



3D-VALAISTUKSEN TEKNIIKAT

Juha Kontu

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Tietojenkäsittelyn koulutus-
ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

KONTU, JUHA:
3D-valaistuksen tekniikat

Opinnäytetyö 37 sivua
Toukokuu 2014

Tämä opinnäytetyö kertoo 3D-valaistuksesta, joka on yksi tärkeimmistä osa-alueista 3D-grafiikassa. Työssä on myös paljon kuvia, jotka on tehty helpottamaan asioiden ymmärtämistä.

Oikeanlainen valaistus vaikuttaa paljon siihen, kuinka hyvältä ja realistiselta valmis 3D-kuva näyttää. Tarkoituksena on kertoa yleisesti 3D-mallien valaisemisesta eikä keskittyä mihinkään tiettyyn ohjelmaan. Opinnäytetyössä esitellään yleisimmät valotyypit ja kerrotaan niiden ominaisuuksista. Työssä käydään lävitse myös erilaiset varjotyypit ja varjoalgoritmit.

Kolmipistevalaisu on tunnetuin ja yleisin valaisutekniikka. Se on kuitenkin tekniikka, jonka ymmärrettyään voi ymmärtää muunkinlaisia valaisutekniikoita. Osiossa esitellään referenssikuvien avulla valot, jotka kuuluvat kolmipistevalaisuun. Tällä tavoin on helppompaa ymmärtää, kuinka tekniikka toimii ja mikä on jokaisen yksittäisen valon tarkoitus.

Ilman oikeanlaista renderöintitekniikkaa on lähes mahdotonta saada 3D-kuvan valaistus näyttämään realistiselta ja uskottavalta. Oikeanlainen valojen käyttö ja niiden sijoittelu on erittäin tärkeää, mutta vähintään yhtä tärkeää on se, että osaa käyttää oikeanlaista renderöintitekniikkaa valaistuksen laskemiseen. Opinnäytetyössä käydään lävitse tyypillisimmät renderöintialgoritmit ja kerrotaan kuinka ne valaistuksen laskevat.

Tarkoituksena on lisäksi selvittää, miksi tietyssä tilanteessa kannattaa käyttää tai jättää käyttämättä tietynlaista valaistusta ja renderöintitekniikkaa. Opinnäytetyö toimii myös lyhyenä oppaana 3D-valaisutekniikoihin, koska samat tekniikat pätevät melkein kaikessa 3D:llä tehdyssä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Business Information Systems

KONTU, JUHA:
3D Lighting Techniques

Bachelor's thesis 37 pages
May 2014

This thesis tells about 3D lighting, which is one of the most important aspects of 3D graphics. The thesis contains example images to facilitate understanding of the issues under discussion.

The right kind of lighting contributes much to how good and realistic the final 3D image looks. The aim here was to give an overview of 3D lighting and not focus on any particular program. This thesis presents the most common types of light and describes their properties. The different types of shadows and shadow algorithms are also discussed.

Without the right kind of rendering technique it is almost impossible to get realistic and convincing lighting. The right kind of use of lights and their placement is very important, but equally important is to know how to use the right kind of rendering technique to calculate the lighting. The thesis goes through the typical rendering algorithms and explains how they work.

The aim was also to find out why, in a particular situation, a particular kind of lighting and rendering technique should or should not be used. The thesis also serves as a brief guide to 3D lighting techniques, because the same techniques apply to almost all aspects of 3D.

Key words: 3D lighting, rendering, global illumination.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	3D-VALAISTUS.....	8
	2.1 Valaistuksen suunnittelu.....	8
	2.1.1 Valmistelut ennen valojen sijoittelua.....	9
	2.1.2 Virtuaalinen kamera.....	9
	2.1.3 Yleisimpiä muokattavia valon ominaisuuksia.....	10
3	VALOTYYPIT.....	11
	3.1 Pistevalo.....	11
	3.2 Kohdevalo.....	12
	3.3 Suora kohdevalo.....	13
	3.4 Aluevalo.....	14
	3.5 3D-objekti valona.....	15
	3.6 Taivaankansivalo.....	15
	3.7 Ympäristövalo.....	16
	3.8 Image-based lighting.....	17
4	VARJOT.....	18
	4.1 Varjotyytit.....	18
	4.1.1 Heittovarjo.....	18
	4.1.2 Kontaktivarjo.....	18
	4.1.3 Kohteen oma varjo.....	19
	4.2 Varjon koko.....	19
	4.3 Kovat ja pehmeät varjot.....	21
	4.4 Varjoalgoritmit.....	21
	4.4.1 Varjokartta.....	21
	4.4.2 Säteenseurantavarjo.....	22
5	KOLMIPISTEVALAISU.....	23
	5.1 Päävalo.....	23
	5.2 Täytevalo.....	24
	5.3 Taustavallo.....	24
	5.4 Kolmipistevalaisun toimivuus.....	25
6	RENDERÖINTI.....	26
	6.1 Shaderit.....	27
	6.2 Pyyhkäisyjuova-renderöinti.....	27
	6.3 Säteenseuranta.....	28
	6.4 Suora valaistus ja epäsuora valaistus.....	28
	6.5 Ambient Occlusion.....	28

6.6 Global Illumination.....	29
6.6.1 Radiositeetti	30
6.6.2 Fotonikartoitus	31
6.6.3 Kaustiikka	32
6.7 Unbiased rendering.....	33
6.7.1 Biased.....	33
6.7.2 Unbiased.....	34
7 POHDINTA.....	35
LÄHTEET.....	37

1 JOHDANTO

Valaistus on yksi tärkeimmistä osa-alueista 3D-grafiikassa, kun halutaan oikean näköinen lopputulos. Valaistuksen ei ole aina oltava realistisen näköinen, mutta siihen usein pyritään. Ilman oikeanlaista valaistusta mikä tahansa 3D-ohjelmalla tehty kuva tai animaatio näyttää hieman keskeneräiseltä. Usein 3D-artistit tietävät, mitä valoja milloinkin käyttävät, mutta eivät tiedä varsinaisia syitä niiden käyttöön. Valaistukseen vaikuttavat myös paljon erilaiset renderöintitekniikat. Eri tekniikoita ymmärtämällä on valaistuksen suunnittelu helpompaa. Tekniikoiden ymmärtäminen auttaa myös hahmottamaan, kuinka pitkiin renderöintiaikoihin tulee varautua, ja kuinka realistisen näköinen valmiista kuvasta tulee.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa yleisesti 3D-mallien valaisemisesta, eikä keskittyä mihinkään tiettyyn ohjelmaan. Tarkoituksena on edetä valotyypeistä renderöintitekniikoihin. Aihe sisältää eri tekniikoiden vertailua ja niiden avaamista lukijalle. Tarkoituksena on myös selvittää syitä eri tekniikoiden käyttöön. Tekstin lisäksi käytän itse 3D-ohjelmilla renderöityjä 3D-kuvia helpottamaan eri tekniikoiden ja asioiden ymmärtämistä. 3D-kuvat tein ohjelmilla VUE 9 (3D landscape generation software), POSER 9 (Easily Create 3D Character Art and Animation), Reality 3 for Poser (A Poser Plugin) ja Luxrender (Physically based and unbiased rendering engine).

Pyrin myös siihen, että opinnäytetyö toimisi lyhyenä oppaana 3D-valaisutekniikoihin, koska samat tekniikat pätevät melkein kaikessa 3D:llä tehdyssä. Opinnäytetyössä käydään läpi pääasioita, miksi tietyssä tilanteessa kannattaa käyttää, tai jättää käyttämättä tietynlaista, valaistusta ja renderöintitekniikkaa. Tarkoituksena on myös, että opinnäytetyö antaisi hyviä ohjeita, jotka johtaisivat nopeampiin renderöinteihin ja realistisemman näköisiin 3D-kuviin.

Opinnäytetyön aihe liittyy 3D-maailmaan, koska siitä on minulla jo 20 vuoden kokemus. Olen tänä aikana huomannut, ettei 3D-valaistuksesta ole materiaalia kovinkaan paljon. Halusin selvittää syitä eri valaisumenetelmien käyttöön ja perehtyä siihen, kuinka ne toimivat. Lisäksi minua kiinnosti perehtyä eri renderöintitekniikoihin ja selvittää, mitä eroja niissä on.

Lähteinä tässä opinnäytetyössä olen käyttänyt muutamaa laadukasta alan kirjaa. 3D-valaistuksesta kertovia kirjoja ei ole toistaiseksi paljon julkaistu. Kirjat, jotka opinnäytetyön lähteiksi valitsin, ovat kuitenkin todella hyviä ja kattavia. Olen myös käyttänyt lähteinä joitain Internet-sivustoja, koska kaikkea tarvittavaa tietoa en kirjoista löytänyt. Wikipediasta ja Basic3DTraining-sivustolta saatua tietoa Unbiased-renderöinnistä pidän melko luotettavana, koska pystyin renderöintejä vertailemalla toteamaan sen oikeellisuuden.

Parhaimpana kirjana pidän Illuminated Pixels: The Why, What, and How of Digital Lighting -kirjaa, jonka on kirjoittanut Virginia Bowman Wissler. Kirja on julkaistu vuonna 2013, joten siitä saatu tieto on ajan tasalla. Tällä on paljon merkitystä, koska 3D-tekniikka muuttuu ja kehittyy kaiken aikaa. Kirjassa käydään todella kattavasti läpi lähes kaikki asiat, jotka liittyvät 3D-valaistukseen. Lisäksi asiat perustellaan hyvin. Kirjassa on paljon hyviä kuvia, jotka auttoivat asioiden ymmärtämisessä. Suosittelen kirjaa kaikille, jotka ovat kiinnostuneita 3D-valaistuksesta, tai tarvitsevat siihen lisätietoa.

Toinen erittäin hyvä kirja on Digital Lighting & Rendering, jonka on kirjoittanut Jeremy Birn. Kirjasta on julkaistu jo kolme eri painosta, joka kertoo sen suosiosta. Itse käytin lähteenä The Second Edition -painosta, joka on julkaistu vuonna 2006. Kirja etenee hyvin loogisessa järjestyksessä, mikä tekee siitä kohtuullisen helppolukuisen. Tietoa oli myös helpompi etsiä, koska käsiteltyjen asioiden järjestys oli selkeä. Kuvitus tukee tekstiä myös tässä kirjassa todella hyvin. Jos on 3D-valaistuksesta ja renderöinnistä kiinnostunut, niin suosittelen tutustumaan vuonna 2014 julkaistuun The Third Edition -painokseen.

Arnold Gallardon kirjoittama 3D Lighting: History, Concepts & Techniques on myös hyvä kirja, koska se käsittelee 3D-valaistusta erittäin tarkasti ja laajasti. Se on julkaistu vuonna 2001. Vaikka kirjassa ei uusia renderöintitekniikoita käsitelläkään, voin silti suositella sitä niille, jotka haluavat tutustua 3D-valaistukseen syvällisemmin.

Ainoana suomenkielisenä lähteenä käytin 3D-sisältötuotannon peruskirjaa, jonka ovat kirjoittaneet Pekka Lehtovirta ja Kari Nuutinen. Kirja on julkaistu jo vuonna 2000. Siitä kuitenkin löytyi hyvää tietoa, esimerkiksi valojen säädöistä ja muista perusasioista, jotka eivät ole vuosien varrella muuttuneet. Kirja on helppolukuinen ja hyvä peruskirja kaikille 3D:stä kiinnostuneille.

