



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Topi Jalvas

Modulaaristen peliympäristöjen suunnittelu ja luonti

Case: Sci-fi Corridor

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Viestintä

Opinnäytetyö

11.5.2018

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Topi Jalvas Modulaaristen peliympäristöjen suunnittelu ja luonti Case: Sci-fi Corridor 54 sivua + 1 liite 11.5.2018
Tutkinto	Medianomi (AMK)
Koulutusohjelma	Viestintä
Suuntautumisvaihtoehto	3D-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t)	Lehtori Kristian Simolin
<p>Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia modulaarista suunnittelua ja sen käyttöä peliympäristöjen tuotannossa ja antaa yleiskuvaa modulaarisen suunnittelun perusteista ja modulaaristen peliympäristöjen tuotannon eri työvaiheista. Rajauksena opinnäytetyössä keskitytään pääasiassa modulaaristen peliympäristöjen työnkulkuun ja jätetään suorituskyvyn optimointi vähemmälle huomiolle. Työssä pyritään myös selvittämään peliympäristöihin erikoistuvien peliartistien eli environment artistien roolia pelialalla. Opinnäytetyöllä ei ole tilaajaa, vaan se tehtiin tekijän oppimisen tukemiseksi.</p> <p>Teoriaosuudessa tutkitaan ensin environment artistin roolia pelialalla selvittämällä niiden työroolit ja erot kenttäsuunnittelijoihin. Sen jälkeen syvennytään modulaarisuuteen ja siihen mitä se tarkoittaa, miksi sitä käytetään pelituotannossa ja mitä sen perusteisiin kuuluu sekä miten saadaan rikottua peliympäristöjen modulaarisuutta.</p> <p>Käytännön osuudessa käydään läpi opinnäytetyön pohjalta tehtyä projektityötä ja sen eri vaiheita. Teoriaosuuden tietoa käyttämällä suunnitellaan, mallinnetaan ja teksturoidaan modulaarisia 3D-malleja, joita monistamalla saadaan aikaan yksinkertainen, mutta mielenkiintoinen peliympäristö. Työssä käytetään seuraavia ohjelmia: Maya, Substance Painter, Xnormal, Photoshop ja Unreal Engine 4.</p> <p>Osana opinnäytetyön rajausta käytännön osuudessa tehtävä peliympäristö suunnataan PC:lle ja uudemmille pelikonsoleille, joten mobiililaitteille tarvittavaa optimointia ei käydä työssä läpi. Teoriaosuuden periaatteet soveltuvat kaikenlaisiin pelituotantoihin, mutta käytännön osuudessa käytävät työvaiheet poikkeavat hieman mobiilipelien tuotantoprosessista.</p> <p>Aihetta tarkastellaan 3D-graafikon näkökulmasta ja tutkielma on suunnattu peliympäristöjen valmistuksesta kiinnostuneille aloitteleville sekä myös kokeneille pelialan ja 3D-alan opiskelijoille. Lukijalta odotetaan 3D-mallintamisen ja teksturoimisen perusteita.</p>	
Avainsanat	modulaarinen, modulaarisuus, peliympäristö, environment art environment artist, 3D

Author(s) Title Number of Pages Date	Topi Jalvas Designing and creating Modular Game Environments Case: Sci-fi Corridor 54 pages + 1 appendices 11 May 2018
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Media
Specialisation option	3D Animation and Visualization
Instructor(s)	Kristian Simolin, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis is to examine modular design and its use in the production of game environments and also to give an overview of the basics of modular design and of the different production stages of modular game environments. As a limit to my project, I will mainly focus on the workflow of modular game environments and give less attention to performance optimization. The aim is also to clarify the job description of an environment artist working in the video game industry. This thesis doesn't have a client rather it was made to support the author's education.</p> <p>In the theoretical section of this thesis, I will first examine the environment artist's role in the video game industry by clarifying the job role of an environment artist and the difference between an environment artist and a level designer. After that, I will focus on modularity and what it means, why it's used in the video game production, what are the basics of modularity and how to break up modularity in game environments.</p> <p>In the practical section, I will go through the project, that was made based on this thesis, and review the different phases of the project. By using the information from the theory part I will design, model and texture modular 3D models which I can duplicate to produce a simple but interesting game environment. The project will be made by using the following software: Maya, Substance Painter, Xnormal, Photoshop and Unreal Engine 4.</p> <p>As a part of the limit to my project, the game environment, made as a part of the practical section, will be directed towards PC and the newer gaming consoles, thus I will not go through the optimization needed for the mobile platforms. The principles covered in the theoretical section translate into all kinds of game production but the stages covered in this thesis will differ from the production process of mobile games.</p> <p>The subject will be viewed from the aspect of a 3D graphic artist and the thesis is aimed at both beginners and the experienced students of the video game and 3D industry that are interested in creating video game environments. The reader is expected to know the basics of 3D modelling and texturing.</p>	
Keywords	modular, modularity, game environment, environment art, environment artist, 3D

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Environment artistin rooli pelialalla	2
2.1	Peliartistit	2
2.2	Environment art ja ympäristöartistin työtehtävät	4
2.3	Kenttäsuunnittelijan työrooli ja työtehtävät	5
3	Modulaarinen suunnittelu	6
3.1	Mitä modulaarinen suunnittelu on?	6
3.2	Modulaarisuuden hyvät ja huonot puolet	10
3.3	Modulaarisen suunnittelun perusta	12
3.3.1	Konseptointi ja suunnittelu	13
3.3.2	Mittasuhteet	16
3.3.3	Grid	18
3.4	Moduulien joustavuus	22
3.5	Toistuvuus ja variaatiot	26
4	Sci-fi Corridor -peliympäristöprojekti	30
4.1	Projektin Määrittely	30
4.2	Suunnittelu ja blokkaukset	31
4.3	Mallintaminen	37
4.4	Teksturointi	42
4.5	Variaatiot ja viimeistely	44
4.6	Lopputulokset	46
5	Yhteenveto ja pohdinta	47
	Lähteet	50
	Liitteet	
	Liite 1. Kuvia valmiista modulaarisesta peliympäristöstä	

1 Johdanto

Peliympäristöt koostuvat monista erilaisista 3D-malleista, propeista ja arkkitehtuurillisista osista, joiden tuotantoon kuluu paljon aikaa. Isommillakaan pelistudioilla eivät riitä aika eivätkä työntekijät loputtomiin, joten studioiden on pakko optimoida työskentelytapojaan. Etenkin isojen ja laajojen maailmojen luomisessa on pakko yrittää hyödyntää kaikki mahdollinen aika. Jotta aikaa saadaan säästettyä ja artistit sekä suunnittelijat voivat työskennellä samaan aikaan, on parempi jakaa ympäristöt monikäyttöisiksi modulaarisiksi osiksi.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia modulaarista suunnittelua osana peliympäristöjen tuotantoa sekä myös modulaarisuuden hyviä ja huonoja puolia. Tulen käymään läpi modulaaristen ympäristöjen mallinnustapojen peruseriaatteet sekä suunnittelussa ja tuotannossa huomioon otettavia asioita. Koska modulaariseen suunnitteluun kuuluu useita erilaisia osa-alueita ja niiden kaikkien perinpohjainen läpikäyminen veisi suunnattomasti aikaa, on työni rajattu siten, että siinä käydään aiheet läpi yleisellä tasolla ja annetaan lukijalle kokonaiskuva modulaaristen peliympäristöjen eri työvaiheista. Työssä ei käydä läpi reaaliaikaisen 3D-mallintamisen tai teksturoimisen perusteita, joten lukijan odotetaan osaavan nämä jo ennestään.

Teoriaosuuden aloittavassa toisessa luvussa avataan environment artist eli ympäristöartistin työtehtäviä ja työroolia pelialalla. Koska työni keskittyy peliympäristöjen luomiseen, katson tärkeäksi pohjustaa vähän ympäristöartistien roolia pelialalla. Luvussa käydään myös läpi ympäristöartistien ja kenttäsuunnittelijoiden eroavaisuudet, koska näiden työroolien työnkuvat menevät helposti sekaisin.

Kolmannessa luvussa käyn läpi modulaarisuutta ja sen käyttöä peliympäristöjen tuotannossa. Luvussa käydään alkuun modulaarisen suunnittelun perusteita eli mitä se tarkoittaa ja miksi sitä käytetään pelialalla. Luvussa syvennytään modulaarisen suunnittelun perustana toimiviin aiheisiin eli hyvän konseptin ja suunnitelman luomiseen, gridin käyttöön, moduulien joustavuuteen ja toistuvuuden rikkomiseen sekä variaatioiden tekemiseen.

Neljännessä luvussa siirryn käytännön osuuteen, jossa käyn läpi opinnäytetyön aiheen pohjalta tehdyn projektin eri vaiheet läpi. Käytännön osuudessa käytettiin pohjana teoriaosuudessa käsiteltyjä aiheita.

Opinnäytteen lopussa käydään läpi nopea yhteenveto ja pohdinta modulaarisesta suunnittelusta ja sen käytöstä peliympäristöjen luomisessa ja suunnittelussa.

Tutkielma on tehty antamaan yleiskuvaa modulaarisesta suunnittelusta pelialalla ja on suunnattu kenttäsuunnittelusta ja peliympäristöjen valmistuksesta kiinnostuneille pelialan ja 3D- alan aloitteleville sekä kokeneille opiskelijoille.

2 Environment artistin rooli pelialalla

Jotta modulaaristen peliympäristöjen luomisesta voidaan puhua, on hyvä ensin selvittää ketkä ovat niiden tuotannosta vastuussa. Tässä luvussa keskitytään opinnäytteen aiheen kannalta tärkeään aiheeseen eli environment artistien rooliin pelialalla ja mitä heidän työtehtäviin kuuluu. Aluksi avataan peliartistien työnkuvaa sekä moninaisia työrooleja pelialalla, jonka jälkeen syvennytään ympäristöartistien ja kenttäsuunnittelijoiden työtehtäviin ja vaatimuksiin.

2.1 Peliartistit

Pelialalla on monia erilaisia työrooleja ja työtehtäviä, joita tekemään tarvitaan eri osaamisalueiden edustajia. Alun perin kahden hengen tuotantoryhmät ovat vuosien aikana ja pelialan kehittyessä kasvaneet satoja ihmisiä sisältäviin pelistudioihin. Tästä johtuen alalle on muodostunut enemmän ja enemmän erilaisia urapolkuja ja erikoistumismahdollisuuksia. Yksi näistä suosituimmista työurista on pelin visuaalisesta puolesta huolehtivat peliartistit. (Baldwin 2006.)

Peliartistit huolehtivat pelien ulkonäöstä ja tyylistä luomalla peleihin 2D- ja 3D- elementtejä kuten: hahmoja, rakennuksia, proppeja, taustoja, tekstuureja, efektejä ja valoja. Näiden moninaisten työtehtävien takia myös peliartistien roolit ovat jakaantuneet vuosien varrella moneen eri kategoriaan, kuten muun muassa:

- Konseptiartistit:

- Auttavat suunnittelemaan pelin ulkonäköä, tunnelmaa, pelimaailmaa ja sen sisältöä konseptuimalla ja luonnostelemalla erilaisia 2D-piirrustuksia ja -luonnoksia.
- 3D-mallintajat :
 - Luovat peleihin proppeja, hahmoja ja ympäristöjä.
- Tekstuuriartistit:
 - Tekevät tekstuureja ja varjostimia eli shadereita 3D-malleille.
- Hahmoartistit:
 - Ovat erikoistuneet hahmojen suunnitteluun ja mallintamiseen.
- Ympäristöartistit:
 - Rakentavat pelimaailmoja ja -ympäristöjä.
- Valoartistit:
 - Säättävät pelimaailman valaistuksen ja valotilanteet.
- Effektiartistit:
 - Työskentelevät partikkeleiden parissa ja luovat erilaisia effektejä, kuten esimerkiksi vesisadetta, räjähdyksiä, savua ja taikaloitsuja.
- Käyttöliittymäartistit:
 - Suunnittelevat pelien valikot ja ovat luomassa pelien valikkojärjestelmää ja HUDia (Heads Up Display eli heijastusnäyttö).
- Tekniikka-artistit
 - Ovat peliartistin ja ohjelmoijan välimaastoon sijoittuva työrooli. He suunnittelevat uusia työkulkuja peliartisteille, päättävät käytettävistä liitännäisohjelmista, tutkivat uusia työtapoja, tekevät koodia ja shadereita sekä hoitavat yleistä teknillistä vianetsintää.

(Baldwin 2006; Blitz Games Studios n.d; Creative Skillset n.d; Sokanu n.d.)

On huomioitava, että työroolit ja niiden määrä vaihtelevat pelistudioittain. Täydellisessä maailmassa kaikissa pelistudioissa olisi jokaiselle työroolille omat erikoisosajansa, mutta todellisuus on toinen. Budjettien rajallisuuden takia pienemmissä studioissa joudutaan yhdistämään eri työrooleja ja antamaan yksittäisille työntekijöille enemmän vastuuta. Esimerkiksi 3D-mallintajat hoitavat sekä hahmojen että ympäristöjen mallinnukset ja suunnittelut. Isommilla pelistudioilla on enemmän varaa palkata jokaiseen työrooliin omat erikoisosajansa ja jakaa töitä useammalle työntekijälle.

2.2 Environment art ja ympäristöartistin työtehtävät

Peliympäristöihin erikoistuneet peliartistit eli environment artistit vastaavat pelien ympäristöjen mallinnuksesta, teksturoimisesta ja valaisusta. He luovat isoja arkkitehtuurillisia rakennuksia, orgaanisia maastoja ja pienempiä proppeja kuten tynnyreititä ja kasveja täyttämään pelimaailmoja. Environment artistit työskentelevät läheisesti konseptiartistien ja kenttäsuunnittelijoiden kanssa. He mallintavat ympäristöt perustuen konseptiartistien tekemiin konseptipiirroksiin ja ovat yhteydessä suunnittelutiimiin yhtenäisen tyylin saavuttamiseksi. (Best Sample Resume n.d; Galuzin 2009; Get In Media n.d.)

Ympäristöartistin työtehtäviin kuuluu monta eri puolta ja suuremmissa tuotannoissa sekä pelistudioissa ne jaetaan eri työrooleiksi, jotta jokainen osa-alue saa tarvitsemansa työpanoksen ja saadaan aikaan paras mahdollinen lopputulos. Näitä työrooleja ovat muun muassa:

- Mallintajat:
 - Luovat ympäristöjen 3D-geometrian.
- Tekstuuriartistit:
 - Luovat 3D-malleille tekstuurit ja työskentelevät materiaalien ja shadereiden kanssa.
- Valoartistit:
 - Luovat ympäristöön ja kenttiin valot ja eri valotilanteet.

Ympäristöartistilta vaaditaan osaamista näistä kaikista työrooleista. Etenkin pienemmissä pelistudioissa on yleensä vain yksi ympäristöartisti, joten on tärkeää, että hän hallitsee kaikki työtehtävät. (Galuzin 2009; PlatinumGames Official Blog 2014.)

Ympäristöartistin työ vaatii 2D-piirrustustaitoja, 3D-ohjelmien, kuten 3ds Maxin, Mayan ja Zbrushin, sekä teksturointiohjelmien, kuten Photoshopin ja Substance Painterin osaamisen. Optimointi on tärkeä osa pelien kehitystä, joten ympäristöartisteilla tulee olla myös teknistä osaamista ja heidän pitää tietää käytetyn pelimoottorin rajoitukset, muistin ja polygonien määrät ja tekstuurien resoluutiot. Myös kenttäsuunnittelun perusteiden osaaminen on suositeltavaa, koska peliympäristöjen mallinnus vaatii pohjalle aina ensin suunnitelman. Työpaikkailmoituksissa toivotaan usein lisäksi osaamista perinteisistä taiteenmuodoista, perspektiiviopista, kenttäsuunnittelusta ja arkkitehtuurista. (Ahearn 2008, 14; Get In Media n.d; PlatinumGames Official Blog 2014.)

Ympäristöartistin rooliin pyrkivän on parempi etsiä ensin junior artistin paikkoja, koska ympäristöartistin paikkoja annetaan todennäköisemmin kokeneemmille pelialalla jo vuosia töitä tehneille artisteille. Junioriartistit työskentelevät yleensä pienempien proppien tai ympäristön pienen osan parissa ennen kuin heille annetaan vastuu kokonaisuudesta ympäristöstä. (Get In Media n.d; Hodri 2017.)

2.3 Kenttäsuunnittelijan työrooli ja työtehtävät

Ympäristöjen luonnissa ympäristöartistien lisäksi toinen todella tärkeä rooli kuuluu kenttäsuunnittelijalle. Ympäristöartistit ja kenttäsuunnittelijat työskentelevät erittäin läheisesti toistensa kanssa ja näiden työt ovat sen verran lähellä toisiaan, että selkeyden vuoksi on hyvä vähän käydä läpi myös kenttäsuunnittelijan työroolia.

Samalla kun ympäristöartistit keskittyvät peliympäristöjen graafiseen puoleen, kenttäsuunnittelijat keskittyvät suunnittelemaan ympäristöjen ja kenttien pelattavuuden. Tähän kuuluu esimerkiksi pelaajan kulkusuunnan suunnittelu, NPC eli tietokoneen ohjaamien hahmojen paikoitukset, erinäisten tehtävien alku- ja loppupisteet. He suunnittelevat ympäristön pohjapiirrustukset, joiden mukaan artistit rupeavat luomaan lopullisia ympäristöjä. Näiden taso vaihtelee pelistudiosta riippuen aina piirrustuksista alustaviin pelimoottoreissa mallinnettuihin 3D-tiloihin, joiden ympärille ympäristöartistit voivat luoda lopullisia 3D-malleja. (Ahearn 2008, 15-16; Hengren 2017; Norris 2016; Rodriguez 2016.)

Kenttäsuunnittelijan työt eivät aina ole niin yksiselitteisiä. Pelistudiosta riippuen työtehtävät voivat koostua ohjelmoinnista, blokkaamisesta ja grafiikan luomisesta tai sitten vain yhdestä tietystä osaamisalueesta. Max Hengren (2017) mainitsee 80Level-nettisivuston pitämässä haastattelussa, että pelialalle olisi hyväksi jos työpaikoille olisi osuvammat nimet. Pelituotantojen kasvaessa halutaan työntekijöitä tiettyihin työrooleihin, joten pelkän kenttäsuunnittelija-nimityksen käyttäminen ei ole kauhean hyödyllistä. (Hengren 2017.)

Joskus kenttäsuunnittelua ja ympäristöjen luomista tekemään valitaan vain yksi henkilö. Suositeltavaa kuitenkin olisi, että molempiin työtehtäviin sijoitettaisiin omat osaajat. Etenkin nykypäivänä, kun pelien mallit ovat todella yksityiskohtaisia ja ne tarvitsevat enemmän aikaa tuotannossa, kannattaisi antaa artistien keskittyä hyvännäköisten mallien ja tekstuurien luontiin ja kenttäsuunnittelijoiden keskittyä

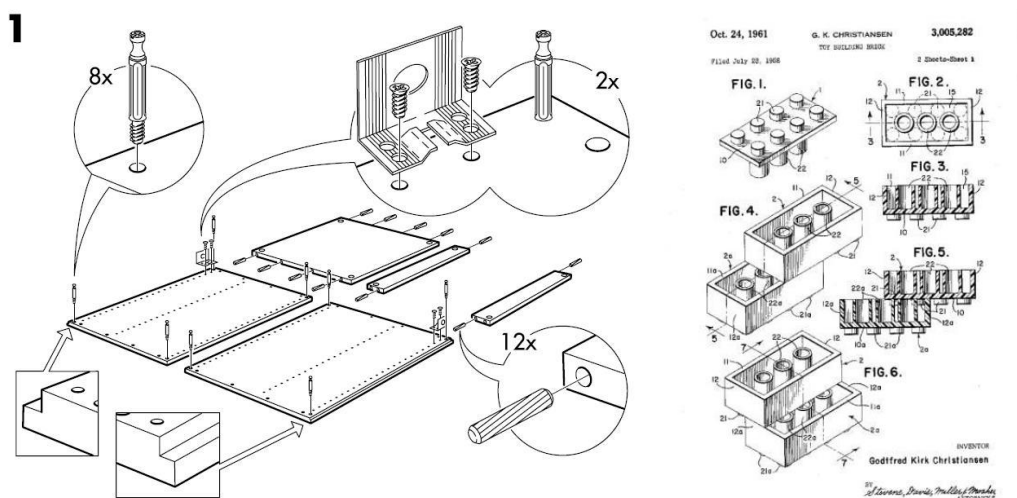
suunnittelemaan pelattavuuden kannalta toimivia ympäristöjä. (Ahearn 2008, 14; PlatinumGames Official Blog 2014.)

