



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sofia Eskola

Pelihahmon toteuttaminen: Tapaus Book of Heroes

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi

Viestinnän koulutusohjelma

Opinnäytetyö

19.5.2020

Tekijä(t) Otsikko	Sofia Eskola Pelihahmon toteuttaminen: Tapaus Book of Heroes
Sivumäärä Aika	36 sivua + 1 liitettä 19.5.2020
Tutkinto	Medianomi
Tutkinto-ohjelma	Viestinnän koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	3D-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t)	Lehtori Kristian Simolin
<p>Opinnäytetyössä käsitellään 3D-hahmon mallintamisen suunnittelua ja toteutuksen vaiheita peliin. Työssä seurataan hahmomallinnuksen tekemistä valmiin konseptin pohjalta The Dark Eye: Book of Heroes -peliin. Tavoitteena on käydä läpi, millaisia ominaisuuksia pelihahmon mallilta vaaditaan, jotta se toimii sujuvasti pelimoottorissa.</p> <p>Työssä käydään läpi suunnittelun vaiheita hahmosuunnittelun kannalta, sekä kerrotaan miten peli, johon hahmoa tehdään, vaikuttaa prosessiin. Hahmosuunnittelun teoriaa työ sisältää sen verran, kun mallinnettavan hahmon kannalta on oleellista. Opinnäytetyössä perehdytään myös siihen, millaisia asioita on hyvä pitää mielessä, kun mallinnetaan hahmoa nimenomaan peliin. Esimerkiksi kameralla ja pelialustalla on vaikutusta siihen, millaisia ratkaisuja mallintajan kannattaa tehdä.</p> <p>Mallin suunnittelusta edetään sen toteuttamiseen. 3D-mallin tekeminen kuvataan opinnäytetyössä vaihe kerrallaan. Tarkoitus on luoda selkeä mutta ytimekäs kokonaisuus, mitä kaikkea pelihahmon mallinnus alusta loppuun pitää sisällään. Mallin mallintamisen ja teksturoimisen jälkeen hahmo rigataan ja animoidaan, jonka jälkeen se lopulta viedään pelimoottoriin.</p>	
Avainsanat	3D-malli, pelihahmo, animaatio

Author(s) Title	Sofia Eskola Creating a game character: Case Book of Heroes
Number of Pages Date	36 pages + 1 appendices 19 May 2020
Degree	Bachelor's Degree
Degree Programme	Media
Specialisation option	3D Animation and Visualization
Instructor(s)	Kristian Simolin, Lecturer
<p>This thesis is about designing and creating a 3D-character for a game. The thesis follows the process of making a character model based on an already existing concept for the game The Dark Eye: Book of Heroes. The objective is to go over what attributes a game character model has to have in order to work smoothly in a game engine.</p> <p>This thesis goes through the phases on planning from the perspective of character design and examines how the game affects that planning. This includes the theory of character design only in parts that are relevant to the character that it features. This thesis also takes a look on what kind of things are good to keep in mind when modeling specifically for games. Camera and gaming platform can affect the choices the modeler takes.</p> <p>After the planning and design theory comes the practical part of the thesis, where creating a 3D model is laid out step by step. The goal is to give a clear and concise description of what those steps include. From modeling and texturing the character to rigging and animation to finally implementing the finished character to the game engine.</p>	
Keywords	3D model, game character, animation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Projektin taustat	2
2.1	The Dark Eye: Book of Heroes	2
2.2	The Dark Eye -pelin suunnitteluperusteet	2
2.2.1	The Dark Eye -roolipeli	2
2.2.2	Visuaalinen ilme	2
3	Keskeiset käsitteet	3
4	3D-mallinnus peleihin	5
4.1	Monikulmioiden määrä	5
4.2	Kamera	6
4.3	Tekstuurit	8
4.4	Tiimi	9
5	Hahmosuunnittelun perusteita	10
5.1	Referenssit	10
5.2	Rakenne	11
5.2.1	Muoto	11
5.2.2	Siluetti	12
5.3	Liioittelu	13
6	Hahmon toteutus	14
6.1	Esityö	14
6.1.1	3D-mallin suunnittelu	14
6.2	Hahmon 3D-mallintaminen	16
6.2.1	Harvaverkkoinen malli	16
6.2.2	Tiheäverkkoinen malli	18
6.2.3	Uudelleenverkotus	19
6.3	UV-koordinaattien määrittely ja teksturointi	22
6.3.1	UV-kartta	22
6.3.2	Tekstuurit	23
6.4	Hahmon rigaus	25
6.4.1	Rigi	25
6.5	Pintapainot	27
6.6	Animaatio	27

6.7	Hahmon käyttöönoton valmistelu pelimoottorissa	32
7	Pohdinta	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Cavedragon_Animaatiot	

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään 3D-hahmon mallintamista videopeliin. Työn tarkoitus on tutkia, millaisia ominaisuuksia pelihahmon mallintamisessa tulee ottaa huomioon, ja toteuttaa 3D-pelihahmo tutkimusta hyödyntäen. Opinnäytetyössä käydään läpi videopeliin tarkoitetun hahmosuunnittelun teoriaa, sekä mallinnetaan hahmo peliin. Mallintamisen toteutusprosessi käydään läpi vaihe kerrallaan suunnittelusta aina valmiin tuotoksen viemisestä pelimoottoriin asti.

Mallintamisen vaiheet käydään läpi käyttäen esimerkkinä The Dark Eye: Book of Heroes -pelin vihollishahmon mallia. The Dark Eye: Book of Heroes on tamperelaisen Random Potion -pelifirman peli, joka on määrä julkaista kesällä 2020. Opinnäytetyössä tutustutaan alkuun lyhyesti saksalaiseen The Dark Eye -roolipeliin, sekä sen maailmaan Aventuraan. Sen pohjalta kerrotaan, kuinka The Dark Eye on vaikuttanut pelin ja työssä esiteltävän hahmon suunnittelu- ja tekoprosessiin.

Teoriaosuudessa käsitellään tiiviisti hahmosuunnittelun perusteita siitä näkökulmasta, mikä hahmosuunnittelussa on oleellista videopeleihin suunniteltujen hahmojen kannalta. Tällaisia seikkoja ovat esimerkiksi rakenne, muoto ja siluetti.

Opinnäytetyön käytännön osan tarkoituksena on esitellä 3D-hahmon mallintamisen työnkulku. Prosessi suunnittelusta aina valmiiksi hahmoksi on hyvin laaja, ja asioita voi toteuttaa saman teorian pohjalta käytännössä monella eri tavalla. Työssä mallintamisen eri vaiheet esitellään tiiviisti ja siltä pohjalta, millaisia menetelmiä ja pipelinejä työpaikalla on käytetty. Tavoitteena oli luoda semi-realistista tyyliä käyttäen toimiva hahmo animaatioineen peliin. Valmiin hahmon tuotantolinja pitää sisällään harva- ja tiheäverkkoisen mallin mallintamisen, mallin UV-koordinaattien kartoittamisen ja teksturoimisen, hahmon rigaamisen ja animoinnin, sekä lopuksi mallin viemisen pelimoottoriin.

Kaikki opinnäytetyössä mainitut hahmon toteuttamiseen käytetyt ohjelmat valikoituivat sen mukaan, mitä ohjelmia työpaikalla, jossa hahmo toteutettiin, oli käytössä. Aiempaa kokemusta ohjelmista minulla oli ennen työn toteuttamista kaikista paitsi yhdestä. Blender-mallinnusohjelma on kuitenkin hyvin käyttäjäystävällinen, ja siitä löytyy paljon dokumentaatiota, joten askarruttaviin kysymyksiin on usein nopea löytää ratkaisuja. Ennen opinnäytetyössä esimerkkinä käyttämäni hahmon mallintamista olin ehtinyt tutustua

Blenderiin jonkin aikaa, joten sen käyttäminen varsinaisen mallintamisen osalta toteutusvaiheessa oli jo melko intuitiivista.

2 Projektin taustat

2.1 The Dark Eye: Book of Heroes

Käytän opinnäytetyössä esimerkkinä The Dark Eye: Book of Heroes -tietokoneroolipeliin tekemääni vihollishahmoa. Book of Heroesin on tehnyt Random Potion, ja sen julkaisija on saksalainen Wild River Games. Peli on määrä julkaista kesällä 2020.

Book of Heroes perustuu saksalaiseen pöytäroolipeli The Dark Eyeen lisenssiin, ja se on kehitetty tiiviissä yhteistyössä lisenssin omistavan Ulisses Spiele -julkaisijan kanssa. Pelin säännöt on sovellettu The Dark Eyeen viidennen painoksen pohjalta.

2.2 The Dark Eye -pelin suunnitteluperusteet

2.2.1 The Dark Eye -roolipeli

The Dark Eye on 1984 alkunsa saanut saksalainen pöytäroolipeli. Roolipelin maailma, Aventuria, on täynnä seikkailuja ja magiaa. The Dark Eye on elävä peli; aika fantasia-maailmassa etenee, ja eepillisillä taisteluilla on pysyviä vaikutuksia pelin maailmassa. (The Dark Eye - Core rules) Aventurian siljaintina toimii Dere, joka muistuttaa meidän Maatamme, mutta vain osittain. Jumalallinen väliintulo, ihmeellinen magia ja vaaralliset hirviöt ovat osa Deren maailmaa. (Ritcher ym. 2017, 6)

2.2.2 Visuaalinen ilme

The Dark Eyeen maailma pitää sisällään paljon perinteisiä fantasiaelementtejä: eri rotuja haltioista kääpiöihin, maanalaisia tyrmiä, ja myyttisiä petoja kuten lohikäärmeitä. (Kuvio 1.) Pelimaailman visuaalinen rakentaminen on toteutettu Aventurian asettamilla ehdoilla. Moniin päätöksiin on vaikuttanut myös The Dark Eyeen valtavan laaja taustatarina. Esimerkiksi pelattavien hahmojen vaatteissa ei käytetä violetta, sillä se on pelin yhden antagonistiin, The Nameless One:n liitetty väri. Pelin elementtejä on tehty paljon valmiiden konseptien pohjalta, joko suoraan valmiiden konseptien perusteella tai referenssimateriaaleja tutkimalla.



Kuvio 1. The Dark Eyn maailmassa perinteisen fantasiaelementit ovat vahvasti läsnä. (Ulisses Spiele, 2019)

3 Keskeiset käsitteet

Avainasento – (*keyframe*) on animoidessa aikajanelle tallentuva hetki, joka määrittää liikkeen alun tai lopun.

Harvaverkkoinen 3D-malli – (*lowpoly model*) on malli, jonka geometriassa on vähän monikulmioita.

Idle tarkoittaa animaatiota, jossa kohde on, kun se on toimeton. Elävät olennot harvemmin ovat täysin paikallaan, joten pienellä liikkeellä tuodaan siihen eloa.

Luuppi – (*loop*) on animaatio, joka toistaa itseään. Voidaan käyttää myös termiä sykli, esimerkiksi kävelysykli.

Monikulmio – (*polygon*) muodostuu pisteistä, reunaviivoista ja tasoista.

Muunnin – (*modifier*) Muuntimet ovat mallinnusohjelmissa olevia valmiita työkaluja, joilla mallia voi muokata.

Normaalikartta – (*normal map*) on kaksiulotteinen kuva, jossa eri väreillä kuvataan kolmeulotteisia syvyyseroja.

Pintapainot – (*skin weights*) määrittävät rigin luiden vaikutusalueen, eli mitä luut kohteessa liikuttavat.

Pipeline sisältää 3D-mallin tekemiseen vaadittavat työvaiheet. Pipeline voi sisältää esituotannot, tuotannon ja jälkituotannot, ja jokaisen tuotannonvaiheet sisällä olevat työvaiheet vaihtelevat firman ja henkilön mukaan.

Piste – (*vertex*) on kohta, jossa reunaviivat liittyvät yhteen.

Reunaviiva – (*edge*) on kahden pisteen väliin muodostuva jana.

Reunaviivaluoppi – (*egde loop*) tarkoittaa sarjaa mallin ympäri kulkevia, toisiinsa katkeamattomasti yhdistyneitä reunaviivoja.

Rigi on animoitavalle kohteelle tehtävä eli rigattava luuranko, jolla kohdetta voidaan liikuttaa. Rigin koostavia osia kutsutaan luiksi.

Taso – (*face*) on alue pisteiden välissä, joista 3D-mallin pinta koostuu.

Tekstuuri kehittäminen - (*baking textures*) on prosessi, jossa mallin pintaan siirretään yksityiskohtia toisesta mallista.

Tekstuurit – (*textures*) ovat kaksiulotteisia kuvia, joilla esitetään mallin pinnassa esimerkiksi värejä, heijastavuutta ja metallinhoitoisuutta

Tiheäverkkoinen 3D-malli – (*highpoly model*) on malli, jonka geometriassa on paljon monikulmioita. Se sisältää usein paljon yksityiskohtia.

Topologia tarkoittaa mallin pinnan muodostavien pisteiden, reunaviivojen ja nelikulmioiden järjestystä ja sujuvuutta.

Tuonti ja vienti – (*import – export*) suoritetaan, kun halutaan siirtää tiedosto eri ohjelmasta toiseen.

Tursotus – (*extrude*) on mallinnuksessa käytettävä toiminto, jolla pistettä tai reunaviivaa voidaan turstottamalla jatkaa uudeksi geometriaksi.

Uudelleenverkotus – (*retopo*) on toimenpide, jossa mallin pinnan muodostavan verkon geometriaa siistitään ja optimoidaan käyttötarkoitukseen sopivaksi.

UV koordinaattien määrittely – (*UV mapping*) on prosessi, jossa kolmiulotteisesta mallista luodaan kaksiulotteinen kuva.