2 3D-VALAISTUS

3D-valaistuksen tarkoituksena on valaista virtuaalinen kolmiulotteinen maailma, jossa 3D-valot simuloivat oikean maailman valaistusta mahdollisimman realistisesti. Valaistukseen vaikuttavat eri valotyypit, kuten pistevalo, kohdevalo, suora kohdevalo, aluevalo, taivaankansivalo ja ympäristövalo. Näiden lisäksi valonlähteenä voi olla mikä tahansa 3D-objekti.

3D-valaistusta voi verrata oikeaan valaistukseen, mutta käytössä on myös paljon mahdollisuuksia, joita ei oikeassa valaistuksessa ole. Käytössä on rajattomasti valoja, joita käyttäjä voi luonnonlakienkin vastaisesti muokata ja määritellä, mitä ne valaisevat. (Lehtovirta, Nuutinen 2000, 39.)

Valaistukseen vaikuttavat myös paljon eri renderöintitekniikat, kuten Global Illumination ja sen eri algoritmit, jotka laskevat kuinka valonsäteet kimpoilevat 3D-objektista toiseen. Global Illumination -algoritmeja käsitelen tässä opinnäytetyössä myöhemmin.

Oikeanlainen 3D-valaistus on yksi tärkeimmistä asioista 3D-grafiikassa, jotta lopputuloksesta saadaan halutun ja realistisen näköinen.

2.1 Valaistuksen suunnittelu

Ennen valojen lisäämistä 3D-malliin, täytyy tietää valon tarkoitus, ja osata perustella sen käyttö. Valon perustellun käytön tulee ohjata jokaista päätöstä valojen säätämisessä. Kun osaa perustella valojen käytön, niin tietää, mitä oikean valaistuksen ominaisuuksia yrittää kuvata 3D-ohjelmassa. (Birn 2006, 2.)

Valaistusta suunnitellessa tulee ottaa huomioon myös se alue, mikä ei tule valmiissa kuvassa näkyviin. Tähän kuuluvat esimerkiksi kameran edessä oleva tila, varjot ja heijastukset. Oikeissa valokuvissa valaistukseen vaikuttavat usein enemmän kameran ulkopuoliset lähteet, kuin selkeästi näkyvillä olevat valot. (Birn 2006, 2.)

Uskottava kuva on hyvin suunniteltu kokonaisuus. Sen valot ovat tasapainossa, kuten ne ovat oikeassa maailmassakin. Esimerkkinä kirkas auringonvalo, joka tulee ikkunasta ja pöytävalo huoneessa. Kuvan katsoja olettaa auringon valon olevan kirkkaampi kuin pöytävalon. Hyvä tapa luoda uskottava valaistus on selvittää, miten valo käyttäytyy oikeassa maailmassa. (Birn 2006, 2.)

2.1.1 Valmistelut ennen valojen sijoittelua

Ennen valojen sijoittelua kannattaa 3D-ohjelmassa kaikki valmistella niin, että objektien ja valojen sijoittelu on mahdollisimman helppoa. Apuna voi käyttää eri näkymiä ja vapaasti liikuteltavaa kameraa.

3D-ohjelmissa on yleensä neljä eri näkymää, ylänäkö, sivunäkö, etunäkö ja perspektiivinäkö. Vaikka nämä neljä näkymää ovat hyviä objektien ym. asetelun kannalta, eivät ne ole kovin ideaaleja valaisuun. Valaistusta tehtäessä kannattaa käyttää muokattua näkymää, jossa on vähintään kaksi perspektiivinäkymää. Toinen näistä näkymistä on asetettu renderöimään valmis kuva. (Wissler 2013, 4.)

Kun renderöintinäkö on asetettu niin, että siitä näkyy haluttu näkö, ei sitä enää kannata liikutella. Tämän jälkeen tarvitaan toinen näkö, jonka avulla voidaan asettaa objekteja ja valoja. Näkymää voi vapaasti liikutella, eikä se vaikuta renderöintinäkömään. Myös muita näkymiä voi käyttää valojen aseteluun. Yksi hyödyllisistä näkymistä valojen aseteluun on katsoa valon läpi, eli käytännössä kamera on valon sisällä. Tällä näkymällä näemme juuri sen, mitä valo näkee. (Wissler 2013, 4.)

2.1.2 Virtuaalinen kamera

3D-kamera on virtuaalinen kopio oikeasta kamerasta. Kuten oikea kamera, se tallentaa näkymän, jonka se näkee. Virtuaalisessa kamerassa on paljon säätöjä, ja ne käyttäytyvät oikean kameran tavoin. Ennen valaistuksen sijoittelua kannattaa kamera asettaa huolellisesti paikalleen. Monet hienot kuvat, joita näemme, johtuvat usein hyvästä kamerakulmasta. Kun objektit ovat asetettu oikeille paikoilleen 3D-malliin, asetetaan kamera haluttuun kuvakulmaan. (Wissler 2013, 5.)

2.1.3 Yleisimpiä muokattavia valon ominaisuuksia

Useimmissa 3D-ohjelmissa valon ominaisuuksia voidaan muokata. Lehtovirran ja Nuutisen (2000, 40–41.) mukaan yleisimpiä muokattavia ominaisuuksia ovat:

- valon voimakkuus
- valon väri
- heittääkö valo varjoja
- kuinka kauas valo ulottuu
- valokeilan koko
- kuinka leveä on valokeilan reuna
- varjostavatko ympäristöstä tulevat savu, sumu jne. valoa
- mikä on valokeilan muoto
- valon vaikutus spekulointiin heijastumaan
- valon toimiminen projektorina.

Valoissa voidaan käyttää myös erilaisia efektejä, joita voivat Lehtovirran ja Nuutisen (2000, 40–41.) mukaan olla:

- erilaiset säteet
- tähden muoto
- valokehä
- valonlähteestä tuleva loiste
- kameran linssi -efekti
- volumetrinen valo.

3D-mallissa ei valonlähteen sijaintia automaattisesti näe. Valo kuitenkin syntyy tietyistä pisteistä ja sen saa näkyväksi käyttämällä siinä esimerkiksi loiste-efektiä. Valonlähteen voi myös mallintaa 3D-objektiksi, joka näyttää halutulta valolta. (Lehtovirta, Nuutinen 2000, 41.)

3 VALOTYYPIT

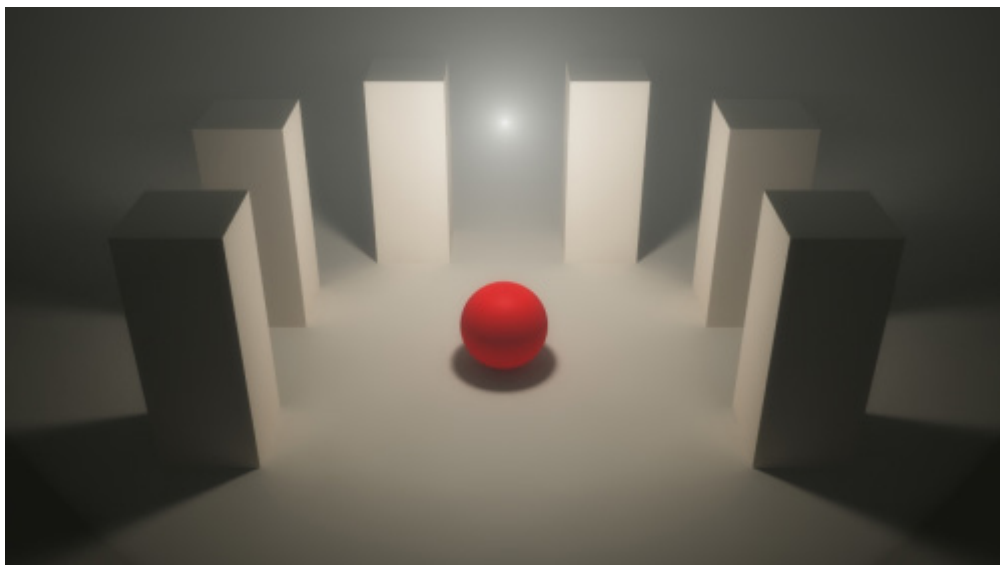
3D-maailmassa on eri valotyyppisiä, kuten todellisessakin maailmassa. Valot simuloivat todellisen maailman valoja ja niillä jokaisella on oma käyttötarkoituksensa. Melkein kaikissa 3D-ohjelmissa ovat käytössä samat valotyypit.

Kokeneet käyttäjät ovat oppineet käyttämään tiettyjä valoja oikeissa tilanteissa, mutta on yleistä, että monet uudet käyttäjät käyttävät eri valotyyppisiä väärissä tilanteissa. Valotyyppien oikeanlainen valinta auttaa saamaan valaistuksesta kaiken hyödyn irti. (Birn 2006, 19; Wissler 2013, 6.)

3.1 Pistevalo

Pistevalo on yksinkertaisin valonlähde 3D:ssä ja se säteilee valoa tasaisesti joka puolelle ympäristöönsä. Pistevaloa voi parhaiten verrata huoneessa olevaan yksittäiseen lampuun. Erona oikeaan lampuun on se, että pistevalosta tulevat säteet lähtevät kaikki samasta pisteestä. (Birn 2006, 19–20.)

Pistevaloa käytetään 3D:ssä, kun halutaan valonsäteiden jakautuvan tasaisesti joka puolelle ympäristöön. Melkein kaikissa muissa valaisutilanteissa käytetään jotain muuta valoa. (Wissler 2013, 8.) Kuvassa 1 on 3D-malli valaistu yhdellä pistevalolla.



KUVA 1. Pistevalo

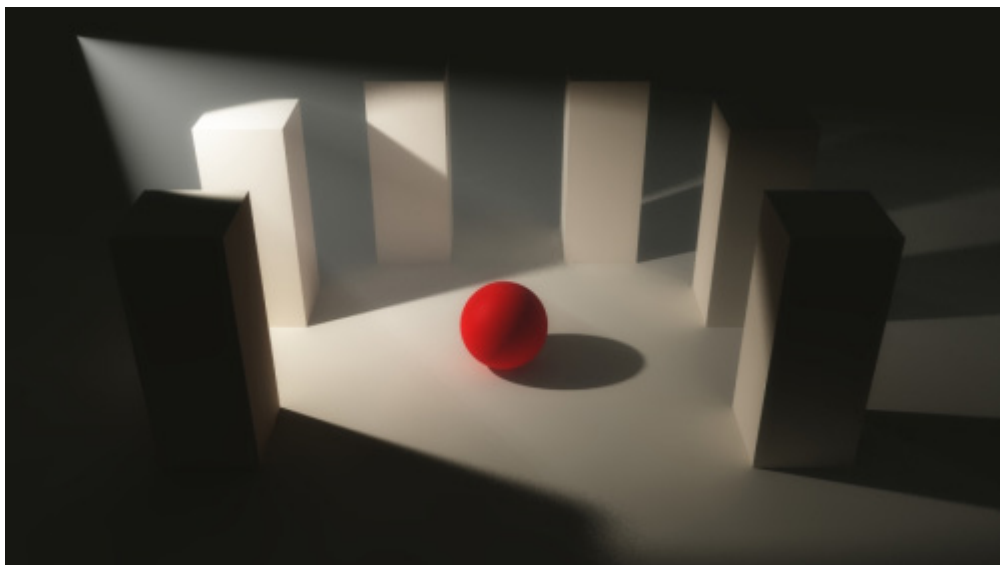
3.2 Kohdevalo

Kohdevalo on suosituin valotyyppi tietokonegrafiikassa, koska sitä pystytään säätämään melkein täydellisesti. Sen säteet lähtevät yhdestä pisteestä, kuten kohdevalossa, mutta niiden leviäminen on rajattu kartiomaiseksi. Kohdevalon suuntaamisella voidaan valaista ympäristöstä vain tietty kohde. Kohdevaloilla voidaan myös toteuttaa koko 3D-valaistus käyttämällä useita valoja yhtä aikaa. (Birn 2006, 20.)