3 Modulaarinen suunnittelu

Modulaarinen suunnittelu on iskostunut tärkeäksi osaksi pelien tuotantoa. Se perustuu voimavarojen uudelleenkäyttöön, jonka takia pelistudiot pystyvät luomaan pelejä tehokkaasti ja kohtuullisissa aikarajoissa. Etenkin pelimaailmojen ja -ympäristöjen tuotannossa modulaarisuutta käytetään jatkuvasti. Tässä luvussa tullaan käymään läpi modulaarisen suunnittelun peruseriaatteet ja modulaaristen peliympäristöjen tuotannon keskeisimmät aiheet.

3.1 Mitä modulaarinen suunnittelu on?

Modulaarisessa suunnittelussa idea on rikkoa malli pienempiin osiin, eli moduuleihin, joita sitten voidaan työstää erikseen ja koota niistä laajempi kokonaisuus. Näitä moduuleita voidaan sitten myöhemmin vaihtaa, päivittää ja käyttää uudelleen ja siten luoda erilaisia lopputuloksia. Modulaarista suunnittelua on nähtävillä esimerkiksi autojen, tietokoneiden, huonekalujen ja lautapeliin valmistuksessa. (Bitovi UX & Design 2017.) Modulaarinen suunnittelu on myös hyvin rinnastettavissa Legopalikoihin. Ne ovat pieniä rakennuspaloja, jotka on suunniteltu toimimaan keskenään, ja niitä yhdistelemällä voidaan saada aikaan erilaisia lopputuloksia. (Burgess & Purkeypile 2013.)



Kuvio 1. Ikean huonekalun räjäytyskuva ja kuva Lego-palan mitoista ja toimivuudesta. Kuvat demonstroivat modulaarisen suunnittelun käyttöä pelialan ulkopuolella.

Pelialalla modulaarista suunnittelua käytetään etenkin kenttien ja ympäristöjen suunnittelussa ja tuotannossa. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että modulaarinen suunnittelu auttaa luomaan monia erilaisia ympäristöjä helpommin ja nopeammin käyttämällä pientä määrää 3D-malleja ja tekstuureja. (Lentz, Lin, Reed & Sturgill 2002.)





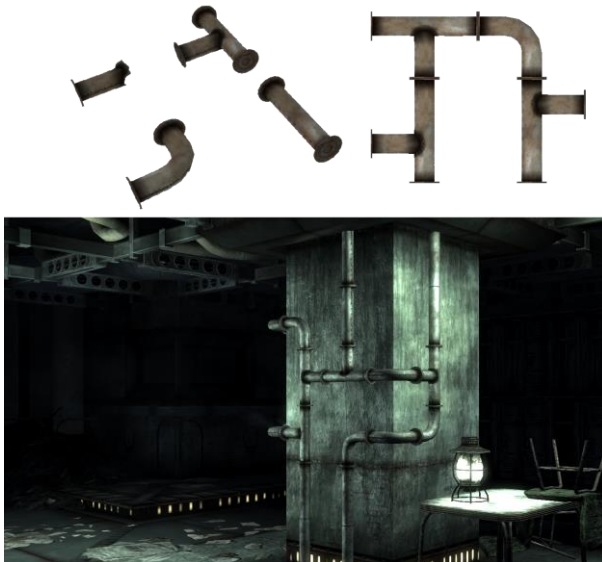
Kuvio 2. Bethesda Softworksin *The Elder Scrolls V: Skyrim* (2011) -pelin hautaholvi jaettuna moduuleihin, joita käyttämällä on saatu aikaan kaksi erilaista peliympäristöä.

Hyvänä esimerkkinä modulaarisesta suunnittelusta on Bethesdan käyttämä kit-järjestelmä. Siinä ympäristöt jaetaan erilaisiksi environment kiteiksi eli peliympäristöjen rakennussarjoiksi/-pakkauksiksi. Kit-järjestelmät koostuvat 3D-malleista, joita voidaan käyttää keskenään ja ne saadaan kiinnitettyä toisiinsa käyttäen gridiä. Rakennussarjan tavoin näitä kittejä käyttämällä saadaan rakennuttua erilaisia lopputuloksia. Kitit voidaan jakaa eri kategorioihin:

- Art kit
 - Yksityiskohtiin perustuva rakennussarja. Käytetään proprien tekemiseen. Esimerkkinä erilaisista putkista koostuva rakennussarja.
- Architectural kit
 - Isoista arkkitehtuurillisista osista koostuva rakennussarja. Käytetään ympäristöjen tekemiseen. Esimerkkinä *The Elder Scrolls V: Skyrim* -pelin hautaholvit tai *Fallout 3* -pelin holvit. Kuviossa 2 on esimerkki yhdestä *The Elder Scrolls V: Skyrim* -pelin architectural kiteistä.
- Sub-kit
 - Alkuperäisen kitin lisäksi tehtyjä variaatioita. Esimerkiksi, jos luotaisiin rakennussarja käytävästä, siitä voitaisiin tehdä korkea ja matala versio.
- Platform kit
 - Rakennussarja, jossa osat on suunniteltu sijoitettavaksi toisten osien päälle.
- Glue kit

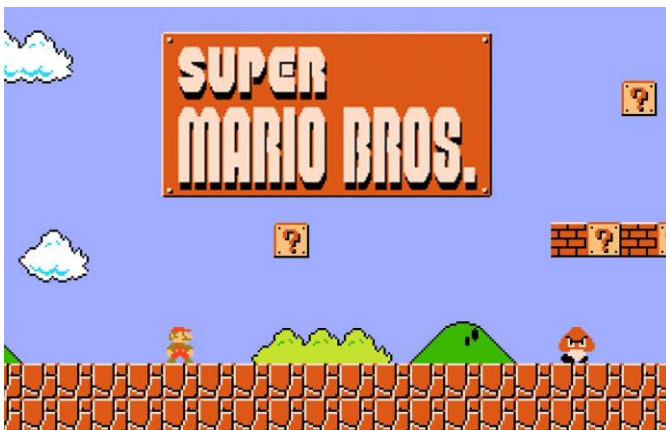
- Voi olla esimerkiksi siirtymäpaloista koostuva rakennussarja. Tehdään yleensä harjoittamalla kit bashing- tekniikkaa ja ne voivat koostua esim. tasoista, tunneleista tai kielekkeistä.

(Burgess & Purkeypile 2013.)



Kuvio 3. Esimerkki art-kitistä Bethesda Game Studiosin kehittämässä *Fallout 3* (2008) -pelissä.

Modulaarinen suunnittelu pelituotannossa ei ole mikään uusi käsite. Sen juuret ulottuvat 2D sprite- grafiikkaa käyttävien 8- ja 16-bittisten pelien, kuten Super Mario Bros. ja Legend of Zelda, aikaan saakka. (Jaroslowsky 2013.)



Kuvio 4. Kuva Nintendo *Super Mario Bros.* (1985) -pelistä, josta on helposti nähtävillä ympäristön modulaarisuus.

Pelit on aina jossain määrin jaettu uudelleen käytettäviin paloihin. Suurena erona vanhojen 2D-pelien ja modernien pelien välillä on mallinnettava 3D-geometria. Ennen pystyttiin luomaan maailmoja käyttämällä suurimmaksi osaksi tekstuureja, mutta moderneissa peleissä tekstuurien lisäksi tulee olla todella yksityiskohtaista 3D-geometriaa. Pelituotannossa nousi tarve modulaariselle suunnittelulle, kun haluttiin luoda yksityiskohtaisia pelimaailmoja ilman että jokaista mahdollista nurkkaa tarvitsisi mallintaa erikseen. (Perry 2002, 30.)

3.2 Modulaarisuuden hyvät ja huonot puolet

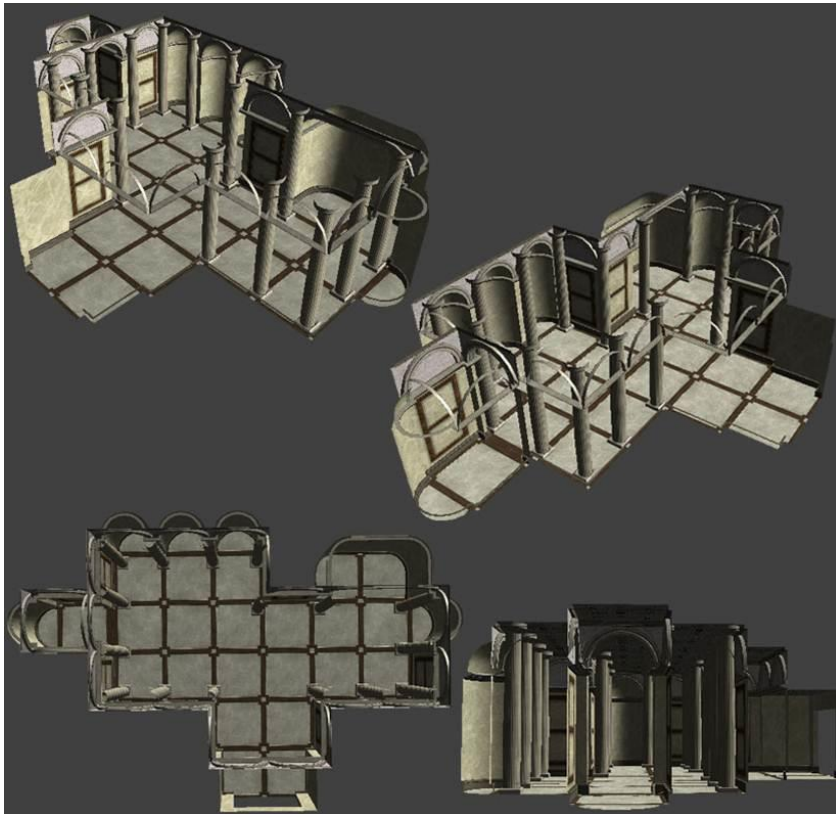
Modulaarista suunnittelua käytetään pelialalla juuri sen mahdollistavan tehokkaan työnkulun ja optimoinnin takia. Yksittäisen pienen tilan mallintaminen ei välttämättä tarvitse modulaarista kenttäsuunnittelua, mutta kun tiloja alkaa olla kymmeniä niin kannattaa alkaa miettiä modulaarisuuden käyttöä. Modulaarisuudesta on etenkin hyötyä isoissa tuotannoissa, joissa luodaan laajoja ja yksityiskohtaisia ympäristöjä pelaajan tutkittavaksi. Modulaaristen osien uusiokäyttö ja varioiminen säästää paljon aikaa sekä auttaa luomaan yhtenäistä tyyliä pelille. (Lentz ym. 2002.)

Modulaarisuus mahdollistaa kenttäsuunnittelijan ja peliartistin samanaikaisen työskentelyn, jolloin kenttäsuunnittelija voi keskittyä täysin pelimaailman rakentamiseen ja peliartisti voi samaan aikaan jatkaa eri osien yksityiskohtien työstämistä. (Lentz ym. 2002.) Modulaarisuuden ansiosta pelistudiot voivat myös selviytyä pienellä määrällä ympäristöartisteja. Tätä kuitenkin tulee tasapainottaa esimerkiksi isommalla määrällä kenttäsuunnittelijoita. Esimerkiksi Bethesdalla oli Skyrim-pelin luolastojen ja vankityrmien tuotannossa käytössä kaksi ympäristöartistia ja kahdeksan kenttäsuunnittelijaa. (Burgess & Purkeypile 2013.)

Moduulien viimeistely ja päivittäminen on myös helppoa, koska malleista otetut instansoidut kopiot perivät alkuperäiseen malliin tehdyt muutokset. Pienet muutokset on siis helppoa nähdä koko ympäristössä. (Lentz ym. 2002.)

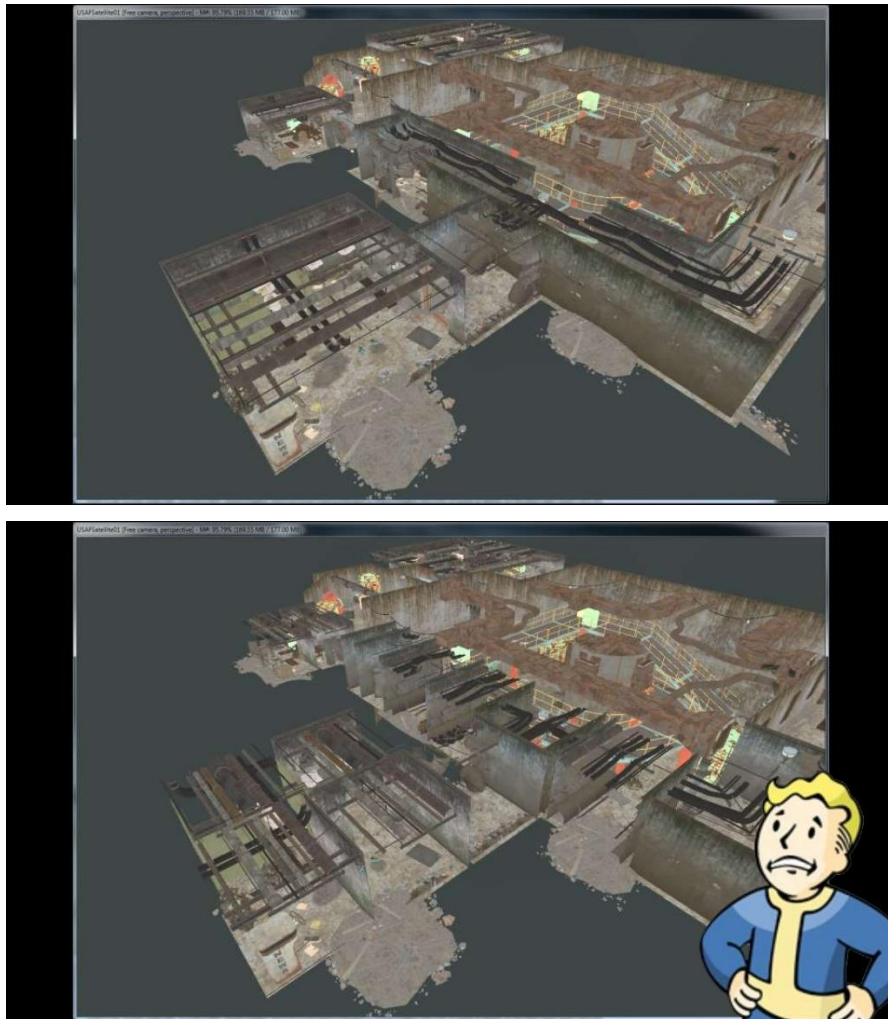
Modulaarisessa kenttäsuunnittelussa on myös huonojakin puolia, jotka kannattaa ottaa huomioon. Modulaarisuus vaatii todella tarkkaa suunnittelua ja ohjeiden tekemistä, jotka voi tuntua peliartisteille osittain rajoittavalta tekijältä. Huolimattomasti tehdyt suunnitelmat johtavat nopeasti ongelmiin tuotannossa. Vaikka osien monistaminen ja uusiokäyttäminen auttaa säästämään aikaa, voi samojen moduulien liiallinen käyttäminen johtaa mahdollisesti yksipuoliseen ja tylsän näköiseen lopputulokseen.

(Lentz ym. 2002.) Modulaarisilla peliympäristöillä on myös aina vaarana ”tuntua” modulaarisilta. Tämä tulee esiin silloin kun ympäristöissä käytetään pelkästään 90 asteen kulmia ja kun tilojen seinät ovat aina suoraan päällmansuuntien suuntaisesti. Myös silloin, kun käytetään rajallista määrää malleja ympäristön mallintamiseen, ympäristöt tuntuvat liian modulaarisilta. (Burgess & Purkeypile 2013; Burgess & Purkeypile 2016; Jaroslowsky 2013.)



Kuvio 5. *Bloodrayne 2* (2004) –pelin ympäristöstä näkyy selkeä modulaarinen suunnittelu. Seinät ovat 90 asteen kulmissa ja osoittavat päällmansuuntiin.

Kenttäsuunnittelijoiden ja peliartistien tulee kommunikoida jatkuvasti tai muuten se voi aiheuttaa paljon virheitä tuotannossa ja aikaa vievää virheiden korjausta. Myöhemmin tehdyt korjaukset voivat myös johtaa uusiin ongelmiin. Esimerkiksi yhteen kentän osaan myöhemmin tehdyt ulkonäön muutokset voivat rikkoa sen yhteneväisyyden muiden osien kanssa tai esimerkiksi kun mallin pivot-pistettä päätetään tuotannon myöhemmässä vaiheessa siirtää voi sen vaikuttaa mallista tehtyjen instanssien orientaatioihin ja translaatioihin. (Lentz ym. 2002; Burgess & Purkeypile 2016.)



Kuvio 6. Joel Burgess ja Nate Purkeypile demonstroivat vuoden 2016 Games Development Conferenssissa, miten pivot-pisteiden muuttaminen tuotannon myöhäisessä vaiheessa voi vaikuttaa moduulien orientaatioon.

Mielestäni hyvät puolet ylittävät huonot. Vaikka modulaariselle suunnittelulle ei aina olisikaan tarvetta, ovat nämä tapaukset kuitenkin todella harvassa. Tekniikan jatkuvasti kehittyessä ja pelien kasvaessa, modulaarinen kenttäsuunnittelu on lähes pakollista pelien tuotannossa. Pelistudioilla ei ole aikaa ja rahaa luoda pelejä täyteen kerran käytettävillä propeilla ja malleilla. Jotta isoja ja laajoja peliympäristöjä omaavia pelejä on mahdollisuus julkaista, tulee tuotantoa optimoida kaikin mahdollisin keinoin.

3.3 Modulaarisen suunnittelun perusta

Modulaariset peliympäristöt vaativat todella tarkkaa suunnittelua, gridin käyttöä ja mittasuhteiden määrittämistä. Käyn tässä luvussa läpi tarvittavat asiat, jotka on tarpeen ottaa huomioon modulaaristen peliympäristöjen suunnittelu- ja tuotantovaiheessa.

3.3.1 Konseptointi ja suunnittelu

Tarkasti ja huolella tehty konseptointi on tärkeää monelle eri tuotannolle. Se on modulaaristen peliympäristöjen toimivuuden kannalta todella tärkeä kohta, koska siinä määritellään peliympäristön modulaaristen osien koko, listataan tarvittavat mallit ja komponentit, mietitään kuinka monesta moduulista ympäristö koostuu ja päätetään luotavan ympäristön yleiset mittasuhteet. (Jaroslowsky 2013; Lentz ym. 2002; Perry 2002, 32.)

Luke Ahearn (2008) on luonut hyödyllisen listan asioista, jotka olisi tärkeä selvittää ennen ympäristön mallintamista:

- Teema
 - Minkälaiseen maailmaan peli sijoittuu? Onko kyseessä, fantasia, scifi vai esimerkiksi kauhu? Jos kyseessä on scifi, onko maailma utopistinen vaiko dystopinen?
- Perspektiivi
 - Miten pelaaja näkee maailman? Tarkastellaanko maailmaa läheltä vai kaukaa? Pelaajan näkökulma vaikuttaa suuresti moduulien ja 3D-mallien suunnitteluun ja tuotantoon. Mitä lähempää maailmaa tarkastellaan sen yksityiskohtaisempaa grafiikan tulee olla ja sitä useampaan moduuliin ympäristö kannattaa jakaa.
- Genre
 - Onko kyseessä esim. seikkailupeli, ensimmäisen persoonan räiskintäpeli eli first person shooter (FPS), kolmannen persoonan roolipeli vai ajopeli?
- Maailman koko
 - Kuinka iso pelin maailma on? Tehdäänkö isoja ulkotiloja, joissa pelaaja pääsee vapaasti liikkumaan, kuten esimerkiksi sandbox- tai MMORPG-peleissä, vai lineaarisempia ja hallitumpia sisätiloja?
- Käytettävä teknologia
 - Mitä pelimoottoria, 3D-ohjelmia ja teksturointiohjelmia tuotannossa käytetään? Mille pelialustalle peliä ollaan tekemässä?
- Mitä rajoittavia tekijöitä on?
 - Kuinka paljon aikaa ja rahaa tuotannolle on varattu?
- Muita huomioitavia asioita ennen tuotantoa
 - Käytettävä kuvataajuus

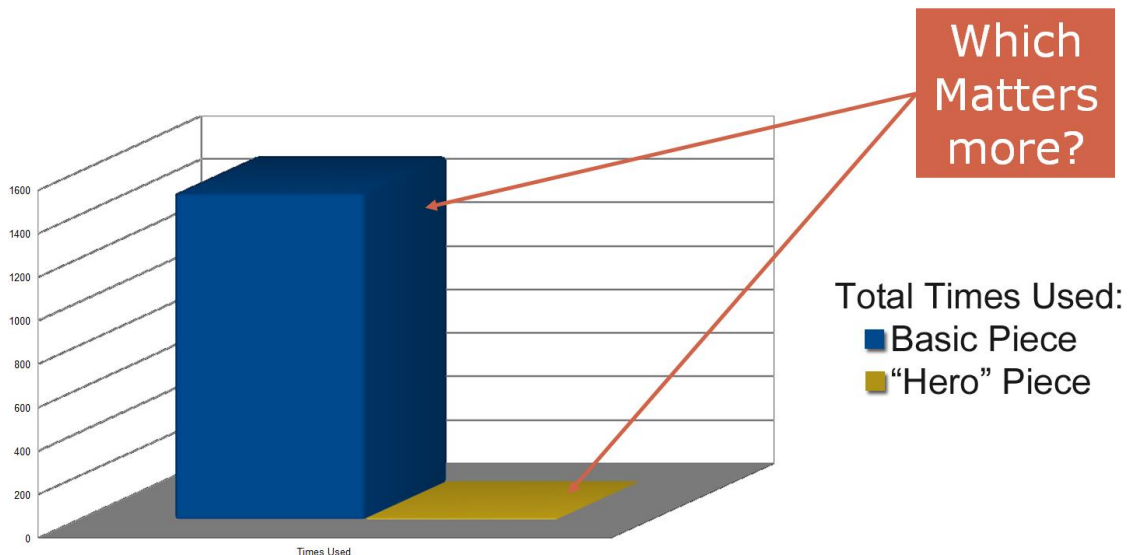
- Maksimi tekstuuri- ja polygonien määrät
- Käytettävät tiedostomuodot, resoluutiot ja tiedostojen koot
- Tiedostojen nimeämiskäytännöt

(Ahearn 2008, 17-19.)

