

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Mikko Pöyry

Opinnäytetyö

**Materiaalien käyttö Cinema 4D:ssä**

Työn ohjaaja

lehtori, Petri Heliniemi

Tampere 9/2010

Tekijä	Mikko Pöyry
Työn nimi	Materiaalien käyttö Cinema 4D:ssä
Sivumäärä	54
Valmistumisaika	09/2010
Työn ohjaaja	Petri Heliniemi

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä käsitellään materiaalien käyttöä MAXON Cinema 4D -ohjelmassa. Hyvät materiaalit ovat yksi tärkeimmistä tekijöistä näyttävää 3D-grafiikkaa luotaessa. Ilman materiaaleja 3D-mallit olisivat vain tasaisen harmaita, muovimaisia kappaleita. Materiaalilla määritetään 3D-objektin pinnan visuaaliset ominaisuudet, kuten väri, läpinäkyvyys, epätasaisuus ja heijastavuus. Näitä ominaisuuksia muokataan Material Editorissa.

Työssä käsitellään 3D-grafiikan perusteita siltä osin kuin ne liittyvät materiaalien käyttöön. Työssä käydään perusteellisesti läpi, mitä ominaisuuksia materiaaleille voidaan antaa ja kuinka näitä ominaisuuksia voidaan muokata tekstuurien avulla. Tekstuurikuvat luodaan usein jollain erillisellä kuvanmuokkausohjelmalla, kuten Photoshopilla. Tämän vuoksi tekstuurien luominen on rajattu pois.

Opinnäytetyön tarkoituksena on auttaa Cinema 4D:n parissa aloittelevia opiskelijoita. Se pyrkii antamaan taustatietoja, joita voidaan hyödyntää erityyppisissä projekteissa ja erilaisia materiaaleja luotaessa.

Työn taustatiedot on saatu erinäisiä 3D-projekteja tehdessä, mutta toteutus on edellyttänyt myös uuden opiskelua. Lähdemateriaalina on käytetty pääasiassa Cinema 4D:n manuaalia ja internetin opetusmateriaaleja.

Author	Mikko Pöyry
Thesis	Using materials in Cinema 4D
Pages	54
Graduation time	09/2010
Thesis supervisor	Petri Heliniemi

---

## **ABSTRACT**

This thesis covers the use of materials in MAXON Cinema 4D -program. Good materials are one of the most important factors in the creation of imposing 3D-graphics.

Without materials, 3D-models would simply be evenly gray, plastic looking objects. Materials are used to define the visual features of the 3D-objects' surface, such as color, transparency, ruggedness and reflectivity. These features can be modified in Material Editor.

The thesis covers the basics of 3D-graphics concerning the use of materials. The thesis will thoroughly cover what qualities can be given to materials and how can they be modified with textures. Textures are often created with separate image processing software, such as Photoshop. This is the reason why the creation of textures is not included in this thesis.

The intention of this thesis is to help students who are beginning to work with Cinema 4D. It aims to give background knowledge that can be utilized in various projects and when creating different types of materials.

The background knowledge has been gained while making various 3D-projects, but the implementation of the thesis has required studying. The main sources are the Cinema 4D manual and online teaching materials.

## Lyhenteitä ja termejä

Advanced Render	(AR) Cinema 4D:n lisäosa, jonka avulla voidaan toteuttaa realistisia renderöintiefektejä.
Global Illumination	(GI) Renderointitekniikka, joka yhdistää radiositeetti- ja säteenseurantatekniikan. Käytetään realistisen valaistuksen saavuttamiseksi.
harmaasävykuva	(grayscale) ns. mustavalkokuva, eri harmaan sävyistä muodostuva kuva
HDR-kuva	(High Dynamic Range) kuva, jossa on dynamiikkaa enemmän kuin tavalliset monitorit ja tulostimet pystyvät esittämään. Se on muodostettu käyttäen eri valotusajoilla kuvattuja valokuvia.
kartta	(map) kanavaan tuodusta tekstuurikuvasta käytetään nimitystä kartta
keyframe	Keyframeet ovat avainkehyksiä, joita voi asettaa aikajanalle. Keyframeilla voidaan määrittää esimerkiksi objektin sijainti 3D-ympäristössä. Kun aikajanalla on useampia keyframeja, näiden välillä tapahtuva muutos animoidaan.
kärkipiste	Polygon-objektin pienin yksikkö. Yhdessä polygonissa on tyypillisesti kolme tai neljä kärkipistettä (C4D:ssä point)
materiaali	Materiaali on kokonaisuus, joka yhdistää sille Material Editorissa määritellyt visuaaliset ominaisuudet. Materiaali jakautuu materiaalikanaviin, joissa yksi kanava määrittää yhtä ominaisuutta (esim. heijastavuutta). Materiaalikanavaan voi tuoda tekstuurin, jolla ohjataan materiaalin tiettyä ominaisuutta.
mesh	polygoneista koostuva verkko
objekti	Objektilla voidaan tarkoittaa esim. valoa, käyriä tai kameraa. Tässä opinnäytetyössä sillä viitataan mallinnettuun geometriseen kappaleeseen.
parametri	säätöarvo, jolla vaikutetaan johonkin tiettyyn ominaisuuteen
pikseli	Bittikarttakuvan pienin yksikkö. Mitä enemmän pikseleitä tiedostossa on, sitä tarkemman kuvan siitä voi muodostaa.
polygon	tyypillisesti kolmesta tai neljästä kärkipisteestä muodostuva monikulmio
primitiiviobjekti	3D-ohjelman valmiita perusmuotoja (esim. neliö, pallo ja lieriö)
renderointi	prosessi, jossa 3D-ohjelman informaatiosta tuotetaan 2D-kuva