Kohdevaloilla voi simuloida myös suoraa kohdevaloa, viemällä valo tarpeeksi kauas valaistavasta kohteesta. Kohdevalon etuna suoraan kohdevaloon on, että sen kartion halkaisijaa pystytään säätämään ja täten rajaamaan, kuinka leveälle valonsäteet leviävät. (Wissler 2013, 12.)

Sillä voidaan myös matkia aluevaloa, käyttämällä monia valoja vaikkapa rivissä. Tekniikan etuna on, että kohdevalojen renderöiminen on huomattavasti nopeampaa, kuin yksittäisen aluevalon renderöinti. Huonona puolena on valojen asetteluun menevä aika. (Wissler 2013, 12.)

Kohdevalon käyttö on yleistä, jos halutaan rajattu kartion mallinen valonsäde, tai halutaan valaista tietty kohde. (Wissler 2013, 12.) Kuvassa 2 on 3D-malli valaistu käyttäen yhtä kohdevaloa.



KUVA 2. Kohdevalo

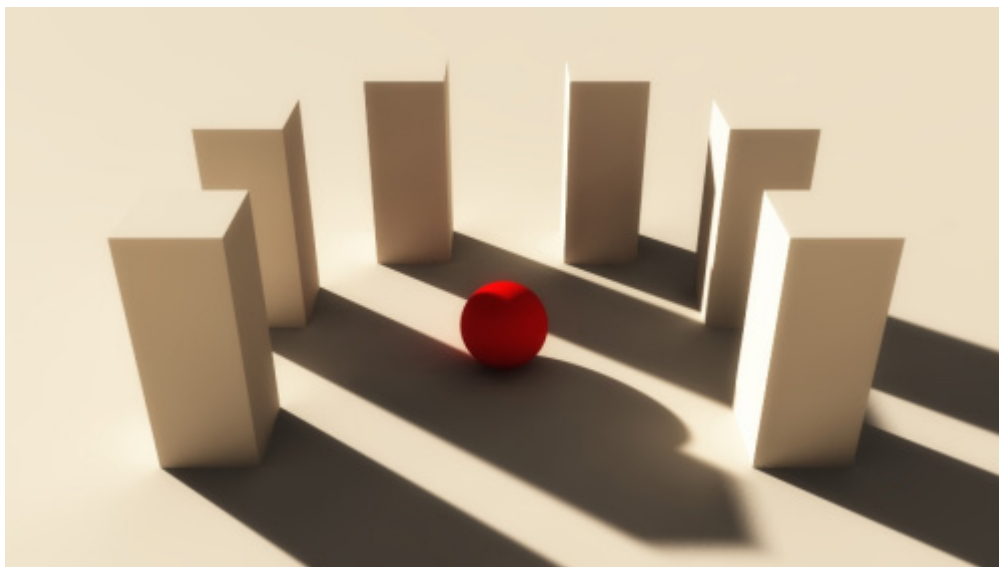
3.3 Suora kohdevalo

Suora kohdevalo simuloi yleensä suoraa auringon valoa. Se valaisee joka objektin samasta kulmasta, huolimatta siitä, missä objekti sijaitsee suhteessa valoon. Vaikka useimmissa 3D-ohjelmissa suora kohdevalo näyttäisi olevan lähellä objekteja, näyttää sen tuottama valo kuitenkin siltä, että se tulisi todella kaukaa. (Birn 2006, 23–24.)

Kun valonlähde on tarpeeksi kaukana, osuvat sen tuottamat säteet lopuksi kohteeseen suorina. Kaikki muut säteet, jotka ovat olleet epäsuoria, ovat hävinneet matkan varrella. Tästä esimerkkinä oikea auringonvalo, joka meistä näyttää suoralta valolta, vaikka se ei sitä lähtiessään ollut. (Wissler 2013, 9.)

Suora kohdevalo on erinomainen täytevalo, jolla voidaan halutessa kirkastaa esimerkiksi varjoja. Se sopii hyvin myös valonlähteeksi silloin, jos halutaan nopeasti valaista 3D-ympäristö, koska se on helppo laittaa paikalleen. (Wissler 2013, 9.)

Suoraa kohdevaloa käytetään, kun halutaan valaista koko 3D-malli yhdellä suoralla valolla. (Wissler 2013, 9.) Kuvassa 3 on 3D-malli valaistu suoralla kohdevalolla.



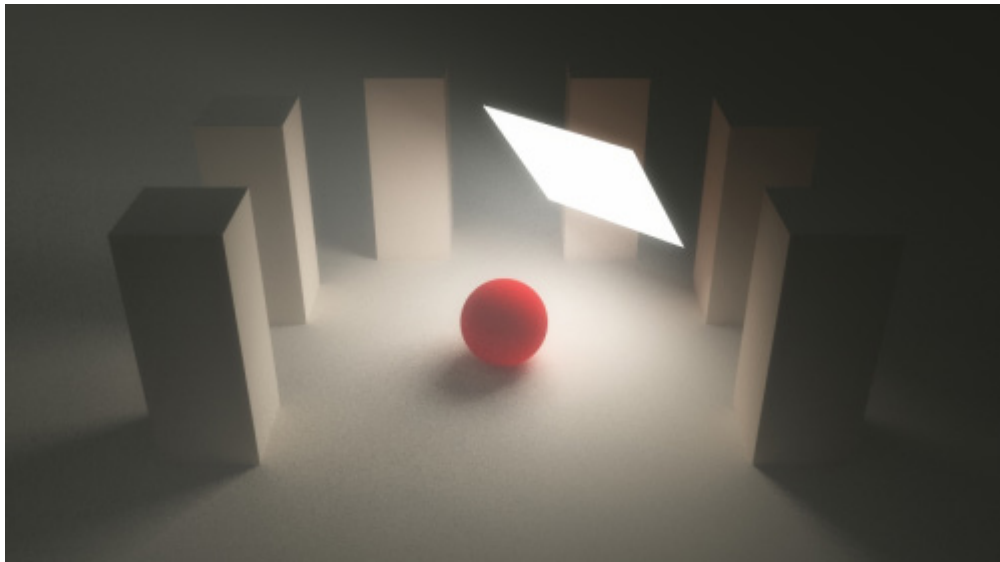
KUVA 3. Suora kohdevalo

3.4 Aluevalo

Aluevalo on valotyyppi, joka simuloi fyysisen valon kokoa oikeassa maailmassa. Jos piste-, kohde- ja suora kohdevalo skaalataan, ei se vaikuta itse valaisuun, mutta aluevalo skaalattaessa valaistus muuttuu valon koon mukaan. Aluevalon ollessa kooltaan pieni, muistuttaa se pistevaloa, kun taas suuri aluevalo voi muistuttaa vaikkapa ikkunas-ta tulevaa pehmeää valoa. Valot voivat olla erilaisia geometrisiä muotoja ja muoto vali-taan usein sen mukaan, mitä valonlähdettä sen halutaan simuloivan. (Birn 2006, 24.)

Aluevalon tuottama valo on todella realistista, koska se levittää moninkertaisia säteitä eri puolille valaistavaa aluetta, kun taas perusvalon säteet lähtevät yhdestä pisteestä. Se on hyvä valinta, jos halutaan realistinen 3D-valaistus. (Birn 2006, 24.)

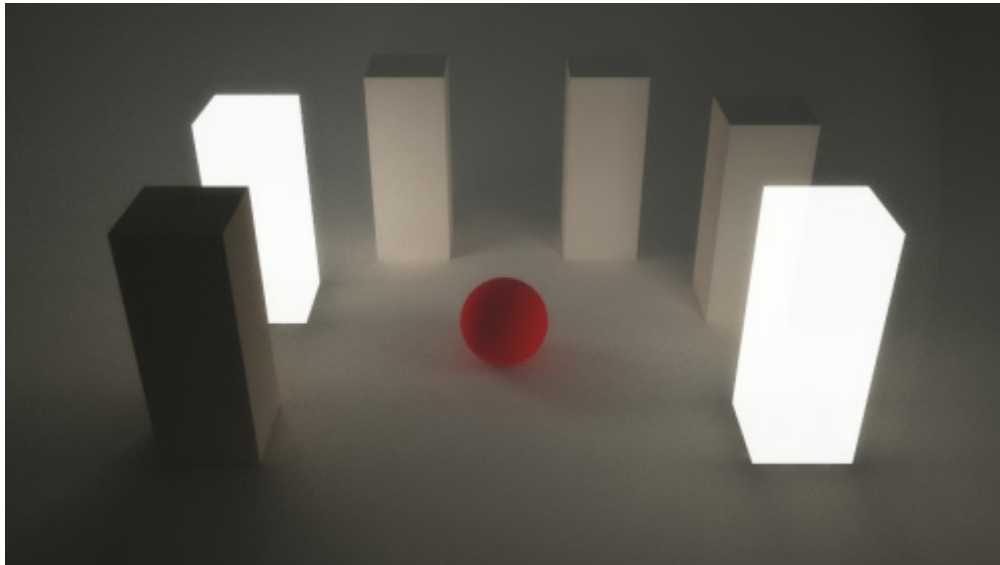
Aluevalon säätäminen on hieman hankalampaa, kuin muiden yleisien valotyyppien, koska valon voimakkuuteen vaikuttaa skaalaus ja välimatka. Käyttäjän tarvitsee aina nähdä, miten valo käyttäytyy, jotta sitä voi säätää. Tästä syystä voi syntyä tilanteita, joissa valoa on aivan liikaa, tai valoa ei ole juuri ollenkaan. Aluevaloa käytetään, kun valon halutaan simuloivan jotakin pehmeää valon lähdettä. (Wissler 2013, 15.) Kuvassa 4 on 3D-malli valaistu käyttämällä yhtä aluevaloa.