Konseptointivaiheessa on tärkeä listata tarvittavat moduulit, joita tullaan käyttämään peliympäristössä useita kertoja. Ympäristön avainpalat ja erikoispiirteet tulee ottaa tässä vaiheessa huomioon. Ympäristöt koostuvat pohjimmiltaan avainpaloista, näiden varianteista ja erikoispaloista:

- Avainpalat ovat modulaarisen peliympäristön kannalta tärkeimmät mallinnettavat moduulit. Ne ovat moduuleja, joita tullaan käyttämään ympäristössä eniten. Avainpaloihin lukeutuvat esimerkiksi seinät, lattiat, katot, ovet, ikkunat yms.
- Variantit ovat avainpaloista tehdyt kosmeettiset variantit, vaihtoehtoiset palat, vähemmän käytettävät palat.
- Hero pieces eli erikoispalat ovat harvemmin käytettäviä paloja. Ne usein toimivat ympäristön toiminnan keskipisteenä ja ovat usein ainutlaatuisia kerran käytettäviä paloja.

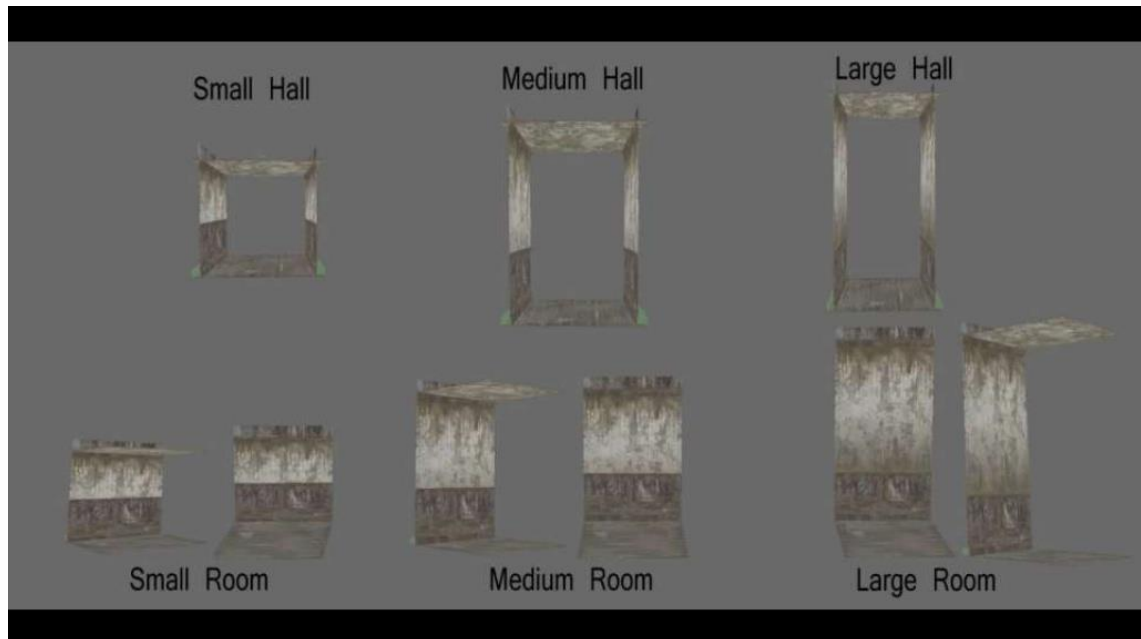
On tärkeä keskittyä paloihin, joilla saadaan ympäristöstä uskottava ja toimiva. Tulee katsoa, kuinka monesta modulaarisesta osasta ympäristö tarvitsee luoda ja millä saadaan aikaan ympäristön muotokieli. Erikoispalat on syytä jättää myöhemmäksi ja kannattaa keskittyä ensin ympäristön alueisiin, joissa pelaaja tulee käyttämään suurimman osan ajastaan. Paloja suunnitellessa kannattaa myös miettiä tarvitsevatko ne backface polygons eli selkäpuolen polygoneja. Jos palojen selkäpuolta ei koskaan näy pelissä, kannattaa ne optimoinnin takia jättää pois. (Burgess & Purkeypile 2013; Burgess & Purkeypile 2016; Jaroslowsky 2013; Lentz ym. 2002; Perry 2002, 32.)



Kuvio 7. Modulaaristen peliympäristöjen tärkeimmät osat ovat basic pieces eli avainmallit. Joel Burgess ja Nate Purkeypile kävivät läpi 2013 Game Developers Conferenssissa avainmallien ja hero pieces eli erikoismallien tärkeyttä vertailemalla niiden käyttökertoja.

Siirtymät ympäristöjen ja tilojen välillä tulee ottaa suunnittelussa huomioon, jotta maailma saadaan tuntumaan yhtenäiseltä. Siirtymien yhdenmukaistaminen auttaa kenttäsuunnittelussa huomattavasti. Esimerkiksi ovien kokojen yhdenmukaistaminen mahdollistaa niiden vaihtokelpoisuuden eri tilojen palojen kanssa. Ovia voidaan käyttää sekaisin ilman tarvetta tehdä yksittäisiä erikoispaloja. Suunnittelussa tulee huomioida myös niin sanotut siirtymäpalat, kuten esimerkiksi pylväät ja jalkalistat, joiden avulla voidaan yhdistää erilaisten ympäristöjen moduuleja. Näiden lisäksi on mietittävä, mitkä palat tarvitsevat päätemalleja, joita ovat esimerkiksi rakennusten katot tai vaikka viemäriin loppuva oja. (Burgess & Purkeypile 2016; Lentz ym. 2002; Perry 2002, 32.)

Myös ympäristön erikoispiirteet tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi kulkeeko kentän läpi joki tai tarvitseeko ympäristöön tehdä vesiputous. Näiden piirteiden lisäksi kannattaa ottaa huomioon uudelleenpelattavuus ja mahdollisten salahuoneiden luonti. Isommissa tuotannoissa aika ei välttämättä riitä radikaaleihin muutoksiin ympäristöissä vaan nämä asiat tulee miettiä jo etukäteen. Myös erikoispiirteitä suunnitellessa kannattaa miettiä jos niitäkin voisi mahdollisesti käyttää uudelleen myöhemmin tuotannossa. (Jaroslowsky 2013; Perry 2002, 32.)



Kuvio 8. Moduuleja mallintaessa voidaan jo varhaisessa vaiheessa luoda yksikertaisia variantteja. Tässä kuvassa Bethesda Games Studios on luonut *Fallout 4* (2015) -peliin normaalien huoneiden lisäksi variantit isoista ja pienistä huoneista.

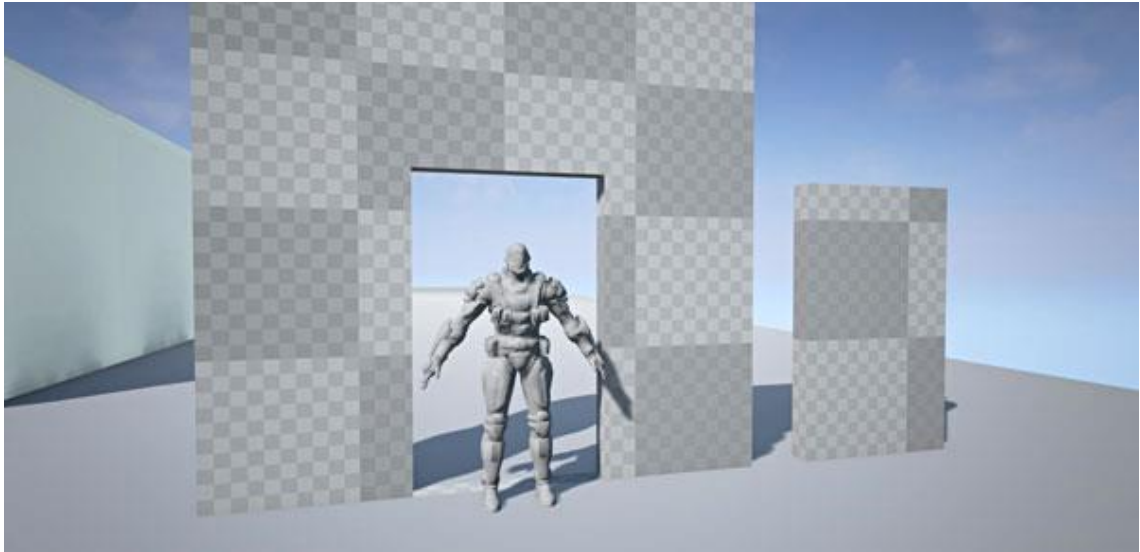
Modulaarinen kenttäsuunnittelu kannattaa aloittaa perusmuodoista ja jättää yksityiskohdat myöhemmäksi. Ympäristöjen blokkaminen on hyvä aloittaa mahdollisimman nopeasti ja on syytä pyrkiä saamaan ympäristö pelitettäväksi varhaisessa vaiheessa. Pelieditorin puolella ei aina tule nähtyä kaikkia mahdollisia virheitä ja on siksi hyvä pelitestata ympäristöä mahdollisimman usein. Variaatioita on mahdollista luoda jo varhaisessa vaiheessa, esimerkiksi luomalla isoja ja pieniä versioita, vaihtamalla väriä tai säätämällä valaistusta. (Burgess & Purkeypile 2016; Lee 2002; Perry 2002, 33.)

3.3.2 Mittasuhteet

Pelituotannon alussa on tärkeää miettiä pelimaailman yleiset mitat ja skaala. Nämä on hyvä suunnitella tarkkaan, koska kenttien mittasuhteilla on suuri vaikutus modulaarisen kenttäsuunnittelun toimimiseen. Huonosti suunnitellut mittasuhteet johtavat ongelmiin tuotannossa ja jatkuvaan korjaamiseen sekä turhaan työhön. (Galuzin 2015.)

Peliympäristöjä tehdessä tarvittavia tärkeitä tietoja ovat pelaajan ja arkkitehtuurillisten geometrian koot. Nämä auttavat välttämään myöhemmin kenttien tuotannossa tapahtuvia mittasuhteiden vääristymiä, kuten arkkitehtuurin tai proppien liian isoja tai

pieniä kokoja. Onkin kannattavaa selvittää pelaajan koko ensin, koska tämä tulee vaikuttamaan muun geometrian mittasuhteisiin. (Galuzin 2015.)



Kuvio 9. Ympäristöjä mallintaessa kannattaa käyttää ihmishahmoa referenssinä, jotta ympäristön mittasuhteet saadaan tuntumaan ”oikeilta.”

On hyvä myös miettiä mikä on pelin ahtain läpikuljettava tila. Sen asettaminen voi auttaa välttämään ongelmia tietokoneen ohjaamien hahmojen kulkureittien kanssa. Esimerkiksi ettei tule eteen tilannetta, jossa tietokoneen ohjaama hahmo tukkii kulkureitin. (Burgess & Purkeypile 2013.)



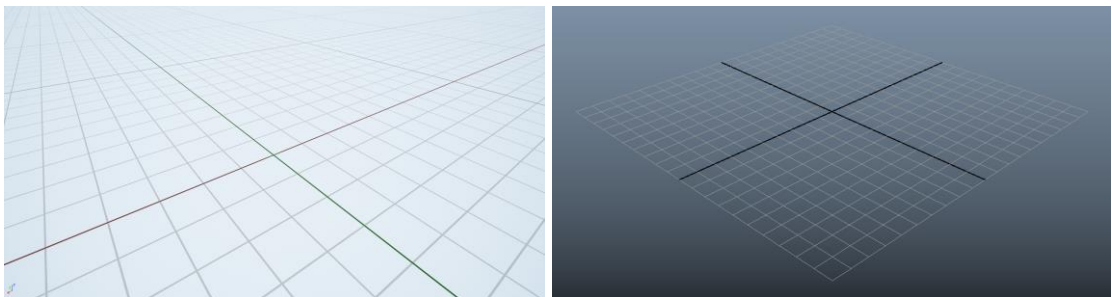
Kuvio 10. Peligenrellä on suuri vaikutus pelin mittasuhteisiin ja moduulien kokoihin. vasemmalla oleva lintuperspektiivistä kuvattava *Civilization VI* (2016) -strategiapeli ei tarvitse niin yksityiskohtaista grafiikkaa, kuin oikealla oleva kolmannen persoonan räiskintäpeli *Gears of War: Ultimate Edition* (2015).

Peliympäristön mittasuhteisiin ja modulaaristen osien määrään vaikuttaa suuresti valittu peligenre. On otettava huomioon eri peligenrejen pelilliset vaatimukset. Esimerkiksi suojausmekaniikkaan nojaavan räiskintäpelin suojiin koot tai tasohyppelypelin maksimi

hyppypituudet. Peligenreillä on myös vaikutus tarvittavaan yksityiskohtien määrään, mikä auttaa määrittämään tarvittavien moduulien määrät. On päätettävä onko kyseessä esimerkiksi kaukaa linnunperspektiivistä kuvattava strategiapeli tai ensimmäisen persoonan räiskintä. Peliympäristöä kaukaa linnunperspektiivistä kuvattavassa pelissä moduulit koostuvat vähemmän yksityiskohtaisesta geometriasta, toisin kuin ympäristöä läheltä tutkivassa ensimmäisen persoonan räiskintäpelissä. (Jaroslowsky 2013; Perry 2002, 32.)

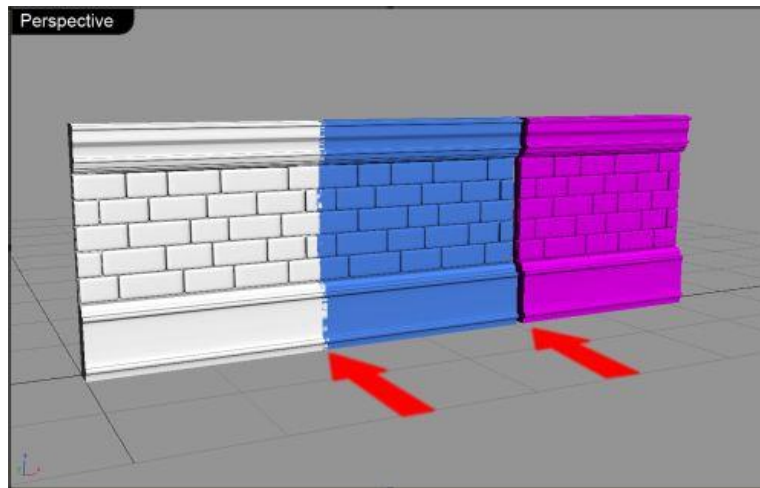
3.3.3 Grid

Gridin käyttö on yksi modulaarisen kenttäsuunnittelun kulmakiviä ja se löytyy jokaisesta 3D- mallinnusohjelmasta ja pelimoottorista (kuva).



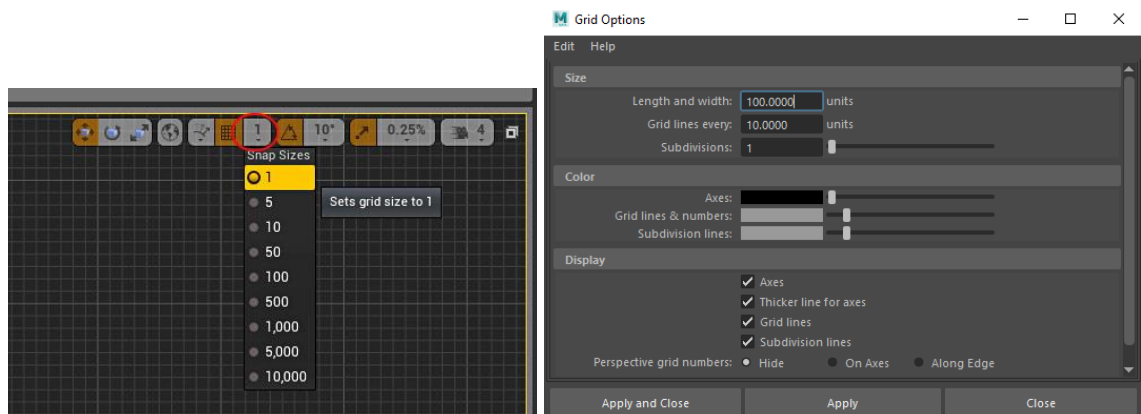
Kuvio 11. Vasemmalla Unreal Engine 4 -pelimoottorin grid ja oikealla 3D-mallinnus ja animointiohjelma Autodesk Mayan grid.

Viitepisteenä toimivan gridin käyttö on pakollista modulaarisessa kenttäsuunnittelussa, koska sitä käyttämällä saadaan mallinnetut osat kiinnitettyä tarkasti toisiinsa ja vältetään väleihin jääviä rakoja sekä mahdollisia mallien päällekkäisyyksiä. Se auttaa kenttäsuunnittelijaa osien tarkassa sijoittelussa ja ympäristön rakentamisessa. (Lentz ym. 2002.)



Kuvio 12. Gridin käyttö mahdollistaa moduulien tarkan sijoittelun ja ehkäisee tässä kuvassa nähtävät päällekkäisyydet ja moduulien väleihin jäävät aukot.

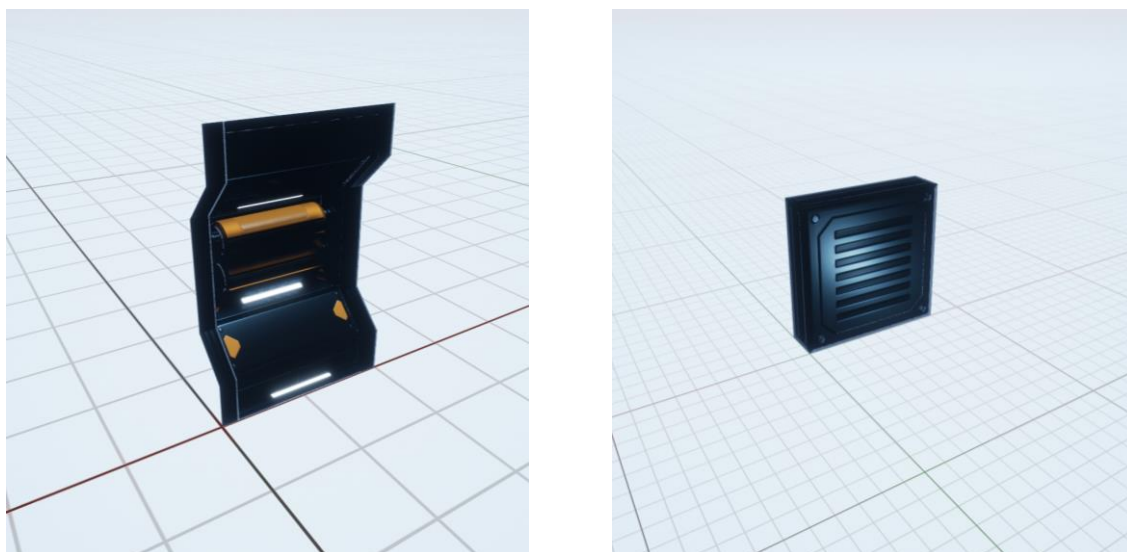
Projektien alussa on tärkeää määrittää minkä ohjelman grid-järjestelmää käytetään pohjana ja sitten säätää muiden ohjelmien gridit samoilla asetuksilla. Esimerkiksi, jos Unreal Engine- pelimoottorin grid-järjestelmää päätetään käyttää pohjana, tulee sen gridin asetukset säätää käytössä oleviin mallinnohjelmiin. Kun gridin asetukset ja säädöt on tehty, tulee niitä seurata todella tarkasti. Tällä tavalla mallinnettujen osien kiinnittelystä tulee harmitonta ja kenttäsuunnittelu onnistuu jouhevasti. (Jaroslowsky 2013.)



Kuvio 13. Toimivan työnkulun takia tulee käyttää samaa grid-järjestelmää kaikissa ohjelmissa. Oikealla Unreal Engine 4-pelimoottorin grid-asetukset ja vasemmalla 3D-mallinnus ja animointiohjelma Autodesk Mayan grid-asetukset.