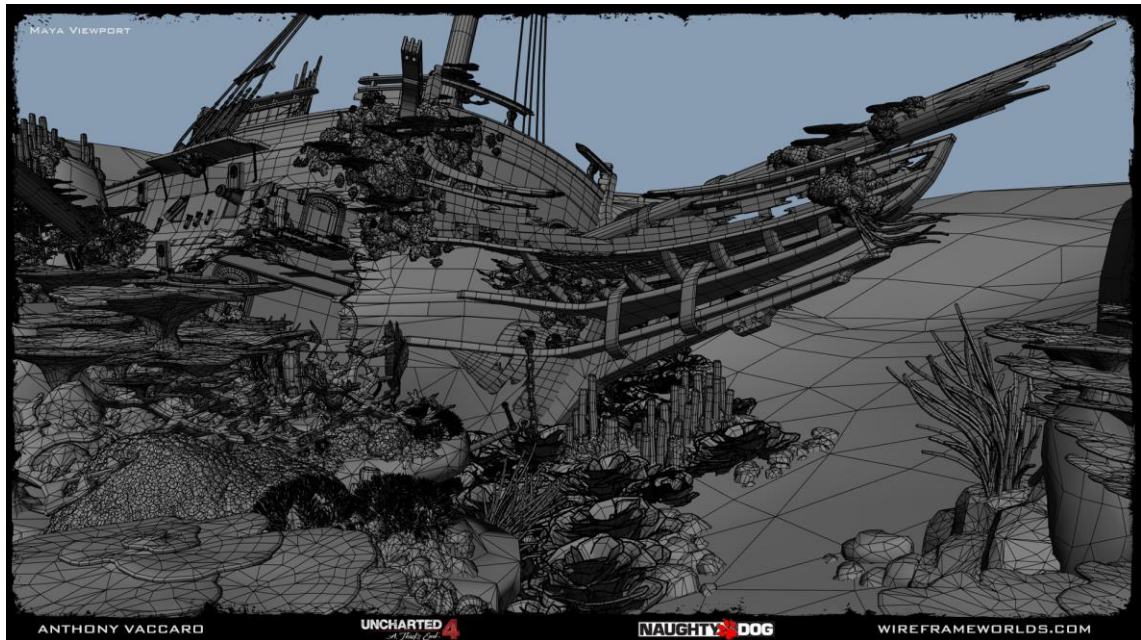
4 3D-mallinnus peleihin

Kun tehdään 3D-malleja erilaisiin tarkoituksiin, on niillä erilaisia kriteerejä ja rajoituksia.

3D-mallista käyttävien elokuvien ja pelien merkittävä ero on siinä, että elokuvat renderöidään ruutu kerrallaan, kun taas pelien tulee toimia reaaliajassa. Reaaliajassa sujuva toimiminen edellyttää 3D mallilta tiettyjä ominaisuuksia.

4.1 Monikulmioiden määrä

Peleissä monikulmioiden ja tekstuurien yhteismäärä täytyy jakaa ympäristön, hahmojen, esineiden ja efektien kesken, joten on tärkeää miettiä, kuinka hyödyntää kyseinen budjetti järkevästi. (Kuvio 2.) Se määrä, jonka monikulmioita voi hahmoon käyttää, riippuu paljon pelistä ja pelin alustasta. (Ward 2004, 15.)



Kuvio 2. Ympäristön monikulmioiden määrässä on painotettu olennaiseen. Monimutkaiset kasvit ja hylky sisältävät enemmän monikulmioita, kuin maan muodostava tasainen pinta. (Vaccaro 2016)

Monikulmioiden määrä hahmossa voi vaihdella myös eri seikoista johtuen. Vihollishahmon, kuten tässä tapauksessa, kohdalla olennaisesti vaikuttavia ominaisuuksia ovat hahmon tärkeys, etäisyys, ja vuorovaikutus. Tärkeän vihollisen, kuten niin sanotun päävihollisen, monikulmioiden määrä voi olla suurempi, kuin sankoin joukoin esiintyvien pienten kätyrivihollisten. Jos hahmo nähdään vain kaukaa, ei siihen kannata uhrata suurta määrää geometriaa. On myös hyvä pitää mielessä, että pelaaja ei välttämättä huomaa eroa, kuinka suuri monikulmiomäärä vihollisella on, kun hän ohjaa hahmoaan juoksemaan ympäriinsä taistelun tiimellyksessä. (Totten 2012, 16.)

4.2 Kamera

Hahmon etäisyyteen ja kokoon, jossa se nähdään vaikuttaa myös pelin kamera ja ruudun koko, jolla peliä pelataan. Mobiilipelejä pelataan lähtökohtaisesti pienemmältä näytöltä, joten hahmojen koko ruudulla on joitakin kymmeniä tai satoja pikseleitä. Suurelta näytöltä pelattavissa konsoli- ja tietokonepeleissä hahmot näkyvät myös isompina ja suuremmalla resoluutiolla. (Kuvio 3.)



Kuvio 3. PlayStation 4 -konsolille julkaistu Horizon Zero Dawn -pelissä päästään lähelle vihollisia, jolloin ne nähdään suurella resoluutiolla. (Playstation)

Pelin kamera puolestaan vaikuttaa siihen, mistä kuvakulmasta ja miltä etäisyydeltä pelaaja voi nähdä ja tutkia ympäristöään. Ensimmäisessä persoonassa olevassa pelissä voi pelaaja viedä kameran lähemmäs kohteita ja tarkastella niitä eri kuvakulmista kuin pelissä, jossa kamera on lukittu tiettyyn kulmaan, esimerkiksi tietokoneroolipeleissä perinteisesti käytetty isometrinen projektio tai top down -kuvakulma, jossa kamera kuvaa pelimaailmaa aina yläviistosta.

Muita keinoja vähentää pelin monikulmioiden määrää on mallintaa vain näkyvissä olevat pinnat. Jos pelaaja ei koskaan tule näkemään mallin tiettyjä osia tai kuvakumia, ei niihin kannata tuhlaa monikulmioita. Aina ylhäältä päin kuvattu pöytä ei tarvitse pohjaa, jos sitä ei nähdä. (Silverman 2012.)

Monikulmioita voidaan myös vähentää käyttämällä samasta mallista eri tasoisia versioita eli LOD-malleja. LOD eli Level of Detail, tarkoittaa yksityiskohtien tasoa, jota malli sisältää. LOD-mallin monikulmioiden määrä on alkuperäistä pienempi, ja joskus sillä voi olla myös pienemmät tekstuurit. LOD-malli pyrkii kuitenkin olemaan uhraamatta mallin alkuperäistä siluettia. (Gahan 2011, 9.) (Kuvio 4.)



Kuvio 4. Hahmo voidaan asettaa käyttämään eri LOD-mallia, mitä kauempana se on pelaajasta. (ThreeDee GmbH, 2017)

4.3 Tekstuurit

Pienempiä monikulmiomääriä sisältävä malli voidaan saada näyttämään laadukkaamalta ja yksityiskohtaisemmalta eri tavoin, kuten tekstuurien avulla. Tekstuureilla voidaan esittää mallin pinnalle asioita, joita ei ole todellisuudessa mallinnettu. Normaalikartalla voidaan lisätä mallin pintaan pieniä kohoumia ja koloja, jolle valo näyttää niiden varjot ja korostukset kuin ne olisivat mallin pinnassa. (Treehouse 2015.)



Kuvio 5. Assassin's Creed: Brotherhood -pelin hahmon harvaverkkaisen mallin pintaan on esitetty yksityiskohtia normaalikartan ja tekstuurien avulla. (Collings, 2016)

4.4 Tiimi

Myös projektin ja tiimin suuruus voi vaikuttaa pelihahmon mallintamiseen. Jos käytössä on suuri tiimi, voivat mallin tekemisen eri vaiheet olla kaikki eri ihmisten tehtävänä. Suuremmissa peliyrityksissä yhden hahmon voi mallintaa, veistää, teksturoida, rigata ja animoida eri henkilöt. Yhtenä esimerkkinä voi käyttää Overwatch -videopeliä, jossa pelattavan hahmon tekemiseen alusta peliin lisäämiseen asti voi olla mukana jopa 150 ihmistä (Gurwin 2018). Pienemmissä tiimeissä voi koko mallin pipeline olla yhden ihmisen vastuulla, jolloin eri vaiheisiin ei välttämättä ehdi käyttää niin paljon aikaa.

5 Hahmosuunnittelun perusteita

Käyn opinnäytetyössä hahmosuunnittelun vaiheita läpi vain lyhyesti ja keskityn enemmän tekniseen toteuttamiseen ja mitä hahmosuunnittelussa pelihahmon kannalta on oleellista. Toteutin työssä käsiteltävän vihollisen valmiin kuvan pohjalta, joten sivuan hahmosuunnittelua vain siitä näkökulmasta, mikä valmiin konseptin sovittamisessa 3D malliksi on olennaista.

5.1 Referenssit

Ensimmäinen vaihe suunnittelutyössä on usein referenssit. Hahmosuunnittelijalle referenssi voi tarkoittaa taitoa tutkia ympäristöään tai kuvia varmistaakseen esittämänsä asian olevan visuaalisesti korrekti (Tillman 2011, 85). Referenssistä tekijä voi etsiä ja hyödyntää informaatiota tai inspiraatiota.

Referenssit voi karkeasti jakaa kolmeen osioon: mallista havainnointiin, tutkimukseen ja inspiraatioon (Arvola 2018, 7-8). Tarkastelemalla kuvamateriaalia tai ympäristöä voidaan näkemän perusteella hyödyntää elementtejä omassa työskentelyssä. (Kuvio 6.)



Kuvio 6. League of Legends -pelin kuvituksiin on käytetty referenssinä pelin artistien itseottamia valokuvia. (BANDANABAND1T, 2017)

Hahmosuunnittelussa referenssejä voi käyttää anatomian, muodon ja tekstuurien tutkimiseen. Jos tehtävänä olisi suunnitella esimerkiksi hahmo, joka on 1800-luvun aristokraattinen, referenssiä voisi etsiä ja käyttää ihmisen anatomiaan, valitun aikakauden vaatteisiin ja jopa siihen, kuinka kangas laskostuu.

Kun kerätään aineistoa kaksiulotteisen asian muuttamisesta 3D-muotoon, on hyvä, jos käytössä on referenssejä saman aiheen eri kuvakulmista, jolloin voidaan hahmottaa paremmin kohteen muoto. 3D-mallinnuksen, samoin kuin muun muassa animaation, kohdalla tehdään hahmosta model sheet eli malliarkki. Hyvässä malliarkissa hahmosta on kuvia eri kuvakulmista, joista näkee hahmon muodon ja mittasuhteet. (Kuvio 7.) Animaatiota varten voidaan tehdä myös malliarkki, josta näkee hahmon persoonallisuuden ja liikkumistavan. (Lauria).

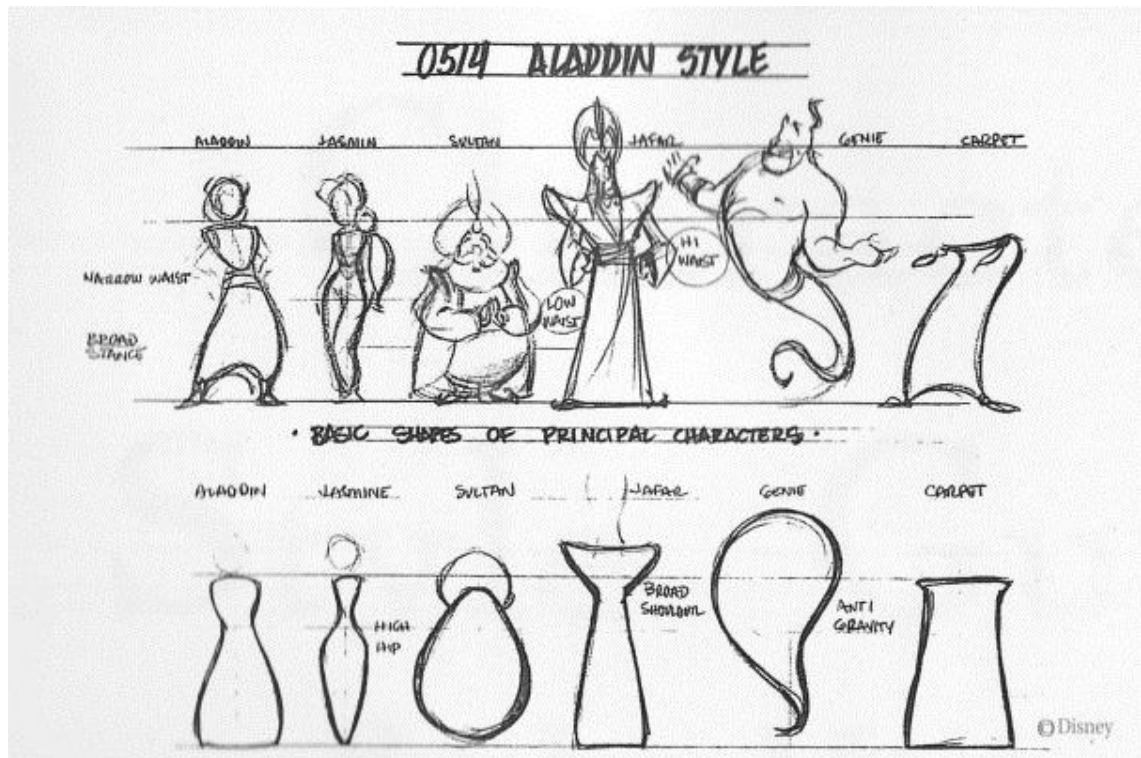


Kuvio 7. Overwatch -pelin Sigma hahmosta tehty malliarkki. (Fang, 2019)

5.2 Rakenne

5.2.1 Muoto

Jokainen hahmo rakentuu muodoista. Rakenne voidaan pelkistää kolmeen perusmuotoon, jotka ovat neliö, ympyrä ja kolmio. Jokainen niistä herättää tiettyjä mielleyhtymiä, joita suunnittelutyössä voidaan hyödyntää. Neliö yhdistettäviä piirteitä ovat vakaus, luottavuus ja maskuliinisuus. Ympyrä mielletään lapsenomaisena, ystävällisenä ja leikkisänä. Kolmiosta syntyviä mielleyhtymiä ovat viekkaus, liike ja konflikti. (Tillman 2011, 68-72). Hyvä hahmo rakentuu kontrasteista muotojen koossa, muodossa ja mittasuhteissa. Jo hahmon ulkomuoto kertoo mitä piirteitä hahmo ilmentää. Peleissä liikkuva hahmo, joka voi näkyä ajoittain lähempää ja kauempaa, olisi hyvä pystyä tunnistamaan nopeasti jo pelkän muodon perusteella. (Soukka 2012, 7.)



