali- ja spekularikartat renderöinnin jälkeen.

Viimeisenä mallintamanani kappaleena olivat hampaat. Päämääränäni oli saada jonkinlaiset kappaleet hahmon suuhun, jotta suun avaus onnistuisi ilman, että suun sisällä ammottaisi musta tyhjiys. Hampaat mallinsin hahmolle boksista, johon lisäsin geometriaa cut-työkalun avulla, ja sitten extrudea käyttäen venyitin reunustan polygoneista hampaat.

3.4 Riggaus eli luuston luominen

Hahmoa rigatessa, luodaan hahmolle luusto jonka turvin animointi tapahtuu. Rigi, eli luusto voidaan Maxissa luoda joko alusta lähtien itse bone-objektien turvin, tai sitten valmiilla luurangolla, bipedillä, jota käyttäessä säästyy luiden mallinnukselta ja luiden linkityksiltä. Ennen mallinnuksen aloitusta olin vahvasti sitä mieltä, etten missään nimessä tulisi käyttämään Maxin bipediä hahmon luurankona. Olin vakuuttunut siitä että custom rigi, eli itse mallinnettu luusto, olisi ollut paljon toimivampi hahmon liikeratoja ajatellessa, ja ehkä olisi ollutkin. Kaikesta huolimatta päädyin kuitenkin luomaan bipedin ja käytin lisäksi muutamaa laatikkoa hahmon selkäpuolen liehuville kappaleille.

Bipediin päädyin sen vuoksi, että harkintojen jälkeen tiesin sen mahdollisuuksien olevan riittävät omalle hahmolleni. Esimerkiksi käsivarsien twist linksit olivat se asia, joiden toteuttamisesta tai toimivuudesta minulla ei ollut kokemusta, kun kyseessä olisi custom rigi. Twist linksit ovat käteviä rotatoidessa ruumiinosia, kuten käsiä ja jalkoja, joten halusin ehdottomasti käyttää näitä (Bousquet & McCarthy 2006, 22). Twistejä käyttäessä voidaan välttää animaatio- ja skinnausvaiheissa mahdollisesti esiintyvät häiritsevät deformaatiot kyseisten kohtien osalta, jotka 3D:n alkutaipaleella tuntuivat olevan jatkuva riesani.

3.5 Skinnaus

Hahmon luuston liittämistä geometriaan kutsutaan skinnaukseksi. Tämä on verrattavissa oikeaan ihmisruumiiseen, jossa lihat ovat kiinni luussa. Skinnauksen onnistuminen on tärkeää lopullista animaatiota luodessa, sillä skinin, eli hahmon nahan on oltava toimiva, mikäli haluaa hahmon lihojen pysyvän kohdillaan. Jos skinnauksen

tekee puoli huolimattomasti, voi olla varma siitä että animaatiovaiheessa tulee ongelmia hahmon deformatiivissa ongelmallisesti, ja pintaan tulee ruttuja.

Skinnausta aloitellessani koin kiinnostavaksi pohdiskelun aiheeksi hahmon vaatimat liikeradat. Olin jo luonnosteluvaiheessa mietiskellyt näitä ja testaillut oman kehon osien, kuten käsien ja selän kykyjä taipua äärimilleen. Ihmetystä tuotti etenkin se, etten koskaan aiemmin ollut pistänyt merkille sitä ettei käsi käänny ranteesta kuin ylös ja alas, varsinaisen sivurotaation tapahtuessa kyynärvarressa. Liikeratoja mietin ainoastaan sen vuoksi, että usein mieleni on tehnyt skinnata hahmo mitä eriskummallisimpiin suorituksiin kykeneväksi, mikä ei hahmolle ole lainkaan tarpeellista, saati sitten luonnollista. Niinpä tämän hahmon halusin kykenevän meidän maailmamme ihmisten realistisiin suorituksiin, joskin hieman laajennetussa mittakaavassa.

Omaan kokemukseen perustuen, useimmiten skinnatessa hankalimmat kohdat ruumiissa ovat olkapäät. Mallintaessaan hahmon kädet levällään sivuilla, ovat olkapäät tuossa kyseisessä tilassa koholla ja kun hahmon pitäisi laskea kädet, laskeutuvat myös olkapäät hieman alemmas kuin niiden pitäisi. Otin tämän seikan huomioon jo mallinnusvaiheessa ja mallinsinkin olkapäät hieman korkeammiksi jotta ne laskeutuisivat luonnollisemmin alas. Myös luiden vaikutusalueiden laatiminen vei aikansa, sillä tämä tapahtui olkapään seudun osalta suurimmaksi osaksi kokeilujen kautta. Esimerkiksi käden luonnolliseen ylösnousuun asetin vaikuttamaan kaulan, solisluun, ylemmän käsivarren luun sekä kaksi ylintä selän luupalaa. Koska huomioon tuli ottaa muutkin liikkeet kuin vain käden ylös nosto, oli verteksien painotukset näiltä kohdin säädettävä käsin testausten kautta, jotta hahmon yläruumis pystyisi liikkumaan ilman käsivarsien verteksien elehtimistä.

Varsinainen skinnaaminen hahmoni osalta tapahtui perusanimaatioiden animoimisen ohella. Ennen varsinaisia animaatioita tein joitakin testianimaatioita, mutta mieleeni eivät tulleet kaikki mahdolliset asennot joihin hahmoni oli tarkoitus kyetä vääntymättä sijoiltaan. Tästä johtuen hoidin skinnauksen sitä mukaan kun tarpeelliset asennot liikkeiden myötä tulivat vastaan. Olennaista oli että hahmo pystyy juostessa vetämään käden taakse koukistettuna ja tuomaan sen suoraksi eteen. Kun olkapään deformatiivisuus juoksuliikkeessä oli määritelty, oli hankalin kohta kunnossa.

Hahmon kyykistymisen seuraamisen hoidin testianimaation turvin. Varsinaista kyykkyasentoa ei hahmon animaatiopakettiin tullut, mutta kaikesta huolimatta halusin

hahmon olevan kykeneväinen siihen, sillä kyykyn kaltainen lantion alueen deformatuminen olisi kätevää hyökkäysliikkeitä ajatellen. Kyykkyasennon skinnaus toimi oivallisena hahmotuksena hahmon vaatimasta äärimmilleen viedystä alaruumiin deformatumisesta. Kun kaksi hankalinta paikkaa, olkapäät ja lantion seutu oli skinnattu, oli loput skinnausoperaatiosta edellä mainittuihin verrattuna yksinkertaista. Loppusuora hahmon valmistumisen kannalta alkoi lähestyä.

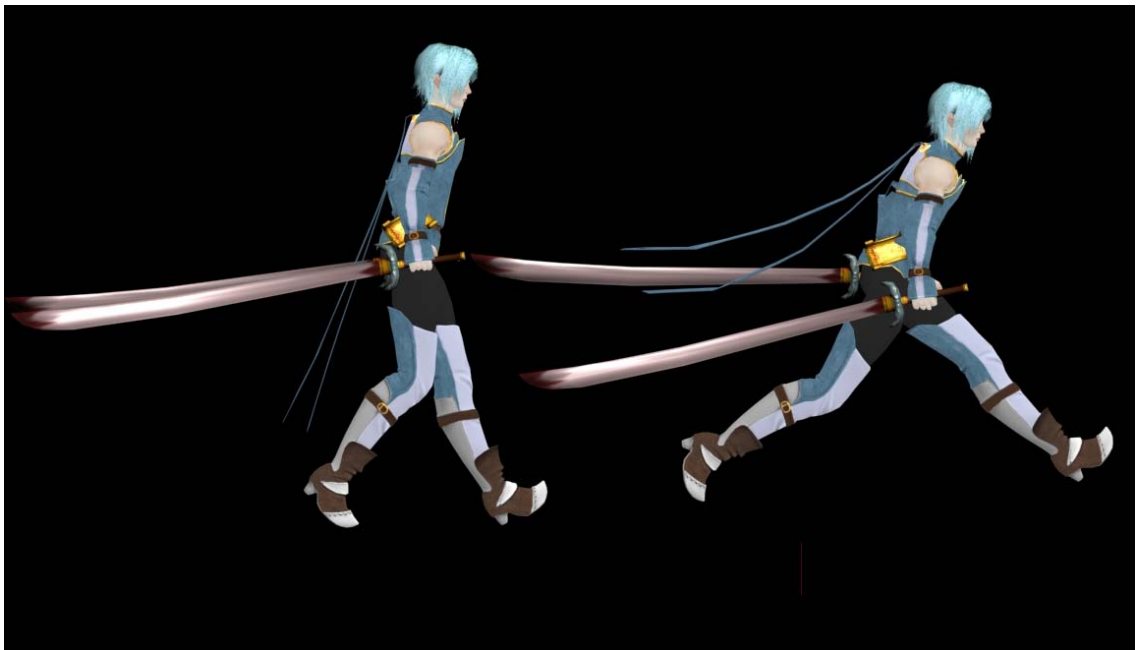
3.6 Hahmon animaatiot pelimoottoria varten

Hahmon animaatioita suunnitellessani mietin, mitä liikkeitä hahmo tarvitsisi pelimoottorissa toimiakseen. Perusanimaatioita hahmolleni tulisi olemaan kävely, juoksu, miekkojen kanssa kävely sekä miekkojen kanssa juoksu. Tämän lisäksi halusin että hahmolla olisi jokin hyökkäys tai useampi, joissa miekkojen käyttö demonstroituisi, sekä myös animaatio jossa hahmo seisoskelee paikallaan.