resoluutio	Kuvan tarkkuus. Ilmoittaa, kuinka paljon kuvassa on pikseleitä vaak- ja pystysuunnassa (esim. 1024 x 1024).
RGB	Värimalli, jossa kuva muodostetaan kolmella värikanavalla (Red, Green ja Blue).
shaderi	pieni sovellus, joka luo tekstuurin matemaattisesti
Sky-objekti	Cinema 4D:n objekti, joka simuloi taivasta. Sky-objektiin voidaan tuoda tekstuuri, jolloin se näkyy taustakuvana.
spline	Splinet ovat käyriä, joita ohjataan kontrollipisteillä.
tag	(tai tagi) Objekteille voidaan lisätä monenlaisia ominaisuuksia tagien avulla, esim. Phong-tag pehmentää geometrisen objektin muotoja.
teksturointi	työvaihe, jossa materiaali tuodaan objektille
tekstuuri	Tekstuurilla eli pintakuviolla lisätään materiaaliin yksityiskohtia (väri, läpinäkyvyys). Tekstuurilla voidaan tarkoittaa myös objektille tuotua materiaalia, mutta tässä työssä sillä viitataan pääasiassa bittikartta- tai shader-kuvaan.

# Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	7
2 3D-grafiikka .....	9
2.1 Cinema 4D .....	10
2.1.1 Käyttöliittymä .....	10
2.1.2 Moduulit .....	11
2.2 3D-mallien rakenne .....	12
2.2.1 Polygon-objekti.....	13
2.2.2 NURBS-objekti.....	15
3 Materiaalit.....	17
3.1 Tekstuurit.....	17
3.1.1 Bittikarttatekstuurit .....	19
3.1.2 Kanavashaderit .....	19
3.2 3D-shaderi .....	21
4 Materiaalien luominen.....	23
4.1 Referenssit luomisen apuna .....	23
4.2 Optimointi .....	25
4.3 Material Editor.....	26
4.3.1 Color.....	27
4.3.2 Diffusion.....	28
4.3.3 Luminance.....	29
4.3.4 Transparency .....	30
4.4.5 Reflection .....	31
4.4.6 Environment .....	32
4.4.7 Fog.....	33
4.4.8 Bump.....	34
4.4.9 Normal .....	35
4.4.10 Alpha.....	36
4.4.11 Specular .....	38
4.4.12 Specular Color.....	39
4.4.13 Glow .....	39
4.4.14 Displacement .....	40
4.4.15 Illumination.....	41
5 Materiaalin lisääminen.....	43
5.1 Texture-tagin asetukset.....	43
5.2 UV-kartoitus.....	47
5.2.1 UVW-koordinaatit.....	48
5.2.2 UV-meshin muokkaaminen .....	49
6 Yhteenveto .....	51
Lähteet .....	52

# 1 Johdanto

Innostuin 3D-grafiikasta suoritetuani 3D-mallintaminen ja animaatio -kurssin. Vähän sen jälkeen minulle tarjoutui tilaisuus tehdä peligrafiikkaa korkeakoulujen yhteistyössä toteuttamaan Terveysviihde-projektiin. Pääasiallinen tehtäväni oli suunnitella ja toteuttaa 3D-ohjelmalla kaupunkimiljö, jossa pelihahmot seikkailevat. 3D-mallinnusohjelmaksi valittiin MAXON Cinema 4D (C4D), koska se on käytössä TAMK:ssa Kuntokadun toimipisteessä.

Työssäni sain tutustua monipuolisesti 3D-grafiikan eri osa-alueisiin. Erityisen mielenkiintoisena pidin 3D-mallien teksturointia eli pintakuviointia. Ilman tekstuureita hienoimmatkin 3D-mallit ovat vain tasaisen harmaita muovimaisia kappaleita. Teksturoinnissa minua viehättää erityisesti se, että pystyn hyödyntämään monia eri tekniikoita: voin ottaa kuvan digikameralla, muokata sitä Photoshopilla ja tuoda kuvan tekstuuriksi tekemälleni 3D-mallille.