KUVA 4. Aluevalo

3.5 3D-objekti valona

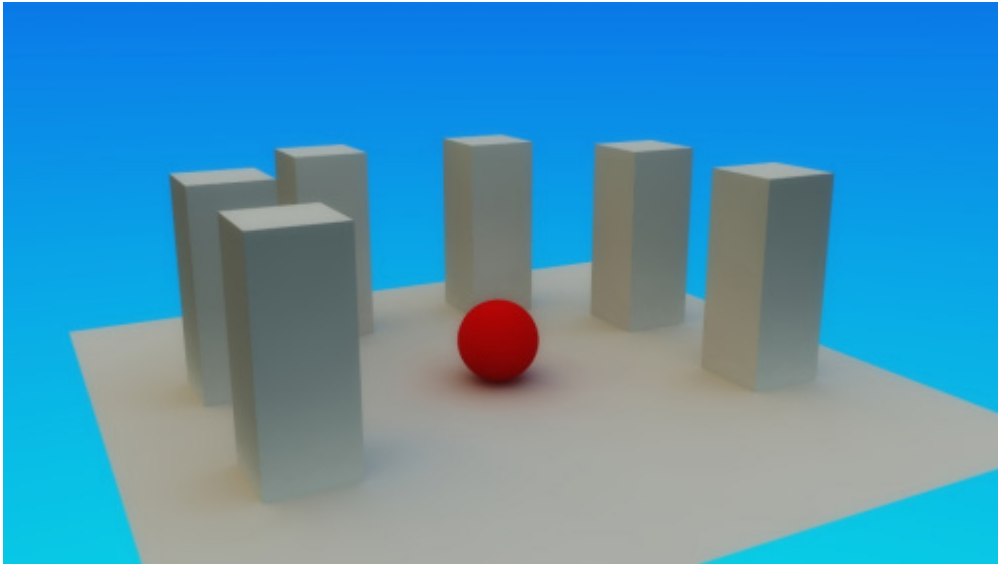
Useimmissa 3D-ohjelmissa voidaan 3D-objekti muuttua valonlähteeksi. Tämä mahdollistaa epätavallisten muotojen toimimisen valona, koska objekti voi olla minkä muotoinen tahansa. Tätä menetelmää ei kuitenkaan käytetä aina, koska sen renderöiminen on usein turhan hidasta. Samantapaisen valon voi muodostaa asettamalla pistevaloja objektin sisään, jossa on läpikuultava materiaali, ja täten nopeuttaa renderöintiä. (Birn 2006, 26.) Kuvassa 5 on 3D-malli valaistu muuttuen kaksi 3D-objektia valonlähteiksi.



KUVA 5. 3D-objekti valona

3.6 Taivaankansivalo

Taivaankansivalo on erityinen valonlähde, joka ympäröi ja valaisee koko 3D-mallin joka puolelta. Se on täydellinen valo simuloimaan taivaalta tulevaa valoa ja sitä on hyvä käyttää myös täytevalona muiden valotyyppeiden kanssa. Taivaankansivalo on suuri pallo 3D-mallin ympärillä, joka valaisee kaiken sen sisällä olevan. (Birn 2006, 27.) Kuvassa 6 on 3D-malli valaistu taivaankansivalolla.

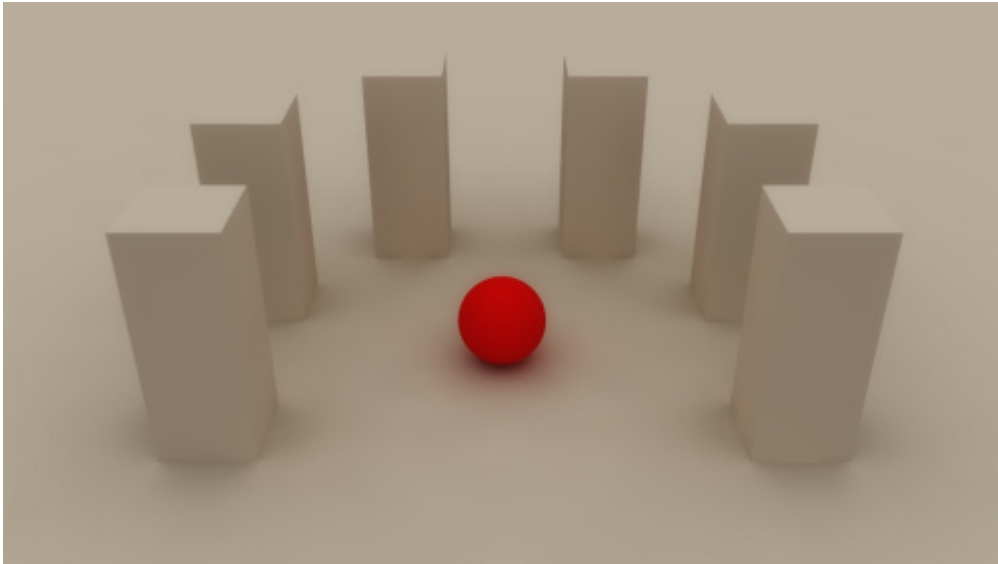


KUVA 6. Taivaankansivalo

3.7 Ympäristövalo

Ympäristövalo tarkoittaa kaikkea sitä valoa, mikä on ympärillämme. Se sisältää taivaalta tulevan valon, valon joka heijastuu jostain takaisin ja kaikki muut valonlähteet. Tietokonegrafiikassa monissa ohjelmissa on ympäristövalo, mutta se on epärealistinen. Tämä johtuu siitä, että se valaisee objektit kauttaaltaan samalla kirkkaudella ja värillä. 3D-mallista katoaa tällöin varjostukset ja monimuotoisuus. (Birn 2006, 27–28.)

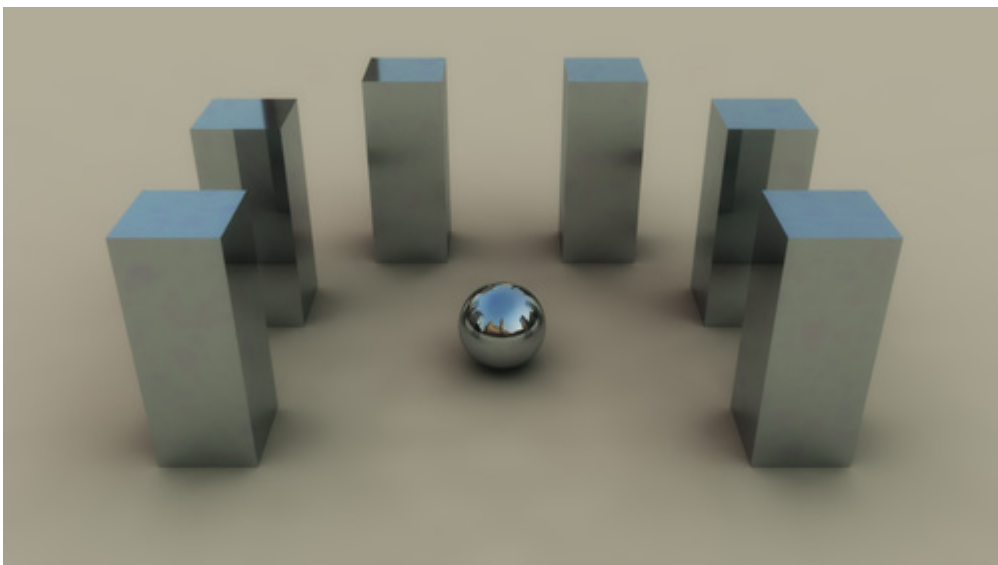
Ympäristönvaloa voidaan kuitenkin käyttää nykyaikaisilla ohjelmilla, joilla voidaan laskea ympäristövalon tuottamat varjot. Tätä tekniikkaa kutsutaan nimeltään Ambient Occlusion. Ilman Ambient Occlusion -tekniikkaa ympäristövaloa voidaan käyttää vain erittäin pienellä valon voimakkuudella, tai ei ollenkaan. Ambient Occlusion -tekniikasta kerrotaan opinnäytetyössä myöhemmin. (Wissler 2013, 17.) Kuvassa 7 on 3D-malli valaistu ympäristövalolla.



KUVA 7. Ympäristövalo

3.8 Image-based lighting

Image-based lighting on tekniikka, jossa kuvaa käytetään valonlähteenä. Valaistus ottaa värinsä ja voimakkuutensa kuvasta. Image-based lighting -tekniikalla voi valaista koko 3D-mallin, tai vain osan siitä ja käyttää lisäksi muita valotyyppejä. Tekniikkaa voidaan myös käyttää luomaan heijastuksia, kiiltoja ja ympäristövaloa. Kuvat, joita valaisuun käytetään, ovat usein valokuvia. Lisäksi ne ovat usein HDR-kuvia. HDR-kuvia käytetään siksi, koska niiden dynamiikka on suurempi kuin tavallisten valokuvien. (Wissler 2013, 401–402.) Kuvassa 8 on 3D-malli valaistu Image-based lighting -tekniikalla.



KUVA 8. Image-based lighting

4 VARJOT

Varjot ovat 3D-kuvissa yhtä tärkeitä kuin itse valaistus. Ilman varjoja kuva ei näytä realistiselta. Varjojen lisääminen on helppoa, mutta niiden oikeanlainen käyttö ja säätäminen on paljon vaikeampaa. 3D-valaisu kannattaa jakaa kahteen yhtä tärkeään osaan. Valaisu on toinen osa ja varjot toinen. Varjot tuovat kuvaan syvyyttä, sitovat objektit toisiinsa ja parantavat sijoittelua. (Birn 2006, 43; Wissler 2013, 41.)

4.1 Varjotyypit

Varjot eivät ole samanlaisia. Jos seuraa oikean maailman varjoja, huomaa niiden olevan sumentuneita tai teräviä, tummia tai vaaleita, suoria tai epäsuoria, isoja tai pieniä. On siis ensisijaisen tärkeää perehtyä siihen, miltä varjot näyttävät oikeassa maailmassa, jotta ne pystytään mallintamaan oikealla tavalla 3D-ohjelmassa. Kannattaa siis miettiä, mikä valonlähde aiheuttaa tietynlaisen varjon. (Wissler 2013, 41.)

4.1.1 Heittovarjo

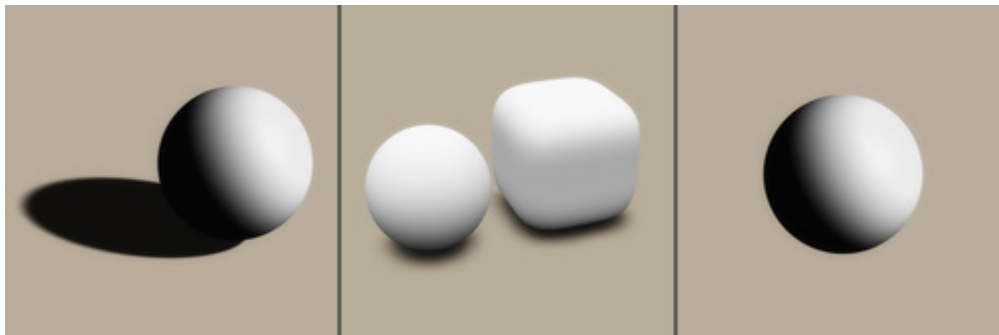
Heittovarjo on yleisin varjotyyppi, mikä tulee mieleen varjoja ajateltaessa. Tämän tyyppinen varjo muodostuu, kun jokin kappale pysäyttää valon etenemisen toiseen kappaleeseen. Varjo muodostuu valosta, joka on tiettyssä suunnassa kappaleeseen nähden. (Wissler 2013, 42.)

4.1.2 Kontaktivarjo

Kontaktivarjo on pehmeä ja epäselvä varjo, joka syntyy kahden pinnan ollessa lähellä toisiaan. Se ei tule mistään tietystä suunnasta, koska se syntyy ympäristön tuottamasta valosta. Kontaktivarjojen olemassaolo 3D-kuvassa tekee siitä realistisemmän, koska varjot syntyvät kappaleiden ja valon yhteisvaikutuksella. Yhdistämällä heitto- ja kontaktivarjot saadaan paljon realistisempia tuloksia, kuin pelkillä heittovarjoilla. (Wissler 2013, 42.)