Gridin käyttö perustuu mallien kiinnittämiseen gridin riveille. Tarkoitus on pysyä koko ajan gridillä, kun työskentelee modulaaristen osien kanssa, ja käyttää tarkkoja gridin yksiköitä. Tällä tavalla osat on aina helppo saada tarkasti kiinnitettyä toisiinsa eikä

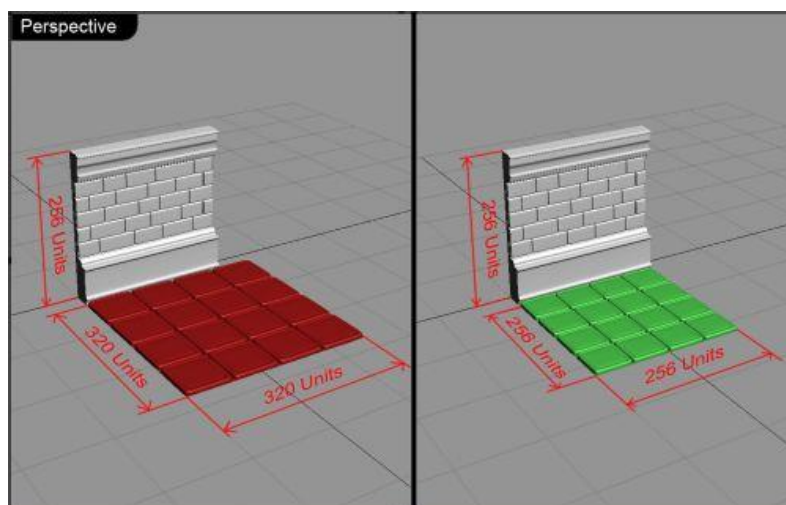
osien sijoittelua tarvitse arvailla. Gridin rivivälit on myös hyvä pitää tarpeeksi laajoina, jotta mallien sijoittelu pelimoottorissa olisi nopeampaa. Tietysti yksityiskohtia varten rivivälejä on pienennettävä. Esimerkiksi isommat arkkitehtuurilliset moduulit, kuten seinät, kiinnittyvät helposti 100 yksikön gridiin, mutta pienempien proppien, kuten ilmastointikanavien, sijoittamiseen gridin arvoa pitää pienentää esimerkiksi arvoon 10. On myös hyvä muistaa käyttää jatkuvasti snap to grid- työkalua, kun työskentelee gridin kanssa. Se kiinnittää osat suoraan gridille perustuen mallien pivotin paikkaan. (Lentz ym. 2002; Mader 2005.)



Kuvio 14. Nopeuttaaksesi objektien sijoittelua peliympäristöön kannattaa gridin rivivälit pitää mahdollisimman isoina. Pienempien objektien sijoittamiseen gridiä voidaan kuitenkin joutua pienentämään. Vasemmalla 200x300 yksikön kokoinen seinämoduuli ja gridin riviväli on 100x100 yksikköä. Oikealla 80x80 yksikön kokoinen ilmastointikanava ja gridin riviväli on 10x10 yksikköä.

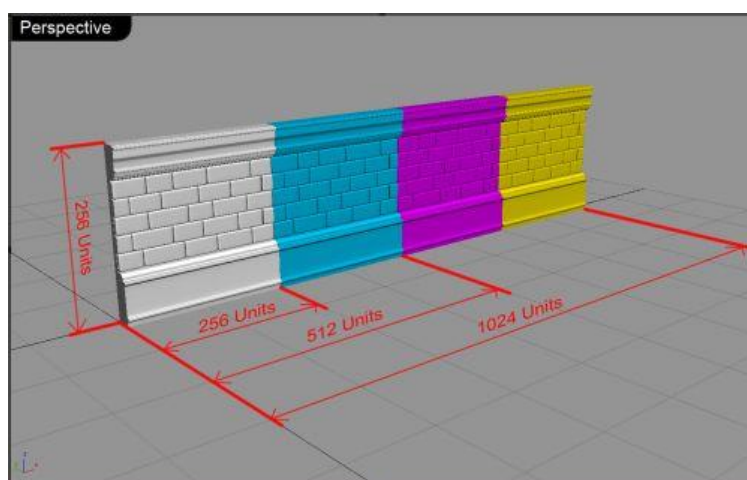
Gridiä säätäessä tulee myös päättää, mikä on haluttu gridin käyttämä yksikköjärjestelmä. Vanha suosittu tapa on säätää gridin rivivälit kahden potenssiin sijoittuvilla luvuilla. Tätä metodia kutsutaan nimellä power of two. Ottamalla huomioon kahden potenssin arvot, gridin rivivälejä voidaan säätää huoletta isommiksi ja pienemmiksi saaden mallit kiinnittymään gridiin helposti. Esimerkiksi 256x256 yksikön kokoinen malli kiinnittyy helposti niin 256 yksikön gridiin kuin myös 32 yksikön gridiin. Jotta gridin käyttäminen toimisi, tulee mallintaessa ottaa gridin yksiköt huomioon. Kahden potenssin gridiä käyttämällä mallit kannattaa siis mallintaa vastaamaan jotain tiettyä kahden potenssia kuten kuviossa 15. Mallit kiinnittyvät helposti muihin samalla logiikalla mallinnettuun malleihin. Esimerkiksi kuviossa 15 Paul Mader (2005)

demonstroi miten 256 yksikön kokoinen seinä kiinnittyy moitteetta toiseen kahden potenssiin mallinnettuun 256 yksikön lattiaan. (Mader 2005.)



Kuvio 15. Power of two eli kahden potenssiin perustuvaa grid-järjestelmää käyttäessä tulee objektit mallintaa johonkin kahden potenssin arvoon. Kuvassa demonstroidaan kuinka 256 yksikön kokoinen seinä istuu hyvin kahden potenssin gridille ja myös kuinka tärkeää on tehdä muutkin objektit samalla logiikalla. Vasemmalla oleva lattia ei kiinnity seinään eikä gridiin, koska sitä ei olla mallinnettu kahden potenssin arvoon, toisin kuin oikealla puolella oleva lattia.

Kahden potenssin mallinnuslogiikkaa käyttämällä voidaan samaa mallia monistaa helposti vastaamaan isompaa mallia. Esimerkiksi kuviossa 16 Paul Mader (2005) näyttää miten 256 yksikön kokoista seinää voidaan monistaa neljä kertaa vastaamaan 1024 yksikön kokoista lattiaa. (Mader 2005.)



Kuvio 16. 256 yksikön kokoista seinää voidaan monistaa kahden potenssin gridille ja se kiinnittyy siihen sujuvasti. Esimerkiksi seinää voidaan monistaa neljä kertaa, jotta siitä saadaan vastapala 1024 yksikön kokoiselle lattialle.

Kahden potenssin grid-järjestelmän sijaan voidaan käyttää myös muunlaisiakin grid-järjestelmiä. Esimerkiksi Unreal Engine on siirtynyt käyttämään oletuksena enemmän metrijärjestelmää lähellä olevaa gridiä. Sitä käyttämällä voidaan mallien mitat määrittää vastaamaan enemmän oikean maailman mittoja väljien yksiköiden sijaan. (Unreal Engine 4 Forums 2014.)

3.4 Moduulien joustavuus

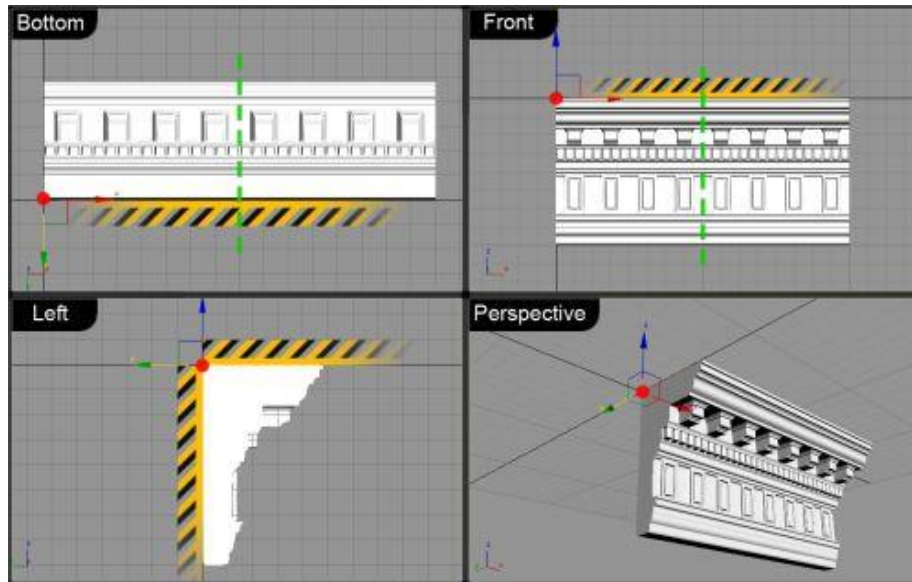
Modulaarisia malleja tehdessä tulee ottaa huomioon mallien monikäyttöisyys. Parhaassa tapauksessa malleja pystyy yhdistelemään jokaiseen akselin suuntaan, mutta tämän saavuttaminen voi osoittautua lähes mahdottomaksi tiettyjen rakenteiden kanssa ja ei kaikissa tapauksissa ole edes tarpeellista. (Burgess & Purkeypile 2013.) Tärkeitä huomion aiheita ovat moduulien pivotin paikka, peilaus ja jalanjälki eli footprint.

Jotta malleista saisi mahdollisimman helposti käytettäviä ja joustavia, tulee mallin pivot säätää tarkasti. Mallien pivotin säätämisessä kannattaa ottaa viisi kohtaa huomioon: keskipiste, symmetria, linjaus, monistaminen ja rotaatiopiste.

1. Keskipiste: Oletuksena pivot säädetään mallin keskipisteeseen. Suurin osa malleista tarvitsee pivotin tarkempaa siirtoa, mutta esimerkiksi orgaanisten epäsymmetristen mallien kanssa voidaan käyttää mallin keskipistettä.
2. Symmetria: Jos malli on jollain tapaa symmetrinen, tulee mallista etsiä symmetrialinjat ja säätää pivot näille linjoille.
3. Linjaus: Tulee selvittää sijoitetaanko malli maahan, kattoon vai seinään. Jos malli sijoitetaan maahan, tulee pivot sijoittaa mallin pohjaan ja linjata maan kanssa.
4. Monistaminen: Jotta mallia pystytään monistamaan ja kiinnittämään muiden mallien viereen luomatta saumoja, tulee pivot sijoittaa siihen reunaan, jossa se tulee kontaktiin toisen mallin kanssa. Jos mallia päätetään skaalata myöhemmin, toinen pää mallista on aina kiinni gridissä.
5. Rotaatiopiste: Jotkin mallit luodaan osaksi ympyrämuotoa. Näissä tapauksissa tulee miettiä missä on valmiin ympyrän keskipiste ja siirtää pivot siihen. Tällä tavalla, kun mallia pyöritellään, se muodostaa täyden ympyrän.

(Mader 2005.)

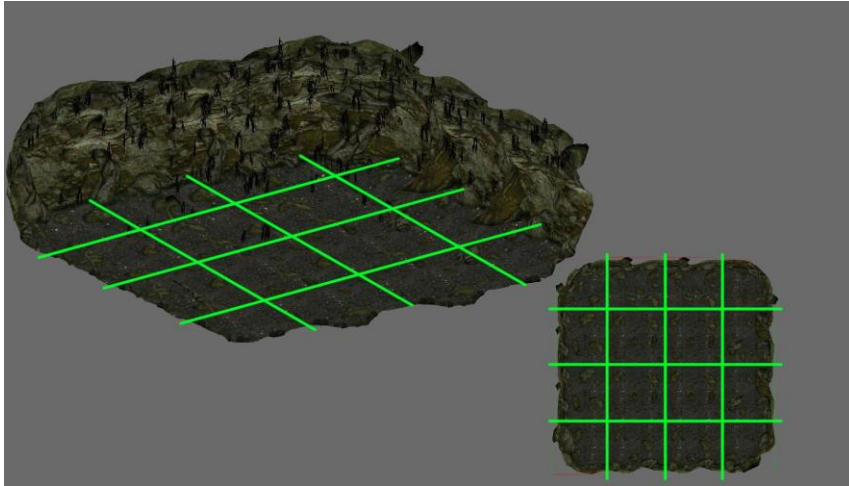
Edellä mainittuja esimerkkejä hyödyntämällä saadaan aikaiseksi hyvä pivotin paikka. Kun pivotin paikka on määritetty mallille, sitä ei tule sen jälkeen vaihtaa. Pivotin paikan vaihtaminen johtaa pahimmassa tapauksessa suuriin korjauksiin kenttäsuunnittelussa. (Burgess & Purkeypile 2016.)



Kuvio 17. Jotta moduulit saadaan kiinnittymään toisiinsa tulee moduulien pivotin sijoittamisessa ottaa huomioon keskipiste, symmetria, linjaus, monistaminen ja rotaatiopiste.

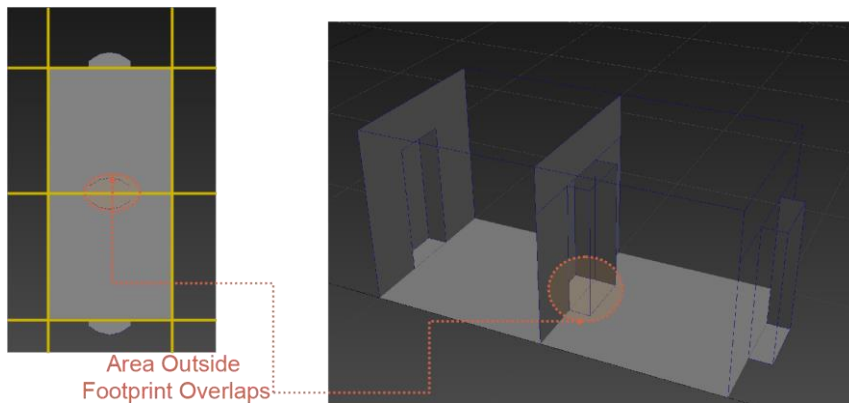
Pivotin hyvä sijoittaminen mahdollistaa myös mallien helpon peilaamisen, joka tuo variaatiota ympäristöön. On kuitenkin peilatessa otettava huomioon mahdolliset malleille luodut tekstiä sisältävät tekstuurit, koska peilatessa myös tekstikin peilaantuu ja se ei ole toivottavaa. (Perry 2002, 33.)

Jotta mallit pysyvät gridillä ja ne saadaan kiinnitettyä toisiinsa helposti, tulee malleille määrittellä bounding box eli rajalaatikko. Myös footprintiksi eli jalanjäljeksi kutsuttu rajalaatikko toimii nimensä mukaisesti 3D-mallin ulottuvuuden rajana ja kehyksenä, jonka sisällä mallin mittojen tulee pysyä. (Burgess & Purkeypile 2013; Klafke 2010.)



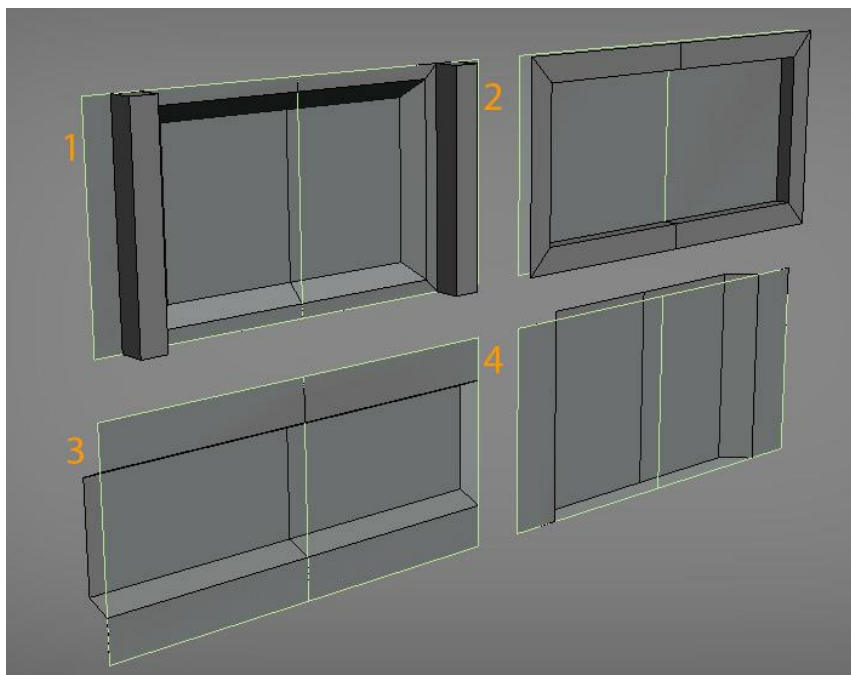
Kuvio 18. Moduuleista koottu *The Elder Scrolls V: Skyrim* (2011) -pelin luolasto. Vihreillä viivoilla on merkitty moduulien rajalaatikat.

Rajalaatikkaa käytetään, jotta mallit kiinnittyvät gridiin ja muihin malleihin halutulla tavalla. Tällä tavalla vältetään mahdollisia mallien päällekkäisyyksiä sekä mallien väleihin jääviä aukkoja. (Burgess & Purkeypile 2013; Klafke 2010.)



Kuvio 19. Moduulin tulee pysyä rajalaatikon sisällä. Jos moduuli ylittää rajalaatikon ulkopuolelle, voi moduulien sijoittelussa ilmentyä päällekkäisyyksiä.

3D-mallin tulee olla rajalaatikon reunalla vain niissä kohdissa, joissa sen on tarkoitettu kiinnittyvän muihin malleihin. Myös mallin pivot sijoitetaan yleensä rajalaatikon reunalle. Peliartistit voivat siis vapaasti luoda malleihin geometriaa, kunhan he pysyvät rajalaatikon sisäpuolella ja pitävät mallin kontaktipisteet rajalaatikon reunalla. (Burgess & Purkeypile 2013; Klafke 2010.)



Kuvio 20. Thiago Klafke esittelee tutoriaalissaan *Creating Modular Environments in UDK* kontaktipisteiden tärkeyttä neljällä esimerkillä:

Vihreällä korostettu taso on kuvastaa rajalaatikkoo (Klafke 2010).

- Moduuli 1: 3D-mallin kaikki reunat ovat rajalaatikon reunoilla. Tätä pystytään monistamaan kaikkiin suuntiin ja se kiinnittyy helposti muihin paloihin. (Klafke 2010.)
- Moduuli 2: Mitkään 3D-mallin reunat eivät ole rajalaatikon reunoilla. Tätä pystytään vain kiinnittämään samanlaisiin malleihin. (Klafke 2010.)
- Moduuli 3: 3D-mallin ylä- ja alareunat ovat rajalaatikon reunoilla, mutta vasemman ja oikean puolen reunat eivät. Tämä kiinnittyy hyvin muihin malleihin vertikaalisti, mutta ei horisontaalisti. (Klafke 2010.)
- Moduuli 4: 3D-mallin vasemman ja oikean puolen reunat ovat rajalaatikon reunoilla, mutta ylä- ja alareunat eivät. Tämä kiinnittyy hyvin muihin malleihin horisontaalisti, mutta ei vertikaalisti. (Klafke 2010.)

Mallintaessa tulee myös miettiä minkä akseleiden suuntaan mallia on tarkoitus pystyä monistamaan. Kaikkien akseleiden suuntaan monistuva moduuli on ideaalinen, mutta kaikissa tilanteissa se ei välttämättä ole tarpeellista. Joel Burgess ja Nate Purkeypile (2013) suosittelevat artikkelissaan välttämään kaikkien akselien suhteen monistuvien moduulien luontia, koska niiden suunnittelu on todella monimutkaista. Nopeampaa on tarvittaessa luoda tiettyihin tilanteisiin mukautettuja moduuleja, kuin yrittää luoda täydellisesti jokaiseen suuntaan monistuvaa moduulia. (Burgess & Purkeypile 2013). Esimerkiksi voidaan luoda yhteen suuntaan menevä käytävä, joka koostuu vain

toistensa kanssa kiinnittyvistä paloista (Burgess & Purkeypile 2016). Kuviossa 20 Thiago Klafke (2010) kuvaa kontaktipisteiden tärkeyttä esittelemällä neljä eri tavalla mallinnettua seinäpalaa ja miten niiden kontaktipisteet vaikuttavat kunkin mallin joustavuuteen (Klafke 2010).