Kuvio 8. Disneyn Aladdin-elokuvan hahmojen muoto voidaan pelkistää ympyröihin, neliöihin ja kolmioihin. (Disney)

5.2.2 Siluetti

Kun hahmon muoto on tehty, voi seuraavaksi tutkia sen siluettia. Hyvä hahmo on tunnistettavissa, vaikka se olisi kokonaan musta. DC Comics:in mustiin pukeutuneen Batmanin pystyy tunnistamaan öistä taivasta vasten pelkän siluetin perusteella. Vahva siluetti kuuluu myös animaatiotyöhön. Vahva siluetti kertoo jo itsessään, mitä hahmo on tekemässä, ja auttaa katsojaa ymmärtämään nopeammin mitä ruudulla tapahtuu. 3D ympäristössä animoidessa täytyy pitää mielessä myös kameran kuvakulma. Animaation tulee näyttää toimivalta siitä kuvakulmasta, josta sitä tullaan katsomaan. (Roberts 2012, 57.)

Pelit ovat usein nopeatempoisia, jolloin pelaajan on hyvä pystyä tunnistamaan eri hahmoja. Hyvä ja selkeä siluetti auttaa pelaajaa erottamaan nopeasti, mikä hahmo on kyseessä, ja reagoimaan pelitilanteisiin tarvittavalla tavalla. Hyvin suunnitellut hahmot viestivät pelaajalle ominaisuuksistaan pelkän siluetin perusteella. Suuret, tukevut siluetit viestivät usein hahmon kyvystä ottaa vastaan osun, kun taas pieni ja siro siluetti viestii vikkelyydestä, ja siihen on vaikeampi osua. Korostetusti siluettien tärkeys näkyy elektronisessa urheilussa. Taisteluiden kriittiset hetket voivat kestää vain sekunteja, ja kun kaiken toiminnan keskellä on useita pelaajahahmoja ja vihollisia, jotka näkyvät ruudulla

muutamankymmenen pikselin korkuisena, on pelaajan hyvä pystyä tunnistamaan eri hahmot toisistaan vain nopean vilkaisun perusteella. (Blain, 2018.)



Kuvio 9. Overwacht -videopelissä pelaajien on pystyttävä nopeasti tunnistamaan hahmoja pelkän siluetin perusteella. (Blain, 2018.)

5.3 Lioittelu

Toisin kuin ihmisenäyttelijää, voidaan 3D-hahmoa muovata ja vääntää mielivaltaisesti juuri sellaiseksi, kuin animaattori haluaa. Asialla on myös kääntöpuolensa, sillä toisin kuin ihmisellä, ei hahmolla ole kaikkia niitä hienovaraisimpia viestimiskeinoja, kuten mikroilmeitä tai pienen pienet eleet liikkeessä. Jotta hahmon tunnetilat välittyisivät hyvin, on niitä syytä liioitella ja tyylytellä.

Lioittelemalla voidaan saavuttaa keinoja ilmaista dynaamisempia asentoja ja näyttää suurempia tunteita, kuin mitä todellisuuden rajoissa pystyttäisiin tekemään.

Lioittelun keinoja voivat olla fyysisen ominaisuuden liioittelu tunnetilan välittämiseksi, esimerkiksi suuret silmät hahmon ollessa surullinen. Innostunut hahmo voi hypähdellä ympäriinsä, kun taas surullisen hahmon liikkeet voivat olla liioitellun flegmaattisia. Myös yksittäisiä ruumiinosia voi liioitella; Suurentamalla hahmon päätä tämän suuttuessa voi antaa katsojalle kuvan, että hahmon pää on räjähtämässä raivosta. (Pardew 2008, 48.) Peliympäristössä hahmot voivat näkyä hyvinkin pienenä, joten liikkeet voivat olla liioiteltuja, jotta ne välittyisivät pelaajalle.

6 Hahmon toteutus

6.1 Esityö

Käsittelen opinnäytetyön teoriaosuudessa, kuinka toteutin cave dragon 3D-mallin Book of Heroes -peliin. Käytän työssä cave dragonista vapaasti suomennettua käännöstä luolalohikäärme. Käyn läpi 3D-mallin toteutuksen vaihe vaiheelta. Mallin pipelineen kuului esituotannon osalta suunnittelua, johon osallistui myös firman art director. Hän teki alku- peräiset listat muun muassa tarvittavista animaatioista, jonka pohjalta lähdin niiden toteutusta miettimään. Pipelineen tuotannon osuus piti sisällään harva- ja tiheäverkkoisen 3D-mallin mallintamisen, mallin teksturoinnin sekä rigauksen ja animaatioiden teon. Lisäksi viimeisenä työvaiheena vein mallin pelimoottoriin, ja valmistelin sen omalta osaltani pelikäyttöä varten. Pelimoottorissa tehtäviin toimenpiteisiin kuului animaatioiden asetusten määrittäminen ja hahmon animaattorin teko.

Luolalohikäärme on yksi Book of Heroes -pelin päävihollisista. 3D-malli on kooltaan pelimaailmassa suuri, joten se näkyy pelaajalle pienikokoisia vihollisia paremmin ja tarkemmin. Tämän vuoksi oli tärkeää pyrkiä saamaan malli näyttämään mahdollisimman hyvältä ja toimivalta. Myös luolalohikäärmeen status päävihollisena tuki kyseistä tavoitetta.

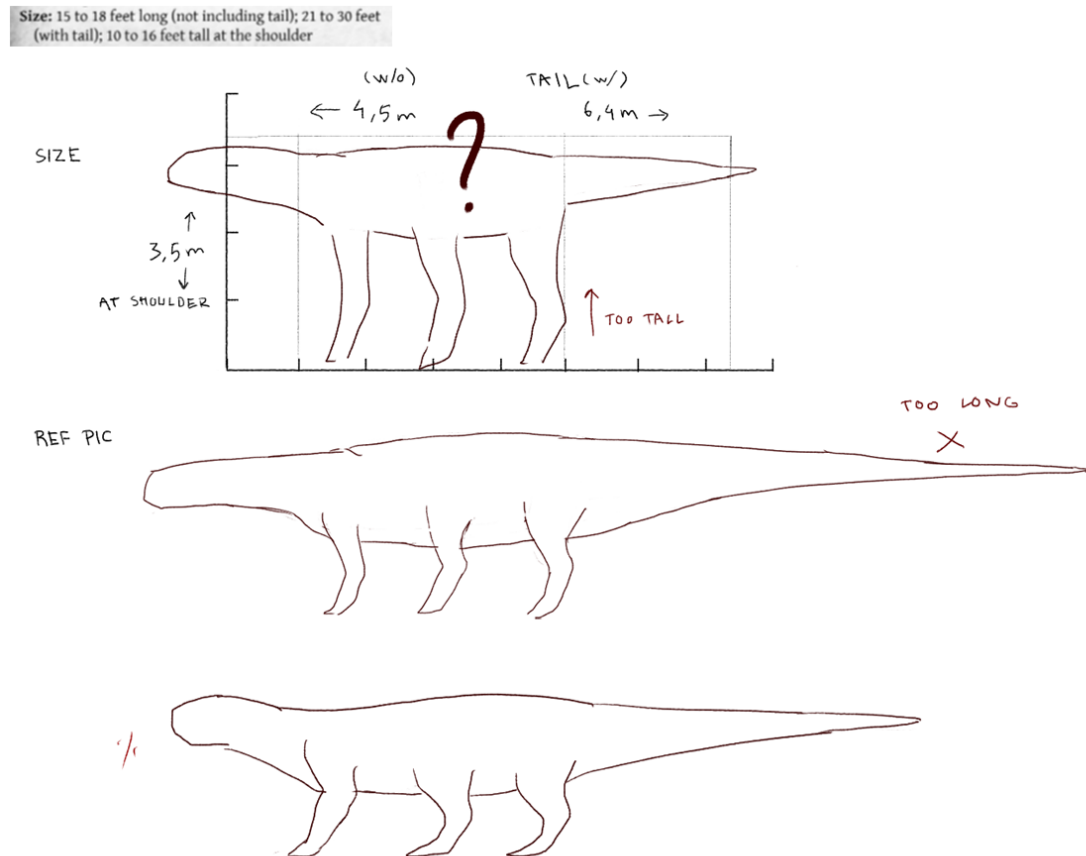
6.1.1 3D-mallin suunnittelu

Ennen 3D-mallintamisen aloittamista keräsin kokoon saatavilla olevan informaation hahmosta. Luolalohikäärmeistä löytyi kahden sivun mittainen kuvaus sekä yksi kuva.

Luolalohikäärmeet ovat Aventuriassa tavattava lohikäärmerotu. Nimensä mukaan elävät luolissa, ja siipien sijaan niillä on monta paria raajoja. Arvuuttelin myös, että Aventurian Bestiary -kirjan kannessa oleva lohikäärme olisi myös luolalohikäärme. Yhdennäköisyys oli huomattava, mutta en tiennyt johtuivatko poikkeamat eri piirtäjien tyylistä vai jostain muusta seikasta. En voinut olla täysin varma asiasta, joten en lisännyt kuvaa suoraan käyttämiini referensseihin, mutta silmäilin kuvaa, jos jokin toisessa kuvassa olisi liian epäselvää.

Tässä vaiheessa 3D-mallia varten ratkaistavia asioita olivat hahmon mittasuhteet, sen koko ja mahtuminen pelin kenttään, sekä koon mahdollinen vaikutus tuleviin animaatioihin.

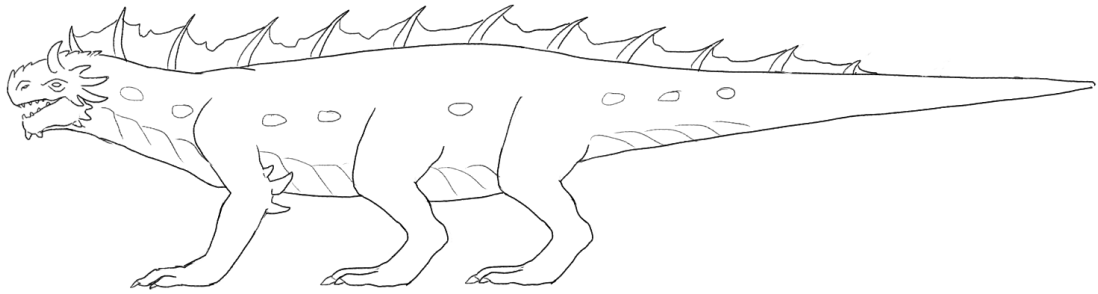
Ensimmäisenä tutkin hahmon mittasuhteita ja sitä, millainen anatomia hahmolla tekstin ja kuvan mukaan on. Luolalohikäärmeiden raajojen määrä vaihtelee kahdesta kolmeen jalkapariin ja yhdestä kahteen pariin eturaajoja. Päätin, että tekisin hahmolle kuusi rajaa, jotta animoitavaa olisi vähemmän. Raajojen pienempi määrä vähentäisi myös hahmon kokonaispituutta.



Kuvio 10. Luolalohikäärmeen muoto- ja mittasuhdeluonnoksia.

Tein nopeita luonnoksia ja hahmottelin, millaisista muodoista luolalohikäärme koostuu. Huomasin nopeasti, että kirjan mitat eivät vastanneet kuvitusta: esimerkiksi häntä oli luuissa ruumista lyhyempi, mutta kuvassa moninkertainen. (Kuvio 10.) Päädyin tekemään anatomiasta jotain tekstin ja kuvan välillä. Myös mitoissa annettu korkeus olkapään kohdalla oli hyvin hämmentävä, sillä se näytti olevan aivan liian korkea, joten madalsin säkää reilusti.

Lopuksi piirsin nopean sivukuvan hahmosta, jonka pohjalta 3D-mallinnusta lähtisin toteuttamaan. (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Havainnollistava luonnos hahmon anatomiasta mallintamista varten.

6.2 Hahmon 3D-mallintaminen

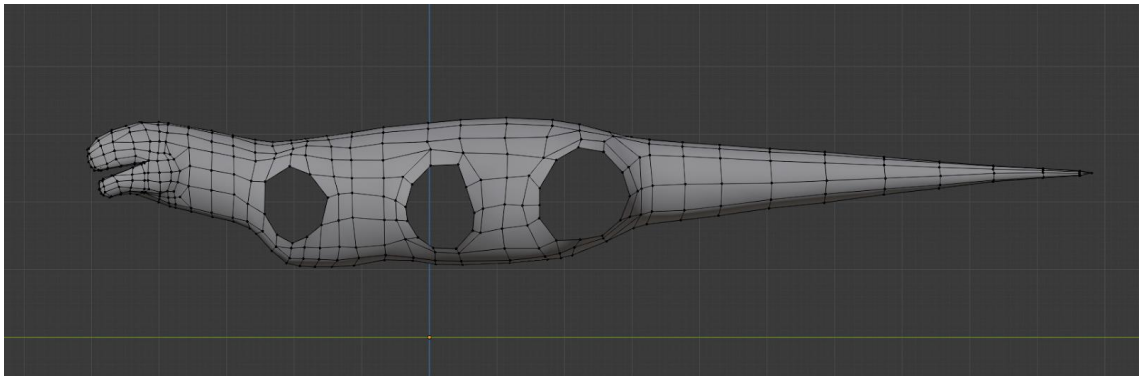
6.2.1 Harvaverkkoinen malli

Seuraavissa luvuissa käyn läpi, kuinka mallinsin luolalohikäärmeen tarvittavat kaksi versiota; harva- ja tiheäverkkoisen malli. Harvaverkkoista mallia käytetään pohjana yksityiskohtaisemman mallin veistämiseen. Hyvin tehty harvaverkkoinen malli voi käydä käyttöön jo sellaisenaan. Usein etenkin monimutkaisemmat mallit kannattaa uudelleenverkottaa, eli muokata niiden topologiaa.

Mallintamisessa käytin Blender 2.8-mallinnusohjelmaa. Blender oli vielä tässä vaiheessa minulle jokseenkin uusi, mikä toi mukana omia haasteitaan. Valmistelin ohjelman 3D-näkymän tuomalla siihen aiemmin tekemäni luonnoksen. Sen lisäksi toin näkymään myös pelaajahahmon 3D-mallin, jonka avulla voisin tarkastella luolalohikäärmeen mittasuhteita pelaajahahmoon verrattuna. Varmistin käytössä olevan mittayksikön olevan metrit, ja aloitin mallintamisen luomalla 3D-mallinsohjelmassa valmiina olevan primitiivikappaleen, tässä tapauksessa sylinterin. Heti aluksi poistin sylinterin oikean puolen, ja lisäsin sille muunnintyökalulla peili-muuntimen, joka peilaa kohteen geometrian valitun akselin mukaan. Näin hahmon molemmista puolista tulee symmetriset, ja riittää, että työstää vain yhtä puolikasta.