4.1.3 Kohteen oma varjo

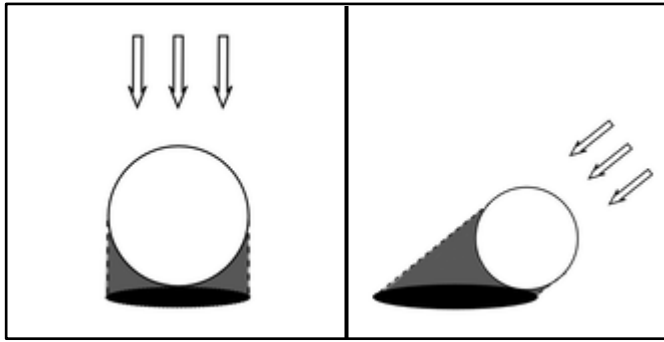
Kohteen oma varjo syntyy, kun siihen osuva valo valaisee kohteesta vain toisen puolen. Kohteen oma varjo on valonlähdettä vastakkaisella puolella ja kohteen se puoli on täten pimennossa. Toisin kuin heitto- ja kontaktivarjo, ei tämän tyyppisen varjon syntymiseen tarvitse 3D-ohjelman käyttäjän tehdä mitään. Varjo syntyy automaattisesti, kun 3D-ohjelma laskee valoista tulevat säteet. Kohteen omat varjot kuuluvat yhtenä osana 3D-valaistukseen. Niitä tulee kuitenkin tarkkailla, ettei niistä tule liian tummia, tai liian vaa-leita verrattuna heitto- ja kontaktivarjoihin. (Wissler 2013, 43.) Kuvassa 9 on kolme eri varjotyyppiä.



KUVA 9. Heittovarjo, kontaktivarjo ja kohteen oma varjo

4.2 Varjon koko

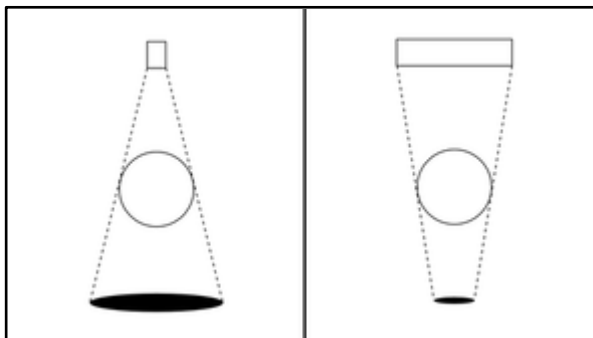
Varjon kokoon vaikuttaa useampi eri asia. Näitä ovat valon kulma, valon koko ja väli-matka. Eniten näistä varjoon vaikuttaa valon kulma. Esimerkiksi, jos valonsäteet tulevat kohtisuorassa varjoja vastaanottavaan kappaleeseen, on varjo suhteellisen pieni. Jos valonsäteet tulevat kappaleeseen voimakkaassa kulmassa, tulee varjosta pidempi ja suu-rempi. Tämän huomaa oikeassa maailmassa siitä, että iltapäivällä varjot pitenevät ja suurenevat, kun auringon kulma muuttuu. (Wissler 2013, 44.) Kuvassa 10 on havainnol-listettu kohtisuoraan tuleva valo ja kulmassa tuleva valo.



KUVA 10. Kohtisuoraan tuleva valo ja kulmassa tuleva valo

Toinen asia, joka vaikuttaa varjon kokoon, on valonlähteen koko. Valonlähteen koko vaikuttaa varjon epätarkkuuteen ja varjon kokoon. Mitä suurempi valonlähde on, sitä pienempi varjo ja päinvastoin. Varjo voidaan jakaa kahteen alueeseen, puolivarjioon ja kokovarjioon. (Wissler 2013, 44.)

Puolivarjo on alue, joka on osittain valossa ja osittain varjossa. Se on käytännössä vaaleampi sävyllään, kuin keskellä oleva tummempi alue, eli kokovarjo. Kokovarjo taas on kokonaan varjossa oleva alue, eikä siihen tule valoa. Kokovarjo on tumma ja vaalenee yhdistyessään puolivarjioon. (Gallardo 2001, 17–18.) Kuvassa 11 on havainnollistettu pienempi valonlähde ja suurempi valonlähde.

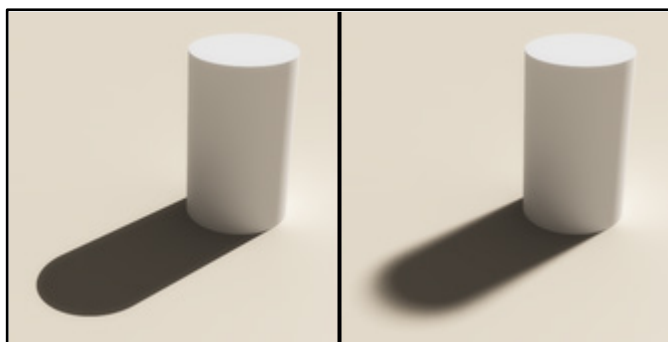


KUVA 11. Pienempi valonlähde ja suurempi valonlähde

Viimeinen asia, joka vaikuttaa varjon kokoon, on etäisyys. Monesti luullaan, että mitä lähempänä valo on, sen suurempi on myös varjo. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa kuin joissain olosuhteissa, mutta yleensä ei. Kun valonlähde on kohdetta pienempi, kasvaa varjon koko mitä kauempana valo on. Kun taas valonlähde on kohdetta isompi, pienenee varjon koko mitä kauempana valo on. Helpoin tapa selvittää varjon kokoa on liikutella valonlähdettä ja seurata, mitkä sen vaikutukset ovat. (Wissler 2013, 45.)

4.3 Kovat ja pehmeät varjot

3D-ohjelmissa oletuksena varjot ovat usein kovia, eli niissä on selkeästi määritellyt terävät reunat. Yleensä kuitenkin kannattaa käyttää pehmeitä varjoja, jotka eivät erotu yhtä selvästi ja häipyvät vähitellen pois etäisyyden kasvaessa. Varjokarttoja käytettäessä voi varjoja pehmentää säätämällä. Varjot pehmenevät tällöin tasaisesti, mutta eivät pehmene lisää välimatkan kasvaessa. Tällä ei kuitenkaan ole väliä, jos varjot ovat lyhyitä ja varjokarttaan säädetään vain vähän pehmeyttä. Liian suurta pehmeyttä käyttämällä varjot näyttävät epäaidoilta. Säteenseurantavarjoja käytettäessä pehmeät varjot näyttävät yleensä aina hyviltä ja ne myös pehmenevät realistisesti välimatkan kasvaessa. Niiden pehmeyttä voidaan myös säätää monilla tavoin ja saada luonnolliselta näyttävät varjot. (Birn 2006, 68–71.) Kuvassa 12 on kova- ja pehmeä säteenseurantavarjo.



KUVA 12. Kova- ja pehmeä säteenseurantavarjo

4.4 Varjoalgoritmit

Useimmat 3D-ohjelmat antavat valita kahdesta suositusta tekniikasta halutun, jota käytetään varjojen laskemiseen. Varjokartta on yleensä nopein ja tehokkain tekniikka, mutta siinä on rajattu resoluutio, ja sitä pitää usein säätää varjon epätarkkuuksien välttämiseksi. Toinen tekniikka on säteenseurantavarjo, jota on helppo käyttää, ja se on tarkka missä tahansa resoluutiossa, mutta se on hidas renderöidä. (Birn 2006, 55.)

4.4.1 Varjokartta

Varjokartat ovat nopeita renderöidä ja se on niiden suurin etu. Varjokartan kertaalleen laskettu data voidaan tallentaa ja käyttää uudestaan ilman laskemista. Se tekee lopulli-

sesta kuvan renderöimisestä vieläkin nopeampaa. Varjokarttojen huono puoli on, että ne eivät ole kovin realistisen näköisiä, koska ne eivät huomioi pintojen läpinäkyvyyksiä, joten ne ovat aina tasaisen himmeitä. Ne myös epätarkentuvat tasaisesti etäisyyden kasvaessa, mitä oikeat varjot eivät tee. (Wissler 2013, 47.)

4.4.2 Säteenseurantavarjo

Säteenseurantavarjot ovat paljon realistisemmän näköisiä verrattuna varjokarttoihin. Ne ottavat huomioon pintojen ominaisuudet, kuten läpinäkyvydet ja värit. Säteenseurantavarjot epätarkentuvat myös luonnollisella tavalla etäisyyden kasvaessa. Niiden dataa ei voi tallentaa, joten ne täytyy laskea aina uudelleen, mikä hidastaa renderöintiä. (Wissler 2013, 47–48.)

5 KOLMIPISTEVALAISU

Kun 3D-mallin valaiseminen aloitetaan, on usein vaikea päättää, mihin valot tulisi sijoittaa, jotta lopputuloksesta tulisi mahdollisimman hyvän näköinen. Se, missä valot sijaitsevat, kuinka monta niitä on ja mihin tarkoitukseen niitä käytetään, on hyvä miettiä valmiiksi. Vaikka eri valaisutekniikoita on todella paljon, on niistä yleisimmin käytetty kolmipistevalaisu. Kun ymmärtää kolmipistevalaisutekniikan, on valaisun tekijällä paljon syvempi käsitys valojensa tarkoituksesta. Kolmipistevalaisu on erittäin tärkeä taito 3D-valaisussa, koska sen jälkeen valojen hallinta on muissakin tilanteissa paljon helpompaa. (Wissler 2013, 253.)

Yksi perinteisimmistä ja suosituimmista valaisutekniikoista kohteen valaisemisessa on siis kolmipistevalaisu. Eri variaatioita käyttämällä voi valaista melkein minkä tahansa kohteen sen koosta riippumatta. Kolmipistevalaisussa jokaisella kolmella valolla on oma roolinsa, joka palvelee tiettyä tarkoitusta. Nämä eri valot ovat päävalo, täytevalo ja taustavalo. (Birn 2006, 131.)

5.1 Päävalo

Päävalo on kolmipistevalaisun kirkkain ja olennaisin valo. Se määrittelee valaistuksen ja varjojen kulman. Päävalon asettelu on täten usein tärkeintä, kun 3D-mallin valaiseminen aloitetaan. Laittamalla päävalon liian lähelle kameraa saa kohteen usein näyttämään lattealta, koska se valaisee liikaa ja vähentää varjoja. Viemällä valoa kauemmaksi kamerasta, näkyvät kohteen muodot selkeämmin ja varjot tuovat siihen syvyyttä. Olemme tottuneet näkemään esimerkiksi ihmisen kasvot valaistuna yläpuolelta, joten sieltä tuleva valo näyttää meistä luonnolliselta. Jos valo tulee alapuolelta, kasvot näyttävät epäluonnollisilta ja jopa pelottavilta. Päävalon voi asettaa tulemaan vasemmalta tai oikealta, mutta sen on silti hyvä tulla myös hieman yläkulmasta. Kuva kannattaa renderöidä käyttämällä vain päävaloa, jotta voi olla varma, että valo käyttäytyy halutulla tavalla. (Birn 2006, 136.)