3.5 Toistuvuus ja variaatiot

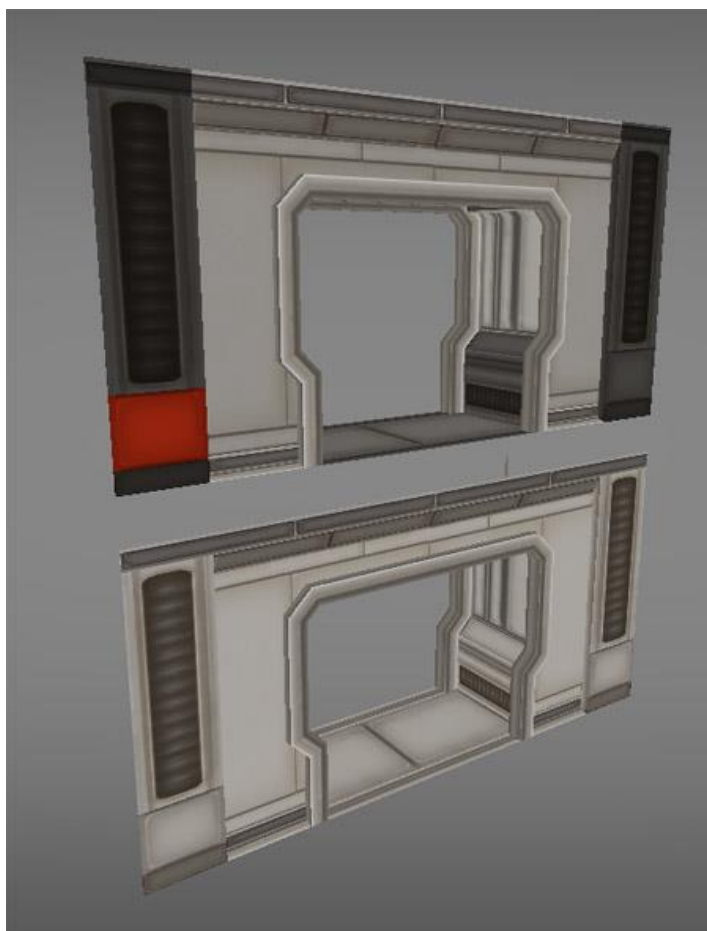
Modulaarista ympäristöä tehdessä voidaan törmätä liialliseen toistuvuuteen ja kaavamaisuuteen. Tämä ei tietenkään ole toivottavaa, koska se saa pelin näyttämään tylsältä ja mielenkiinnottomalta. Kaavamaisuus tulee yleensä eteen, kun ympäristön perusta ollaan luotu. Ympäristöön ollaan saatu aikaan tarvittava yhteneväisyys ja muotokieli, mutta siinä on nähtävissä selkeä modulaarisuus. Tämä on hyvä rikkoo luomalla ympäristöön tarvittavaa variaatiota. (Jaroslowsky 2013.)

Ennen kuin ruvetaan luoma uniikkia geometriaa ympäristöä varten, kannattaa kokeilla muita mahdollisesti helpompia keinoja. Esimerkiksi valoilla ja varjoilla saadaan aikaan helposti uudenlaista tunnelmaa ja materiaalien sekä tekstuurien vaihdokset saavat aikaan tarvittavaa muutosta. Osien käyttäminen paikoissa, joissa niitä ei alun perin odotettu käytettävän, voi myös auttaa luomaan tiloihin uutta tyyliä. (Burgess & Purkeypile 2013; Jaroslowsky 2013.)

Yksityiskohtia ja proppeja luodessa tulee ottaa huomioon, että ihminen huomaa helpommin toistuvat yksityiskohdat kuin isot arkkitehtuurilliset rakenteet. Proppeja on joka tapauksessa jossain määrin pakko käyttää uudelleen, mutta niitä ei kannata hyödyntää liian monessa paikassa. Yksityiskohdissa kannattaa myös hyödyntää modulaarisuutta, jotta variaatioiden tekeminen onnistuu myös niiden kohdalla. (Burgess & Purkeypile 2013.)

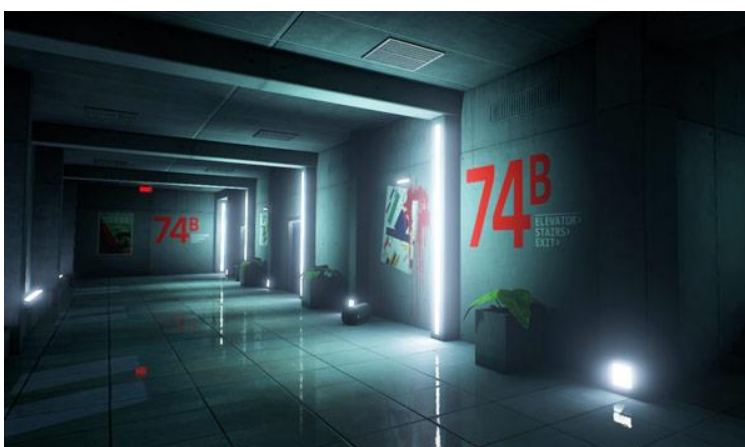
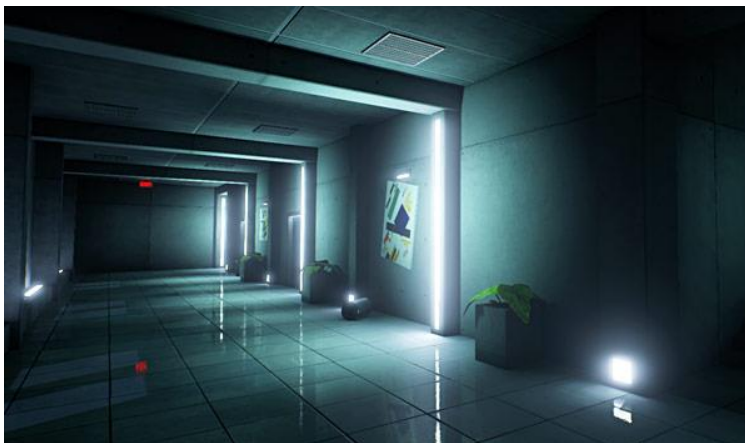
Modulaarisuutta voidaan rikkoa myös maalaamalla objektien verteksejä. 3D-mallien verteksit voivat varastoida RGB-väriarvoja, joten mallien väritekstuureja voidaan tummentaa ja värjätä maalaamalla vertekseihin uutta väri-informaatiota. Verteksejä värittämällä voidaan myös sekoittaa toista tekstuuria alkuperäiseen. Tätä kutsutaan nimellä multitexturing. (Polycount wiki 2016.) Huomioitavaa verteksin värittämisessä on että se toimii samalla periaattella kuin Photoshopin multiply-sekoitusmuoto. Eli

verteksien värittämisen toimimisen kannalta alkuperäisten tekstuurien kannattaa olla vaaleita, jotta alkuperäiseen tekstuuriin saadaan tehtyä isoja muutoksia. (Klafke 2010.)



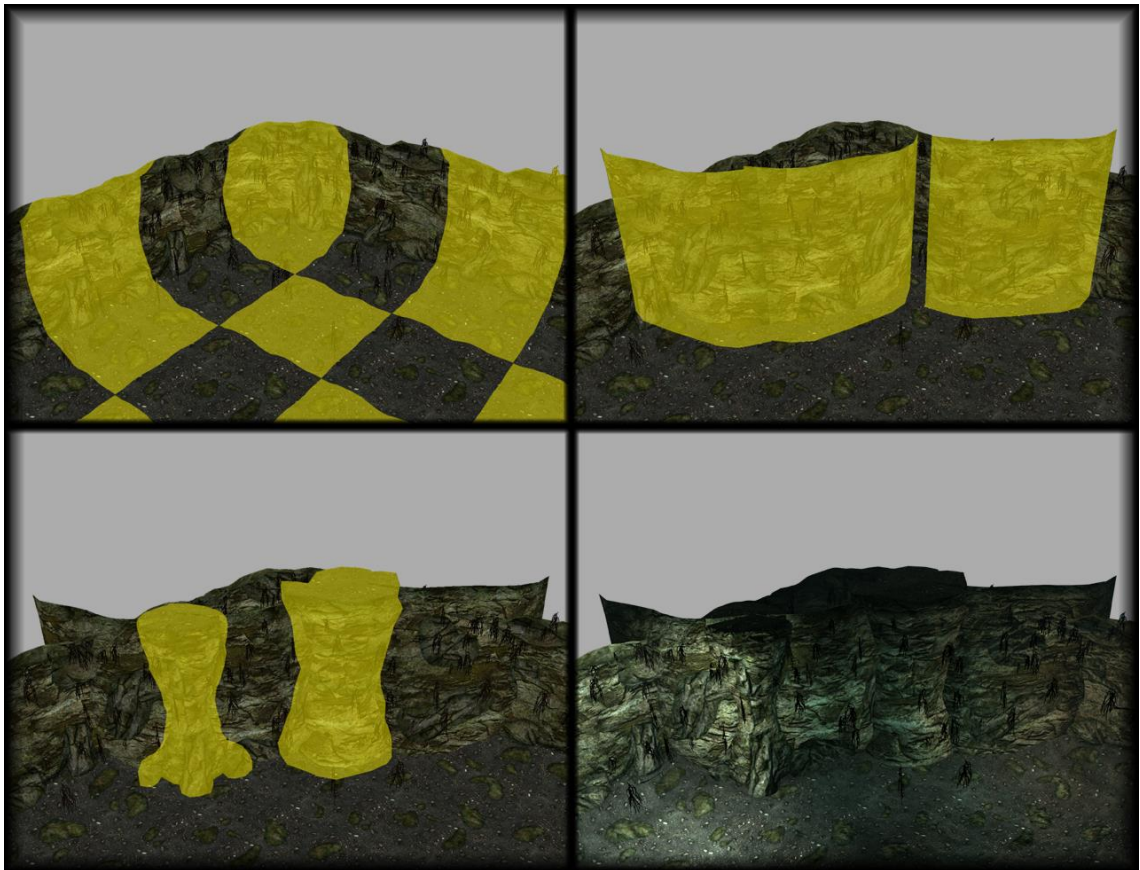
Kuvio 21. Verteksin maalaamisella saadaan rikottua modulaarisuutta. Ylemmässä mallissa ollaan käytetty verteksin maalaamista.

Verteksin värittämisen lisäksi voidaan ympäristöön lisätä tarratekstuureja eli decalseja. Epic Games kuvailee decalseja seuraavasti: ”Decalsit ovat kenttien mallien päälle projisoitavia materiaaleja.” (Unreal Engine 4 Documentation n.d). Decalseja käytetään pääsääntöisesti peliympäristön toistuvuuden rikkomiseen ja yksityiskohtien lisäämiseen. Niitä on helppo sijoittaa peliympäristöihin ja niitä voidaan lisätä ja poistaa ilman, että tarvitsisi muokata tekstuureja. Ne sopivat siis hyvin modulaariseen työkulkuun. Decalseja ei kuitenkaan kannata käyttää liikaa, koska niiden käyttämät alpha-tekstuurit voivat pahentaa pelin suorituskykyä. (Lindquist 2015.)



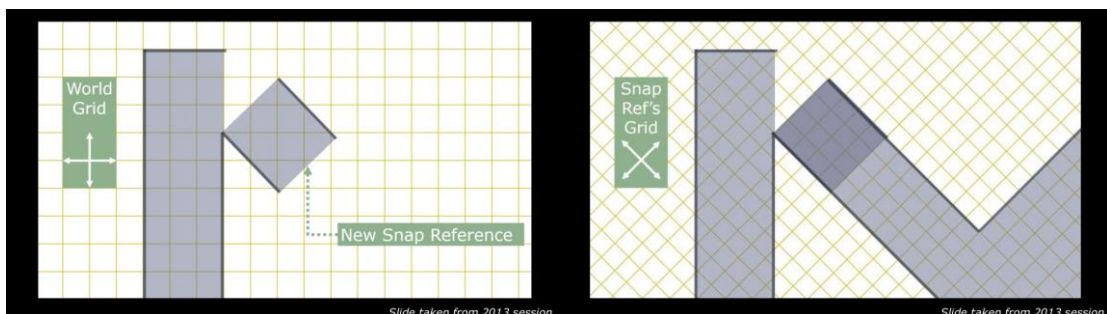
Kuvio 22. Decalseilla saadaan lisättyä helposti tekstejä ja likaa ympäristöön. Kuva ennen ja jälkeen decalsien lisäämisen ympäristöön.

Toistuvuus ja kaavamaisuus ei ole missään muualla helpommin nähtävissä kuin orgaanisissa tiloissa. Esimerkiksi perinteisellä grid- järjestelmällä tehdyt luolat eivät näytä kauhean orgaanisilta. Luonnottoman näköisien 90 asteen kulmien takia ne muistuttavat enemmänkin halleilta. Bethesda Games Studiosin Joel Burgess ja Nate Purkeypile (2013, 2016) käyttävät töissään layered inserts- nimisiä paloja joilla muokataan pohjalle tehtyä kenttää näyttämään enemmän orgaaniselta. Tosin usein layered insert- palaset jättävät jälkeen pahan näköisiä tekstuurisaumoja ja rakoja, mutta ne voidaan paikata muilla malleilla, kuten kuviossa 23. (Burgess & Purkeypile 2013.)



Kuvio 23. Layered insertteillä saadaan luotua modulaarisen näköisestä luolastosta luonnollisemman näköinen.

He ovat myös hyödyntäneet töissään mukautettuja gridejä, joilla saadaan rikottua ympäristöjen 90 asteen kulmia. Yksi heidän käyttämistään tekniikoista on nimeltään "Snap to Reference". Siinä he voivat määrittellä minkä tahansa peliympäristön objektin uudeksi origoksi, jonka translaatio- ja rotaatioarvojen mukaan muut objektit kiinnittyvät gridiin. Tämä mahdollistaa muiden kuin 90 asteen kulmien käytön ja saa ympäristön vaikuttamaan luonnollisemmalta. (Burgess & Purkeypile 2013; Burgess & Purkeypile 2016.)



Kuvio 24. Snap to Reference -tekniikka mahdollistaa mallien sijoittamisen muihinkin kuin vain 90 asteen kulmiin.

Asymmetrisia malleja on myös hyvä luoda rikkomaan modulaarisuuden aiheuttamaan toistuvuutta. Konseptointivaiheessa tulisi suunnitella malleja, joita voidaan yhdistää toisiin malleihin ja saada niistä aikaan asymmetrisia tiloja. (Burgess & Purkeypile 2013; Jaroslowsky 2013.)

4 Sci-fi Corridor -peliympäristöprojekti

Tässä luvussa tulen käymään läpi projektityön ja sen eri työvaiheet. Projektityö tehtiin hyödyntäen teoriaosuudessa opittua tietoa modulaarisesta suunnittelusta ja luotiin sen perusteella modulaarinen peliympäristö. Projektin idea oli syventyä modulaaristen peliympäristöjen suunnitteluun ja tuotantoon sekä tutkia modulaarista suunnittelua käytännössä.

4.1 Projektin Määrittely

Halusin luoda opinnäytetyöni teoriaosuuden tueksi myös käytännön osuuden, jossa voisin hyödyntää uutta oppimaani tietoa modulaarisesta suunnittelusta ja syventyä aiheeseen tekemällä modulaarisen peliympäristön. En ollut aiemmin luonut muuta kuin pari peliympäristöä, joten tiesin jo projektia aloittaessa, että peliympäristön mallintaminen veisi paljon aikaa. Yritin siis rajata työtäni mahdollisimman paljon, jotta pystyisin luomaan sen järkevässä aikataulussa. En ollut myöskään aiemmin tehnyt modulaarisia peliympäristöjä, joten projektista olisi minulle paljon hyötyä. Keskityin peliympäristössäni pääsijaisesti visuaaliseen puoleen ja päätin jättää pelilliset elementit pois.

Päätin lähteä luomaan työtäni Unreal Engine 4 -pelimoottorille eli UE4:lle, koska olin aiemmin käyttänyt enimmäkseen Unity-pelimoottoria ja halusin opetella käyttämään uutta pelimoottoria. Minua kiinnosti UE4:ssa etenkin sen noodipohjainen materiaalien rakentamiseen luotu järjestelmä. UE4 oli myös helppo lähteä opettelemaan, koska sille oli saatavilla paljon opetusmateriaalia internetissä. Päätin suunnitella peliympäristöni PC:lle ja uudemmille pelikonsoleille, jotta pystyisin hyödyntämään teksturointitekniikoita, joita ei esimerkiksi mobiililaitteille suunnitelluissa peleissä pystyisi optimoinnin takia hyödyntämään.

Hyödynsin työssäni paljon Thiago Klafken (2010) ja Philip Klevestavin tekemiä tutoriaaleja.

4.2 Suunnittelu ja blokkauk

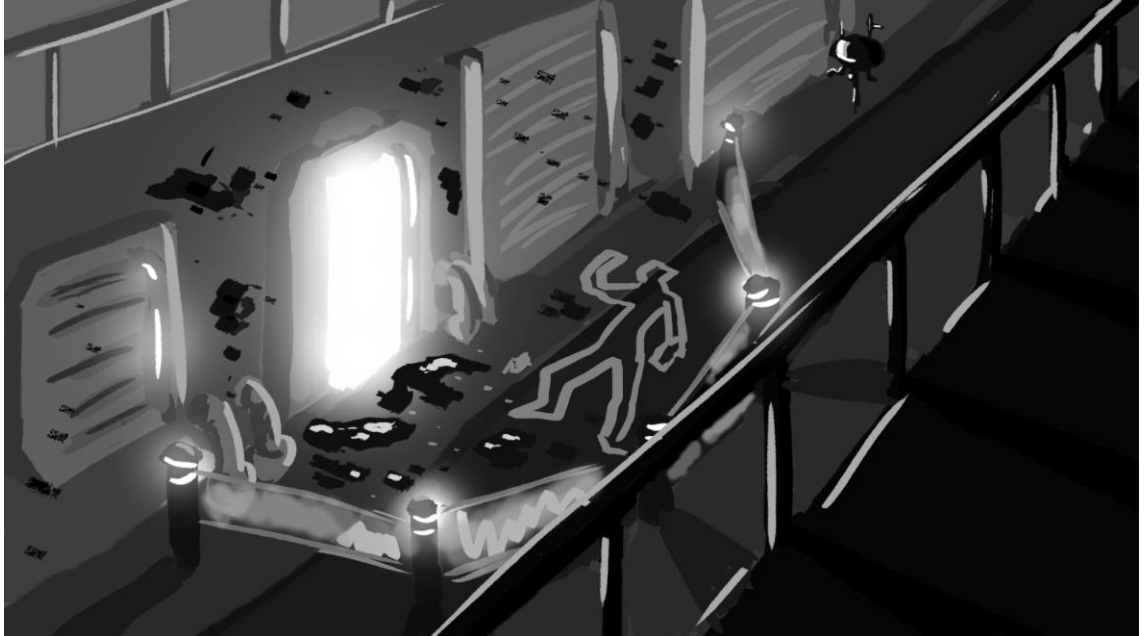
Tiesin minulla olevan vain rajallinen määrä aikaa ympäristön rakentamiseen, joten päätin lähteä luomaan yksinkertaista ympäristöä, josta saisin visuaalisesti näyttävän tekstuureilla ja valoilla. Ympäristö tulisi koostumaan parista modulaarisesta mallista, joita monistamalla saisin aikaan peliympäristön perustan. Näiden mallien lisäksi mallintaisin pari yksinkertaista proppia luomaan pientä vaihtelevuutta ympäristöön ja lopuksi viimeistelin ympäristön valoilla, decalseilla ja verteksin maalaamisella.

Koska olen kova science fiction -fani ja minua inspiroi kyseiseen genreen liittyvät pelit ja elokuvat, kuten Mass Effect -pelisarja, Ruiner ja Blade Runner, päätin sijoittaa ympäristöni science fiction -tyyppiseen maailmaan. Lähdin etsimään referenssejä science fiction -tyylisistä peleistä ja elokuvista. Inspiroiduin ideasta luoda kyberpunk-teemaiseen maailmaan sijoittuva katu-ympäristö, joten lähdin etsimään referenssejä kyseisestä aiheesta.



Kuvio 25. Ensimmäisen idean pohjalta kerättyjä referenssikuvia. Kuvat ylävasemmalta alkaen: *Mass Effect 3* (2012), *Mass Effect 3* (2012), *Blade Runner* (1982), *Ruiner* (2017).