Hahmoni liikehdinnästä en ollut suunnitellut tulevan tietyn tyyppistä, joka tekisi liikkumisesta persoonallisen ja identifioitavan. Halusin että hahmo on reipas nuori mies jolla ryhtiseikat ovat kunnossa. Niinpä kävely on suhteellisen normaali, joskin verrattavissa omaan kävelytapaani josta mallia otin. Juoksussa on hieman enemmän liikehdintää ja liioittelua liikeratojen osalta ja halusin juoksun olevan selkeästi vauhdikkaampaa (kuva 21). Koska hahmolle oli tarkoitus tulla vielä animaatiot miekkojen kanssa kävelystä ja juoksusta, oli nämä helppo animoida sen jälkeen kun niiden perusversiot oli jo animoitu. Näiden osalta ainoastaan ylävartalon liike kaipasi muokkausta jotta se soveltuisi siihen seikkaan, että kädet eivät voineet kauhoa ilmaa samalla tavoin kun normaalisti. Muutoin käsien liikehdintä olisi liian villiä ottaen huomioon sen, että hahmolla oli käsissään pitkät metallikappaleet. Niinpä kävelyanimaatiossa kädet liikkuvat hieman luontevammin koska liike on rauhallista, kun taas juoksussa niiden liike on minimoidumpaa (kuva 22). Animaatiota katsellessa tosin miekkojen paino käy mietityttämään, josko niiden kantaminen niin yksinkertaista on, miltä animaatiossa näyttää.



Kuva 21. Kävelystä juoksuun.

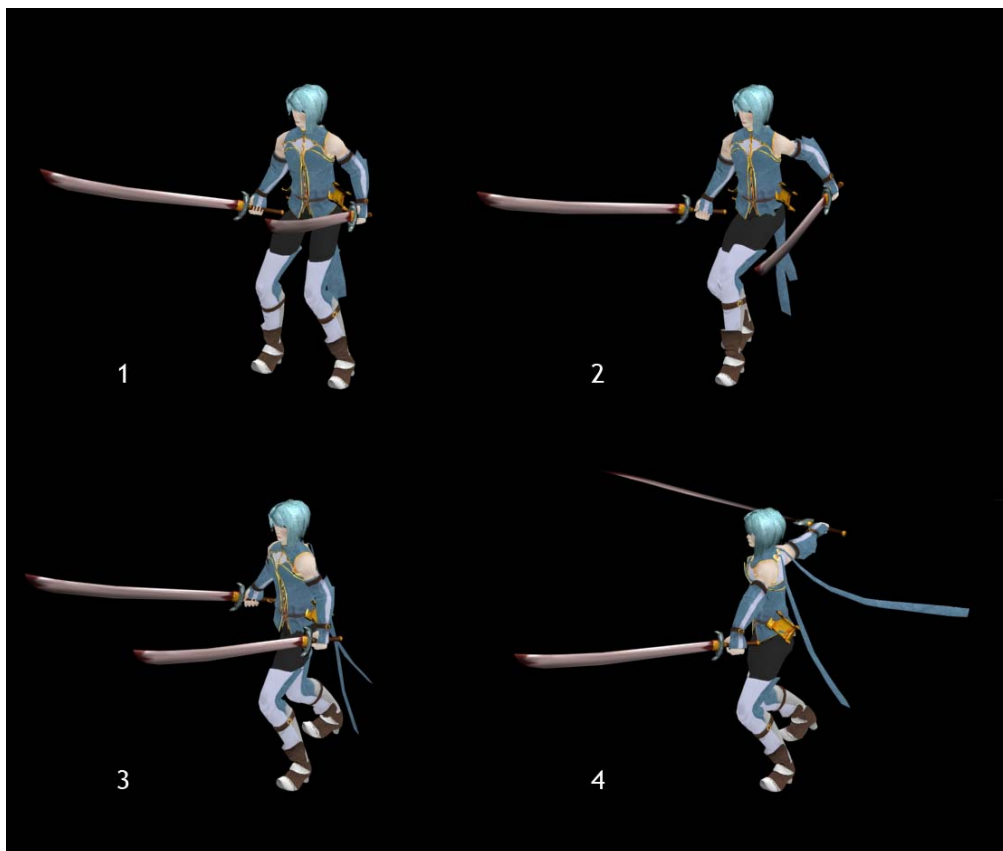


Kuva 22. Kävelystä juoksuun, kera miekkojen.

Ennen kun pääsin miekkojen hyökkäyksiä työstämään, oli keksittävä jokin tapa miten pitkät miekat saataisiin siirrettyä hahmon etupuolelle. Perusasennossa hahmon miekat ovat lantion molemmin puolin, terä osoittaen taaksepäin ja kohti maata. Terät tuli saada hahmon etupuolelle osoittamaan eteenpäin. Hahmon pitäessä miekkoja kädessään kävelyssä ja juoksussa, osoittivat peukalot eteenpäin. Miekkoja ei siis voinut tuoda eteen sivukautta. Niinpä testailin testikappaleeksi löytämälläni koronakepillä tapaa jolla pitkän esineen saisi siirrettyä eteen luontevasti, ja havaitsin alakautta tuomisen toimivaksi. Lisätakseni jotain kikkailua touhuun, animoin hahmon heittämään

miekat edessään ympäri siten että miekat pyörähtävät ilmassa ympäri ja teräpuoli laskeutuu kätevästi kohti maata. Peleissä kun kaikki on mahdollista ja pelihahmojen taitavuutta ei kyseenalaisteta. Tarkoitukseni oli vielä tehdä animaatio jossa hahmo ottaa miekat irti pidikkeistään ja suunnitelmakin tälle oli valmiina. Animaatioiden määrä tosin paisui ajatuksissani loputtomasti, joten oli pakko tiputella vähemmän tarvittavia animaatioita pois. Suunnitelmassa miekat ponnahtivat vieterin tavoin irti pidikkeistään jotta miekkojen irrottelu ei kestäisi liian kauan tiukan tilanteen tullen.

Hyökkäysanimaatioita tein lopulta vain yhden (kuva 23 ja 24). Tässä animaatiossa hahmo pistää miekalla eteenpäin, ja hyökkäyksen päätteeksi hakkaa toisella miekalla olan yli. Lopulta pelimoottoriin tulevia animaatioita miettiessäni en tätä yhtäkään saanut mahdutettua lopullisiin esitettäviin animaatioihin. Enhän voinut laittaa hahmoa pelimoottoriin huitomaan tyhjää koska aikomuksenani ei ollut mitään muuta kuin esittää hahmo reaaliajassa. Tämän vuoksi tein animaation vain demonstroidakseni miekkojen liikettä ja käyttömahdollisuutta. Mielessäni oli vielä toinen animaatio miekkojen osalta, jossa hahmo hyppää ilmaan ja laskeutuu alas miekkojen terät edellä, mutta valitettavasti ajan säästämiseksi tuokin tippui lopulta pois.



Kuva 23. Kaksiosaisen hyökkäysanimaation ensimmäinen pisto-vaihe.



Kuva 24. Hyökkäysanimaation lopun isku.

Tarkastellessani animaatiokokonaisuutta läpi, laitoin koko aikajanan näkyville siten että animaatiot toistuivat yksi toisensa jälkeen. Animaatioita katsellessani havaitsin että animaatiot tulisivat tarvitsemaan jonkin sortin siirtymät animaatiosta toiseen. Maxissa nämä siirtymät näkyvät, sillä aikajanalla olevat animaatiot olin tehnyt noin viidestä kymmeneen freimin päähän toisistaan, jolloin näiden ylimääräisten freimien aikana siirtymä kävelystä juoksuasentoon näkyi. Jos animaatioita sen sijaan olisi katsellut peräkkäin ilman väliin jääneitä erottavia freimejä, siirtymät olisivat olleet erittäin häiritseviä ja karkeita. Varsinaisia animaatioita siirtymille ei ollut, joten ne oli animoitava. Siirtymä joka kävelyn ja juoksun väliin oli jo syntynyt, ei sellaisenaan ollut käytettävissä sillä se ei kovin luonteva ollut. Niinpä jälleen kerran testasin kuinka itse siirryn kävelystä juoksuun. Siirtymän ei pitkä tarvinnut olla, kunhan animaatiosta näkyi vartalon siirtyminen hieman etunojaan kävelyyn verrattuna, sekä jalkojen ponnistus lennokkaampaan liikkeeseen.

Animaatiopaketti edellä mainittuine animaatioineen oli jo lähes valmis, mutta halusin vielä tehdä yhden lisäanimaation siirtymineen. Koska en voinut hahmoa pelimoottoriin tulevissa animaatioissa laittaa harrastamaan miekkailua yksin, oli hahmon liikuttava jollakin muulla tapaa. Pelkkä kävely ja juoksu sellaisenaan eivät mielestäni olleet riittäviä, minkä johdosta tein juoksulle jarrutusanimaation, sekä tästä ylös nousemisen. Jarrutuksen perään animoin vielä pienen pätjän seisoskelua jossa hahmo sai elehtiä hieman rauhallisemmin. Käyttö selviäisi tarkemmin pelimoottoriin viedessä ja käyttöön tämän joka tapauksessa aioin ottaa.

5 HAHMON TESTAUS

Hahmo ei sellaisenaan, mallinnettuna objektina, ole vielä varsinainen pelihahmo ja tarvitsee testausta tukemaan rooliaan pelihahmona. Tämä johtuen siitä, että 3D-ohjelmassa mallinnettu hahmo ei takaa hahmon toimivuutta reaaliajassa, vaikka materiaalit ja geometria olisivatkin vaatimusten mukaiset. Pelimoottori ja sen tuoma reaaliajassa testaaminen tuovat esiin tilanteita ja ongelmia joita Max ei hahmoa katsellessa näytä, joten pelihahmokelpoisuus käy parhaiten ilmi testauksen kautta.