5.2 Täytevalo

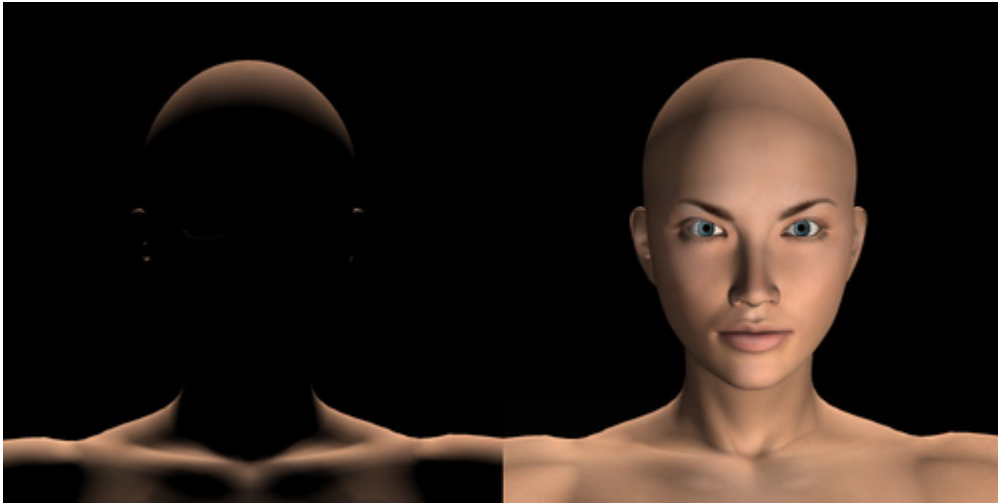
Täytevalo laajentaa päävalon tuottamaa valaistusta ja valaisee 3D-mallin ne osat, jotka päävalo jättää pimentoon. Sitä voi verrata vaikkapa johonkin pieneen valonlähteeseen, tai taivaalta tulevaan valoon. Kun päävalo on säädetty paikoilleen, lisätään täytevalo. Sitä kannattaa liikutella 3D-mallin ympärillä, kunnes se on halutulla paikalla ja täytevalo tulee oikeasta suunnasta. Yleensä sen kirkkaus kannattaa heikentää vähintään puoleen verrattuna päävaloon ja sen värisävy kannattaa olla hieman erilainen. Täytevalolle paras sijainti on usein se, mistä se valaisee sen kohteen kohdan, mitä päävalo ei valaise. Se on siis usein sijoitettu päävalon vastakkaiselle puolelle. (Birn 2006, 136–138.) Kuvassa 13 on 3D-malli valaistu päävalolla ja täytevalolla.



KUVA 13. Päävalo ja täytevalo

5.3 Taustavallo

Taustavalon tarkoituksena on luoda kirkas raja kohteen reunoihin ja erottaa se taustasta. Se kannattaa asettaa niin, että valo tulee kohteen takaa yläviistosta. Yleensä se asetetaan valaisemaan vain kohdetta, eikä mitään muuta. Liikuttamalla taustavaloa edestakaisin voi säätää, kuinka leveä ja kirkas sen valo on. Jos halutaan ohuemat ja hienovaraisemmat reunat, asetetaan valo lähemmäksi kohdetta, kun taas siirtämällä valoa kauemmaksi, näkyvät kohteen reunat selkeämmin ja ovat pehmeämpiä. (Birn 2006, 140–143.) Kuvassa 14 on 3D-malli valaistu taustavalolla ja kolmipistevalaisulla.



KUVA 14. Taustavalo ja kolmipistevalaisu

5.4 Kolmipistevalaisun toimivuus

Kolmipistevalaisu toimii hyvin melkein millaisessa 3D-mallissa tahansa, koska olemme tottuneet asiat niin näkemään. Useimmissa tilanteissa on jokin valo, joka toimii päävalona. Se vastaa käsitystämme oikeasta maailmasta. Oikeassa maailmassa on yksi hallitseva valo, ja se on aurinko. Useimmiten näemme melkein missä tahansa tilanteessa jonkun ensisijaisen valonlähteen. Kun valoa tarvitaan varjoisiin kohtiin, käytetään täytevaloa. Usein täytyy nähdä, mitä varsinaisen kohteen taustalla on, varsinkin jos se on kuvan kannalta tärkeää. Lisäksi tarvitsemme keinon, jolla luodaan syvyysvaikutelma. Tähän käytetään taustavaloa. Pitää kuitenkin muistaa, että tietokonegrafiikan kolmipistevalaisu ei ole sama asia kuin oikean maailman kolmipistevalaisu. Tietokonegrafiikassa valaisuun vaikuttavat myös paljon eri renderöintitekniikat, jotka täytyy hallita. (Wissler 2013, 257–258.)

6 RENDERÖINTI

Renderöinti tarkoittaa 3D:ssä sitä, että tietokone laskee valmiin kuvan. Se on toisin sanoen tietokoneella tehtävää kuvan valottamista. Kaikki säädöt ja valinnat tekee kuitenkin käyttäjä. Nykyaikaisia 3D-ohjelmia käytettäessä on lopputuloksen kannalta tärkeintä ymmärtää ja osata käyttää niiden tarjoamia renderöintitekniikoita, jotta valmis 3D-kuva olisi mahdollisimman hyvä ja oikean näköinen. Nämä tekniikat vaikuttavat myös eniten siihen, miten 3D-valot ja kaikki materiaalit lopulta käyttäytyvät.

Yksi tärkeimmistä asioista 3D-valaistuksen tekijälle on optimoida renderöintiasetukset niin, että renderöinti on mahdollisimman nopeaa. Vaikka 3D-ammattilaiset kiinnittävät tähän asiaan paljon huomiota, jää se monilta muilta turhan vähälle huomiolle. Joskus myös ammattilaiset saattavat luulla, että jos on todella tehokas tietokone, niin renderöinnin optimoinnilla ei ole niinkään väliä. Totuus kuitenkin on, että renderöintiajalla on aina väliä. Mitä nopeampi tietokone, niin sitä enemmän me siltä vaadimme. Tämä aiheuttaa jälleen pidempiä renderöintiaikoja ja renderöinti täytyy jälleen optimoida. Hitaaseen Renderöintiin ei siis kannata uhrata turhaa aikaa, jos sitä voi optimoinnilla nopeuttaa. (Wissler 2013, 307–308.)

Nopeaan lopulliseen renderöintiin vaikuttaa moni eri asia. Yksi tärkeistä asioista on harkita tarkkaan, mitä renderöintialgoritmia käyttää. Algoritmit, jotka kestävät kauan laskea, kannattaa käyttää vain silloin, kun niitä lopputuloksen kannalta tarvitaan. Renderöinnissä kannattaa siis käyttää vain niin laadukkaita asetuksia, mitä valmis 3D-kuva kulloinkin vaatii. (Wissler 2013, 308.)

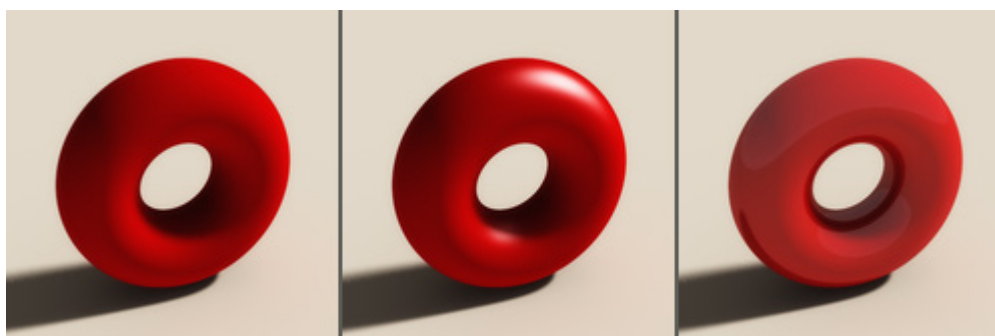
Myös nopeita testirenderöintejä tarvitaan, jotta työn edetessä voi nopeasti tarkistaa, millä 3D-kuva sillä hetkellä näyttää. Yleensä valmis 3D-kuva vaatii lukuisia testirenderöintejä. Aina, kun jokin pienikin muutos 3D-mallissa tehdään, täytyy kuva renderöidä, jotta muutokset voi nähdä. (Wissler 2013, 308.)

Kun tarvitaan nopeampaa renderöintiä, kannattaa renderöitävän kuvan koko pitää mahdollisimman pienenä. Jos kuvan koko on puolet lopullisesta koosta, nopeuttaa se renderöintiä jopa nelinkertaiseksi. Yksi tapa on renderöidä kuvasta vain haluttu pieni alue, joka halutaan tarkastella. 3D-mallista voi myös piilottaa objekteja, joita ei sillä hetkellä

tarvitse ja täten nopeuttaa renderöintiä. Mitä vähemmän tietokoneella on laskettavia objekteja, sen nopeammin se myös laskee valmiin 3D-kuvan. (Wissler 2013, 310.)

6.1 Shaderit

Renderöintiprosessi aloitetaan usein valitsemalla objekteihin halutut pinnat ja määrittelemällä, kuinka ne käyttäytyvät valojen kanssa. 3D-ohjelmissa pintojen ominaisuuksia voi säätää shadereilla, joilla säädetään, kuinka 3D-objektit reagoivat valoon. Kolme yleistä tapaa, miten valo heijastuu pinnasta, ovat diffuusi heijastus, kiiltävä heijastus ja spekulari heijastus. Diffuusissa heijastuksessa valon säteet heijastuvat pinnasta kauttaaltaan joka puolelle. Kiiltävässä heijastuksessa valon säteet säilyttävät suuntansa, mutta hajoavat tai pehmenevät hieman. Spekulaarissa heijastuksessa valon säteet säilyttävät suuntansa täydellisesti, eivätkä hajoa ollenkaan. (Birn 2006, 247–248.) Kuvassa 15 on kolme eri heijastusta.



KUVA 15. Diffuusi heijastus, kiiltävä heijastus ja spekulari heijastus

Usein pintojen heijastukset kuitenkin koostuvat näiden kolmen heijastuksen yhdistelmästä. Oikeassa maailmassa pinnat eivät koskaan heijasta valoa täydellisen spekulariesti. Esimerkiksi peilissä on havaittavissa myös kiiltävää heijastusta ja diffuusi heijastusta. (Birn 2006, 249.)

6.2 Pyyhkäisyjuova-renderöinti

Pyyhkäisyjuova-renderöinti on nopein menetelmä laskea kuva valmiiksi. Se laskee ainoastaan sen, mitä kamera näkee ja hylkää kaiken muun. Tämä tekee pyyhkäisyjuova-renderöinnistä todella nopean renderöintitavan, mutta samalla rajoittaa sitä ja tästä syys-

tä se ei esimerkiksi laske todellisia heijastumia, eikä huomioi valon käyttäytymistä läpinäkyvissä pinnoissa. Sitä kuitenkin käytetään usein animaatioiden ja reaaliaikaisen grafiikan laskemiseen nopeutensa vuoksi. (Wissler 2013, 313.)