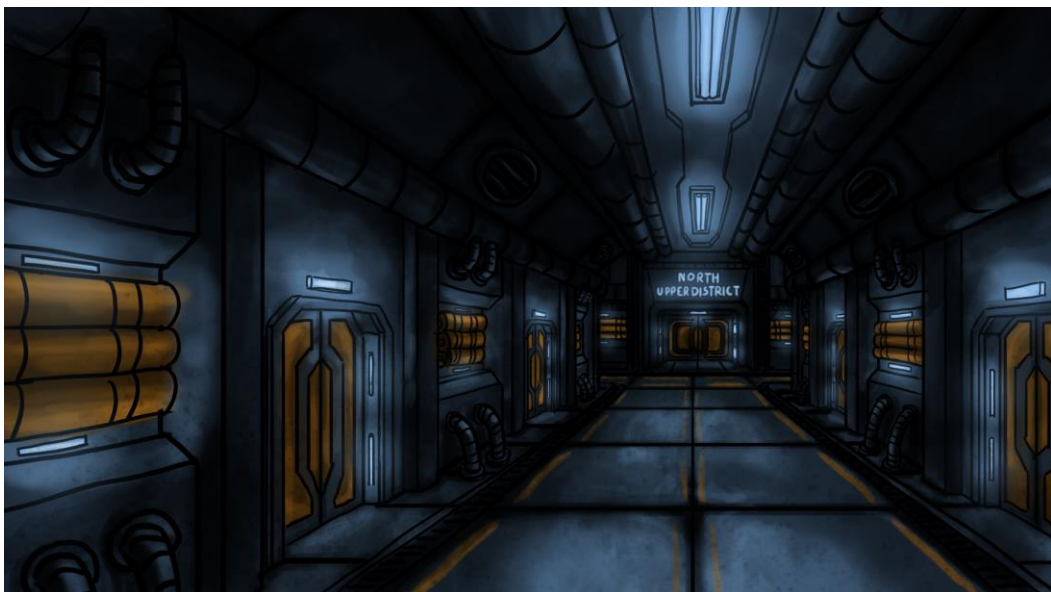
Päädyn lopulta ideaan pimeästä maanalaisesta katukuvasta, jossa voisin leikkiä varjoilla ja vähillä valonlähteillä. Idea oli myös tehdä peliympäristö ensimmäisen persoonan räiskintäpeliin eli FPS:n, joten ympäristöä olisi tarkoitus tutkia läheltä. Tein ympäristöstä ja mahdollisista propeista konseptikuvia käyttäen Photoshop-ohjelmaa.





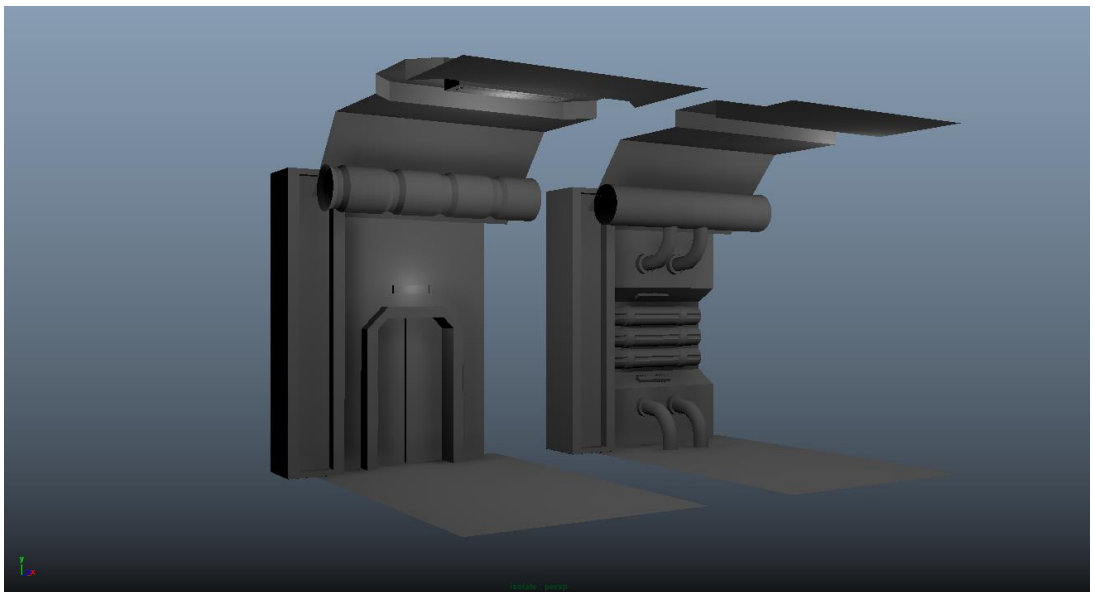
Kuvio 27. Referenssikuvia peliympäristöä inspiroivista töistä. Kuvat ylävasemmalta alkaen: Wiktor Öhmanin *Dayward Inc.* (2012), Tor Frickin *Scifi Lab*, Thiago Klafken *Zest Foundation* (2010).

Nämä ympäristöt perustuivat yksinkertaisiin muotoihin ja vain parin tekstuurin käyttöön. Ympäristöt koostuivat myös yksinkertaisista kiiltävistä metallipinnoista, joten teksturoimiseen ei menisi liikaa aikaa. Loin ideastani konsepteja ja päädyin valitsemaan ympäristölleni yksinkertaisen, mutta toimivan, värimaailman ja sommittelun.



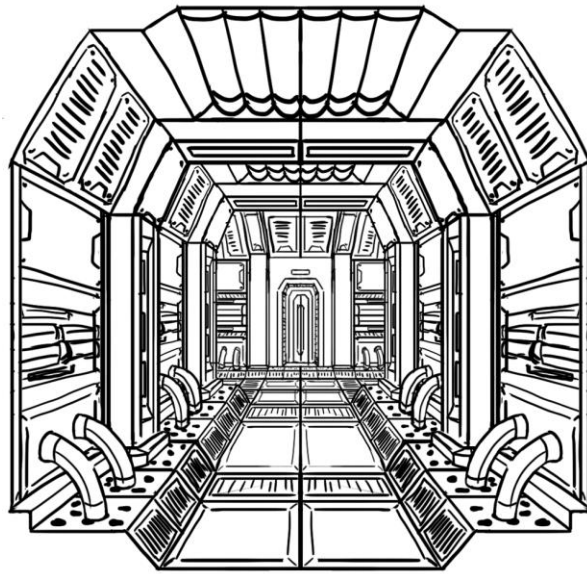
Kuvio 28. Toisesta ideasta tehty konseptikuva.

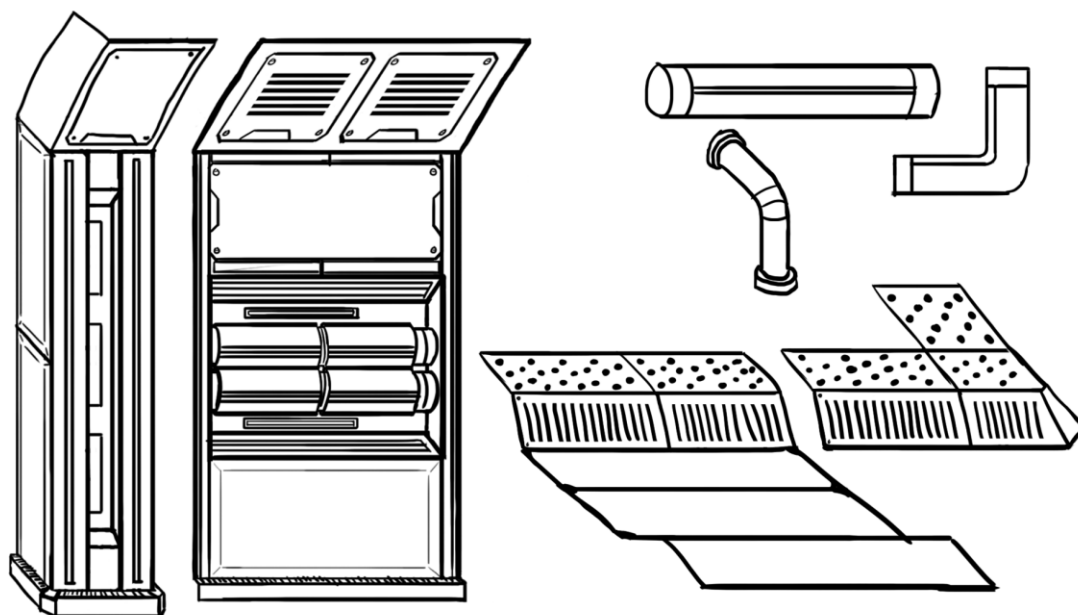
Blokkasin ympäristön nopeasti Mayassa, mutta en ollut lopputulokseen kauhean tyytyväinen.



Kuvio 29. Nopeat blokkaukset toisen idean konseptikuvasta.

Halusin ympäristöni olevan vielä kompaktimpi ja pienempi. Alien Isolation -pelin ympäristöistä inspiroituneena päätin muuttaa ympäristöni idean maanalaisesta katukuvasta avaruusaseman käytävään. Tällä tavalla saisin myös säästettyä aikaa ympäristön tuotannossa. Loin vielä pari konseptia ympäristöstäni ja suunnittelin yksittäisiä moduuleja, jotka koostuisivat enimmäkseen metallisista paneeleista ja ritilöistä.





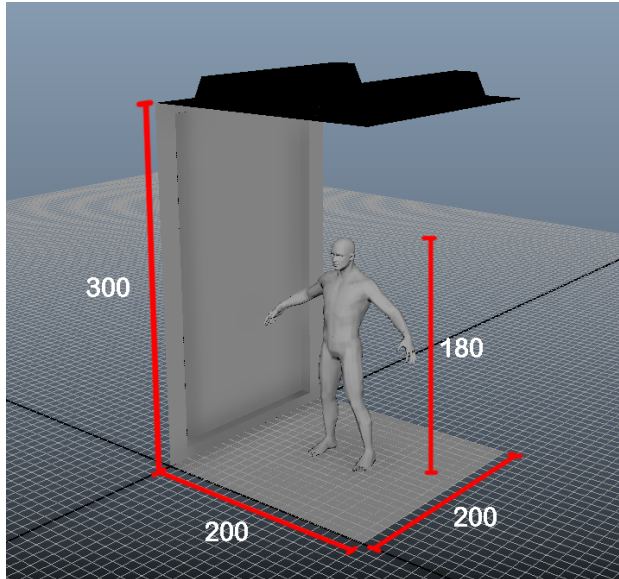
Kuvio 30. Alien Isolation (2014) -pelin käytävä ja sen inspiroimana tehdyt lopulliset konseptikuvat.

Myös tässä vaiheessa synkkasin käyttämäni mallinnusohjelma Mayan ja pelimoottorin Unreal Engine 4 gridien rivivälit samanlaisiksi. Tällä tavalla sain varmistettu, että mallit pysyisivät gridillä ympäristöä mallintaessa. Päätin käyttää UE4 oletusasetuksia eli metrijärjestelmää lähempänä olevaa gridi-järjestelmää. Gridin rivivälit olisivat yksikköinä 1,5,10,50,100,500 jne. Tämä auttaisi mallintamisessa, koska näitä rivivälejä käyttämällä saisin mallinnettua ympäristön vastaamaan oikean maailman mittoja eikä vain väljiä UE4:n yksiköitä, joita käytetään vanhassa kahden potenssin gridi-järjestelmässä, jonka rivivälit ovat yksikköinä 1,2,4,8,16,32,64,128,256 jne. Tämä ei kuitenkaan tarkoita käyttämäni grid-järjestelmän olevan parempi. Päätin käyttää sitä ihan vain mielenkiinnosta, koska se sattui olemaan monessa pelimoottorissa oletusasetuksena.

4.3 Mallintaminen

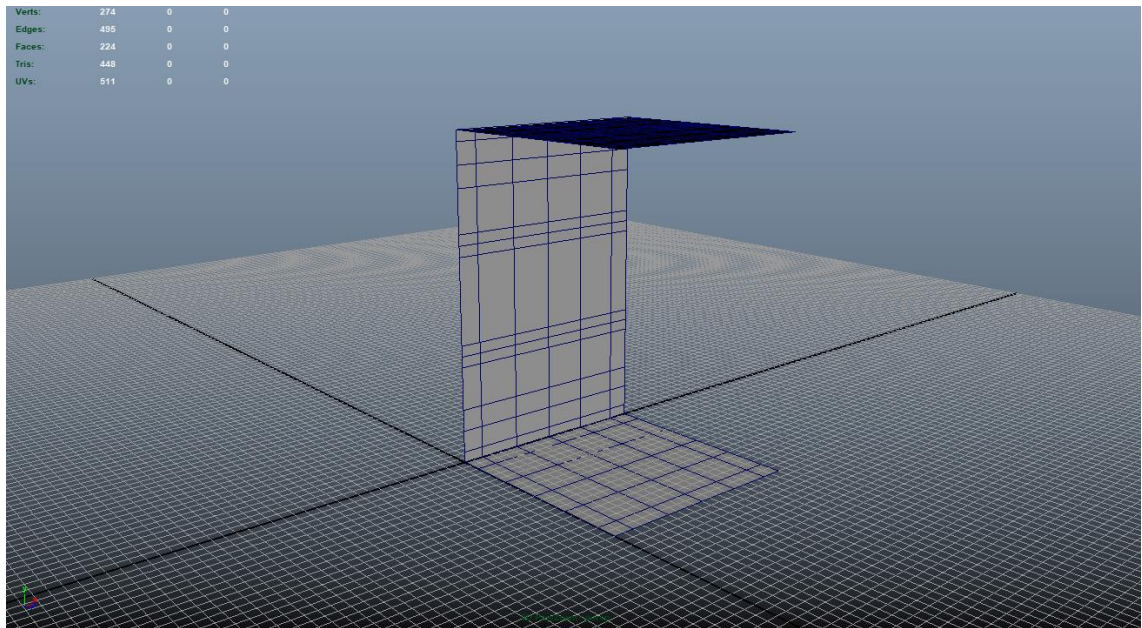
Aloitin mallintamisen konseptipiirrosten pohjalta Maya-mallinnusohjelmassa jakamalla ympäristöni modulaarisiksi osiksi. Päätin käyttää ympäristössäni yleisiä lattia-, seinä- ja kattomalleja, joita monistamalla ja varioimalla saisin aikaan lopullisen ympäristöni. Toin Mayaan referenssiksi ihmishahmon, jotta saisin mallinnettua kaikki eri komponentit oikean kokoisiksi. Mallinsin ympäristön mallit käyttämällä gridin rivivälinä 10cm arvoa. Tällöin kaikki mallinnettavat osat tulisivat kiinnittymään gridiin kunhan pidin niiden mitat kymmenellä jaollisina. Päätin optimoinnin takia pitää mallit yksinkertaisina planeina eli

yksisivuisina tasoina. Koska mallien takaosa ei näkyisi pelaajalle, niiden mallintaminen olisi ollut turhaa. Pidin mallien mitat suhteellisen yksinkertaisina tasasivuisina neliöinä. Lattiat ja katot olivat 200x200cm ja seinät 200x300cm. Ajattelin alun perin mallintaa seinät käyttämällä kahta 200x200cm kokoista mallia, mutta ne näyttivät mielestäni liian korkeilta, joten päätin luoda seinille oman 300cm korkean mallin. Nämä mallit sain myös kiinnittämään sadalla ja viidelläkymmenellä jaolliseen gridiin, joka nopeutti mallien siirtämistä ja kentän rakentamista.



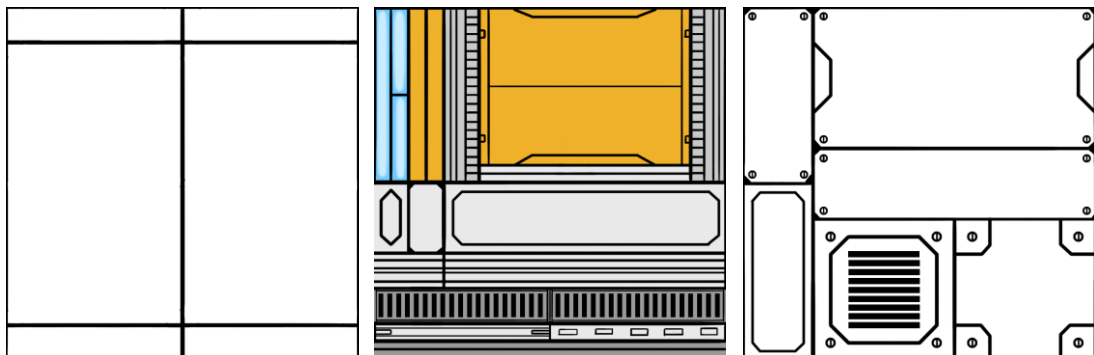
Kuvio 31. Ihmishahmoa referenssinä käyttämällä päätettiin avainpalojen lopulliset mitat.

Mallinsin osat aluksi ihan yksinkertaisiksi tasoiksi ja rupesin samalla suunnittelemaan niiden jakamista pienemmiksi monikäyttöisiksi metallipaneeleiksi ja ritilöiksi. Jaoin tasot käyttämällä Insert Edge Loop- työkalua, jotta pystyin suunnittelemaan miten etenisin teksturoinnin kanssa.



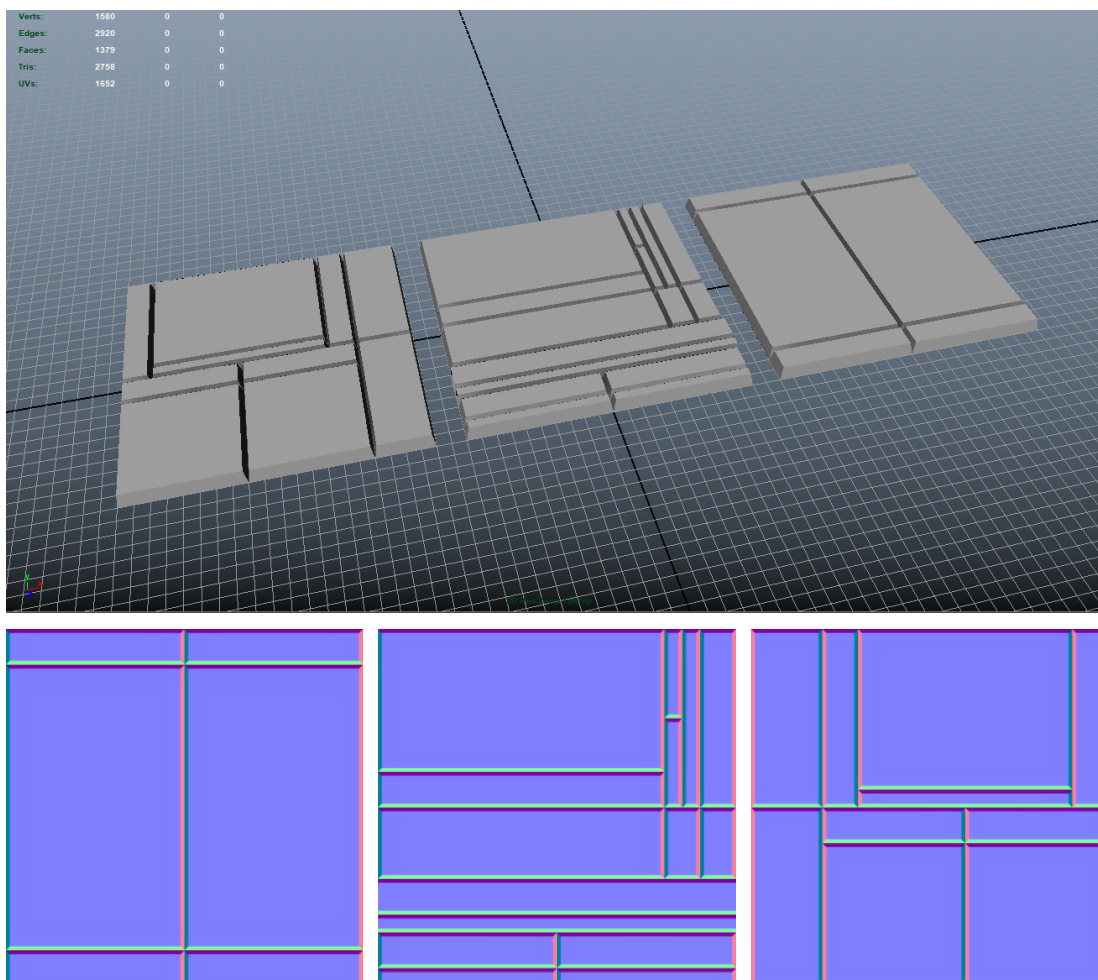
Kuvio 32. Insert Edge Loop -työkalua käyttämällä jaettiin avainpalat moneen osaan, jotta tekstuurien luonnostelu oli helpompaa.

Rupesin luonnostelemaan tekstureja näiden mallien perusteella. Tein Photoshopissa ensimmäiset luonnostelmat tekstuureista.



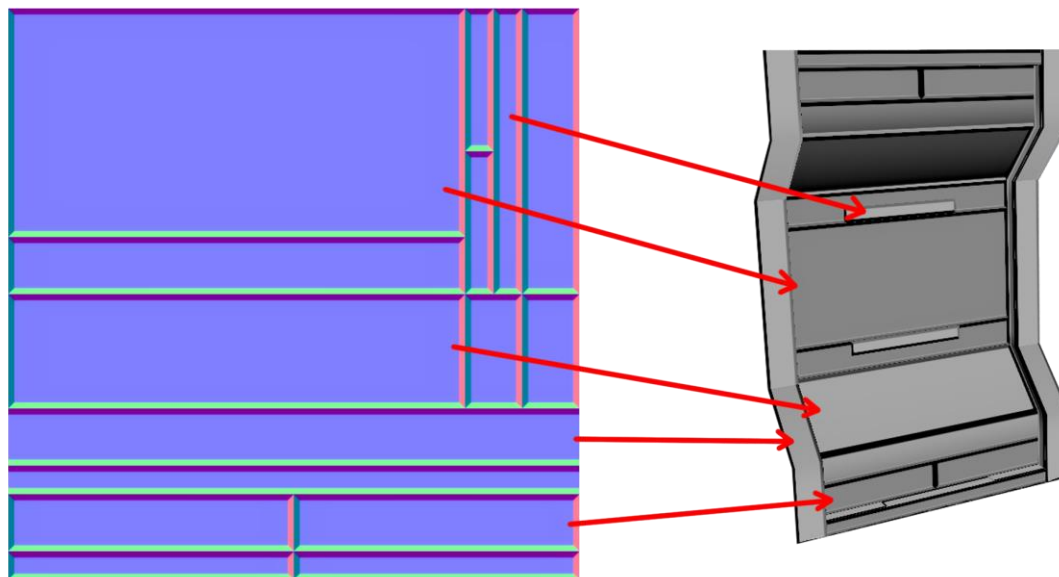
Kuvio 33. Luonnostelmat käytettävistä trim-tekstuureista.