Testausalustana olen työssäni käyttänyt Unreal Technologyn tarjoamaa pelimoottoria ja sen sisältämää editointipakettia: Unreal Development Kit:iä, joka perustuu Unreal Engine 3:een. Jatkossa käytän Unreal Development Kit:istä myös lyhennettä UDK. Tämä osuus käsittelee sitä, mitä kaikkea valmiiksi mallinnetun hahmon on vielä käytävä läpi ollakseen pelihahmo, kuten hahmon valmistelun pelimoottoriin vietäväksi sekä itse pelimoottorin toimintaa.

Hahmon testaus reaaliajassa osoittaisi, että hahmon voi viedä sisään editoriin ja että se toimii moottorin sisällä kuten pitää. Omalla kohdallani tämä oli tärkeä askel sillä hahmoni kärsi suuresta polygonimäärästä, mikä nosti epäilyksiä siitä kuinka hahmo selviäisi reaaliaikaisessa ympäristössä. Vaikka olin selvillä siitä, mikä olisi oivallinen polygonimäärä pelattavalle hahmolle jotta suorituskyky ei kärsisi, polygonimäärä pääsi paisumaan suunniteltua enemmän.

5.1 UDK eli Unreal Development Kit

Unreal-paketti sisältää Unreal Editorin, jossa varsinainen sisällön tuottaminen tapahtuu, sekä UnrealFrontend:in jonka avulla voidaan pakata kasaan pelipaketti. Hahmoni alkuperäinen päämäärällinen tarkoitus oli olla pelaajahahmo, mutta tärkeimmän seikan ollessa se että hahmo ylipäätään pyörii pelimoottorissa, en tutustunut käytännössä pelaajahahmon toteuttamiseen UDK:ssa. Omalla kohdallani testaus rajoittuikin vain editoriin, jonka turvin pystyin hahmoni toimivuuden turvaamaan.

Editoriin tutustuin ensin ilman viitteellistä apuohjeistusta, saadakseni käsityksen siitä miten ohjelman käyttö onnistuu ilman ohjeita ja miten haastava ohjelma oli kyseessä. Vaikka editori on näkymältään periaatteessa samanlainen kuin 3D-ohjelmat, on se silti kokonaisuudessaan huomattavasti erilainen. Esimerkiksi alla olevassa kuvassa on

nähtävillä käyttöliittymän valikkojen tyyli (kuva 25). Valikon ikonien perusteella voi jotakin mielikuvia kehittää, mutta niiden käyttö vaatii oman kokemuksen perusteella lähempää tutustumista, jotta tietäisi mihin ja miten niitä voidaan käyttää. 3DS Maxin perusteet tämän oppimiseen eivät todellakaan riitä.

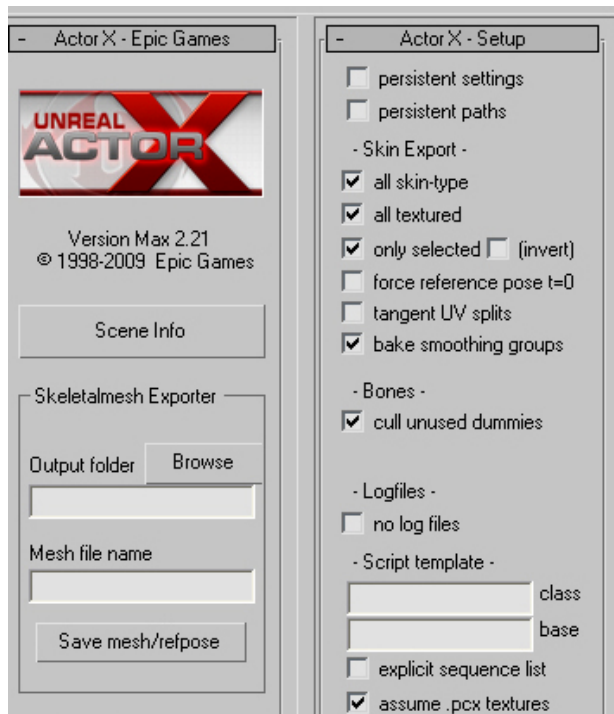


Kuva 25. Yksi Unreal Editorin työkaluvalikoista.

Pääasiallinen objektien muokkaus UDK:ssa tapahtuu Content Browserin kautta, jossa on kaikki materiaali kirjastoituna. Kirjastossa on Unreal Tournamentin käyttämiä objekteja sekä materiaaleja joita voi käyttää oman mielensä mukaan ja muokata omia tarpeita vastaavaan muotoon. Myös omat objektit tuodaan samaan kirjastoon. Ennen tätä on kuitenkin valmisteltava käyttämässään 3D-ohjelmassa objekti sellaiseen muotoon että sen pystyy tuomaan UDK:iin. Täysin ilman ohjeistusta on siis ensikertalaisena mahdotonta päästä kaikesta perille.

3DS Maxiin on saatavilla ilmainen plugin, ActorX, jolla voidaan viedä Maxista ulos sellaiset objektit joilla on luusto sekä animaatiot (Epic Games 2001-2010, verkkodokumentti). Ennen varsinaista ulosvientiä kannattaa Maxin näkymä siivota sellaiseksi että näytölle jäävät vain ne kohteet jotka aiotaan viedä editoriin. Asetuksista riippuen ulosvienti saattaa kokemani mukaan napata myös piilossa olevia objekteja, mikäli sellaisia on. Suositeltavaa olisi selata piilotettujen objektien lista läpi, vaihtaa kaikki näkyviksi ja poistaa tarpeettomat kappaleet. Itse jätin näkyville hahmon, luuston, hahmon miekat, sekä muut osat jotka ovat suoraan hahmoon liitettyjä.

Objektien sekä animaatioiden ulosvienti tapahtuu pluginin kautta. ActorX-setupin alla on rastittavia ruutuja asetuksille joista voi valita tarvitsemansa. Omat asetukseni olivat seuraavat (kuva 26):



Kuva 26.

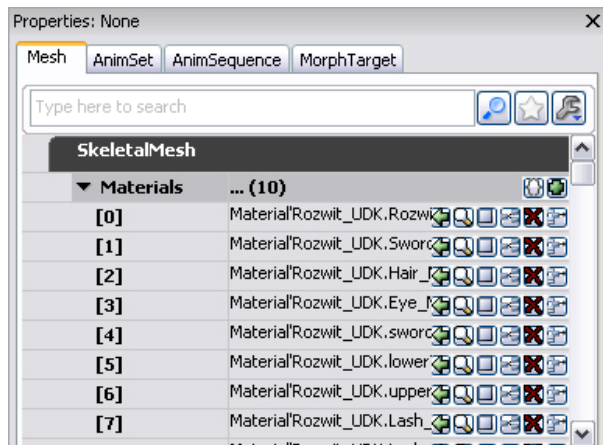
Ensi alkuun hienoista epäselvyyttä tuotti se seikka, että vaikka Maxissa hahmoni näyttikin olevan kaikin puolin kunnossa, käyttäytyi se täysin eri tavoin UDK:ssa. Paikallaan hahmo seiso i ongelmitta, mutta materiaalit eivät tallentuneet ulosvietävän hahmon mukana, vaan hahmo oli shakkiruudutettu violetin valkoisin värein. Materiaalit on tuotava editoriin erillisinä ja liitettävä hahmoon vasta muokattuaan ne oikeaan muotoon, eivätkä siten tallennu hahmon meshin mukana. Myöskään esimerkiksi kiilto- ja matta-asetukset eivät näin ollen tallennu materiaalille, vaan ne on määritettävä UDK:ssa erikseen. Oleellista on myös se että hahmolle on määriteltävä jo Maxissa materiaali ID:t jotta materiaalit näkyisivät oikein UDK:ssa (Epic Games Forums 2010, verkkodokumentti). Mikäli ID:itä ei määritä, voi edessä olla karvas pettymys sillä materiaalit levittyvät hahmon päälle kokonaisvaltaisesti, eikä siihen kohtaan mihin UVW-mapit Maxissa osoittavat materiaalien osuvan. UDK:ta käyttäessä on totuttava siihen että editorissa kaikki käyttäytyy eri tavoin kuin Maxissa.

Itse en ollut materiaali ID:itä määrittänyt mallinnus- tai teksturointivaiheessa, mutta tämä onnistui kätevästi jälkikäteenkin. Hahmolle tuli yhteensä yhdeksän materiaali

ID:tä: vaatteet, hiukset, silmät, yläripset, alaripset, miekat, miekkojen pidikkeet, ylähampaat ja alahampaat. Koska määritin materiaali ID:t jälkikäteen, oli myös itse hahmo vietävä ulos uudelleen muutosten jälkeen, jotta ID:t päivittyisivät myös UDK:n sisään.

Tuotuaani päivitetyn hahmon sisään editoriin, tuli hahmolle asettaa materiaalit ja muokata ne oikeaan muotoonsa. UDK:n materiaali-editori jossa materiaalien muokkaus tapahtuu, poikkeaa huomattavasti Maxin omasta Material Editorista. Ensinnäkin tärkeää on tekstuurien koko, jolle on omat sääntönsä. Vaikuttavana tekijänä tekstuureissa oli kahden potenssi (powers of two), jolla tekstuurien koko määritetään. Siten esimerkiksi seuraavan kokoiset tekstuurit voitaisiin importoida pelimoottoriin: 1024x1024, 512x512, 2048x2048, 512x256 (Epic Games 2010, verkkodokumentti). Sen sijaan koot jotka eivät seuraa tätä kaavaa eivät importoidu editoriin vaan tuovat eteen virheviestin. Myös Wikipediassa on nähtävillä kahden potenssin listan alkupää, josta tarvitessaan voi tarkistaa ne koot jotka eivät tähän haarukkaan kuulu (Wikipedia 2010, verkkodokumentti).