Mallintamisen tekniikkana käytin laatikkomallintamista ja reunaviivamallintamista. Laatikkomallintamisessa aloitetaan mallintaminen jollain primitiivikappaleella, josta muotoa aletaan muokkaamaan lisäämällä ja siirtelemällä geometriaa haluttuun muotoon (Danan 2016). Reunaviivamallinnuksessa muotoa rakennetaan luomalla uutta geometriaa tursoittamalla pisteitä ja reunaviivoja, joiden väliin muodostuu uusia tasoja.

Ensimmäisenä hahmottelin koko ruumiin perusmuodot; keskivartalo, kaula, pää ja häntä. (Kuvio 12.) Käytin enimmäkseen tursotus-työkalua, ja hain muotoa siirtelemällä reunaviivaluuppeja kohdilleen. Vartalon perusmuodon jälkeen jatkoin tekemällä jalat. Tein hahmon kylkeen aukon, josta tursotin reunaviivalooppiä alaspäin jalaksi. Jalkoja tehdessä siirtelin ruumista ylös ja alas hakien lopullista hahmon korkeutta, kunnes olin tyytyväinen jalan pituuteen. Hahmot kannattaa mallintaa T-asennossa, jossa kädet on ojennettu sivuille, ja raajat ovat vähän taipuneet, jotta rigaaminen olisi helpompaa (Engländer). Luolalohikäärmeen kohdalla T-asento tarkoittaa suoraa ruumista ja häntää, sekä vähän koukistettuja raajoja.

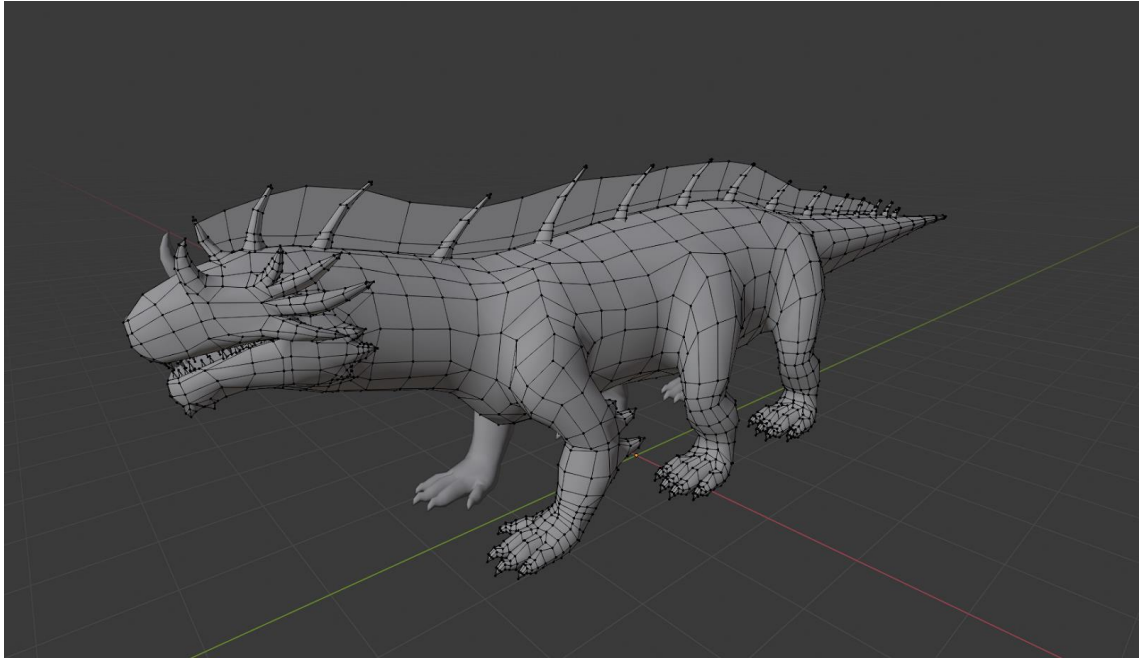


Kuvio 12. Hahmon ruumiin perusmuoto hahmoteltuna 3D-mallissa.

Aloitin mallintamisen keskimmäisestä jalasta, jonka jälkeen kopioin jalan kahdesti ja muokkasin ne sopiviksi etu- ja takaraajaksi. Jalkojen anatomiaan etsin jonkin verran referenssiä dinosauuksista. Vaikka luolalohikäärme kävelisi tässä tapauksessa kuudella jalalla, etummainen pari toimii kirjan mukaan myös käsinä. Käytin referenssinä dinosauuksia, jotka kävelivät sekä kahden että neljän raajan varassa, kuten iguanadonia. Aloitin mallintamisen keskimmäisestä jalasta, jonka jälkeen kopioin jalan kahdesti ja muokkasin ne paikoilleen eteen ja taakse. Muokkasin eturaajaan myös yhden varpaista peukaloksi.

Silmän päätin toteuttaa pelkällä tekstuurilla, joten en mallintanut niitä erikseen. Hampaiden kohdalla mietin samaa, olisiko niitä tarvetta mallintaa, sillä hahmon päätä ei nähtäisi kovin läheltä. Tiesin kuitenkin, että hahmo tulisi avaamaan suutaan eri animaatioissa, joten päätin toteuttaa hampaat myös malliin enkä pelkän tekstuurin avulla. Pään ja ruumiin piikeistä mallinsin ne, jotka näkyisivät myös siluetissa.

Selän harjaksen toteutin yhtenä tasona. Olin aiemmin tehnyt repaleista kangasta tekstuurin avulla, joten päätin tehdä harjaksen reunan muodon samalla tavalla, joten harvaverkkoisen mallin reuna sai jäädä suoraksi. (Kuvio 13.)



Kuvio 13. Selän harjaksen suora reuna harvaverkkoisessa mallissa.

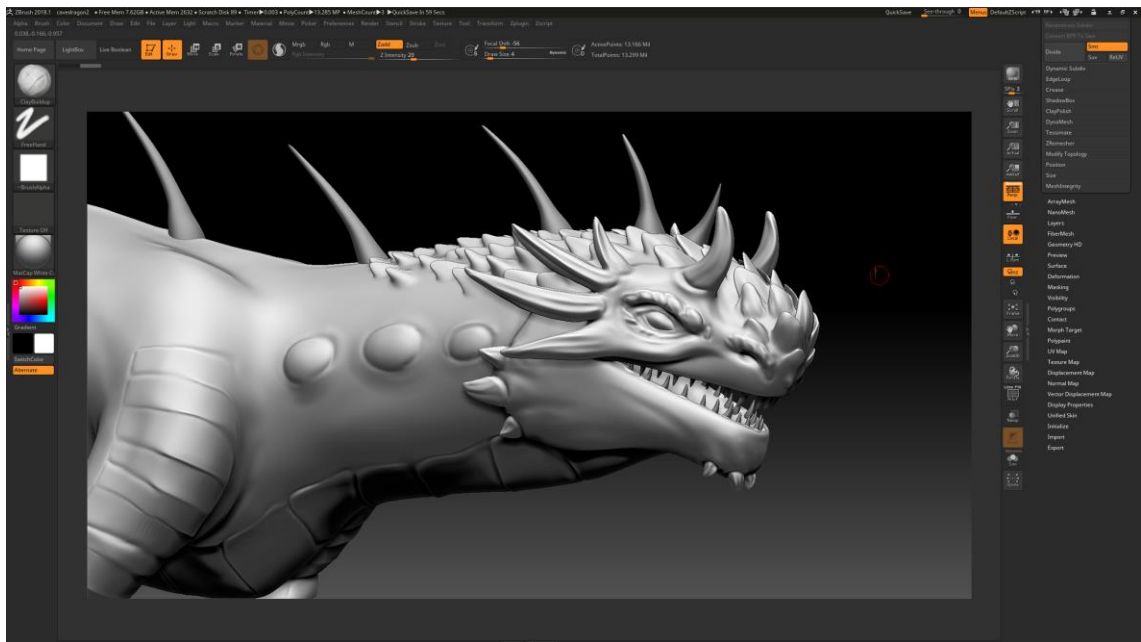
6.2.2 Tiheäverkkoinen malli

Tiheäverkkoinen malli on yksityiskohtaisempi versio harvaverkkoisesta mallista. Siinä missä harvaverkkoisen mallin monikulmio määrä on joitakin tuhansien ja muutaman sadan tuhannen välillä, voi tiheäverkkoisessa mallissa olla useita miljoonia monikulmioita. Pelimoottorit eivät kuitenkaan jaksa pyörittää niin suuria malleja, joten tiheäverkkoisista malleista hyödynnetään informaatiota muun muassa tekstuurien avulla.

Veistämiseen käytin ZBrushia. Aloitin lisäämällä ZBrushiin tuotuun harvaverkkoiseen malliin lisää geometriaa luomalla sille subdivision-tasoja. Subdivision eli alijako jakaa yhden nelikulmion neljään nelikumioon. Toin harvaverkkoisen mallin ohjelmaan kolmessa osassa; ruumis, hampaat ja selän piikkirivi. Hampaiden ja piikkien veistettyihin versioihin riitti geometrian lisääminen ja kierros claypolsih-työkalulla, joka tasoittaa topologiaa.

Ruumiiseen käytin enimmäkseen seuraavia veistotyökaluja: clay buildup eli saven lisäys, joka lisää tai vähentää massaa mallin pinnalla; slash eli viilto, jolla voi tehdä teräviä uurteita sekä move eli siirto, jolla massaa voi vapaasti liikuttaa vetämällä sitä haluttuun suuntaan.

Aloitin hiomalla anatomiaa eteenpäin. Olin aikaisemmin työstänyt toista liskomaista hahmoa, jonka lihasten anatomiaan katsoin mallia muun muassa alligaattoreista ja komodo-varaaneista, joten hyödynsin samoja referenssejä myös luolalohikäärmeeseen.



Kuvio 14. Yksityiskohtia veistetyin mallin päässä.

Tein yksityiskohtia edeten isoimmista elementeistä pienempiin. Veistin hahmon päähän yksityiskohtia, joita harvaverkkoisessa mallissa ei ollut, kuten silmät ja sieraimet. (Kuvio 14.)

Vatsan suomut tein myös veistämällä. Tiesin, että Substance Painter -ohjelmassa, jota käyttäisin teksturointiin, olisi materiaali, jolla voisin toteuttaa lohikäärmeen suomut. Tästä syystä joten en käyttänyt aikaa niiden erikseen veistämiseen.

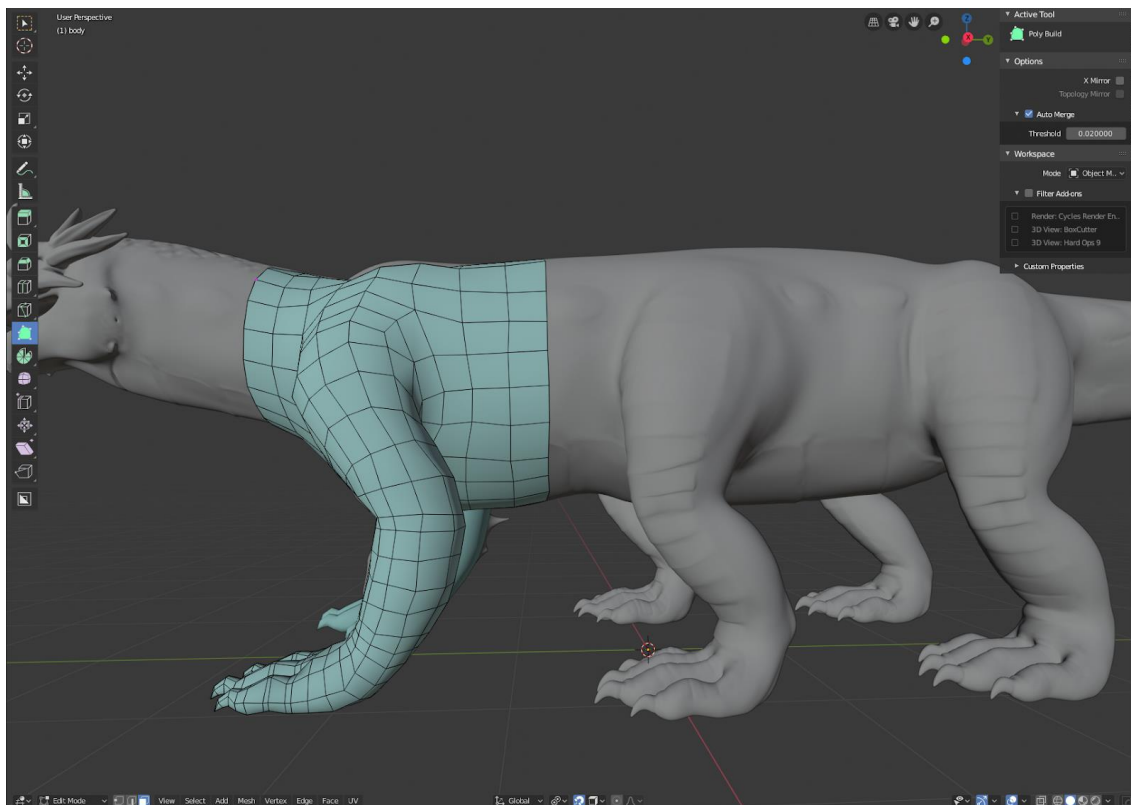
6.2.3 Uudelleenverkotus

Retopologia eli uudelleenverkotus on olemassa olevan pinnan uudelleenluomista optimaalisemmalla geometrialla. (Williamson). Uudelleenverkottamalla varmistin, että mallin

topologia on siisti ja käyttökelpoinen. Mallin pinnan muodoissa tapahtuu usein muutoksia, joten uudelleenverkottamalla malli voidaan myös varmistaa, että molempien mallien pintojen tasot täsmäisivät parhaansa mukaan toisiaan. Mallien pinnanmuotojen samankaltaisuus on avuksi, kun aiotaan siirtää tietoa yksityiskohdista tiheäverkkoisesta mallista harvaverkkoiseen malliin. Uudelleenverkottamalla mallin pyrin myös tekemään topologiasta toimivan animaation kannalta.