6.3 Säteenseuranta

Säteenseuranta-algoritmi laskee myös piilossa olevat objektit, joten nekin, joita kamera ei näe, sisältyvät laskentaan. Tämän voi huomata 3D-mallin ympärillä olevien objektien aiheuttamista heijastumista tai niistä tulevista varjoista. Säteenseuranta-algoritmin nimi tulee siitä, että se seuraa valonsäteiden kulkua. Se on myös melko realistinen laskentatapa simuloimaan, miten valo oikeassa maailmassa käyttäytyy. Oikeassa maailmassa valo on peräisin eri lähteistä, kimpoilee esineistä ja tavoittaa vihdoinkin ihmisen silmän. Säteenseuranta toimii samalla tavalla ja päättyy lopulta 3D-kameran linssiin. Erona oikeaan valoon kuitenkin on, että se kulkee kamerasta valoon päin. Säteenseuranta kulkee takaperin, koska se on paljon tehokkaampaa laskea. (Wissler 2013, 314–315.)

6.4 Suora valaistus ja epäsuora valaistus

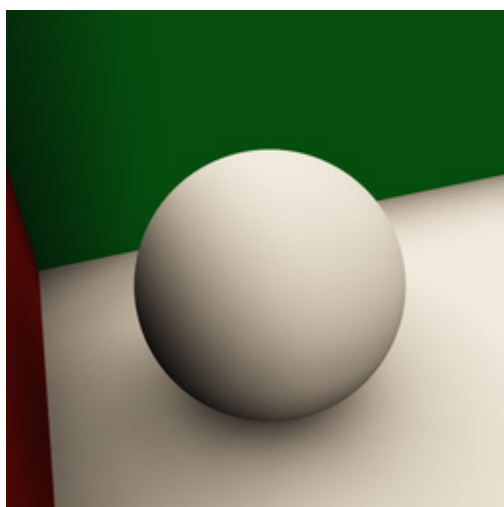
Koska seuraavissa luvuissa kerrotaan tekniikoista, jotka liittyvät epäsuoraan valaistukseen, on hyvä tietää, mitkä ovat suoran valaistuksen ja epäsuoran valaistuksen erot.

Suora valo hohtaa suoraan valonlähteestä objektiin. Valonlähteenä voi olla hehkulamppu tai aurinko. Epäsuora valo on valoa, joka on jo kimmonnut jostain pinnasta, ennen kuin se valaisee muut objektit. Esimerkiksi lattialamppu, joka hohtaa valoa kattoon, on suoraa valoa. Kun taas valo, joka heijastuu katosta seiniin ja lattiaan, on epäsuoraa valoa. (Birn 2006, 5.)

6.5 Ambient Occlusion

Ambient Occlusion on algoritmi, jonka avulla ympäristön valo ja heijastukset lasketaan. Se ei ole fysiikan lakien mukaisesti tarkka, mutta se laskee, miltä ympäristön valon ja heijastusten tulisi näyttää. (Wissler 2013, 386.)

Ambient Occlusion muodostaa varjot ympäristöstä tulevasta valosta. Varjo muodostuu valosta, joka tulee kaikista suunnista. Valo, joka tulee kaikista suunnista, on epäsuoraa valoa. Sen tuottamat varjot ovat täten myös epäsuoria. Varjot syntyvät, kun kappaleiden pinnat ovat lähekkäin toisiaan. Ambient Occlusion on Global Illumination -tekniikoihin kuuluva algoritmi, mutta se ei laske, miten kaikki valo hajaantuu 3D-mallissa. Se laskee ainoastaan varjot, jotka muodostuvat ympäristön valosta. Näistä rajoitteista huolimatta se on suosittu algoritmi, koska se on nopea laskea. (Wissler 2013, 386.) Kuvassa 16 on valaistus renderöity käyttämällä Ambient Occlusion -tekniikkaa.

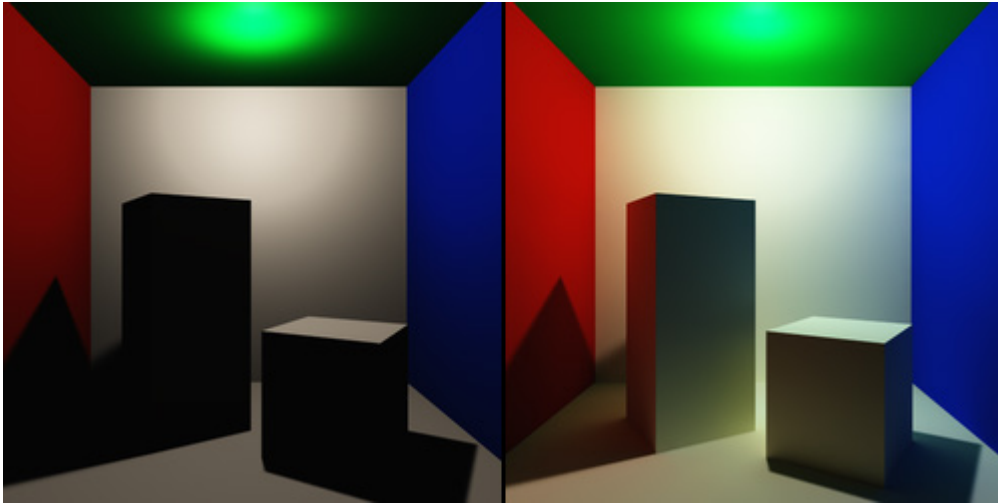


KUVA 16. Ambient Occlusion

6.6 Global Illumination

Viime vuosina yksi suurimmista muutoksista 3D-valaistuksessa on ollut Global Illumination -tekniikan yleistyminen 3D-renderöinnissä. Global Illumination sisältää joukon algoritmeja, jotka laskevat epäsuoran valaistuksen käyttäytymistä. Tämä valo voi tulla suoraan valonlähteestä sekä ympäristöstä. (Wissler 2013, 369.)

Kun Global Illumination -tekniikkaa käytetään, ei lisävaloja tarvita simuloimaan pinnoista heijastuvaa valoa. Tekniikka osaa laskea, miten valo heijastuu pinnasta toiseen. 3D-malliin riittää esimerkiksi vain yksi valo, joka tulee ylhäältä ja osuu lattiaan. Global Illumination laskee, kuinka valo heijastuu lattiasta objekteihin, ja täten valaisee realistisesti 3D-mallin. (Birn 2006, 108.) Kuvassa 17 on 3D-malli renderöity ilman Global Illumination -tekniikkaa ja sen kanssa.

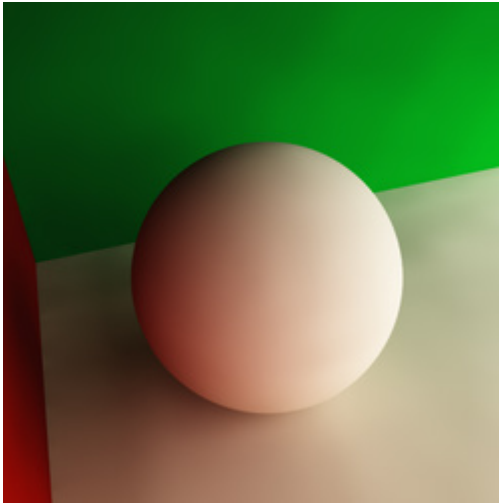


KUVA 17. Renderöinti ilman Global Illumination -tekniikkaa ja sen kanssa

6.6.1 Radiositeetti

Ensimmäinen Global Illumination -algoritmi oli radiositeetti. Radiositeetti laskee, kuinka valo ja väri heijastuvat pinnasta toiseen. Radiositeetti toimii siten, että se jakaa 3D-mallin geometrian polygoniverkoiksi, joista valo kimpoilee. Ohjelman käyttäjä voi määrittellä, kuinka monta kertaa valo kimpoilee ja kuinka monimutkainen polygoniverkko on. Mitä tiiviimpi polygoniverkko on, sen tarkemmin valaistus myös lasketaan. (Wissler 2013, 374.)

Radiositeettimenetelmässä on myös joitain rajoitteita. Se laskee kaikki kappaleet mattapintaisina ja valo kimpoilee niistä täysin hajanaisesti. Se ei myöskään laske kaustiikkaa, eikä heijastuksia. Radiositeettimenetelmän laskentaan menevä aika on myös suoraan verrannollinen 3D-mallin geometrian monimutkaisuuden kanssa. Radiositeettimenetelmästä ei ole tullut suosittua 3D-animaattoreiden keskuudessa, koska laskenta kestää usein liian kauan. Siitä on kuitenkin tullut suosittu menetelmä arkkitehtuurin visualisoinnissa, koska radiositeetti tallentaa valotiedon geometriaan. Jos vain kamera liikkuu ja 3D-malli pysyy paikallaan, tarvitsee radiositeetti laskea vain kerran. (Wissler 2013, 374.) Kuvassa 18 on 3D-malli renderöity käyttämällä radiositeetti-tekniikkaa.



KUVA 18. Radiositeetti

6.6.2 Fotonikartoitus

Fotonikartoitus on myös Global Illumination -algoritmi, mutta se on riippumaton 3D-mallin geometrian resoluutiosta. Sen nopeus ja tarkkuus riippuu siitä, kuinka suuri määrä virtuaalisia fotoneita käytetään. Ylimääräisten fotonien käyttö lisää laskenta-aikaa, joten testirenderöintejä tehtäessä kannattaa käyttää pienempiä fotonimääriä. (Birn 2006, 113.)

Kun renderöintiä tehdään vähäisellä määrällä fotoneita, tulee lopputuloksesta läikikäs. Kun taas fotoneja käytetään suuri määrä, näyttää lopputulos pehmeämmältä, tarkemmalta ja realistisemmalta. (Birn 2006, 113.)

Fotonikartoitus laskee hajaheijastuneen valon ja kaustiikan. Fotonikartoitus on kaksivaiheinen prosessi. Ensin virtuaalisia fotoneita lähetetään jokaisesta valonlähteestä 3D-malliin, jossa ne kimpoilevat kappaleiden pinnoista ympäriinsä. Niiden sijainnit tallennetaan karttaan, josta tulee myös algoritmin nimi, eli fotonikartoitus. Fotonikartta tallennetaan levyille myöhempää käyttöä varten. Toisessa vaiheessa, eli kuvaa renderöitäessä, fotonikarttaa käytetään määrittämään epäsuora valaistus. (Wissler 2013, 377.)

Fotoneita voi verrata pieniin valonhiukkasiin, jotka kimpoilevat ympäri 3D-mallia ja tallentuvat fotonikarttaan. Fotonit eivät kuitenkaan välttämättä noudata kaikkia oikean maailman fysiikan lakeja. Esimerkiksi tietokonegrafiikassa fotonien koko voi vaihdella

pienestä isoksi, kun taas oikeassa maailmassa se ei ole mahdollista. Useimmissa 3D-ohjelmissa voi kuitenkin säätää fotonien kokoa ja määrää. (Birn 2006, 113.)

3D-mallissa voi olla useampia valoja lähettämässä virtuaalisia fotoneita. Renderöintiajassa ei ole eroa, jos kaksi valoa lähettää esimerkiksi 50 000 fotonia kumpikin, tai yksi valo 100 000 fotonia. Yleensä kirkkaimmat valot käyttävät 3D-mallissa suurimman osan fotoneista ja täytevalot pienemmän osan. Fotonikartoituksella voidaan laskea todella realistisia 3D-kuvia, kun fotoneita käytetään tarpeeksi. Huonona puolena on, että realistinen lopputulos vaatii todella suuren fotonimäärän, joka hidastaa renderöintiä merkittävästi. (Birn 2006, 113–115.) Kuvassa 19 on 3D-malli renderöity vähäisemmällä ja suuremmalla fotonimäärällä.