Materiaaleja ei UDK:ssa voi vain levittää hahmon pintaan samalla tavalla kuten Maxissa ja olettaa niiden toimivan oikein. Tällä tarkoitan poikkeavuutta esimerkiksi materiaalin normaali- ja speulaarikarttojen osalta, jotka eivät automaattisesti ole osana diffuusikarttaa. On toki hyvä vilkaista miltä materiaali näyttää sellaisenaan jotta saa käsityksen siitä mitä vielä pitäisi tehdä että saisi aikaan saman tuloksen kun Maxissa. Kaksoisklikkaamalla hahmoa kirjastossa saa auki näkymän jossa voi asettaa objektilleen materiaalit ja animaatiot. Materiaalit asetetaan ikkunassa "Mesh"-välilehden alla (kuva 27). Sinne listautuu numerojärjestyksessä lista luomistaan materiaali ID:istä. Numerot alkavat nollasta, nollan tarkoittaen ensimmäistä määrittämäänsä ID:tä.



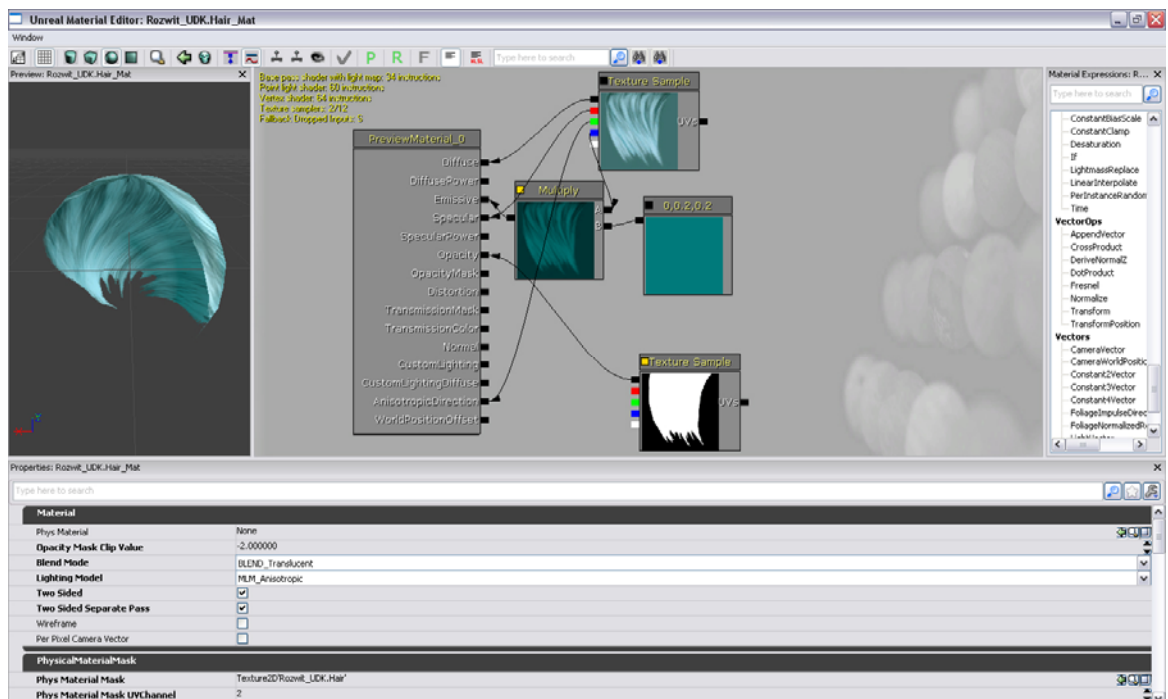
Kuva 27.

Jotta materiaalit voisi asettaa, on ne kaikki ensin tuotava sisään editoriin. Kaikki luodut kartat on tuotava erikseen, eli diffuusikartta, spekularikartta sekä normaalikartta ja mahdolliset muut kartat kaikki omina erillisinä kappaleinaan. Oman kokemuksen ohjeistamana, on materiaalit tuotava samaan kansioon jossa itse hahmo on, jottei ohjelma myöhemmässä vaiheessa herjaisi siitä että näkymän objektit ovat eri kansioissa. Tämä virheen esiintyessä ei UDK:ssa tehtyä työtä voi tallentaa ennen kuin ongelma on ratkaistu. On mahdollista vielä jälkeinpäin luoda kopiot väärään paikkaan tallennetuista objekteista oikeaan kansioon, mikäli kyseinen virheviesti tulee vastaan ja tehtyä työtä ei tarvitse tehdä uudelleen, kunhan ongelman korjaa.

5.2 UDK:n materiaali editori

Unreal Editorin materiaali editori poikkeaa paitsi näkymältään, myös toiminnaltaan Maxin omasta materiaaleditorista. Maxin editorissa muokkaus tapahtuu asettamalla materiaalin vaatimat kartat omiin kohtiinsa, kun UDK:ssa materiaalin kokoamiseen tarvittavat tekstuurit yhdistetään oikeisiin kanaviin vetämällä nuolia oikeisiin kohtiin, pisteestä pisteeseen. Tavallisille tekstuureille voidaan määrittää maksimissaan viisi eri toimintoa. Esimerkkikuvassani olen hiusten perustekstuurille määrittänyt tehtävän toimia diffuusikarttana joka määrittää pohjavärin, spekulari-kanavan joka lisää hiusten kiiltoa sekä AnisotropicDirectionin määrittämään hiusten kiillon laatua ja sijoittamaan kiillon hiuksen pintaan luonnollisemmin. Viimeisenä lisänä asetin Multiply-määritteen välikappaleeksi originaalille materiaalille ja lopulliselle materiaalille, liitettynä Emissive-kanavaan lisäämään värin hehkua (kuva 28). Multiply on kanava jonka avulla

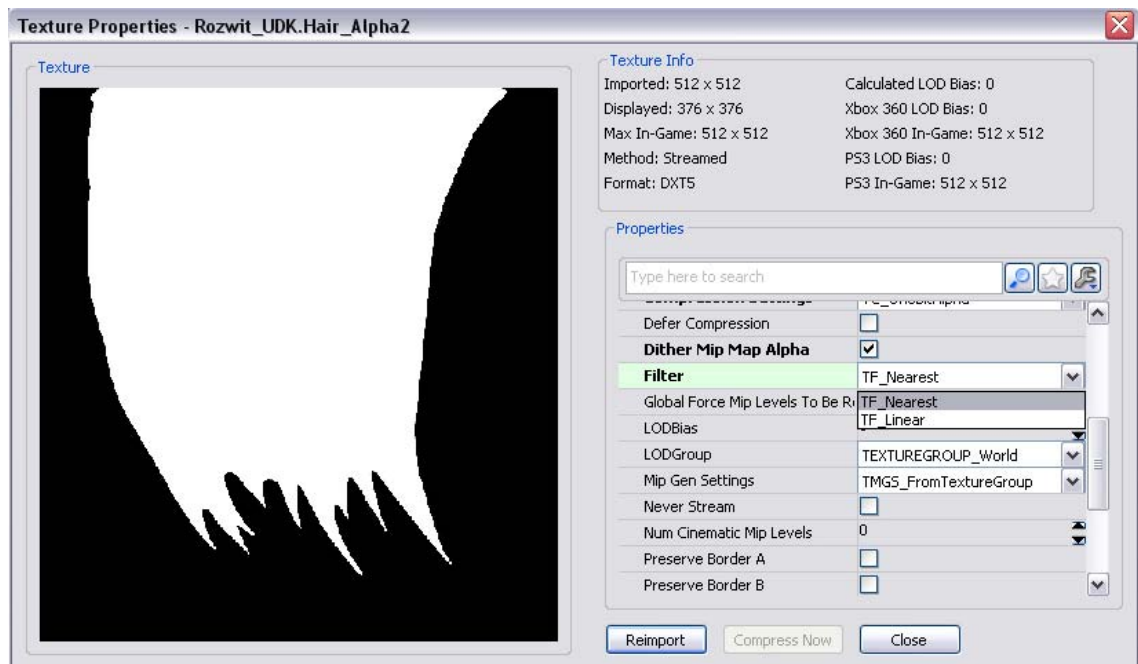
alkuperäiseen tekstuuriin voidaan lisätä jotakin uutta. Tämä ei kuitenkaan sellaisenaan tee mitään, vaan lisäksi tarvitaan jokin muuttuja joka saa muutoksen aikaan, tässä tapauksessa Constant3-vektori jonka avulla voidaan kontrolloida punaisen, vihreän ja sinisen värin määrää. Sen sijaan että esimerkiksi Photoshopista tuttu luku 255 vastaisi valkoista, vastaa UDK:ssa valkoista numero 1, nollan ollessa musta. Itse lisäsin vihreää ja sinistä tasapuolisesti, mikä sai hienoisen sinivihreän värihehkun aikaan (De Jong 2006-2010, verkkodokumentti).