Tekstuurien perusteella mallinsin yksinkertaiset high poly -paneelit, joista valmistin Xnormal-ohjelmalla itselleni normal map -tekstuurit.



Kuvio 34. High poly -paneeleista tehtiin normal map -tekstuurit käyttämällä Xnormal-ohjelmaa.

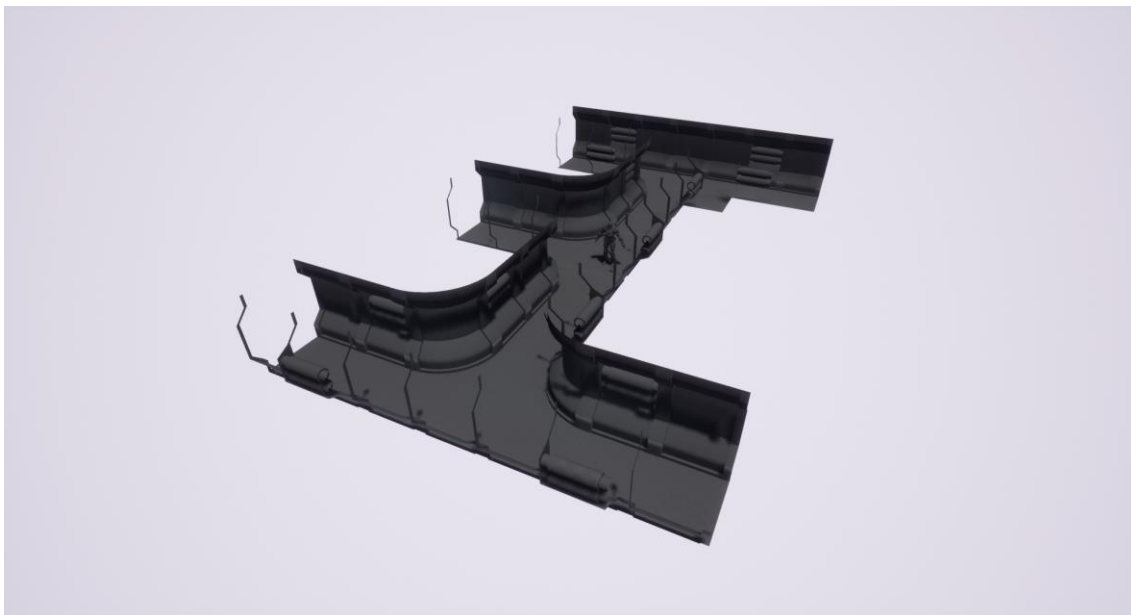
Koska yritin selvittää käyttämällä mahdollisimman vähän tekstuuria, päätin käyttää työssäni kahta trim-tekstuuria ja yhtä saumatonta tekstuuria. Trim texture eli trim-teksturi on yksityiskohdista koostuva teksturi. Sen sijaan, että luotaisiin jokaiselle mallille oma teksturi, voidaan tehdä samankaltaisille malleille yksi trim-teksturi. Tämä on tuotantotehokasta sekä säästää tekstuurimuistia. Kuviossa 35 ollaan demonstroitu trim-tekstuurin käyttöä. Päätin luoda kaksi trim-tekstuuria, toisen propeille ja toisen seinille ja katoille. Loin lattialle myös oman tekstuurin, jonka piti olla alun perin saumaton, mutta lopulta päädyin tekemään siitäkin trim tekstuurin. Mallinsin alkuperäisistä malleista uudet versiot tekstuurien ehdoilla, jonka jälkeen UV-mappasin mallit. Tähän on hyvä myös lisätä, että säädin myös UV-editorin gridin rivivälit vastaamaan Maya-mallinnusohjelman gridiä, jotta pystyin kiinnittämään UV:t nopeasti ja tarkasti.



Kuvio 35. Trim-tekstuurien lisääminen 3D-malliin.

Kun olin saanut ensimmäiset mallit valmiiksi, loin niistä tarvittavat variaatiot, kuten esimerkiksi kulmapalat. Loin seinien kulmapalat kopioimalla alkuperäisen seinäpalan, lisäämällä siihen enemmän geometriaa, tekstuurien vääristymisen estämiseksi, ja taivutin ne lopuksi käyttämällä bend deformer -taivutustyökalua. Koska tein tämän vaiheen vasta, kun olin säätänyt alkuperäisille malleille UV:t, ei kulmapaloille tarvinnut luoda uusia UV:ta. Lopuksi säädin kunkin mallin pivotin kohdilleen, jotta saisin kiinnitettyä ne helposti gridiin ja toisiinsa.

Mallinnusvaiheen lopuksi vein luomani mallit UE4-pelimoottoriin ja loin peliympäristön ensimmäisen iteraation.



Kuvio 36. Peliympäristö koottuna UE4-pelimoottoriin.

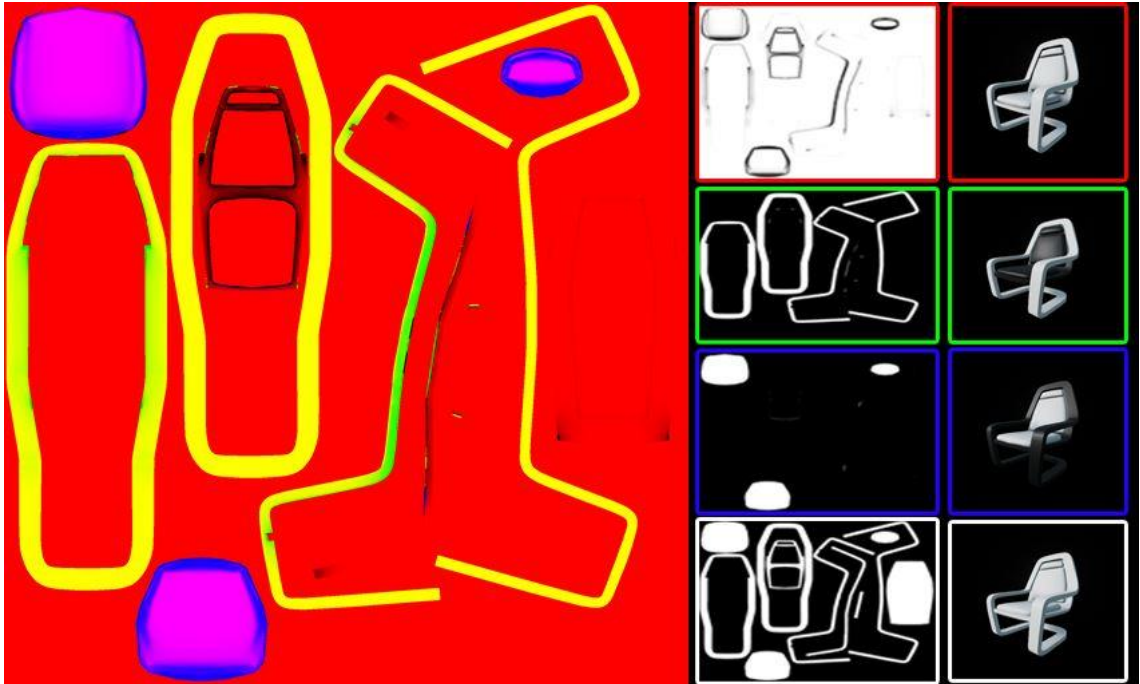
Palaset olivat nyt kohdillaan ja niitä oli helppo lähteä työstämään ja päivittämään, joten pystyin seuraavaksi keskittymään teksturoimiseen.

4.4 Teksturointi

Alun normal map-tekstuurien valmistusta lukuun ottamatta, hoidin teksturoimisen täysin käyttäen Substance Painteria. Koska työni sisälsi paljon symmetrisiä pintoja, olisi ollut järkevämpää käyttää node-pohjaista Substance Designeria, mutta koska Substance Painter oli minulle tutumpi ohjelma, ja uuden ohjelman opettelu olisi vienyt aikaa tuotannosta, päätin käyttää sitä.

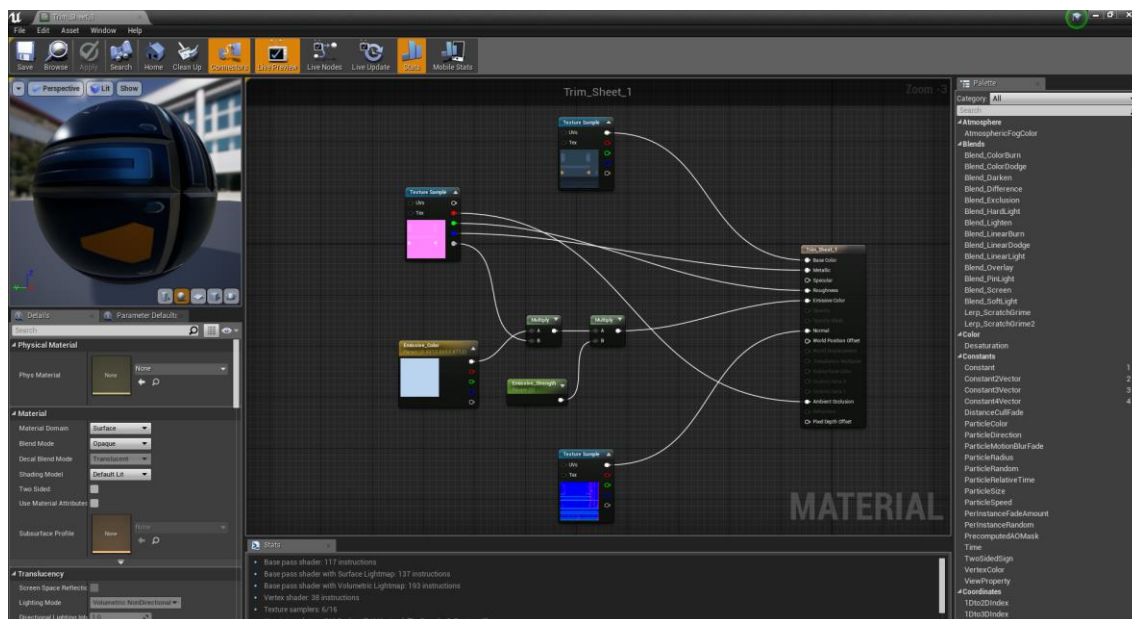
Päätin käyttää fysiikkaperusteista renderöintiä eli PBR- (engl. Physically based rendering) työnkulkua materiaalien tuotannossa, koska siitä on tullut alan standardi ja UE4 tukee PBR-materiaalien käyttöä. Teksturoimani tekstuurit koostuivat BaseColor-, Normal Map-, Ambient Occlusion-, Roughness-, Metallic- ja Emissive-tekstuurikartoista. Tekstuurimuistin säästämiseksi yhdistin ambient occlusion-, roughness-, metallic- ja emissive-tekstuurit yhdeksi tekstuuriksi siirtäessäni niitä Substance Painterista. Tätä kutsutaan nimellä Channel Packing eli kanavien pakkaus. Siinä tekstuurimuistin säästämiseksi pakataan grayscale eli mustavalkoiset kuvat yhden tekstuurin värikanaville. (Polycount wiki 2018.) RGB-värikanavat koostuvat Red, Green, Blue eli punaisesta, vihreästä ja sinisestä -värikanavasta. Vaihtoehtoisesti

värikanavien lisäksi tekstuuriin voidaan lisätä myös Alpha-kanava. Koska ambient occlusion-, metallic-, roughness- ja emissive-tekstuurikartat ovat kaikki mustavalkoisia kuvia, pystyin pakkaamaan ne yhdeksi tekstuuriksi. Pakkasin tekstuurini seuraavasti: ambient occlusion meni punaiseen-, roughness vihreään-, metallic siniseen- ja emissive alpha-kanavaan. Tosin vain yksi trim-teksturi tarvitsi emissiven, joten en tarvinnut alpha-kanavaa kahdelle muulle tekstuurille. Tein tekstuurini 2048x2048 resoluutioon, jotta saisin tekstuureihin paremman laatuista yksityiskohtia.



Kuvio 37. Teksturi, jossa mustavalkoiset kuvat ovat pakattu RGB-värikanaville. Mukana myös alpha-kanava.

Kun sain tekstuurit valmiiksi, vein ne UE4-pelimoottoriin, purin pakatut tekstuurit ja yhdistin ne lopulliseen materiaaliin.

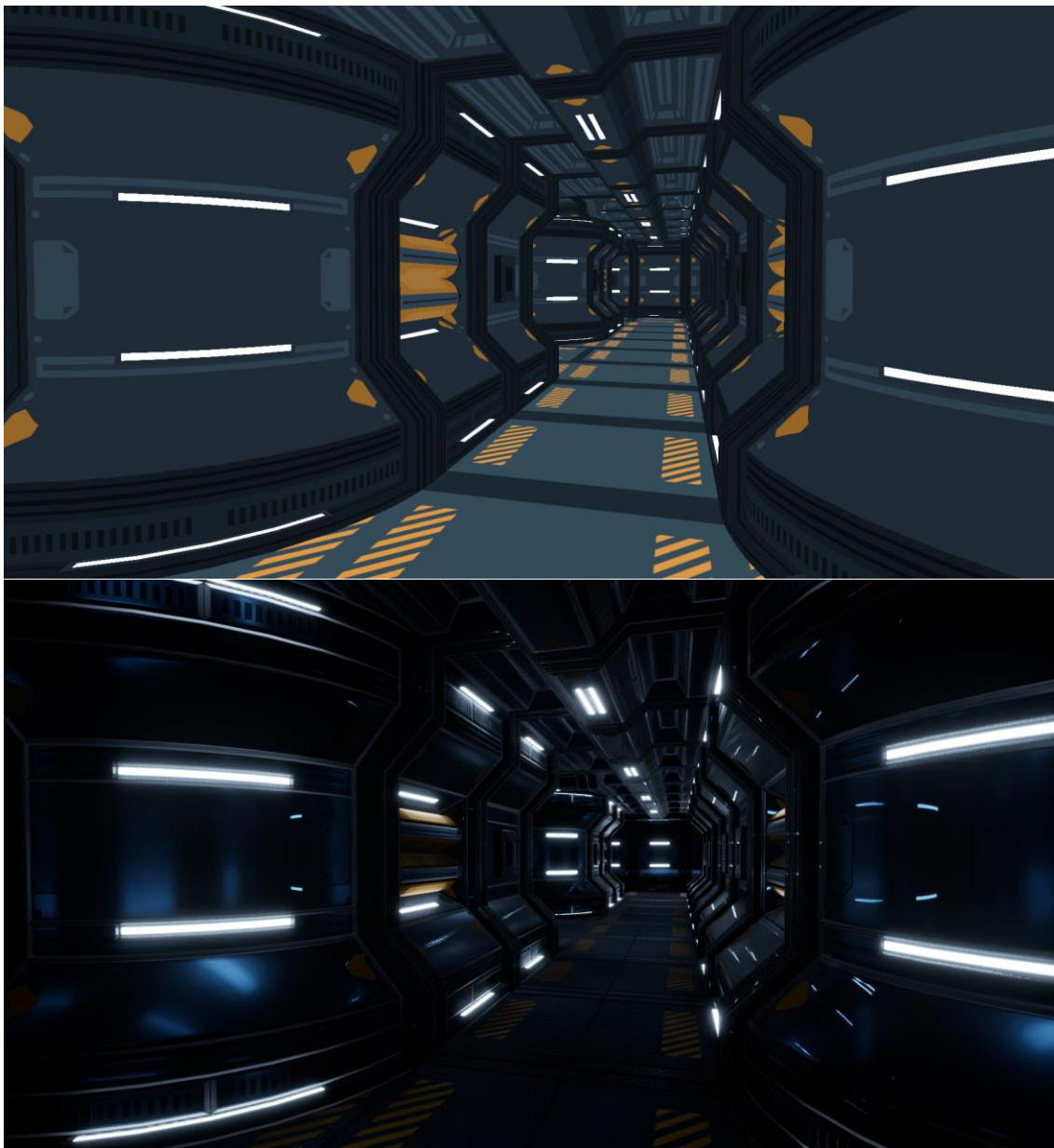


Kuvio 38. UE4:n materiaalieditori. Substance Painterissa luodut tekstuurit yhdistetään materiaaliksi.

Tässä vaiheessa peliympäristöni mallit oli aseteltu lopullisille paikoilleen ja materiaalit olivat valmiit. Pystyin siirtymään seuraavaksi ympäristön viimeistelyyn.

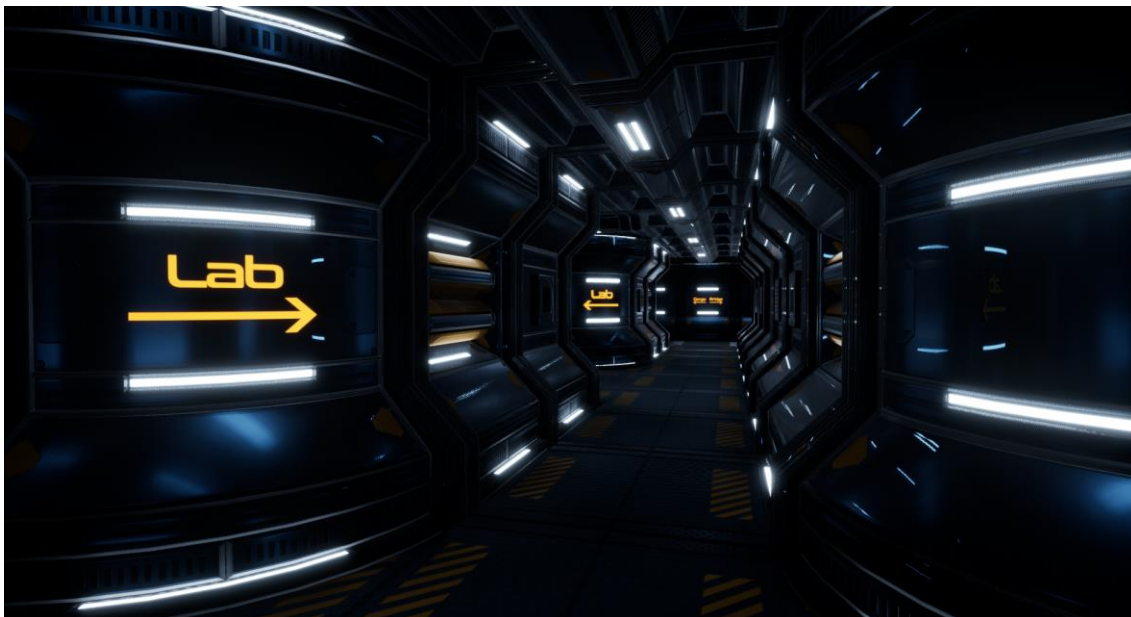
4.5 Variaatiot ja viimeistely

Aloitin viimeistelyn lisäämällä valaistuksen ympäristöön. Käytin ympäristössäni valaistukseen vain emissive-pintoja, koska halusin luoda synkän ympäristön, jossa ainoat valonlähteet olisivat loisteputket. Määritin emissive-tekstuurin sisältäneelle materiaalille emissiivisen valon värin ja tein kontrollin valon voimakkuudelle. Tein sitten materiaalista instanssin eli kopion, jolla pystyin säätämään valon väriä ja voimakkuutta. Kun valojen väri ja voimakkuus olivat kohdillaan, rakensin ympäristön valaistuksen.



Kuvio 39. Rakennettu lopullinen valaistus.

Viimeistelin ympäristön decalseilla. Tarvitsin ympäristöön tekstiä sisältäviä suuntaviittoja, joten tein Photoshopilla suuntaviittoja erilaisilla teksteillä ja vein nämä UE4-pelimoottoriin. Siellä tein jokaisesta decals-materiaalin, ja lisäsin niihin myös emissive-kanava, jotta sain niissä aikaan loisteen. En kuitenkaan käyttänyt kyseisiä decalseja valon lähteenä. Tämän jälkeen sijoittelin decalsit ympäristöön ja säädin niiden valon voimakkuuden kohdilleen. Alkuperäisenä ideana oli myös tehdä erilaisia ruoste-decalseja, mutta kiireellisen aikataulun takia en niitä kerennyt tekemään. Lisäsin lopuksi ympäristöön parit uudet propit rikkomaan modulaarisuutta.



Kuvio 40. Valmis peliympäristö, johon on lisätty decalsit.