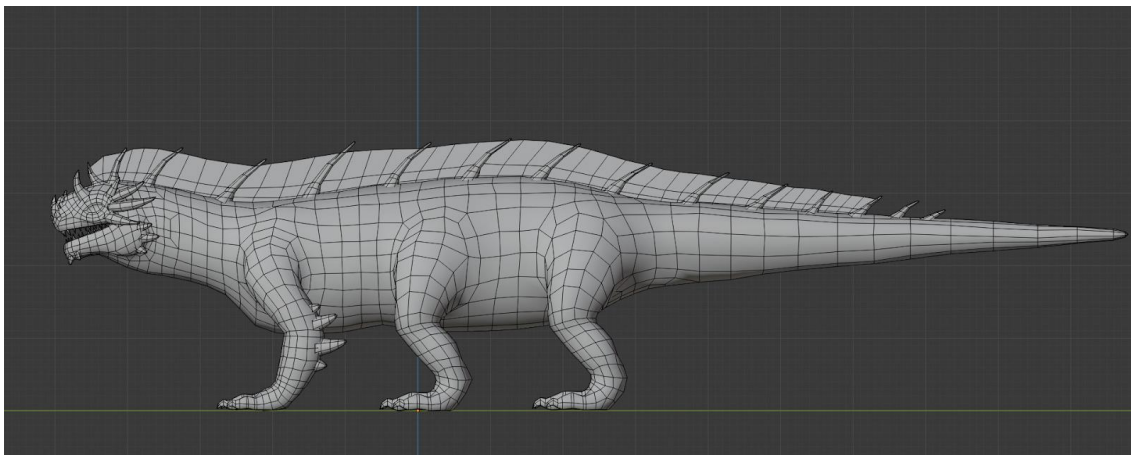
Luolalohikäärmeen uudelleenverkottamista varten vein ulos ZBrushista desimoidun version tiheäverkkoisesta mallista. Desimoinnissa ohjelma vähentää mallin geometrian määrää, pyrkien kuitenkin säilyttämään sen alkuperäisen muodon.

Blenderissä ZBrushista tuotu malli täytyi ensin suurentaa satakertaiseksi, jotta se olisi saman kokoinen alkuperäisen harvaverkkoisen mallin kanssa. Olin tehnyt aiempia 3D-mallien uudelleenverkottamisvaiheen toisella työtavalla, mutta päätin toteuttaa sen kohdalla päävihollisen eri menetelmällä. Maya-mallinnusohjelmaa käyttäneenä quad draw eli nelikulmion piirto -työkalu oli tuttu. Siinä uutta geometriaa voi ikään kuin piirtää mallin pintaan pisteitä lisäämällä ja turstottamalla, samalla periaatteella kuin reunaviivamallinnuksessa. Uusi geometria syntyy tässä tapauksessa kuitenkin toisen mallin pintaa mukailleen. Blenderin poly build eli nelikulmion rakennus -työkalu on toimintaperiaatteeltaan sama, joten kokeilin sen käyttöä. (Kuvio 15.) Blenderissä uusi geometria saadaan liimatua toisen mallin pintaan ottamalla käyttöön snap eli napsautus -asetus, joka napsauttaa uudet pisteet kiinni toisen mallin pintaa mukailleen.



Kuvio 15. Blenderin Poly build -työkalulla uudelleen rakennettua topologiaa tiheäverkkoisen mallin pinnassa.

Työjärjestys oli sama kuin aiemmin: aloitin keskivartalosta ja etenin häntään ja päähän, jonka jälkeen tein ensin yhden jalan ja niin edelleen. Kiinnitin huomiota, että topologia muodostaisi siistejä, tasaisesti mitoitettuja neliöitä. Lisäsin animaatiota varten reunaviivaluuppeja raajojen taiteisiin. Koko ruumis olisi kaulasta hännänpäähän asti taipuisa, joten tein malliin tarpeeksi geometriaa, jotta taipuminen olisi sulavaa ilman eikä mallissa näkyisi epätoivottuja kulmia. (Kuvio 16.) Tein monikulmioita tarvittaessa vähän anteli-aammalla kädellä, sillä kyseessä oli yksi pelin päävihollisista, joten halusin sen näyttävän hyvältä. Lopullinen neliömäärä pysyi alle 3000 neliön, 2746. Topologiaan jäi pari kolmiota, jotka piilotin kohtiin, josta ne eivät näy, esimerkiksi sarvien alle.



Kuvio 16. Topologia uudelleenverkottamisen jälkeen. Taipeissa on reunaviivaluuppeja sujuvaa animaatiota varten.

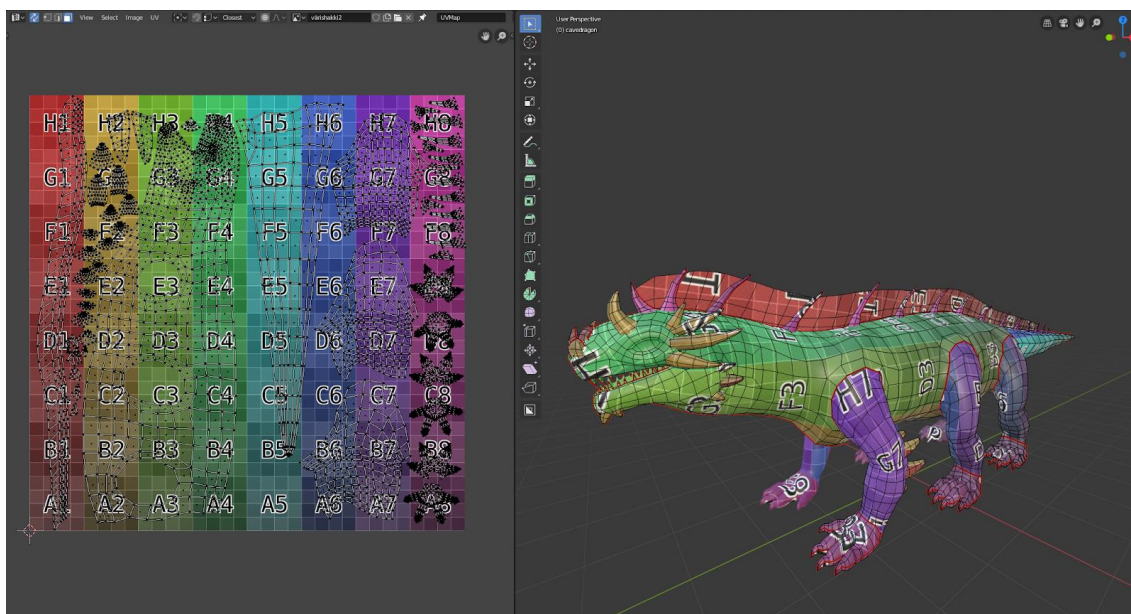
6.3 UV-koordinaattien määrittely ja teksturointi

6.3.1 UV-kartta

Aiemmassa luvussa kuvasin tiheänverkkaisen mallin veistämistä. Seuraavissa luvussa avaan tarkemmin sitä, miten kyseisen mallin pinnan yksityiskohtaisuutta voidaan hyödyntää, kun luodaan tekstuureilla vaikutelma yksityiskohtaisuudesta pelissä käytettävään harvaverkkoiseen malliin.

Ennen varsinaista teksturointia on mallille tehtävä UV kartta. UV kartta koostuu mallin monikulmioiden xyz-koordinaateista litistettynä kaksiulotteiseen tilaan. Tämän tilan akselit on nimetty U ja V, josta UV mapin nimi tulee. (Bech-Yagher 2018.) UV karttaa varten malliin tehdään saumoja, jolloin malli voidaan levittää UV kartan tilaan saumoja pitkin. Blender-ohjelmassa työskennellessä pidin auki mallinnusnäkyä ja UV-editoria eli UV muokkausikkunaa, jossa UV karttaa voi tarkastella.

UV-koordinaattien määrittelyä varten vaihdoin ensin mallin materiaalin käyttämään kuvaa, tässä tapauksessa väriruudukkoa. Ruudukon avulla näkee helposti, tuleeko UV karttaan vääristymiä. (Kuvio 17.) UV karttaa voi muokata siirtelemällä saumoilla erotettuja osia eli UV shellejä eli saarekkeitä, sekä muokkaamalla niiden kokoa, asentoa ja pisteiden sijaintia. Eri UV saarekkeiden koot voi määrittää sen mukaan, paljonko mikäkin kohta tarvitsee tilaa tekstuurissa. Esimerkiksi kasvoille voi varata enemmän tilaa, sillä niissä halutaan olevan paljon yksityiskohtia.



Kuvio 17. Ruudukon avulla näkee helposti, ettei UV-kartassa tapahdu vääristymiä.

Luolalohikäärmeen kohdalla tein UV saarekkeet erikseen ruumiille, raajoille, päälle ja eri ulokkeille kuten sarville. Pistin ruumiin poikki myös hännän tyvestä, jotta yksi UV saareke ei olisi niin pitkä. Tarkastelin, miten hyvin hahmon pinta levittyy, ja jaoin vielä jalkaterät ja suun omiin saarekkeisiinsa. Kaikki hampaat jakavat yhden UV saarekkeen, sillä ne eivät tarvitse keskenään uniikkia tekstuuria.

Asettelin ruumiin UV saarekkeet kaikki samaan linjaan, jotta teksturoinnissa materiaalien kuviot olisivat valmiiksi yhdensuuntaisia. Päätös ei ollut välttämättä täysin optimaalisin UV kartan tilankäytön suhteen, mutta en kokenut sen myöskään vievän liikaa tila.

Hahmon UV saarekkeet ovat hahmon vasemmasta puolesta kuten mallikin, ja UV:t peilautuvat automaattisesti mallin peili-muuntimen ollessa yhä käytössä.

6.3.2 Tekstuurit

Varsinaisen teksturoinnin tein Substance Painter -ohjelmalla. Koko malli näyttää yhtä materiaalia ja yhtä UV karttaa.

Kun harvaverkkoinen malli oli tuotu Substance Painteriin, oli ensimmäinen sille tehtävä toimenpide bake. Bake on prosessi, jossa malin pintaan tuodaan yksityiskohtia toisesta

mallista. Sillä pyritään siis saamaan harvaverkkoinen malli näyttämään yhtä yksityiskohtaiselta kuin tehty tiheä malli. Prosessissa ohjelma laskee säteitä lähettämällä etäisyyden kahden pinnan välillä, ja tallentaa pinnan muutokset tekstuurikarttaan (Polycount wiki). Tehdessäni yksityiskohtien siirron muutaman kerran eri asetuksilla parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi, huomasin, etteivät kaikki pään piikeistä näy syntyneessä lopputuloksessa kunnolla, joten palasin Blenderiin ja lisäsin malliin muutaman piikin. Päivitin mallin UV kartan ja muutokset teksturointiohjelmaan, ja seuraava versio oli käyttökelpoinen.

Teksturoinnissa olennaisena osana oli, mitä informaatiota hahmon normaalikarttaan tulisi, sillä olin päättänyt tehdä suomut normaalikartan avulla. Substance Painterissa on valmiina liskonsuomu-niminen materiaali, jolla sain hahmolle suomut helposti ja nopeasti. Teksturoinnin referenssinä käytin Aventurian Bestiary -kirjan luolalohikäärmeen kuvitusta. Työn edetessä huomasin, etten pitänyt siitä, miltä tekemäni suomut näyttivät. Kuvaa katseltuani päätin, että luolissa asuvan lohikäärmeen pinnan oli ehkä tarkoitus imitoida kiveä ja toimia suojavärinä. Tein suomut uudelleen siveltimellä, jossa käytin sopivan näköistä alfaa. (Kuvio 18.) Alfa on kaksiulotteinen harmaasävyinen kuva, jolla voidaan määrittää syvyyttä positiiviseen ja negatiiviseen suuntaan (Pixologic).



Kuvio 18. Valmismateriaalilla tehdyt suomut vasemmalla, ja alfan-avulla kiveä imitoiva tekstuuri oikealla.

Harjasta varten vaihdoin Substance Painterin shader eli varjostin-asetuksiin bpr-metal-rough-with-alpha-blending, ja lisäsin tekstuurikanaviin läpinäkyvyys-kanavan. Nyt pystyin määrittämään maalaamalleni harjaksen reunalle läpinäkyvyyden, jolla piilotin reunan.

Lopuksi vein teksturointiohjelmasta ulos tarvittavat tekstuurikartat, tässä tapauksessa albedo-, normaali- ja metallikartat. Albedo eli heijastussuhdekartta pitää sisällään tiedon mallin väreistä, metallikartta pinnan metallinhoitoisuudesta ja normaalikartta pinnan syvyyseroista

6.4 Hahmon rigaus

6.4.1 Rigi

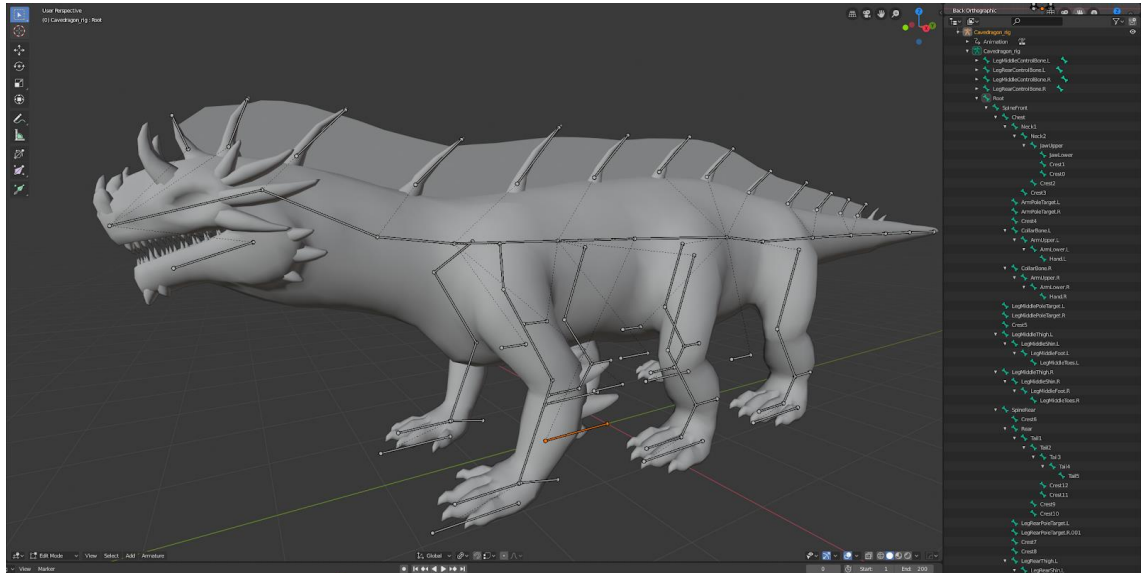
Jotta aiemmissa luvuissa kuvaamani harvaverkkoinen malli saataisiin liikkumaan, täytyy se rigata. Seuraavassa luvussa kerron tarkemmin, mikä rigi on, ja kuinka se saadaan pintapainoja maalaamalla liitettyä animointia varten malliin.