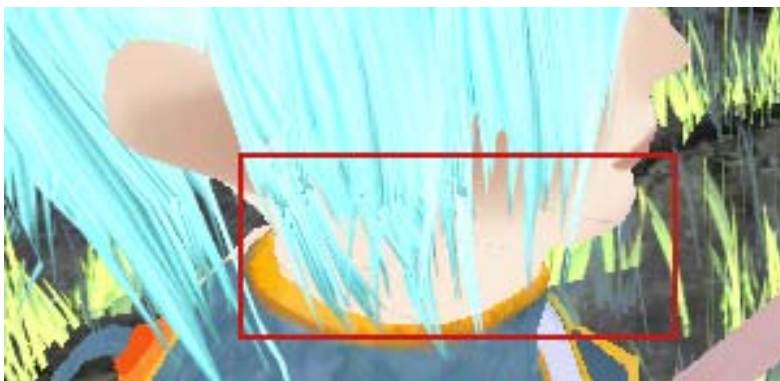
Kuva 28. Näkymä UDK:n materiaalieditorista. Työstettävänä materiaalina ovat hiukset.

Viimeistelläkseni lopullisen materiaalin, tuli perusvärille vielä lisätä alpha-kanava määrittämään läpinäkyvää aluetta. Jotta alpha näkyisi oikein, on tärkeää tarkistaa alkuperäisen alpha-tekstuurin asetukset. UDK sallii esimerkiksi alpha-kanavan kirkkauden säädöt. Myös materiaalin väriä voi muuttaa, mikäli haluaa muokata tekstuuria muutoksien vaikuttamatta alkuperäiseen tekstuurikappaleeseen. Alpha-kanavalle tarpeellisia asetuskohtia UDK:ssa ovat "CompressionSettings", josta voi määrittää materiaalin tyyppin. "TC_OneBitAlpha" on alpha-kanavalle toimiva vaihtoehto, vaikka teksturi tästä kärsiikin jonkin verran. Muut asetusvaihtoehdot saattavat myös olla käyttökelpoisia, mutta tässä testaus on oleellista jotta näkee miten asetukset vaikuttavat lopputulokseen. Kompresointiasetusten lisäksi suositeltava asetus on

kohdan "Filter" asettaminen "TF_Nearest":iin lähtökohtaisen "TF_Linear":in sijaan, jotta pääsisi eroon alphan reunoihin jäävistä hienoisista ääri viivoista (kuva 29).



Kuva 29. Alpha-tekstuurin asetukset



Kuva 30. Hiukset ennen alphan korjausta. Huomaa leuassa ja kaulassa leijuvat ohuet ääri viivat.



Kuva 31. Hiukset alphan korjauksen jälkeen. Korjauksesta on havaittavissa asetusten muutoksesta johtuva hiusten latvojen epäterävyys.

Alphan muokkaamisen jälkeen tekstuurin voi tuoda TextureSampleksi materiaali-editoriin ja yhdistää opacity-kanavaan jolloin läpinäkyvyyden vaikutus näkyy vasemman puolen esikatselutilassa. Lopullinen materiaali siis syntyy kaikista niistä muokkaimista mitkä näkyvät oikealla puolella (kuva 28) ja ovat yhdistettynä oikeisiin materiaalikanaviinsa. Mikäli alpha-tekstuurin asetuksia ei ole muuttanut, eivät alphan ongelmalliset ääriiivat vielä esikatselutilassa näy, vaan ongelma tulee esiin vasta silloin kun materiaali isäntäobjektinsa kanssa on tuotu editorin näkymään.

5.4 Animaatiot UDK:ssa

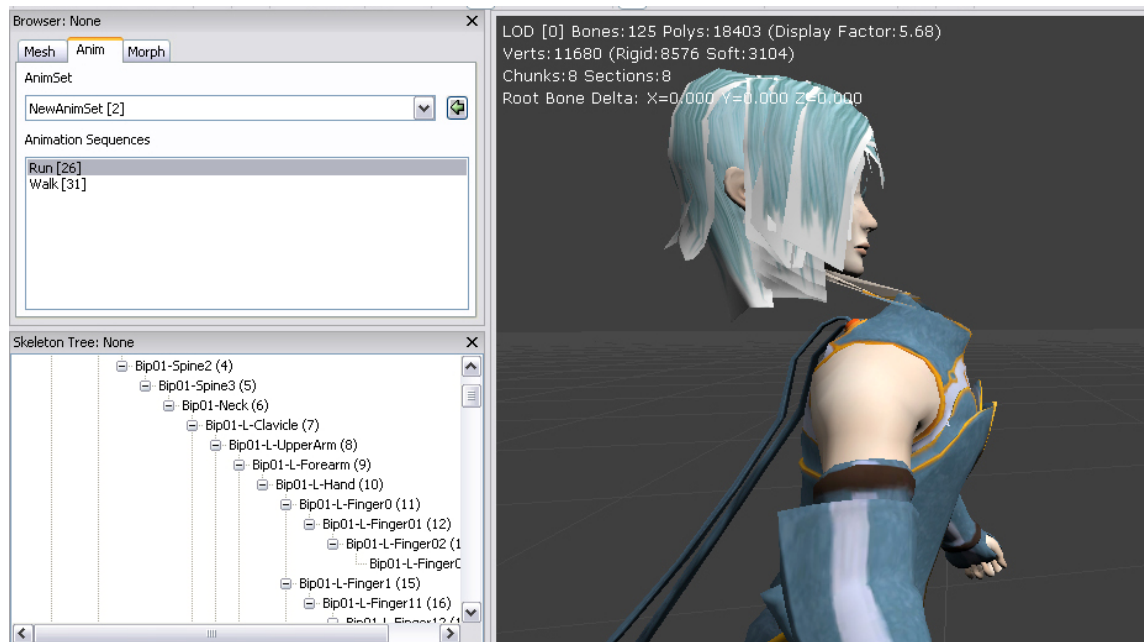
Jotta animaatioita voisi katsella Unreal Editorissa, on ne tuotava ohjelmaan sisään. Ensin on luotava AnimSet, joka nimensä mukaisesti tarkoittaa animaatiopakettia. Maxista animaatioiden ulos vieminen onnistuu samalla tapaa kuten itse hahmonkin, ActorX-pluginin avulla.

UDK:ssa tapahtuva animointi perustuu nimenomaan AnimSetin käyttöön. Animoidessa valitaan hahmolle luodusta animaatioasetista haluttu animaatiopätkä ja määritetään tälle haluttu kesto ja asetus toistuvaksi tai toistumattomaksi animaatioksi (loop). Animaatiot rakennetaan AnimSettiin tallennetuista animaatiopätkistä ja yhdistetään toisiinsa liikeraidalla.

Animaatioita voi viedä UDK:n kirjastoon niin paljon kuin tarpeen on ja säästääkseen aikaa, animaatiot voivat olla hyvinkin pieniä pätkiä, sillä itse liikkeen paikasta A paikkaan B voi animoida editorissa. Kun tarpeelliset animaatiot on valittu, tallennetaan ne PSA-tiedostoksi. PSA-tiedostot ovat 3D-mallin sisältäviä animaatiotiedostoja jotka voidaan avata Unreal Editorissa ([lähdeviittaus](#): Fileinfo.com 2005-2010). Animaatioita voi lisätä tarpeen vaatiessa vielä jälkeempään, joten lukkoon lyöty tämä tiedosto ei ole.

Sisään tuotuja animaatioita voi katsella AnimSet Viewerin kautta. Viewerissä yläreunan "Anim"-välilehden pudotusvalikosta löytyy kaikki tallennetut AnimSetit ja tuota kautta voi valita tarvitsemansa. AnimSet Viewerissä voi ainoastaan esikatsella animaatioita ja sitä miltä ne näyttävät hahmolla, mutta varsinaista animointia ei tätä kautta voi tehdä. On kuitenkin hyvä tarkistaa miltä animaatio näyttää ennen animoimista, ihan vain siltä varalta että vaikka itse hahmo näkyisikin normaalisti paikallaan seisoessaan, paljastaa animaation katselu mahdolliset hierarkiaongelmat johon itse törmäsin. Omalla

kohdallani hahmoni pää ei liikkunut siellä missä sen olisi pitänyt, vaan seurasi bipedin bip1-luuta, kaikkien luiden vanhempaa (kuva 32).



Kuva 32. Rozwit ja irrallinen pää.

Maxissa hahmo näkyi kuitenkin normaalisti ja täysin ongelmitta. Jopa animointi oli onnistunut oikein hyvin, mistä johtuen en heti ymmärtänyt ongelman laatua. AnimSet Viewerin vasemman laidan keskimäinen valikko kertoo hahmon luurangon hierarkian ja huomioni kiinnitti kaulan luu ja solisluu. Näiden kahden luun välissä olisi pitänyt olla pään luu, mitä siellä ei syystä tai toisesta näkynyt. Tämä siis selitti hahmoni pään kummallisen käytöksen.