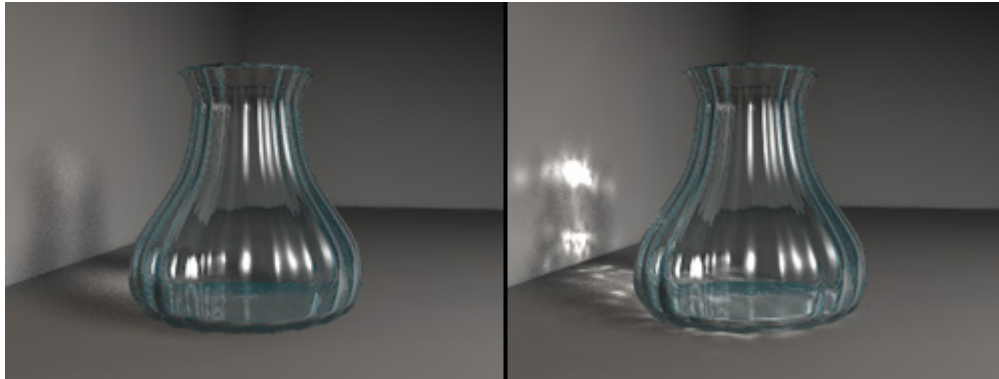
KUVA 19. Fotonikartoitus vähäisemmällä ja suuremmalla fotonimäärällä

6.6.3 Kaustiikka

Kaustiikka on epäsuoran valaistuksen tyyppi, joka jää tarkaksi. Se ei hajaannu joka suuntaan, kuten epäsuora valaistus yleensä. Sillä on selvästi erottuva muoto, eikä se hajaannu pehmeästi ympäristöön. Kaustiikkaa näkee joka puolella oikeassa maailmassa. (Birn 2006, 116.)

Valo, joka taittuu linssin tai suurennuslasin lävitse, on kaustiikkaa. Ilmiön näkee oikeassa maailmassa usein, esimerkiksi pöydän päällä olevista pulloista, tai laseista, kun valo taittuu niiden lävitse pöydän pintaan. Valonsäteet, jotka heijastuvat peilistä, ovat myös kaustiikkaa. Eniten tunnettu kaustiikka on veden pinnasta heijastuvat valonsäteet, jotka

erottuvat selkeästi veden pinnan lähellä olevasta seinästä. (Birn 2006, 116–117.) Kuvassa 20 on 3D-malli renderöity ilman kaustiikkaa ja kaustiikan kanssa.



KUVA 20. Renderöinti ilman kaustiikkaa ja kaustiikan kanssa

6.7 Unbiased rendering

Tällä hetkellä aidoin 3D-kuva saadaan käyttämällä Unbiased rendering -tekniikkaa, joka perustuu fysiikkaan. Tekniikka eroaa muista renderöintitekniikoista eniten siinä, että se renderöi kuvaa määräämättömän ajan. Renderöinti keskeytetään vasta, kun kuva on tarpeeksi hyvä. Täten viimeinen tallennettu kuva on valmis renderöinti.

Unbiased rendering on renderöintitekniikka, jossa ei ole yhtään systemaattista virhettä. Tästä syystä sitä käytetään usein referenssikuvien renderöintiin, joihin muita renderöintitekniikoita verrataan. Koska tekniikka on todella hidas, ei sitä käytetä reaaliaikaiseen renderöintiin. Kun Unbiased rendering -tekniikalla renderöity kuva on kohinaton, on se todennäköisesti myös fysiikan lakien mukaisesti oikein. (Wikipedia 2014.)

6.7.1 Biased

Biased tarkoittaa sitä, että renderöintiasetuksia voidaan manuaalisesti säätää. Asetuksilla voidaan vaikuttaa, kuinka valot, varjot ja epäsuora valaistus lopulta lasketaan. Toisin sanoen Biased tarkoittaa rajoitettua renderöintiä. Renderöinti on kuitenkin tällä tavoin tehokasta, koska käyttäjä voi itse valita renderöintiajan ja laadun välillä. Huonona puoleena kuitenkin on, että valmiin kuvan realistisuus kärsii. Vaikka renderöintiasetukset

olisi asetettu parhaalle mahdolliselle tasolle, ei kuvan realistisuus yllä lähellekään Unbiased rendering -tekniikalla renderöidyn kuvan realistisuutta. (Basic3DTraining 2012.)

6.7.2 Unbiased

Renderöintiasetuksia ei voi säätää, paitsi renderöinnin aikana tapahtuvat kameran säädöt, kuten valotusaika, filmityyppi jne. Suurin ero Biased-renderöintiin on se, että Unbiased-renderöinti ei ole koskaan valmis. Se renderöi ikuisesti, kunnes se keskeytetään ja kuva tallennetaan. Se yksinkertaisesti tallentaa 3D-mallin kuin oikea kamera, jonka asetuksia voi säätää reaaliaikaisesti renderöinnin aikana. Mitään renderöinti- ja laatuasetuksia ei voi kuitenkaan säätää, koska se tekee ne automaattisesti. Unbiased rendering -tekniikan avulla saavutetaan kuitenkin poikkeuksellisen realistisia ja laadukkaita 3D-kuvia. Huonona puolena on, että kohinatonta kuvaa vaatii todella pitkän renderöintiajan. (Basic3DTraining 2012.) Kuvassa 20 on 3D-malli renderöity käyttäen Unbiased rendering -tekniikkaa.



KUVA 21. Unbiased rendering

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä 3D-valaistusta ja siihen liittyviä tekniikoita mahdollisimman laajasti, mutta yksinkertaisesti. Tarkoituksena ei missään vaiheessa ollut mennä aiheessa kovin syvälle, vaan kertoa siitä vain pintapuolisesti. Tämä oli mielestäni yksi opinnäytetyön suurimpia haasteita, koska aihealue oli todella laaja. Olen kuitenkin tyytyväinen siihen, että sain paljon eri aihealueita mukaan ja sivumäärä pysyi silti kohtuullisena. Lisäksi aihealueet, joita käsitelin, olivat kaikki tärkeitä. Suurin haaste, eli aihealueen rajaaminen, onnistui mielestäni kohtuullisen hyvin.

Opinnäytetyön rakenne oli myös haaste, koska tekstin tuli edetä loogisessa järjestyksessä. Etenin kirjoittamisessa siten, että ensin kerroin perusasioita siitä, mitä 3D-valaistus yleensä tarkoittaa, ja mitä eri asioita siinä pitää ottaa huomioon. Tämän jälkeen oli mielestäni hyvä esitellä eri valo- ja varjotyypit. Kolmipistevalaisu tuli opinnäytetyöhön mukaan, koska se on tunnetuin ja yleisin valaisutekniikka. Erityisen mielenkiintoisen siitä teki se, että kokeillessa kolmipistevalaisun eri variaatioita huomasin, kuinka tärkeä tekniikka se on osana ja ymmärtää. Jos tekniikan osaa hyvin, voi ymmärtää muunkinlaisia valaisutekniikoita. Tekniikan kautta oppi myös ymmärtämään, miksi tiettyjä valoja käytetään.

Minulle opinnäytetyön mielenkiintoisin aihealue oli renderöinti. Testirenderöintejä tehdessäni huomasin, että ilman oikeanlaista renderöintitekniikkaa on lähes mahdotonta saada 3D-kuvan valaistus näyttämään realistiselta ja uskottavalta. Oikeanlaisten valojen käyttö ja niiden sijoittelu on erittäin tärkeää, mutta vähintään yhtä tärkeää on se, että osaa käyttää oikeanlaista renderöintitekniikkaa valaistuksen laskemiseen. Erityisesti Global Illumination -algoritmeja oli mielenkiintoista vertailla keskenään. Lopputulos oli lähes aina kuitenkin se, että mitä aidompi 3D-kuvasta halutaan, sen pidempi on myös sen laskenta-aika. Yksinkertainen renderöinti ilman Global Illumination -tekniikkaa kesti muutaman minuutin, mutta sen kanssa lähes tunnin. Huomasin myös sen, että ymmärtämällä renderöintitekniikoita, voi laskentaa kuitenkin nopeuttaa merkittävästi tekemällä pieniä säätöjä. Yleissääntönä voisin pitää sitä, että jos aikataulu on tiukka, joudutaan kompromisseja laadun kanssa tekemään. Kannattaakin siis aina ensin miettiä, missä aikataulussa työn tarvitsee olla valmis. Sen jälkeen on paljon helpompi miettiä, mitä tekniikoita voi käyttää. Unbiased rendering -tekniikka oli laadultaan ja realismiltaan

deltaan selvästi paras. Sillä renderöity kuva oli jo niin lähellä aitoa valokuvaa, ettei eroa enää huomannut. Unbiased rendering -tekniikkaa käytettäessä yhden 3D-kuvan laskenta-aika nousi jo tunteihin, joten sitä ei animaatioiden renderöinteihin kannata käyttää.

Tekstin tuottaminen oli melko hankalaa, koska englanninkielisestä materiaalista täytyi saada helppolukuista suomenkieltä. Useita termejä ei ole koskaan käännetty suomeksi, joten tästä syystä tekstiin jäi muutamia hieman hankalalukuisia osuuksia. Lähteitä olisi myös voinut olla enemmän, mutta ne, mitä käyttämiäni lisäksi löysin, olivat jo liian vanhoja. Vaikka opinnäytetyössä on paljon kuvia, tukevat ne mielestäni tekstiä hyvin ja auttavat asioiden ymmärtämisessä. Opettavaisinta minulle tässä opinnäytetyössä olivat kuvien renderöimiset eri ohjelmilla ja tekniikoilla. Valmiita 3D-kuvia vertailemalla sain selkeän käsityksen tekniikoiden eroista.

Asettamani tavoitteet täyttyivät mielestäni hyvin. Yleisimmistä valotyypeistä pystyin perustellusti kertomaan, miksi tietyissä tilanteissa kannattaa käyttää, tai jättää käyttämättä tietynlaista valotyyppiä. Renderöintitekniikoiden eroista onnistuin kertomaan mielestäni selkeästi, ja löytämään syitä niiden käyttöön, tai käyttämättä jättämiseen. Lisäksi opinnäytetyössä on monia kohtia, joissa pyrin kertomaan havainnoistani. Uskon myös, että opinnäytetyö tulee toimimaan hyvänä suomenkielisenä perusoppaana 3D-valaistukseen. Toivottavasti tästä opinnäytetyöstä on hyötyä jokaiselle, joka tekee 3D-kuvia ja animaatioita.

LÄHTEET

Basic3DTraining 2012. What's the difference between biased and unbiased render engine? Luettu 5.5.2014.

<http://basic3dtraining.com/whats-the-difference-between-biased-and-unbiased-render-engine/>

Birn J. 2006. Digital Lighting & Rendering. USA: New Riders Press.

Gallardo A. 2001. 3D Lighting: History, Concepts & Techniques. USA: Charles River Media, Inc.

Lehtovirta P. & Nuutinen K. 2000. 3D-sisältötuotannon peruskirja. Jyväskylä: Docendo.

Wikipedia 2014. Unbiased rendering. Luettu 5.5.2014.

http://en.wikipedia.org/wiki/Unbiased_rendering

Wissler V. 2013. Illuminated Pixels: The Why, What, and How of Digital Lighting. USA: Cengage Learning PTR.