Ennen animoimista malli tarvitsee rigin. Rigi muodostuu luista, joihin hahmon geometria kiinnitetään. Blenderissä rigaus tapahtuu lisäämällä amrature-objekti, joka sisältää alkuun yhden luun. Luita voi lisätä ja siirrellä kuinka haluaa, ja yhdistää niitä toisiinsa erilaisin kytköksin. Tavallisin luuketjun liitos on parentointi eli vanhemmaksi asettaminen, jossa vanhempi luu liikuttaa sen lapseksi asetettua luuta. IK-ketjussa, lyhennetty sanoista inverse kinematics eli käänteinen liikerata, puolestaan liikutetaan ketjun viimeistä luuta, jolloin ketjun muut luut liikkuvat suhteessa siihen. IK-ketjuja hyödynnetään usein jaloissa, jolloin voidaan varmistaa, että muun kehon liikkeessa jalat pysyvät halutussa pisteessä. (Doody 2016).

Pohdin aluksi, mitä kaikkia luita luolalohikäärme tarvitsee. Hahmon rigin luuranko muodostetaan kuten oikea luuranko, jolloin sen liikuttaminen toimii realistisella pohjalla. Juttelin rigistä Random Potionin art directorin kanssa ja päädyimme siihen, ettei hahmo tarvitse erikseen luita sormille tai varpaille.

Loin aluksi hahmolle selkärangan, josta jatkoin luuketjua päähän ja häntään. Lisäksi alaleuka sai oman luunsa, jotta suun pystyisi avaamaan. Hahmon keskiruumiille yksi luu kunkin jalkaparin kohdalle riitti, että malli taipuisi tarpeeksi sujuvasti. Noudatin jo tuttua kaavaa, jossa myös rigin kohdalla tein ensin keskimmäisen jalan, ja sitten tarvittavat muutokset toisille jaloille. Määritin jalan IK-ketjuille myös pole targetit eli pylvästähtäimet. Pylvästähtäin on luuketjun kohteeksi asetettava luu, joka määrittää, mihin suuntaan taipuva nivel liikkuu. Esimerkiksi polven eteen tehdään pylvästähtäin-luu. Kun hahmo kyy-

kistyy ja sen polven koukistuvat, nojautuu polvi eteenpäin pylvästähtäintä kohti, eikä holtittomasti epätoivottuun suuntaan. IK-ketjun tekeminen osoittautui haastavaksi, mutta onneksi art director auttoi ongelmien selvittämisessä.



Kuvio 19. Oikealla hahmon luiden hierarkiaa, jossa jokainen luu on nimetty loogisesti animointityötä helpottamaan.

Luiden selkeä nimeäminen on hyvä käytäntö, varsinkin jos työskennellään monimutkaisempien rigien kanssa. Silloin pysyy paremmin perillä siitä, mitä osaa rigistä kulloinkin liikuttaa. (Kuvio 19.) Nimeämisessä kannattaa myös nimetä vasen ja oikea puoli. Tehtyäni hahmon vasemman puolen, pystyi myös rigin tarvittavat luut peilaamaan symmetrisesti hahmon oikealle puolelle. Korvasin nimeämisessä käyttämäni L -päättteen R-päätteeksi, eli left ja right, vasen ja oikea.

Viimeisenä tein selän harjakselle luut. Rigaamalla harjaksen hahmolle saisi mukavasti limittäistä liikettä animaatioon.

Lisäksi hahmo tarvitsee luun, jota liikuttamalla koko hahmoa voidaan liikuttaa eteenpäin. Tämän juuriluuksi kutsun luun avulla hahmo saadaan liikkumaan myös pelimoottorissa. Juuriluu on asetettu hahmon jalkojen tasoon mallin massaan nähden keskelle.

6.5 Pintapainot

Vielä ennen kuin malli liikkuu, täytyy se yhdistää rigiin. Tämä tapahtuu lisäämällä hahmolle skin weightit eli pintapainot. Pintapainoilla määritellään, minkä luun mukaan pisteet liikkuvat. Yksi piste voi liikkua suhteessa useampaan luuhun.

Blederissä mallille lisätään armeture-muunnin, jolla määritetään, mitä rigiä hahmon kuuluu käyttää. Pohjaksi käytin työkalua, joka loi mallille automaattiset pintapainot. Työkalu toimi melko hyvin, mutta ei täydellisesti, mutta se toimi erinomaisena pohjana lähteä hiomaan pintapainoja paremmiksi. Tässä työvaiheessa rigiä kannattaa liikutella, jotta näkee, käyttäytyykö mallin pinta halutulla tavalla. Vaihdoin hahmon materiaalin käyttämään tekemääni hahmon värit sisältävää karttaa, ja tarkistin, ettei hahmon tekstuuri vääristy pahasti missään asennossa.

6.6 Animaatio

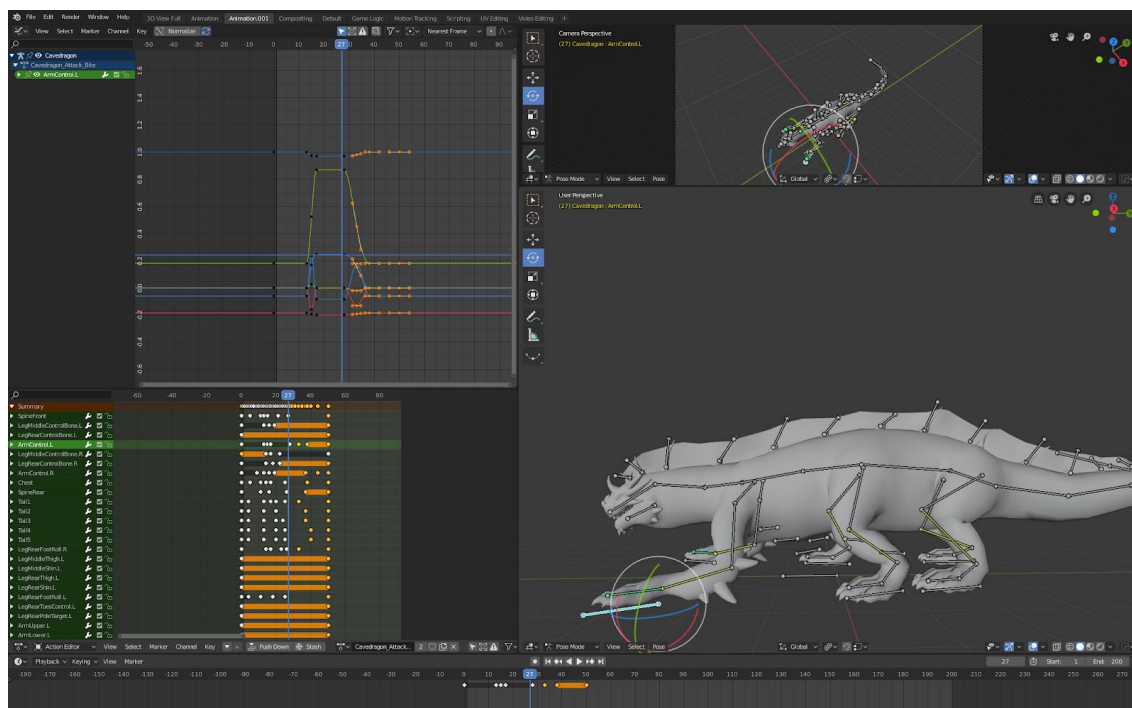
Tässä luvussa käyn hahmon animointia. Hyvällä animaatiolla on tiettyjä ominaisuuksia, joista mainitsen animaatiotyöskentelyn kuvauksen yhteydessä. Kerron myös, millaisia asioita tulee ottaa huomioon, kun animoidaan videopeliä varten.

Olin saanut etukäteen listan tarvittavista animaatioista art directorilta. Animaatiotyön aloittaessani oli vielä auki, millaisessa tilassa luolalohikäärme tulisi liikkumaan. Etenkin isku, jossa hahmo löisi hännällään edessä olevaa pelaajaa, mietitytti minua. Siinä hahmon pitäisi kääntyä, mikä veisi tilaa. Päädyimme siihen, että luolalohikäärme olisi peliin määritetyissä erikokoisista huoneista isoimmassa, ja ympäristöstä vastaava artisti laittaisi huoneen lavasteet paikalleen sen jälkeen, kun animaatiot olisi tehty. Animaatiot saisivat viedä sen verran tilaa kuin olisi tarve.

Hahmon liikkumista varten tarvittiin kävelysykli, ja kääntyminen molempiin suuntiin sekä paikallaan että liikkeessä. Hyökkäyksiä hahmolla oli neljä erilaista, ja niiden välillä hahmo olisi taistelu idlessä. Idle on animaatio, jossa hahmo on, kun se ei varsinaisesti tee mitään. Elävät olennot kuitenkin harvoin ovat täysin paikallaan, joten tarvitaan jotain pientä liikettä pitämään hahmo uskottavasti elossa.

Lisäksi tarvittiin animaatiot iskun vastaanottamiselle ja kuolemalle. Vähän myöhemässä vaiheessa listaan lisättiin myös animaatio nukkumiselle, sekä siirtymäanimaatio

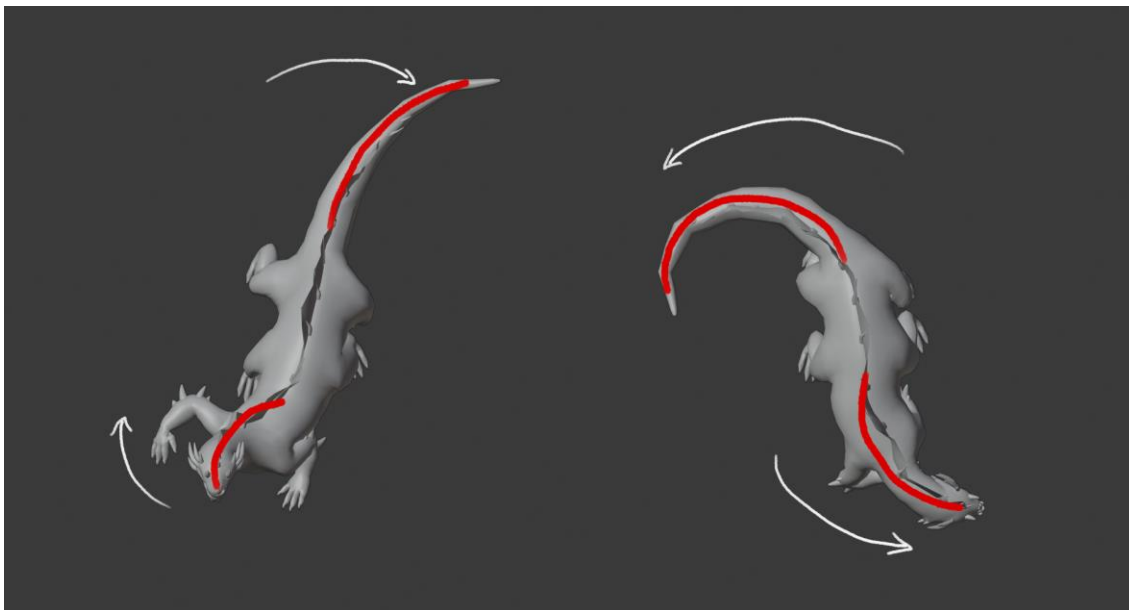
nukkumisesta taisteluvaihtuuteen. Lopullinen lista oli seuraava: idle_sleeping, idle_transition, idle_battle, walkforward, walk_turnleft, walk_turnright, turn_left, turn_right, attack_bite, attack_claw, attack_firebreath, attack_tail, flinch ja death.



Kuvio 20. Blenderin näkymä, jolla työstin animaatiota. Vasemmalla käyrän muokkain ja yläoikealla pelin kameran kuvakulmaa ilmentävä näkymä.

Animaatiotyötä aloittaessani lisäsin mallinnusohjelman näkymään kameran, jonka siirsin vastaamaan suurin piirtein pelin käyttämän kameran kuvakulmaa ja kameran linssiä. Lisäsin Blenderin näkymään ikkunan, jonka kuvaksi valitsin kameran näkymän. (Kuvio 20.) Näin näin helposti, mistä kulmasta animaatiota tulisi katsomaan ja voisin keskittyä hiomaan pelaajalle näkyviä, olennaisia liikkeitä.

Animoiminen tapahtuu luomalla rigille keyframeja eli avainasentoja. Avainasennot näkyvät aikajanalla, jossa niitä voi siirrellä. Lisäksi käytin animaatiotyökaluina graph editoria eli käyrän muokkaajaa, sekä action eli toimintoeditoria. Toimintoeditorissa näkyvät kaikki rigin luut ja avainasennot. Sillä voi myös luoda uusia actioneita eli toimintoja. Jokainen toiminta käyttää omaa aikajanaa, jolloin jokaisen tarvittavan animaation voi luoda omaksi erikseen omaksi toiminnakseen. Omina toimintoinaan olevat animaatiot voi viedä Unityyn valmiiksi omina animaatiopätkinään, eikä niitä tarvitse itse leikata osiin.