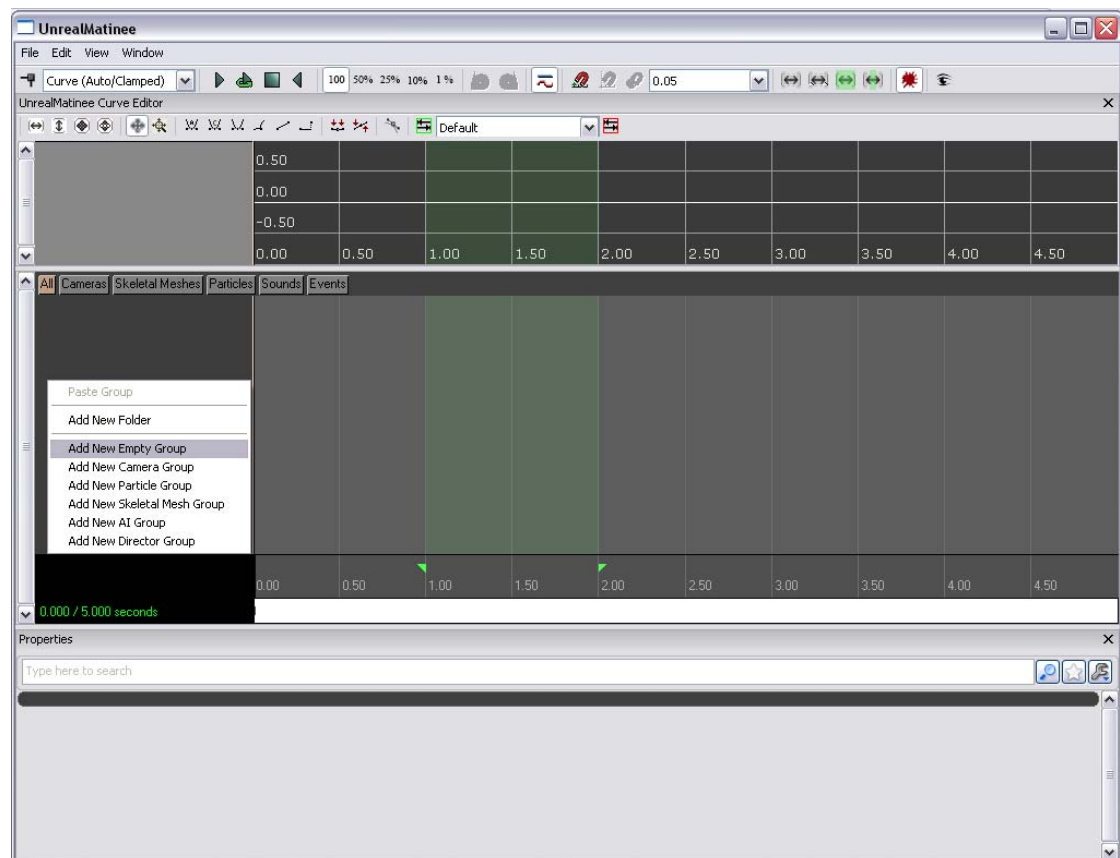
Maxissa selvitin hahmon hierarkiaa vertaamalla omaa hahmoani hahmon viereen luotuun uuteen biped-luurankoon. Hahmoni luut olivat samassa järjestyksessä kuin UDK:n AnimSet Viewerkin oli antanut ymmärtää, mutta uuden bipedin luut eivät. Oman hahmoni hierarkia näytti tältä: spine3 → neck → clavicle → upperarm. Uusi biped jonka hierarkian tarkistin, kertoi oikean järjestyksen kuitenkin olevan tämä: spine3 → neck → head → clavicle → upperarm. Vahingon, tai paremminkin aikaisemmin tekemäni testin saattamana olin sekoittanut hierarkiani skinnausvaiheessa. Oli silti hyvä törmätä tällaiseen ongelmaan sillä tämä muistutti siitä, että objektit eivät yksinkertaisesti näy samalla tavalla Unrealin editorissa kuin Maxissa.

Alun perin halusin että hahmoni olisi pelattava hahmo, jota voisi näppäinkomennoilla liikuttaa itse pelikentällä. Loppujen lopuksi erinäisten valintojen seurauksena tyydyin

toteutuksellisesti yksinkertaisempaan vaihtoehtoon. Hahmon varsinainen esittämisen päätin toteuttaa pelaajille tutulla elokuvallisella "cut scene"-animaatiolla, jossa hahmon toimintoihin ei pelaaja itse voi vaikuttaa, vaan esitystapa on enemmänkin kerronnallinen lisä pelaamisen ohella. Tilanne on tällöin luojan hallussa eikä pelaajalla ole vaikutusvaltaa asioiden kulkuun.

5.4.1 Matinee-animaatio

Edellä kuvatun esittämistavan luomiseen on Unreal-editorilla tarjolla varsin pätevä työkalu: Matinee. Jotta matinee-animaation voisi tehdä, on ensin luotava Unreal Kismetin kautta uusi matinee. Kismetin kautta voidaan siirtyä matinee-ikkunaan missä animointi tapahtuu.



Kuva 33. Matineen käyttöliittymä.

Matineen ylälaudassa on Maxistakin tuttu "curve editor", mihin ilmestyvät animaatoraidoilla olevien freimien arvot. Tätä kautta voidaan myös määrittää freimi-arvoja käsin, kuten Maxissa. Freimi-arvoilla voidaan jälkepäin kontrolloida liikkeen

laatua ja hahmon sijaintia kentällä. Keskimäinen palsta on animaatoraita johon luodaan ryhmiä animoitaville objekteille sekä kameroille. Myös animointi tapahtuu tässä kentässä. Kaikkein alin alue on asetusten palsta (kuva 33)(Epic Games 2001-2010, verkkodokumentti).

Uutta ryhmää luodessaan matineehen, on syytä ensin valita näkymästä se objekti jolle ryhmän haluaa tehdä, eli objekti jolle animaation haluaa luoda. Esimerkiksi luodessani hahmolleni animaatoraidan, valitsin ensin hahmoni näkymästä, jonka jälkeen matineessa loin tälle uuden ryhmän. Ryhmän luomisen jälkeen on ryhmälle vielä määritettävä AnimSet jota hahmo tarvitsee animaatioissaan (Epic Games Forums 2008, verkkodokumentti).

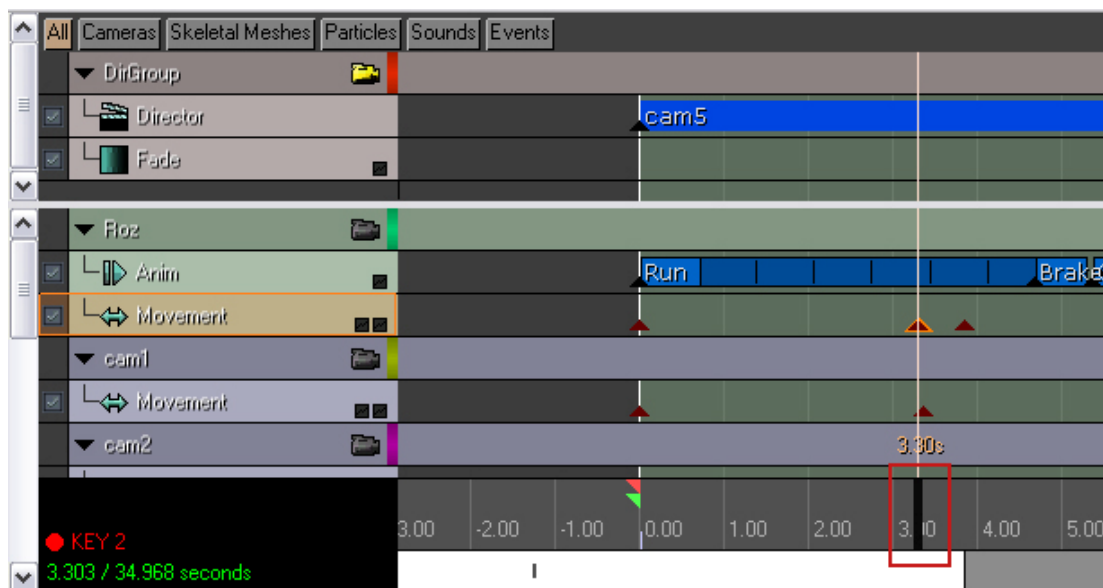
Ennen animoimista on vielä luotava kaksi uutta raitaa ryhmälle jossa on animaatiota tarvitseva objekti: Anim Control Track sekä Movement Track. Ensimmäinen raidoista on animaatioiden hallintaan ja AnimSetin sisältämät animaatiopätkät voidaan lisätä raidalle tämä valittuna. Raidalla voidaan kontrolloida animaatioiden toistonopeutta sekä toistuvuutta. Movement Track on raita jolle animointi tehdään, eli asetetaan freimit oikeille kohdilleen (Epic Games Forums 2008, verkkodokumentti).

Kun nämä kolme raitaa on luotu, voi hahmon animoinnin aloittaa. Hahmo olisi syytä siirtää siihen kohtaan josta hahmon liikkeen ja animaation haluaa alkavan ennen muiden freimien lisäämistä. Siinä vaiheessa kun animointi on tehty, ei ensimmäisen freimin kohdalla oleva hahmon sijainnin muuttaminen onnistu niin helposti kun sen toivoisi. Ensimmäistä freimiä ei myöskään voi poistaa. Yrittäessään muuttaa hahmon sijaintia ensimmäisessä freimissä, hahmo ponnahtaa takaisin lähtökohtaansa sen sijaan, että siirtyisi uuteen paikkaan. Tämä johtuu siitä että kun Movement-raita on jollekin elementille luotu, luo raita myös ensimmäisen key freimin aikajanana nollapisteeseen ja tätä freimiä ei voi poistaa. Freimi poistuu ainoastaan silloin kun koko Movement-raita poistetaan.

Hahmon ollessa oikeassa paikassa voidaan lisätä ensimmäinen animaatio Anim Control-raidalle. Oikea animaatio valitaan pop up-ikkunasta, jossa on pudotusvalikossa kaikki raidalle ladatun AnimSetin animaatiot, joista voi valita tarvitsemansa. Tämän jälkeen ilmestyy valittu animaatio raidalle sinisenä palkkina (Epic Games Forums 2008, verkkodokumentti).