Jouduin myös kiireellisen aikataulun takia jättämään ympäristöstäni verteksien maalaamisen ja variaatioiden luomisen. Alkuperäisenä ideana olisi ollut myös kokeilla käyttää luomiani valmiita malleja ja materiaaleja, rikkoa ne pienemmiksi osiksi, tehdä niistä erilaisia variaatioita ja sitä kautta saada aikaan erilaisia ympäristöjä. Loppujen lopuksi jouduin jättämään nämä toteuttamatta, koska aika loppui valitettavasti kesken.

4.6 Lopputulos

Ympäristö onnistui yllättävän hyvin, mutta valitettavasti en onnistunut luomaan kaikkea haluttua aikarajan takia. Olisin halunnut lisätä ympäristöni vielä erilaisia oviaukkoja sekä kokeilla verteksien maalaamista. Olisin myös halunnut jakaa moduulini Mayassa ja koota niistä erilaisia malleja, joita käyttämällä olisin saanut aikaan erilaisia tiloja. Myös proppien mallinnus jäi valitettavan vähäiseksi ja en kerennyt rikkomaan ympäristön modulaarisuutta melkein ollenkaan. Olisin myös voinut kiinnittää enemmän huomiota optimointiin ja tehdä esimerkiksi käyttämistäni tekstuureista yksi iso atlas-tekstuuri. Olisin myös voinut tehdä Ambient Occlusion- ja Metallic-tekstuurit vasta UE4:ssa, koska molemmat tekstuurit olivat lopulta täysin yksivärisiä.

Science fiction -käytävät ovat todella suosittuja ja niitä näkee erilaisilla 3D-artistien sivustoilla jatkuvasti, joten olisin voinut ehkä valita omaperäisemmän aiheen ympäristölleni. Kuitenkin oman kokemattomuuteni huomioiden tajusin, että on parempi mallintaa jotain tuttua ja turvallista, kuin yrittää tehdä jotain täysin omaperäistä ja uutta.

Onnistuin kuitenkin saamaan työstäni hyvän pohjan peliympäristölle, jota voin mahdollisesti jatkaa tulevaisuudessa.

Modulaarisen peliympäristön valmistuksessa haastavimmaksi puoleksi osoittautui suunnitteluvaihe. Moduulien mallintaminen vaati tarkkaa mittojen suunnittelua ja niissä piti ottaa huomioon, miten ne tarkalleen kiinnittyisivät gridiin. Tekstuurien suunnittelu vaati myös paljon iterointia ennen kuin se saatiin valmiiksi. Mallien jakaminen osiin ja niiden UV-kartoitus tekstuurien ehdoilla osoittautui haastavaksi, mutta yllättävän toimivaksi työnkuluksi. Ympäristöä jouduttiin yksinkertaistamaan ja pienentämään pariin otteeseen, ennen kuin lopullinen konsepti löytyi. Tämä johtui pääasiassa siitä, kun alkuperäiset peliympäristöt olivat liian kunnianhimoisia ja niiden tekeminen olisi kestänyt liian kauan.

Päätös tehdä ympäristöstä modulaarinen osoittautua kuitenkin positiiviseksi. Ympäristön suunnitteluvaihe vei suurimman osan ajasta, mutta koska käytin siihen paljon aikaa ja tein sen huolella, suoriuduin tuotantovaiheesta suhteellisen lyhyessä ajassa. Moduulien muokkaaminen ja päivittäminen lopulliseen ympäristöön hoitui nopeasti ja helposti. Konseptointi ja suunnitteluvaiheessa suunniteltu modulaarinen peliympäristö onnistuttiin toteuttamaan ja ympäristön tunnelma onnistuttiin saamaan oikeanlaiseksi.

5 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyössä tutkittiin modulaarista suunnittelua osana peliympäristöjen suunnittelua ja tuotantoa. Aihetta alustettiin käymällä läpi environment artistin työtehtävät ja työrooli pelialalla. Teoriaosuuden keskeisenä aiheena tutkittiin mistä modulaarisessa suunnittelussa on kyse, miksi sitä käytetään ja mitkä ovat sen hyvät ja huonot puolet. Näiden lisäksi avattiin modulaarisen suunnittelun perustaa ja tutkittiin mitä tärkeitä asioita modulaaristen peliympäristöjen tuotannossa tulee ottaa huomioon. Teoriaosuudessa opittua uutta tietoa hyödyntäen suunniteltiin ja luotiin yksinkertainen modulaarinen peliympäristö.

Environment artistin työtehtävistä selvisi, että he tarvitsevat todella paljon teknistä osaamista sekä heidän tulee osata käyttää monenlaisia mallinnus- ja teksturointi-ohjelmia. Environment artisteilta toivotaan myös kenttäsuunnittelun perusteita, mikä auttaa ympäristöjen valmistamisessa. Suurin huomio oli kuitenkin se, että environment

artistin työrooli ei ole aina sama, vaan heidän työnkuva riippuu täysin pelistudioista. Tässä on huomioitava, että peliala kehittyy jatkuvasti, kuten myös alan työtehtävät ja työnimikkeet. Environment artistin työroolista voidaan antaa yleinen kuvaus, mutta tarkemmat tiedot riippuvat täysin pelistudioista.

Modulaarinen suunnittelu osoittautui todella tekniseksi työtavaksi. Siihen liittyi paljon enemmän teknistä suunnittelua kuin alun perin luulin. Modulaariset ympäristöt vaativat tarkkaa mittasuhteiden määrittelyä ja gridin käyttöä. Kaiken mahdollisen pitää olla kiinni gridissä, jotta modulaarisuudessa työtavassa olisi mitään järkeä. Modulaaristen peliympäristöjen rikkaus ovat uusiokäyttöiset moduulit, mutta se sattuu myös olemaan modulaaristen peliympäristöjen heikkous. Samojen modulaaristen palojen käyttäminen helpottaa ja nopeuttaa tuotantoa, mutta se voi myös saada ympäristöt näyttämään liian samankaltaisilta ja tylsiltä. Suurin haaste modulaarisessa suunnittelussa on itse modulaarisuuden piilottaminen. Etenkin orgaanisissa ulkotiloissa tulee peliartistien osata soveltaa käyttämiään tekniikoita.

Modulaarinen suunnittelu vaatii myös paljon aikaa suunnitteluun sekä jatkuvaa kommunikointia kenttäsuunnittelijoilta ja peliartisteilta. Se voi vaikuttaa kankealta ja rajoittavalta työtavalta ja pelottaa peliartistit pois sen teknisellä lähestymistavalla. Kuitenkin, kun modulaarinen kenttäsuunnittelu saadaan toimimaan kunnolla, se tulee säästämään todella paljon aikaa tuotannossa. Se myös auttaa jakamaan työt hyvin kenttäsuunnittelijoiden ja peliartistien kesken.

Opinnäytetyötä varten tehtiin myös modulaarinen peliympäristö. Lähtökohtana projektityö tehtiin tekijän oman oppimisen edistämiseksi ja siinä onnistuttiin. Tämä oli tekijän ensimmäinen kerta luoda täysin modulaarinen ympäristö. Projektin tuotanto painottui suurimmaksi osaksi suunnitteluun. Työn alussa jouduttiin käymään läpi kaksi konseptia ennen kuin saatiin aikaiseksi lopullinen konsepti ja suunnitelma. Tarkkojen mittojen asettaminen ympäristön malleille osoittautui haastavaksi sekä myös tekstuurien suunnittelu ja UV-koordinaattien määrittely. Kuitenkin, koska suunnitteluosuus tehtiin huolella, itse tuotantovaihe hoitui nopeasti ja lähes vaivattomasti. Työ saatiin valmiiksi ajallaan ja lopputulos oli onnistunut. Projektityön aikana opittiin paljon ja modulaarinen lähestymistapa todettiin toimivaksi tavaksi mallintaa peliympäristöjä.

Ajallisista syistä opinnäytetyöstä jäi alun perin suunniteltu optimointiin keskittyvä osuus kokonaan pois. Tämän katsottiin tarvitsevan melkein kokonaan oman opinnäytetyönsä, joten se jätettiin suosilla pois. Optimointi on kuitenkin iso osa peliympäristöjen tuotantoa ja sen osaaminen on pakollista environment artistille.

Modulaarinen suunnittelu on vahvasti iskostunut osaksi pelituotantoa. Modulaarista lähestymistapaa on käytetty peliympäristöjen rakentamiseen pelialan alkuajoista lähtien, eikä sille toistaiseksi ole tullut syrjäyttäjää. Se ei ole täydellinen, mutta sen hyvät puolet ylittävät selkeästi sen huonot. Teknologian kehittyessä ja pelimaailmojen laajetessa, tarve modulaariselle lähestymistavalle vain kasvaa. Pelistudiot tarvitsevat kaiken mahdollisen optimointikyvyn kuin vain saavat.

Lähteet

Ahearn, Luke 2008. 3D Game Environments - Create Professional 3D Game Worlds. Burlington, MA, USA: Focal Press / Elsevier.

Baldwin, Mark 2006. Career Paths in the Game Industry. Gamasutra.com
https://www.gamasutra.com/view/feature/131164/career_paths_in_the_game_industry.php?page=1 (luettu 2.2.2018).

Best Sample Resume n.d. Environment Artist Responsibilities. Bestsampleresume.com
<http://www.bestsampleresume.com/job-descriptions/software/environment-artist.html> (luettu 2.2.2018).

Bitovi UX & Design 2017. Introduction to Modular Design. Katsottavissa osoitteessa
https://www.youtube.com/watch?v=20JP8w6_nVA (katsottu 9.2.2018).

Blitz Games Studios. Job Roles: Art. Blitzgamesstudios.com
http://www.blitzgamesstudios.com/blitz_academy/job_roles/art (luettu 3.2.2018).

Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com
<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html> (luettu 9.12.2017).

Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2016. GDC 2016: Modular Level Design of Fallout 4. Katsottavissa osoitteessa
<https://www.youtube.com/watch?v=QBAM27YbKZg&t=267s> (katsottu 10.12.2017).

Creative Skillset n.d. Games Artist. Creativeskillset.org
http://creativeskillset.org/job_roles/330_games_artist (luettu 3.2.2018).

Galuzin, Alex 2009. Becoming a Level Designer and Env. Artist Part 1. Worldofleveldesign.com
http://www.worldofleveldesign.com/categories/level_design_tutorials/becoming-level-designer-environment-artist-part1.php (luettu 3.2.2018).

Galuzin, Alex 2015. UE4: Guide to Player Scale and World/Architecture Dimensions. Worldofleveldesign.com
<http://www.worldofleveldesign.com/categories/ue4/ue4-guide-to-scale-dimensions.php> (luettu 11.12.2017).

Get In Media n.d. Environment Artist. Getinmedia.com
<http://getinmedia.com/careers/environment-artist> (luettu 2.2.2018).

Herngren, Max 2017. Who Are Level Designers?. Medium.com
<https://medium.com/@EightyLevel/who-are-level-designers-d5d41d41fdd8> (luettu 24.2.2018).

Hodri, Robert 2017. Everything You Need to Know to Become a Game Environment Artist. Magazine.artstation.com
<https://magazine.artstation.com/2017/03/game-environment-artist/> (luettu 11.12.2017).

Jaroslawsky, Hendryk 2013. Modular level design: A round up of the basics for budding level designers. Alumni.sae.edu
<http://alumni.sae.edu/2013/02/08/modular-level->

design-a-round-up-of-the-basics-for-budding-level-designers/#prettyPhoto> (luettu 12.12.2017).

Klafke, Thiago 2010. CREATING MODULAR ENVIRONMENTS IN UDK. Thiagoklafke.com <<http://www.thiagoklafke.com/modularenvironments.html>> (luettu 15.12.2017).

Lin, Lentz, Sturgill & Reed 2002. Using Workflow Techniques and Modularity. Docs.unrealengine.com. <<https://docs.unrealengine.com/udk/Two/WorkflowAndModularity.html#Modular%20Level%20Design>> (luettu 13.12.2017).

Lindquist, Benjamin 2015. Game Environment Texturing - Texture Blending and Other Texturing Techniques. Opinnäytetyö (AMK). Helsinki: Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettavissa osoitteessa <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93856/Lindquist_Benjamin.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (luettu 31.3.2018).

Mader, Paul 2005. Creating Modular Game Art For Fast Level Design. Gamasutra.com <http://www.gamasutra.com/view/feature/130885/creating_modular_game_art_for_fast_.php> (luettu 14.12.2017).

Norris, Jacob 2016. Creating Environments in Uncharted 4 with Jacob Norris. Katsottavissa osoitteessa <<https://www.youtube.com/watch?v=wDIZa4O3jP4&t=141s>> (katsottu 10.2.2018).

Perry, Lee 2002. Modular Level and Component Design. Game Developer, 2002, 30–35.

PlatinumGames Official Blog 2014. A Day in the Life of an Environment Artist. Platinumgames.com <<https://www.platinumgames.com/official-blog/article/6342>> (luettu 4.2.2018).

Polycount wiki 2018. Channel Packing. Wiki.polycount.com <<http://wiki.polycount.com/wiki/ChannelPacking>> (luettu 1.4.2018).

Polycount wiki 2016. Vertex color. Wiki.polycount.com <http://wiki.polycount.com/wiki/Vertex_color> (luettu 31.3.2018).

Rodriguez, Andres 2016. Intro to Environment Art with Andres Rodriguez. Katsottavissa osoitteessa <<https://www.youtube.com/watch?v=oSjAcoYOW5s>> (katsottu 10.2.2018).

Sokanu n.d. What does a Games Artist do?. Sokanu.com <<https://www.sokanu.com/careers/games-artist/>> (luettu 3.2.2018).

Unreal Engine 4 Documentation n.d. Docs.unrealengine.com <https://docs.unrealengine.com/en-us/Resources/ContentExamples/Decals/1_1> (luettu 7.4.2018).

Unreal Engine 4 Forums 2014. Position Grid Value. Forums.unrealengine.com <<https://forums.unrealengine.com/development-discussion/content-creation/2348-position-grid-value>> (luettu 14.12.2017).

Kuvalähteet

Kuvio 1: heyjamiiek 2014. Ikea Furniture: Solo-Assembly. Heyjamiiek.wordpress.com <<https://heyjamiiek.wordpress.com/2014/10/16/ikea-furniture-solo-assembly/>> (ladattu 9.2.2018).

Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2016. GDC 2016: Modular Level Design of Fallout 4. Slideshare.net <<https://www.slideshare.net/JoelBurgess/gdc-2016-modular-level-design-of-fallout-4>> (ladattu 10.12.2017).

Kuvio 2: Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).

Kuvio 3: Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).

Kuvio 4: Muropaketin Toimitus 2017. Super Mario Bros. -pelin alkuperäinen, avaamaton kappale toi myyjälle yli 30 000 dollaria. Muropaketti.com <<https://muropaketti.com/pelit/super-mario-bros-pelin-alkuperainen-avaamaton-kappale-toi-myyjalle-yli-30-000-dollaria/>> (ladattu 13.12.2017).

Kuvio 5: Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).

Kuvio 6: Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2016. GDC 2016: Modular Level Design of Fallout 4. Slideshare.net <<https://www.slideshare.net/JoelBurgess/gdc-2016-modular-level-design-of-fallout-4>> (ladattu 10.12.2017).

Kuvio 7: Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).

Kuvio 8: Burgess, Joel & Purkeypile, Nate 2016. GDC 2016: Modular Level Design of Fallout 4. Slideshare.net <<https://www.slideshare.net/JoelBurgess/gdc-2016-modular-level-design-of-fallout-4>> (ladattu 10.12.2017).

Kuvio 9: Galuzin, Alex 2015. UE4: Guide to Player Scale and World/Architecture Dimensions. Worldofleveldesign.com <<http://www.worldofleveldesign.com/categories/ue4/ue4-guide-to-scale-dimensions.php>> (ladattu 11.12.2017).

Kuvio 10: Instant Gaming n.d. Civilization VI (Europe). Instant-gaming.com <<https://www.instant-gaming.com/en/1437-buy-key-steam-civilization-vi/>> (ladattu 21.1.2018).

Hussain, Sajjad 2016. Gears of War: Ultimate Edition now available in the Windows Store, 4K Screenshots. Tech4gamers.com <<https://tech4gamers.com/gears-of-war-ultimate-edition-now-available-in-the-windows-10-store-4k-screenshots/>> (ladattu 21.1.2018).

Kuvio 11: Tekijän omat kuvat

Kuvio 12: Mader, Paul 2005. Creating Modular Game Art For Fast Level Design. Gamasutra.com

<http://www.gamasutra.com/view/feature/130885/creating_modular_game_art_for_fast_.php> (ladattu 14.12.2017).

Kuvio 13: Tekijän omat kuvat

Kuvio 14: Tekijän omat kuvat

Kuvio 15: Mader, Paul 2005. Creating Modular Game Art For Fast Level Design. Gamasutra.com

<http://www.gamasutra.com/view/feature/130885/creating_modular_game_art_for_fast_.php> (ladattu 14.12.2017).

- Kuvio 16:** Mader, Paul 2005. Creating Modular Game Art For Fast Level Design. Gamasutra.com
<http://www.gamasutra.com/view/feature/130885/creating_modular_game_art_for_fast_.php> (ladattu 14.12.2017).
- Kuvio 17:** Mader, Paul 2005. Creating Modular Game Art For Fast Level Design. Gamasutra.com
<http://www.gamasutra.com/view/feature/130885/creating_modular_game_art_for_fast_.php> (ladattu 14.12.2017).
- Kuvio 18:** Burgess, Joel & Purkepile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).
- Kuvio 19:** Burgess, Joel & Purkepile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).
- Kuvio 20:** Klafke, Thiago 2010. Zest Foundation. Thiagoklafke.com
<<http://www.thiagoklafke.com/zestfoundation.html>> (ladattu 15.12.2017).
- Kuvio 21:** Klafke, Thiago 2010. Zest Foundation. Thiagoklafke.com
<<http://www.thiagoklafke.com/zestfoundation.html>> (ladattu 15.12.2017).
- Kuvio 22:** Galuzin, Alex 2016. UE4: How to Create Your First Decal Material. Worldofleveldesign.com <<http://www.worldofleveldesign.com/categories/ue4/ue4-decals01-your-first-decal.php>> (ladattu 31.3.2018).
- Kuvio 23:** Burgess, Joel & Purkepile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).
- Kuvio 24:** Burgess, Joel & Purkepile, Nate 2013. Skyrim's Modular Approach to Level Design. Blog.joelburgess.com <<http://blog.joelburgess.com/2013/04/skyrims-modular-level-design-gdc-2013.html>> (ladattu 9.12.2017).
- Kuvio 25:** Mass Effect Wikia 2013. Omega - aria's bunker under siege.png. Maseffect.wikia.com <http://maseffect.wikia.com/wiki/File:Omega_-_aria%27s_bunker_under_siege.png> (ladattu 6.1.2018).
Mass Effect Wikia n.d. Purgatory Bar. Maseffect.wikia.com
<http://maseffect.wikia.com/wiki/Purgatory_Bar> (ladattu 6.1.2018).
Korda Studios n.d. Blade Runner 2049. Kordastudio.hu
<<https://kordastudio.hu/credit/blade-runner-2049/>> (ladattu 6.1.2018).
Acevedo, Paul 2017. Ruiner for Xbox One review: An ultra-cool cyberpunk shooter with lots of splashes of red. Windowscentral.com <<https://www.windowscentral.com/ruiner-xbox-one-review>> (ladattu 6.1.2018).
- Kuvio 26:** Tekijän omat kuvat
- Kuvio 27:** Klafke, Thiago 2010. Zest Foundation. Thiagoklafke.com
<<http://www.thiagoklafke.com/zestfoundation.html>> (ladattu 15.12.2017).
Öhman, Wiktor n.d. Dayward Inc. Artbywiktorkom <<http://artbywiktorkom/#dayward>> (ladattu 17.2.2018).
- Frick, Tor n.d. Scifi Lab. Torfrick.com <<http://www.torfrick.com/info/lab.html>> (ladattu 17.2.2018).
- Kuvio 28:** Tekijän omat kuvat
- Kuvio 29:** Tekijän omat kuvat
- Kuvio 30:** Gamespot Forums 2014. PC: Modded Alien Isolation most realistic graphics ever?. Gamespot.com/forums <<https://www.gamespot.com/forums/system-wars-314159282/pc-modded-alien-isolation-most-realistic-graphics--31621375/>> (ladattu 25.3.2018).
- Kuvio 31:** Tekijän omat kuvat
- Kuvio 32:** Tekijän omat kuvat
- Kuvio 33:** Tekijän omat kuvat
- Kuvio 34:** Tekijän omat kuvat

Kuvio 35: Tekijän omat kuvat

Kuvio 36: Tekijän omat kuvat

Kuvio 37: Polycount wiki 2018. Channel Packing. Wiki.polycount.com
<<http://wiki.polycount.com/wiki/ChannelPacking>> (ladattu 20.4.2018).

Kuvio 38: Tekijän omat kuvat

Kuvio 39: Tekijän omat kuvat

Kuvio 40: Tekijän omat kuvat

Kuvia valmiista modulaarisesta peliympäristöstä