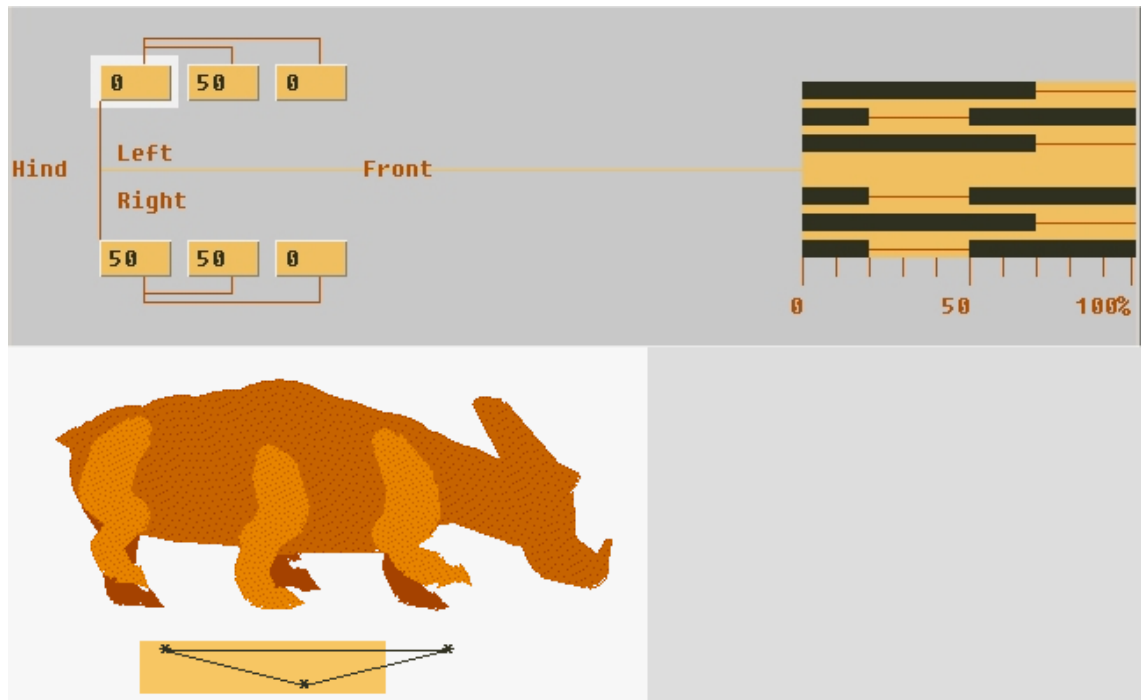


Kuvio 21. Animaatiossa kiinnitin huomiota liikkeen kaariin.

Kaikkien animaatioiden teko noudatti samaa kaavaa. Ensin tein liikkeen kannalta tärkeimmät avainasennot ja ajoitukset. Ajoituksella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon mikäkin liike vie aikaa. Pyrin myös hyödyntämään perinteisiä animaation periaatteita, joita Disney on vuosien saatossa luonut 12. Niistä kiinnitin huomiota muun muassa seuraaviin; anticipation eli ennakointi on liike, jolla katsoja valmistellaan tulevaa liikettä varten, jonka hahmo aikoo tehdä. Esimerkiksi hyppyä varten hahmon täytyy ensin ponnistaa. Follow through ja overlapping action eli limittäiset liikkeet. Kun heilauttaa ruoskaa, matkustaa liike sen varresta aina ruoskan päähän asti, ja liikkeen aloittanut käden heilautus on voinut jo pysähtyä, ennen kuin liike saavuttaa ruoskan pään. Kolmas periaate, johon kiinnitin erityistä huomiota olivat kaaret. Kaikkien elävien olentojen liike tapahtuu kaarissa. Palloa heittäessä käsi tekee kaaren ja pallonkin lentorata liike on kaari eikä viivasuora linja. (Kuvio 21.) Lisäksi liioittelu, jota käsittelin jo aiemmassa luvussa. (CGTarian)

Aloitin animoinnin kävelyluupista. Etsin moniraajaisen hahmon liikettä varten referenssiä jalkojen rytmityksestä. Luonnossa useamman jalkaparin kävelyä löytyy hyönteismaailmasta. Löysin kuitenkin havainnollistavan esimerkin kuvitteellisesta nisäkkästä, jonka massa vastasi paremmin luolalohikäärmeen massaa ja muotoa. (Kuvio 22.) Lopullinen kävelyrytmi löytyi kokeilemalla. Ajattelin ensin, että neljä takaraajaa liikkuisivat samaan tahtiin, ja etummainen raajapari omaansa, mutta avainasennot tehtyäni totesin, etten pitänyt lopputuloksesta. Seuraavaksi muodostin parit niin, että ensimmäinen ja takimmainen jalkapari liikkuvat tahdissa, ja keskimmäinen toisessa. Tällä rytmityksellä tein

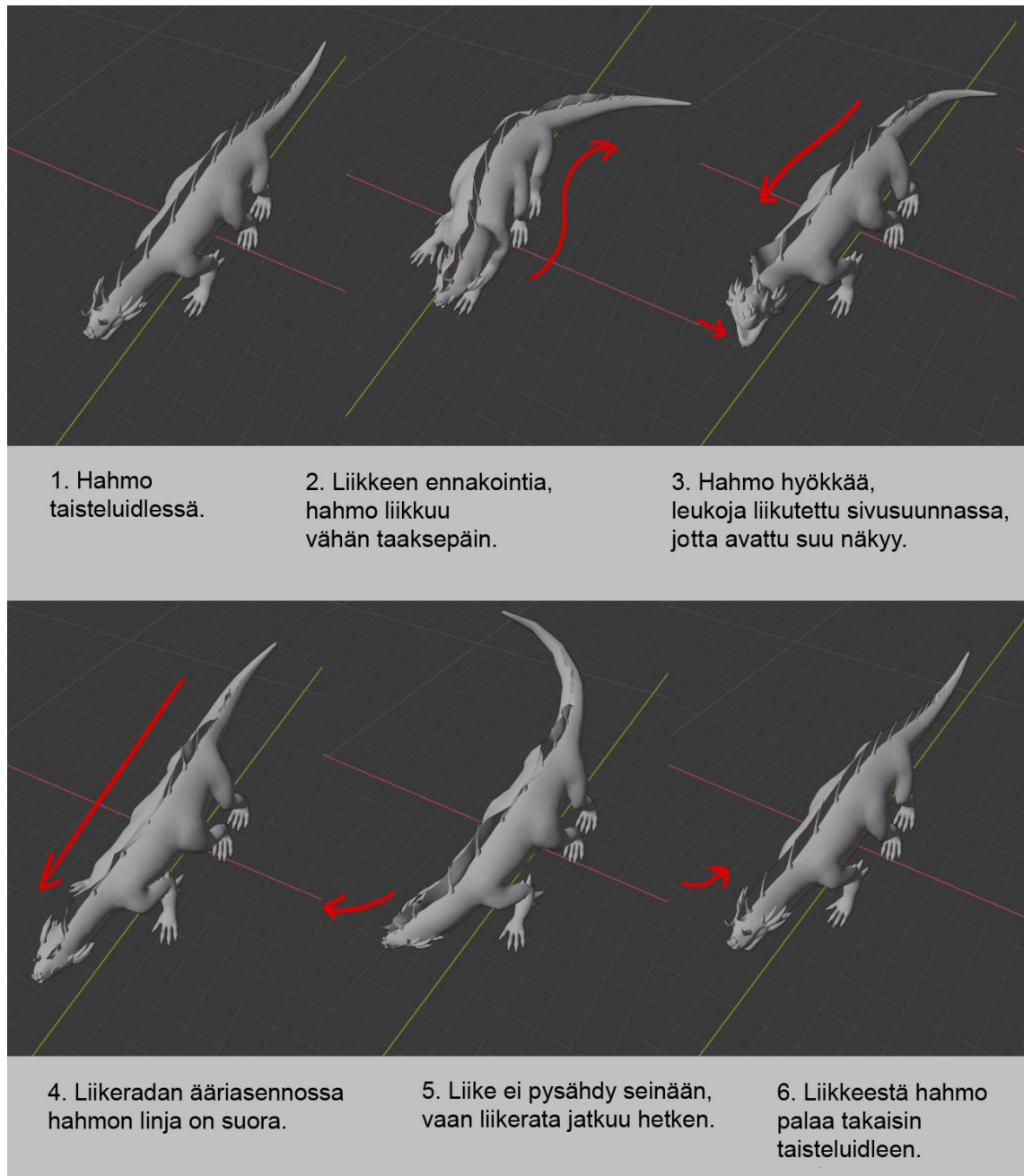
askeleita vaativat animaatiot. Tiesin, ettei lohikäärme tulisi kävelemään pelissä paljoakaan tilan pienehkön koon vuoksi, en käyttänyt kävelysyklin hiomiseen ylimääräistä aikaa. Jalkojen asennoissa pystyin kopioimaan toisen puolen jalkojen avainasennot ja lisäämään ne toiselle puolelle peilattuna, jolloin samoja avainasentoja pystyi kierrättämään jalalta toiselle.



Kuvio 22. Kuvitteellisen kuusijalkaisen olennon kävelysyklin ja jalkojen rytmitystä kuvattuna kaaviolla. (Gert van Dijk.)

Kävelyn jälkeen tein taistelu idlen, jossa hahmo olisi aina eri aktien välissä. Idle on luoppaava eli itseään toistava animaatio. Myös kaikki iskut alkoivat ja loppuivat samaan asentoon, joka hahmolla on taistelu idlen alussa. Näin hahmo saadaan liikkumaan sulavan näköisesti toiminnasta toiseen.

Hyökkäysanimaatioita tehdessä pyrin tekemään isoja sivuttaisia liikeratoja, jotta ne erotuisivat selkeästi pelaajalle yläviihosta. En kuitenkaan tehnyt kaikesta liikkeestä valtavan suurta, jotta hahmo mahtuisi liikkumaan kentässä. Kaikkien liikeratojen ei tarvitse olla realistisia, vaan pääasia on, että mitä nähdään, näyttää hyvältä. Todellisuudessa esimerkiksi petoeläinten leuat harvemmin voivat liikkua sivusuunnassa (Barry K.B. Berkovitz) Mutta jotta luolalohikäärmeen suun aukeaminen näkyisi paremmin pelaajalle, liikutin sitä myös sivuttain. (Kuvio 23.)



Kuvio 23. Hahmon Bite attack -hyökkäysanimaation kulku.

Myös pelin vuoropohjaisuus täytyi ottaa huomioon animaatioita tehdessä. Ison ruhon olisi hyvä liikkua hitaasti pieneen pelaajaan nähden, millä välittyisi kuva, että suuren lohikäärmeen liike on raskas ja voimakas. Pelin on kuitenkin tarkoitus olla nopeatempoinen ja mahdollistaa lyhyet, nopeat pelikerrat. Pyrin pitämään animaatiot tarpeeksi lyhyinä, ettei pelaajan tarvitsisi joka vuoron välissä odottaa kauaa, että animaatio loppuisi. En ollut kuitenkaan liian huolissani animaatioiden pituudesta, sillä tiesin, että niitä pysyisi vielä hienosäätämään Unityssä asettamalla animaatiopätkille kertoimia, kuinka nopeasti

animaatio tapahtuu. Tarvittaessa pystyisin siis muokkaamaan kestoja, jos jokin tuntuisi liian nopealta tai hitaalta.

6.7 Hahmon käyttöönoton valmistelu pelimoottorissa

Tässä luvussa käyn läpi tiiviisti ne asiat, joita mallille pelimoottorin puolella tehdään, jotta kaikki aiemmin tehty työ saadaan yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Mallia voi käsitellä pelimoottorissa loputtomiin, mutta opinnäytetyössä kuvailen vain niitä asioita, jotka toteutin ennen hahmosta tehtävän valmisen elementin siirtymistä koodarien käsiteltäväksi.

Jälleen kerran hahmo viedään ulos Blender-ohjelmasta. Tällä kertaa valitsin ulosviennin asetuksista animaation kohdalta All actions -asetuksen päälle. Tämä tarkoittaa, että aiemmassa luvussa kuvaamani toiminnoiksi tehdyt siirtyvät mallin mukana pelimoottoriin.

Unity-pelimoottoriin tuotu malli on tiedostomuodoltaan 3D-objekti. Objektista voidaan tarkastella valvonta-näkymässä sen mallia, rigiä, animaatioita ja materiaaleja. Aluksi loin uuden materiaalin, joka käytti Unityn vakio-shaderia. Nimesin materiaalin mallin mukaan, jotta se on helppo löytää projektista. Renderöintitavaksi valitsin cutout-asetuksen, jolla teksturoinnin yhteydessä tekstuurikarttoihin lisäämäni läpinäkyvyys otetaan käyttöön ja saadaan mallissa näkyviin. Tämän jälkeen lisäsin pelimoottoriin tuomani kolme tekstuurikarttaa oikeille paikoilleen materiaaliin. Seuraavaksi mallin materiaalit-välilehdeltä valitsin juuri tehdyn materiaalin käyttöön. Kaikki mallille tehdyt muutokset täytyy nappia painamalla ottaa käyttöön. Jos sitä ei muista tehdä heti itse, Unity onneksi muistuttaa käyttäjää ottamaan tai hylkäämään muutokset aina kun välilehdeltä poistuu tekemään muita asioita.

Materiaalin jälkeen valitsin rigi-välilehdeltä tarvittavat asetukset. Animaation tyyppiä valitsin geneerinen-vaihtoehdon. Tämä asetusta käyttää mallille tehtyä itse rigiä. Humanoidi-vaihtoehto on hyvä, jos kyseessä on hahmo, jolla on ihmismäinen anatomia ja samankaltainen rigi kuin ihmishahmolla. Luolalohikäärmeen kohdalla se ei siis olisi sopiva. Rigi-välilehti kysyy myös, mitä luuta mallin halutaan käyttävän liikkumiseen. Tähän valitsin luolalohikäärmeen rigiin tekemäni juuriluun, jota liikuttamalla koko malli liikkuu.

Animaatio-välilehdellä tekemäni animaatiot näkyvät kaikki omina pätkinään. Niiden kaikkien asetukset tulee käydä läpi ja muokata käyttötarkoitukseen sopivaksi. Muokattaviin

asetuksiin kuuluu paljon juuriluuhun liittyviä asetuksia ja kuinka sen halutaan animaatioissa käyttäytyvän. Jotta esimerkiksi kävelysyklistä saa mahdollisimman sulavan, ei animaatioissa haluta olevan epätoivottua liikettä ylöspäin olevalla akselilla, ettei animaatio töki kun se palaa takaisin alkuun. Kaikkiin animaatioihin, joiden halutaan toistavan itseään, valitaan asetus Loop Time. Tällaisia ovat juurikin aiemmin tehdyt animaatioluupit, kuten kävely, kääntymiset ja idleanimaatiot.