Sinistä animaatiopalkkia klikatessa hiiren oikealla painikkeella avautuu valikko toiminnoista joita valitulle animaatiolle voi asettaa. Kaikkein tarpeellisimmat toiminnot ovat "Time" joka määrittää palkin alkamisajan aikajanalla, "Set Looping" animaation toistuvuuden määrittämiseksi ja "Set Non-Looping" toistuvuuden poistamiseksi. Mikäli animaation asettaa toistuvaksi, loppuu saman animaation toistaminen vasta kun toinen animaatiopala tulee vastaan. "Set Play Rate" mahdollistaa animaation hidastamisen ja nopeuttamisen, mikä on hyvä vaihtoehto niissä tapauksissa, joissa Maxissa luotu animaatio on joko liian hidas tai liian nopea. Tällöin animaation ei tarvitse olla nopeudeltaan täydellinen, kunhan ajoitukset ovat kunnossa.

Animaatiopalkan ollessa raidalla voi hahmon nähdä liikkuvan vasemman alakulman ruudussa, kunhan kyseisen näkymän on asettanut reaaliaikaan. Hahmo kuitenkin mitä ilmeisimmin liikkuu paikallaan, mikäli animaatio on Maxissa tehty siten, että varsinainen paikasta toiseen liikkuminen tapahtuu UDK:ssa, kuten omassa projektissani tein. Hahmon liikkeelle saaminen tapahtuu kuten Maxissa: key freimeillä. (kuva 34).



Kuva 34. Näkymä animaatoraidoista matineessa. Punaisella korostettuna alalaidassa aikajanana slider.

Enterin napautus luo Movement-raidalle uuden key freimin joka näkyy raidalla tummanpunaisena kolmiona. Tätä kolmiota klikkaamalla freimi aktivoituu ja saa oranssin ääriviivan (kuva 34). Freimin ollessa aktiivinen, raidan objektille tapahtuneet muutokset tallentuvat, eli liikuttaessa hahmoa paikasta toiseen uusi sijainti tallentuu aktiiviseen freimiin. Jos hahmoa on liikutettu kun freimi ei ole ollut aktiivinen, hyppää objekti takaisin lähtökohtaansa animaatiota pyörittäessä. Freimejä voi vielä kontrolloida

jonkin verran jälkikäteen. Esimerkiksi animaation kesto voi muuttua mieleiseksi, mikäli liike on liian hidasta tai liian nopeaa.

Hahmojen lisäksi matinee sallii kameroiden animoimisen, siirtymät kamerasta toiseen sekä feidaukset. Kameroiden animointi tapahtuu samalla tavoin kuten hahmonkin animointi: luomalla kameralle oma ryhmä. Kameran ryhmä kannattaa nimetä siten että tietää sen olevan kameran oma ryhmä jottei sitä sekoita muiden raitojen kanssa. Mikäli kameroita on näkyvässä useampi kuin yksi, tapahtuu siirtymät kameroiden välillä Director Trackin kautta. Director Track lisätään samasta valikosta kuin muutkin ryhmät. Director-ryhmiä voi lisätä vain yhden. Omassa projektissani käytin neljää kameraa, joista kolme animoituna ja viimeisen kameran animaation lopussa on feidaus mustaan.

Movement	
▼ Location	(X=-1232.000000,Y=784.000000,Z=0.000002)
X	-1232.000000
Y	784.000000
Z	0.000002
Physics	PHYS_Interpolating
▶ Rotation	PHYS_None
▶ Rotation Rate	PHYS_Walking
	PHYS_Falling
	PHYS_Swimming
	PHYS_Flying
	PHYS_Rotating
	PHYS_Projectile
	PHYS_Interpolating
Object	PHYS_Spider
Group	PHYS_Ladder
Name	PHYS_RigidBody
Object Archetype	PHYS_SoftBody
Tag	PHYS_NavMeshWalking
Physics	PHYS_Unused
Allow Fluid Surface Interaction	PHYS_Custom

Kuva 35. Objektin fysiikan asettaminen.

Lopulta tulisi tarkistaa hahmojen ja objektien asetuksia sen verran, että animaatiota katsellessa hahmot pysyisivät maan pinnalla. Asetusvalikossa "Movement"-kohdan alla tulisi säätää hahmon fysiikka kuntoon. Kohdan "Physics" oikealla puolella olevasta pudotusvalikosta valitaan hahmolle fysiikka-asetukseksi "Interpolating" (kuva 35). Tällä taataan se että hahmo animoituu oikein niin mahdollisessa pelissä kuten myös matinee-animaatioissa putoamatta maan läpi tyhjiyteen. Mikäli hahmolle ei ole määritetty fysiikaksi edellä mainittua valintaa, tulee UDK tästä huomauttamaan siinä

vaiheessa kun matinee-animaatiota katselee (Epic Games Forums 2008, verkkodokumentti).

Matinee-animaation valmistuttua oli pohdittava vaihtoehtoja animaation ulos saamiseen. UDK itse ei tarjoa varsinaista animaatioiden renderöintimahdollisuutta, jolloin ainoaksi vaihtoehdoksi animaation tallentaakseen jää ulkopuolisen ohjelman käyttäminen. Kävin läpi yhteensä kolme tällaista ohjelmaa: Fraps, GameCam ja CamStudio. Vaihtoehtoina oli joko parempi kuvan laatu joka Fraps olisi tarjonnut, tai parempi animaation pyörittämiskyky mihin CamStudio kykeni Frapsia paremmin. GameCam:ia sen sijaan en saanut laisinkaan toimimaan.

CamStudio mahdollisti aluevalinnan jonka kokoa voi muuttaa mieleisekseen. Siten pystyin valitsemaan UDK:ssa sen näkymän jossa matinee-animaatiota pystyi esikatselamaan. Mikäli olisin käyttänyt koko näytön kokoista näkymää, olisi myös CamStudio hidastanut animaatiota, joten paremmaksi vaihtoehdoksi koin pienemmän resoluution.

6 POHDINTAA VALMIIN TYÖN ONNISTUMISESTA

Työni ollessa vielä lähtökuopissaan, kokemukseni mallinnuksen osalta oli vähäinen siihen nähden, että tätä opiskellut olin jo muutaman vuoden. En osannut mallintaa siten, että hahmo olisi helposti skinnattavissa. En osannut teksturoida hahmoa muulla tavoin kun heittämällä hahmon tai kappaleen päälle tasaisen tekstuurimapin, tai teksturoida multi-subilla. Teksturointiin liittyen, en myöskään taitanut UVW-karttojen unwrappausta saati sitten normaalikarttojen tekoa. Asioita joita en osannut, oli yksinkertaisesti aivan liikaa.

Hahmoa työstäessäni vastaan tuli alkuvaiheessa paljon tuskallisia ongelmia joiden ratkaiseminen tuntui ylivoimaiselta. Kaikesta huolimatta pyrin nämä ongelmat yksin ratkaisemaan, sillä tiesin että lopussa kärsivällisyys palkittaisiin vaikka se sillä hetkellä niin tuskalliselta ja toivottomalta näyttäisikin. Niinpä prosessiin kuului päiviä joina valittamisesta ei ollut tulla loppua, sekä hetkiä jolloin lähes itkin ilosta ratkaistuani ongelman jota olin yrittänyt kaksi päivää yhteen menoon ilman taukoja ratkaista.

Työn edetessä huomasin muuttuneeni 3D:n osalta paljon vaativammaksi kuin mitä koskaan aiemmin olin ollut. Aikaisemmin minulle 3D oli ollut hankalaa sen vuoksi että olen hidas oppimaan, ja mitä vähemmän asioista tietää, sitä vähemmän se tuntuu

kiinnostavan. Oppiessani lisää työtä tehdessä myös kiinnostus kasvoi, minkä myötä kasvoi vaativuus. Huomasin vanhan perfektionistin piirteiden hiipivän takaisin.

Olin tyytyväinen siihen että hahmo näytti siltä miltä luonnoksissakin, varustusmuutoksista huolimatta. Omien hahmojeni osalta merkittävät tekijät ovat hahmon rakenne sekä kasvot, varustuksella sen sijaan ei ole niin suurta roolia lopputuloksen viimeistelyssä. Ulkonäköseikoissa ei valittamisen varaa juuri ole, mutta toiminnalliset seikat jäivät jokseenkin vajaiksi. Tämä johtuu siitä että taitoni kehittyvät työtä tehdessä ja monesti mieleni olisikin tehnyt aloittaa kaikki alusta ja tiesin, etten niin voinut tehdä tai työ ei koskaan valmistuisi. Esimerkiksi tapa, jolla hahmon vaatteet mallinsin, ei ollut hyvä. Asusteiden visuaalinen tarkkuus pohjapiirroksiin nähden kärsi sen johdosta, että mallinsin ne enemmänkin ulkomuistista, kuin mallista. Olisi ollut huomattavasti helpompaa kaikin puolin jos olisin piirtänyt jo pohjapiirroksiin hahmolle vaatetuksen jolloin ei olisi tarvinnut pohtia vaatteiden alle jäävää kehon topologiaa. Olisin myös halunnut tehdä hiuksista kauniimman näköiset, sillä niitä mallintaessani käyttämäni hiusplanet eivät olleet leveydeltään samankokoisia vaan leveys vaihteli, minkä johdosta myös tekstuuri kärsi jonkin verran.

Kaikki nämä ajatukset jotka syntyivät työprosessissa ruokkivat silti 3D-kehitystäni ja tulevat auttamaan jatkossa, vaikken mieleen tulleita korjauksia pystyntykään juuri tähän työhön toteuttamaan. Heti hahmon valmistuttua olisin halunnut siirtyä seuraavaan hahmoon jotta saisin tehdä siitä vielä paremman, mikä minulle oli aivan ennenkuulumatonta. Tuskin koskaan aikaisemmin olin ollut kiinnostunut vastaavan harjoittelemisesta vapaa-ajallani. Tätä työtä tehdessäni opin kaikki ne asiat jotka oli ajanpuutteen johdosta jääneet vähemmälle aikaisemmin, joten enää kokemuksenpuute ei pysty pidättelemään vapaa-ajalla puuhastelusta.