Kun kaikkien animaatioiden asetukset olivat kohdallaan, tein hahmolle animator controller -objektin, eli animaatio-ohjaimen. Animaatio-ohjaimen lisätään kaikki animaatiot, joita hahmon kuuluu käyttää. Lisäksi ohjaimessa määritellään myös, missä tilanteissa mikäkin animaatio otetaan käyttöön. Työskentelin itse projektissa valmiina olevien animaatio-ohjaimien kanssa, joita kopioin pohjaksi ja joihin korvasin tarvittavat animaatiot vanhojen tilalle. Periaatteena kuitenkin oli, että kunkin vihollisen animaatio-ohjaimessa oli seuraavia ominaisuuksia: idle, jossa hahmo on, kun mitään ei tapahdu. Liikkumista varten hahmolla on Locomotion eli liikkumiskyky -osio, jossa määritetään hahmon liikkuminen. Tähän osioon lisäsin tekemäni kävelyn ja kääntymiset, jolloin liikusäädintä siirtämällä voi nähdä, kuinka nopeuden ollessa nolla hahmo on paikoillaan, ja nopeutta lisätessä hahmo alkaa liikkua eteenpäin. Suuntaa säätämällä taas hahmo kääntyy paikallaan tai vauhdissa valittuun suuntaan. Kun vihollinen näkee pelaajan ja hyökkää, siirtyy se taistelutilaan. Taistelutilassa hahmolle valitaan hyökkäyksiksi asetetuista animaatioista yksi kerrallaan. Vihollisen lopulta kuollessa sen animaatio siirtyy kuolemananimaatioksi määritettyyn animaatiopätkään jonka jälkeen se lakkaa liikkumasta.

Kun animaatio-ohjaimen yhdistää hahmoon, saadaan se liikkumaan. Tässä vaiheessa tein myös testiohjaimen, jolla kokeilin nopeasti pelinäkömässä, että animaatiot toimivat oikein. Muutin myös joidenkin toistonopeutta todettuani osan animaatioista näyttävän liian nopeilta. Tämä tapahtui yksinkertaisesti vaihtamalla animaatio-ohjaimesta kullakin animaatiopätkällä olevaa nopeus -asetuksen arvoa.

Joissakin animaatioissa hahmon takajalat tärisivät pelimoottorissa oudosti. Ongelma johtuu usein siitä, että siinä missä animointivaiheessa avainasennot on tehty IK-ketjulla yhtä luuta animoimalla, ovat pelimoottorissa kyseiset liikkumisen avainasennot asetettu jokaiselle ketjun luulle erikseen vastaamaan animoitua liikettä. Joskus liike voi käyttäytyä tästä syystä hieman arvaamattomasti. Palasin Blenderiin ja korjailin jalkojen avainasentoja käsin, ja vein mallin uudelleen ulos ja pelimoottoriin useita kertoja, kunnes kaikki kummalliset liikeradat olivat poissa.

Luolalohikäärmeen kohdalla hahmo tarvitsi myös omat animaatio-ohjaimet nukkumis-idlelle, jossa hahmo on siihen asti, että pelaajan lähestyy sitä. Tämän jälkeen hahmo siirtyy siirtymään animaatioon nukkumisesta taistelu-idleen, mikä tarvitsi myös oman ohjaimensa.

Lopuksi tein luolalohikäärmeestä prefabeja eli valmiselementtejä. Valmiselementissä kaikki asiat materiaaleja ja animaatio-ohjaimia myöten olivat paikallaan. Tässä tapauksessa tein hahmolle kolme valmiselementtiä, yksi kunkin animaatio-ohjaimen kanssa.

7 Pohdinta

Opinnäytetyössä kuvattu hahmomallinnus oli joiltain osin hyvin tuttua ja helpohkoa toteuttaa, mutta osa tekemisen osa-alueista oli paikoin hyvinkin haastavia.

Aiemmin olin toteuttanut 3D-hahmoja vain omien konseptieni pohjalta, joten oli mielenkiintoista tutkia valmiita referenssikuvia ja tehdä päätöksiä siitä, mikä niissä olisi mallinnuksen ja hahmon tunnistettavuuden kannalta oleellista, ja mitä asioita voisi muokata paremmin peliympäristöön sopivammiksi. Tein esimerkiksi valinnan tehdä hahmolle animaation helpottamiseksi kuusi raajaa. Myöhemmin saksalaisten kontaktien päästä tuli palautetta, että ideaalitulanteessa hahmon yläruumis olisi kohotettuna, kuten kentaurilla, mutta kuuden raajan varassa kävely ei haitannut kuitenkaan niin paljon, että hahmoa olisi pitänyt lähteä muuttamaan.

Mallintaminen Blenderin aiemmasta vähästä käytöstä huolimatta sujui mutkitta. Lähinnä ero aiemmin käyttämäni Maya-mallinnusohjelmaan on uusien pikanäppäimien opettelu ja samojen työkalujen eri nimien tunnistamista. Pidin myös siitä, miten helppokäyttöisiä Blenderin muunnin -työkalut ovat, ja kuinka paljon ne nopeuttavat ja helpottavat mallinnustyöskentelyä. Toki kyseisen työn kohdalla käytin vasta muutamia, joten niihin olisi oiva paikka tutustua tarkemmin.

3D-mallintamisen periaatteet pelikäyttöön olivat mielestäni selkeitä, sillä esimerkiksi topologian tärkeys on iskostettu mieleeni jo aiemmin. Jouduin kuitenkin pohtimaan lopullista nelikulmiomäärää jonkin verran. Aiemmissa projekteissa olen tehnyt hyvin harvaverkkoisia malleja peleihin, joten arvailin jonkin aikaa, mikä olisi hyvä määrä tässä pelissä, sillä asiaan ei löydy mitään kiveen hakattua sääntöä, vaan määrät riippuvat monesta seikasta. Tutkin pelin muita hahmomalleja ja totesin lopulta, että muutama tuhat nelikulmiota on sopiva summa.

Eniten haastetta tuotti hahmon rigaaminen, joka ei ollut Blenderissä minulle lainkaan tuttua. Muun rigin tekeminen sujui ihan hyvin, mutta jalan IK-ketju tuotti päänvaivaa. Seurasin art directorin minulle antamaa tutoriaalia, mutta jostain syystä en saanut ketjua toimimaan halutulla tavalla. En tiennyt ongelman syytä, joten sain apua sen selvittämiseen art directorilta. Olisin voinut painia rigin kanssa pidempään ja selvittää asiat juurta jaksan, mutta oli tärkeää päästä työssä eteenpäin, joten syvempi rigaamiseen perehtyminen jäi turhan vähälle.

Vaikka tiesin, mistä kuvakulmasta hahmo tultaisiin pelissä näkemään, innostuin kuitenkin välillä tekemään asioita, jotka saattoivat lopputuloksen kannalta olla vähän turhempia. Esimerkiksi hahmon vatsasuomujen veistäminen, kun hahmo nähdään vain yläviis-tosta. En käyttänyt kyseiseen asiaan kuitenkaan onneksi paljon aikaa, ja ehkä onni onnettomuudessa, sillä kuvia luolalohikäärmeen mallista käytettiin myös markkinointimateriaaleissa, jossa hahmo näkyy ei kuvakulmista kuin pelissä.

Myös animaatioiden kohdalla oli välillä vaikea pitää mielessä kuvakulma. Animoidessa mallia kuitenkin pyöritti eri kulmiin päästäkseen käsiksi animoitaviin luihin, ja toisinaan unohtui katselemaan ja hiomaan animaatiota myös muista kuvakulmista. Vaikka hyvän animaation periaatteet olivatkin tiedossa, voisi niiden käytännön hyödyntämistä harjoitella vielä enemmän.

Kokonaisuus oli minulle opettavainen kokemus. Opin lähes jokaisesta käyttämästäni ohjelmasta työn ohella uusia ominaisuuksia. Myös teoriaosaan keräämiäni tietojen perusteella tiedän, kuinka mallia saisi optimoitua pelitarkoitukseen vielä paremmin.

Lähteet

Arvola, Ville 2018. Pahishahmon suunnittelu ja 3D-mallinnus. Opinnäytetyö. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150121/Arvola_Ville.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 12.4.2020

[Bech-Yagher](#), Cirstyn 23.10.2018. UV mapping for beginners. Blogikirjoitus. Saatavilla: <https://www.creativeblog.com/features/uv-mapping-for-beginners> (Viitattu 16.4.2020)

Berkovitz, Barry K.B 2013. What is a Tooth? Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/carnivore> (Viitattu: 26.4.2020)

Blain, Chris 2018. The Importance of Character Silhouettes in Esports. Saatavilla: <https://www.esportstalk.com/blog/importance-of-character-silhouettes-10303/> (Viitattu 7.5.2020)

CG Tarian. The 12 Principles of animation. Saatavilla: <https://www.cgtarian.com/animation-tutorials/disney-animation-principles.html> (Viitattu 13.4.2020)

Danan 2.10.2016. Box Modeling: The 3D Modeling Technique. Blogikirjoitus. Saatavilla: <http://thilakanathanstudios.com/2016/10/box-modeling-the-3d-modeling-technique/> (Viitattu 5.5.2020)

Doody, Evan 15.6.2016. Advanced animation techniques: FK & IK. Blogikirjoitus. Saatavilla: <http://wulverblade.com/advanced-animation-techniques-fk-ik/> (Viitattu 12.4.2020)

Engländer, Ferdinand. The T-pose – all about this mighty blueprint. Blogikirjoitus. Saatavilla: <https://www.animatorisland.com/the-t-pose-all-about-the-mighty-blueprint/?v=3a52f3c22ed6> (Viitattu 23.4.2020)

Gahan, Andrew 2011. 3ds Max Modeling for Games: Insider's Guide to Game Character, Vehicle, and Environment Modeling. Toinen painos. Waltham: Elsevier. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=stinnYAsB4C&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. (Viitattu 14.4.2020)

Gantzler, Todd 2005. Game Development Essentials: Video Game Art. Yhdysvallat: Cengage Learning. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=QZ58x13XJxUC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Viitattu 20.4.2020)

Gurwin, Gabe 2018. How many people does it take to make an Overwatch character? Over 150. <https://www.digitaltrends.com/gaming/more-than-150-people-involved-creating-overwatch-hero/>. (Viitattu 10.4.2020)

Lauria, Larry. Character Model Sheets. Blogikirjoitus. Saatavilla: <https://www.awn.com/tooninstitute/lessonplan/model.htm> (Viitattu 11.4.2020)

Pardew, Les 2008. Character Emotion in 2D and 3D Animation. Yhdysvallat: Cengage Learning. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=tcwLAAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Viitattu 11.4.2020)

Pixologic. Alpha From 3D Mesh. Saatavilla: <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/sculpting/sculpting-brushes/alpha-from-3d-mesh/> (Viitattu 28.4.2020)

Polycount wiki. Texture Baking. Saatavilla: http://wiki.polycount.com/wiki/Texture_Baking. (Viitattu 23.5.2020)

Ritcher, Daniel Simon 2017. Florian Don Schauen, Eevie Demirtel, Tobias Rafael Junge, Alex Sphor & Jens Ullrich. Aventuria Almanac. Yhdysvallat: Paizo Inc. (Viitattu 24.4.2020)

Roberts, Steve 2012. Englanti: Focal Press. Character Animation: 2D Skills for Better 3D. Toinen painos. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=pITAAUzteoIC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Viitattu 28.4.2020)

Silverman, David 2013. 3D Primer for Game Developers: An Overview of 3D Modeling in Games – Unseen Polygons. <https://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/3d-primer-for-game-developers-an-overview-of-3d-modeling-in-games--gamedev-5704>. (Viitattu 13.4.2020)

Soukka, Tuomas 2012. Pelihahmon suunnittelu ja toteutus mobiilipeliin. Kajaani: Kajaanin ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53726/Soukka_Tuomas.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Viitattu 17.4.2020)

The Orange Duck 31.3.2011. Subdivision Modelling. Blogikirjoitus. Saatavilla: <http://theorangeduck.com/page/subdivision-modelling> (Viitattu 23.4.2020)

Tillman, Bryan 2011. Creative Character Design. Yhdysvallat: Taylor & Francis. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=X7xsr1yMl6oC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Viitattu 29.4.2020)

Totten, Chris 2012. Game Character Creation with Blender and Unity. Indianapolis: John Wiley & Sons. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=DI-CrcWznTmwC&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (Viitattu 17.4.2020)

Treehouse 8.12.2015. Understanding Normal Maps – What is a Normal Map?_Blogikirjoitus <https://blog.teamtreehouse.com/understanding-normal-maps>. (Viitattu 19.4.2020)

Ward, Antony 2004. Game Character Development with Maya. Berkeley: New Riders. Saatavilla: https://books.google.fi/books?id=CSJ-BwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. (Viitattu 19.4.2020)

Williamson, Jonathan Optimize your modeling. Verkkokurssi. Saatavilla: <https://cgcookie.com/course/introduction-to-retopology> (Viitattu 30.4.2020)

Kuvalähteet

Kuvio 1. Ulisses Spiele 2019. <https://www.kickstarter.com/projects/ulissesspiele/aventuria-almanac-the-dark-eye-rpg> (Katsottu 8.5.2020)

Kuvio 2. Vaccaro, Anthony 2016. <https://www.artstation.com/artwork/eVnEZ> (Katsottu 9.5.2020)

Kuvio 3. Playstation. <https://www.playstation.com/en-us/games/horizon-zero-dawn-ps4/> Katsottu 9.5.2020

Kuvio 4. ThreeDee GmbH 2017. <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/threedee-medieval-militia> (Katsottu 9.5.2020)

Kuvio 5. Collings, Nicolas 2016. <https://www.artstation.com/artwork/Ew1D4> Katsottu 8.5.2020

Kuvio 6. BANDANABAND1T 2017. <https://nexus.leagueoflegends.com/en-us/2017/03/making-a-splash-with-reference-photos/> Katsottu 9.5.2020

Kuvio 7. Fang, Qiu 2019. <https://www.artstation.com/artwork/k4K85d> (Katsottu 10.5.2020)

Kuvio 8. Blain, Chris 2018. <https://www.esportstalk.com/blog/importance-of-character-silhouettes-10303/> (Katsottu 9.5.2020)

Kuvio 9. Disney. <https://celicblog.wordpress.com/2017/12/01/fya-research-shapes-style-and-character-designs/> (Katsottu 9.5.2020)

Kuvio 22. Gert van Dijk. <http://members.casema.nl/gertvandijk/walking/hexapods.htm> (Katsottu 11.5.2020)

Cavedragon_animaatiot

Eskola, Sofia 2020. Video 3D-hahmon animaatioista. Kesto 00:45. Tekijän hallussa.