Myös ongelmanratkaisukyky 3D:n osalta kehittyi työn edistyessä. Kohtasin niin monenlaisia teknisiä ongelmia että vähitellen ongelmien ratkonta sujui entistä nopeammin, koska osasin määritellä syyn mistä ongelma johtuu ja siten ratkaisua oli helpompi hakea. Pelimoottoria opetellessani kohtasin varmastikin kaikkein hankalimmat tilanteet, sillä se ei tuntunut noudattavan mitään aikaisemmin oppimaani ohjelmaa. Pieni osa Unreal Editorista oli 3D-ohjelmien tapaista, kuten käyttöliittymän näkymä, mutta kaikki muu työkaluista lähtien aivan uutta. Kaikki säädöt tuntuivat tapahtuvan nimenomaan sillä alueella joka oli uutta, joten opittavaa riitti. Tasan kahden päivän opetteluun jälkeen UDK:n käyttö oli jo paljon helpompaa ja pystyin määrittelemään

ongelmia totuttuani näkemään ohjelman virheilmoitusten tyyppin. Kaikki opettelu vaati ainoastaan aikaa, kärsivällisyyttä ja täyden hiljaisuuden ympärillä.

UDK:n osalta oli kuitenkin yksi asia jonka ratkaisemiseen aikani tätä työtä tehdessä ei riittänyt, minkä johdosta tallennettua matinee-animaation asettelua tulisikin hieman avata tarkemmin. Olin tietoinen siitä että hahmon aseet eivät reagoisi oikein UDK:n sisällä, mikäli niitä en liittäisi mihinkään hahmon luuhun tai loisi aseille omaa luustoa. Tästä johtuen en voinut laittaa animaatiota jossa hahmo heittäisi miekat edessään ympäri, koska miekat sellaisenaan pelkinä objekteina eivät animoituisi UDK:ssa. Jos miekat taas olivat kiinni käsien luissa, eivät ne irtoaisi käsistä luonnollisesti vaan käden luut vetäisivät niitä puoleensa. Myöhemmin sain selville että mikäli objekti on tallennettu static meshinä, voisi sitä animoida kokonaisena kappaleena, mikä miekoille olisi ollut hyvä vaihtoehto sillä ne ovat yksittäisiä kappaleita. Sain tämän kuitenkin selville aivan liian myöhään, kun kaikki työ oli jo tehty ja aika tikitteli vaatien työn valmistumista. Tietenkin tämä seikka harmitti, mutta asia oli jätettävä sikseen. Ainakin mahdollista seuraavaa kertaa varten tämä asia on jo tiedossa.

Edellä mainitusta ongelmasta johtuen, jouduin tyytymään ratkaisuun, joka ei varsinaisesti katsojalle käy ilmi. Valmiissa matinee-animaatiossa olen käyttänyt kolmea skeletal meshiä, eli näkymässä on kolme mallia hahmosta. Yksi malli on alun animaatiota varten, jossa miekat ovat kiinni pidikkeissään. Tässä animaatiossa miekat on liitetty kiinni pidikkeisiin, jotka taas ovat kiinni hahmon alimmassa selän luussa. Siten miekat kulkevat ongelmitta hahmon mukana ja pysyvät paikallaan. Toinen malli on seuraavaan juoksupätkään käytetty mesh, jossa miekat on liitetty kämmenien luihin ja siten seuraavat niitä. Myös viimeisellä mallilla on miekat liitetty kämmenluihin, mutta saadakseni miekkojen kärjet osoittamaan eteenpäin, oli tehtävä uusi malli. Tämä ratkaisu hieman huvitti itseäni, mutta osoitti silti hahmon toimintakyvylliseksi pelimoottorissa. Hahmo toimi edelleen, vaikka näkymässä olikin sama geometria kolminkertaisena. Hahmoa havainnollistavaan exe-tiedostoon en tätä kolmen hahmon joukkion sisältävää karttaa tallentanut, sillä huomion on tarkoitus kiinnittyä hahmon toteutukseen, ei animaation toteutustapaan.

Lähtökohtaisiksi tavoitteiksi olin itselleni asettanut skinnauksen onnistumisen siten että hahmon liikkeet eivät olisi rajoitettuja, ja tämän tavoitteen saavutin. Hahmo onkin ehdottomasti parhain 3D-tuotokseni ja parasta mihin 3D-opintojeni aikana olen kyennyt. Paras palkinto tämän työn teosta on varmasti se, että se herätti alusta

lähtien nukuksissa olleen kiinnostuksen 3D:tä kohtaan ja motivoi jatkamaan eteenpäin. Vaikka olen jo moneen kertaan joutunut toteamaan, että kaikki on opittavissa kunhan varaa opittavalle asialle aikaa ja omistautuneisuutta, jouduin tämän jälleen kerran toteamaan. Lopussa sinnikkyys palkitaan (kuva 36).



Kuva 36. Viimetöikseni Maxissa tehty rendi, johon asettelin hahmon samaan asentoon kuin alkuperäisessä lyijykynäpiirroksessa. Näin lähtökohta ja päätöspiste kohtaavat.

LÄHTEET

2001-2010 Mesh Export Tools. [verkkodokumentti]. Epic Games. <<http://www.udk.com/documentation>> (12.3.2010)

2001-2010 Unreal Matinee User guide. [verkkodokumentti]. UDN – Three: Epic Games <<http://udn.epicgames.com/Three/MatineeUserGuide.html>> (16.4.2010)

2001-2010. Getting Started (UDK). [verkkodokumentti]. Epic Games. <<http://www.udk.com/documentation>> (12.3.2010)

2003 [Smoothing Groups] How, Where, When. [verkkodokumentti]. 3D Buzz. <<http://www.3dbuzz.com/vbforum/showthread.php?33586-Smoothing-Groups-How-Where-When>> (18.3.2010)

2003-2009. Body Topology. [verkkodokumentti]. CGTalk. <<http://forums.cgsociety.org/showthread.php?f=7&t=108412&page=1&pp=15>> (25.3.2009)

2005-2010. .PSA File Extension. [verkkodokumentti]. Fileinfo.com. <<http://www.fileinfo.com/extension/psa>> (15.4.2010)

2007. Next gen poly count. [verkkodokumentti]. CGTalk <<http://forums.cgsociety.org/showthread.php?f=2&t=472919#post4250068>> (5.4.2010)

2007-2010. CG Textures. [verkkodokumentti]. <<http://cgtextures.com/>> (7.9.2008)

2008 How to Use MATINEE!!!! Dun dun duuuun!. [verkkodokumentti]. Epic Games Forums. <<http://utforums.epicgames.com/showthread.php?t=615650&highlight=character+animation+kismet>> (16.4.2010)

2009. custom character model problems. [verkkodokumentti]. Epic Games Forums. <<http://forums.epicgames.com/showthread.php?t=652894>> (7.4.2010)

2010 Kahden potenssit. [verkkodokumentti]. Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kahden_potenssit> (10.4.2010)

2010 Multi-Sub/Material ID Confusion. [verkkodokumentti]. Epic Games Forums. <<http://forums.epicgames.com/showthread.php?t=721694>> (24.3.2010)

2010 Non-square textures (512x256/512x128) from 3DS Max. [verkkodokumentti]. Epic Games Forums. <<http://forums.epicgames.com/showthread.php?t=723333>> (10.4.2010)

23.5.2009. TextureZ.com. [verkkodokumentti]. <<http://texturez.com/textures/stone>> (8.5.2010)

Andrew Klein 2009. Fabric Sculpting Techniques. [verkkodokumentti]. andrew klein.net <http://www.andrewklein.net/aiinfo_tutorials.html> (2.3.2010)

Michel Roger 2001. Modeling Joan of Arc by Michel Roger. [verkkodokumentti]. 3D Total <<http://www.3dtotal.com/ffa/tutorials/max/joanofarc/joanmenu.php>> (2006)

Michele Bousquet, Michael McCarthy 2006. 3ds Max Animation with Biped. Berkley: New Riders

Paul Tosca 2006-2007. Making of Varga. [verkkodokumentti]. www.paultosca.com. <<http://www.paultosca.com/makingofvarga.html>> (11.12.2009)

Pixologic 2007. Tool: Geometry Subpalette. [verkkodokumentti]. Pixologic. <http://www.pixologic.com/docs/index.php/Tool:Geometry_Subpalette> (2.3.2010)

Päivi Hintsanen 15.10.2009. VÄRIT (Nimiä ja pigmenttejä). [verkkodokumentti]. Coloria.net. <<http://www.coloria.net/varit/sininen.htm>>, <<http://www.coloria.net/varit/valkoinen.htm>>, <<http://www.coloria.net/varit/keltainen.htm>> (29.4.2010)

Sjoerd De Jong 2006-2010. TUTORIALS - UE3 MATERIAL EDITOR - PART 2. [verkkodokumentti].

Hourences' Community Site. <<http://www.hourences.com/book/tutorial/ue3mated2.htm>> (10.4.2010)

Waylon Brinck 2005. An In-Depth Look at UVW Mapping an Object in 3DS Max. [verkkodokumentti]. waylon-art.com. <http://waylon-art.com/uvw_tutorial/uvw_tut_02.html> (14.2.2010)

LIITTEET

1. DVD