Cinema 4D:ssä, kuten kaikissa muissakin ammattitason 3D-ohjelmissa, on monia eri työkaluja ja valtavasti erilaisia säätömahdollisuuksia, joten alkuun pääseminen on usein hankalaa. Siitä sain idean tehdä opinnäytetyönä tutkielman materiaalien käytöstä 3D-mallinnuksessa. Opinnäytetyö voi toimia oppaana 3D-mallinnukseen perehtyville ja mallinnusta aloitteleville henkilöille.

Opinnäytetyöni tavoitteena on kertoa selkeästi ja yksityiskohtaisesti materiaalien käytöstä Cinema 4D:ssä. Tarkoitukseni on auttaa alkuun Cinema 4D:n parissa aloittelevia ja niitä, jotka ovat siirtyneet käyttämään Cinema 4D:tä jostain muusta ohjelmasta. Opinnäytetyöni tarkoituksena ei ole kertoa vaihe vaiheelta, kuinka jokin tietty asia tehdään, vaan pikemminkin antaa taustatietoja, joita voidaan soveltaa eri tilanteisiin. Tätä kirjoittaessa uusimmin versio Cinemasta on 11.5, joten keskityn tarkastelemaan nimenomaan tätä versiota.

Vaikka 3D-grafiikan pohja on vahvasti matematiikassa, mahdollistavat graafiset käyttöliittymät sen, että käyttäjän ei tarvitse tietää laskukaavoista tekniikoiden takana. Tämän vuoksi en perehdy juurikaan 3D-grafiikan matemaattiseen puoleen. Matematiikka vaikuttaa kuitenkin taustalla, joten tekniikan ja laitteiston rajoitukset tulee aina ottaa huomioon.

Opinnäytetyöni tärkeimpänä lähteenä olen käyttänyt Cinema 4D:n manuaalia. Toinen merkittävä lähde on Arndt von Koenigsmarckin kirja Cinema 4D 10 Workshop. Vaikka teos onkin hieman vanha, siinä on selitetty selkeästi C4D-ohjelman perusteet, jotka ovat muuttuneet hyvin vähän. Internetlähteenä olen käyttänyt pääasiassa MAXONin omaa verkko-opetusympäristöä Cineversityä. Sivuston käyttö edellyttää rekisteröitymistä.

Koska Cinema 4D:stä ei ole suomenkielistä versiota, käytän käyttöliittymään liittyvissä asioissa täsmällisiä englanninkielisiä termejä. 3D-grafiikasta yleisemmin kerrottaessa käytän suomenkielistä termistöä, mikäli sanalle on vakiintunut suomalainen vastine. Eri 3D-ohjelmistoissa käytetyt termit saattavat hieman poiketa toisistaan, joten selvyuden vuoksi käytän C4D:n termistöä.



## 2 3D-grafiikka

3D-grafiikassa luodaan tietokoneen avulla kolmiulotteisia malleja, esimerkiksi pelihahmoja, ajoneuvoja ja rakennuksia. Kun objekti on mallinnettu, se yleensä teksturoidaan, eli mallin pinnalle tuodaan materiaaleja. Materiaalin avulla luodaan vaikutelma siitä, että objekti on esimerkiksi puuta, metallia, tiiltä tai lasia. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 175.)

3D-ohjelmassa työskennellään kolmessa perusulottuvuudessa eli korkeus-, leveys- ja syvyysuunnassa. Näistä käytetään lyhenteitä X, Y ja Z. 3D-objektit ovat ”olemassa” vain ohjelman sisällä. Niitä voidaan tarkastella eri kulmista ja muokata monin tavoin. Jotta objektit näkyisivät, ne tarvitsevat valoja. Useissa mallinnusohjelmissa, kuten myös Cinema 4D:ssä, on perusvalo, jota käytetään lähinnä mallinnusvaiheessa. Realistisempaa valaistusta varten ohjelmissa on erityyppisiä valoja, jotka jäljittelevät luonnollisen maailman valoja. (Keränen ym. 2005, 175, 179.)

Kun 3D-mallista halutaan tuottaa kaksiulotteinen kuva tai video, se valotetaan, eli kuva renderöidään. Renderöinti on prosessi, jossa 3D-ohjelman informaatio lasketaan ja se näytetään lopullisena kuvana. (Capizzi 2002, 227.) Renderöinnissä luodaan esimerkiksi valot ja varjot sekä heijastukset. Renderöinti voidaan tehdä myös reaaliaikaisesti. Tätä käytetään etenkin peleissä.

3D-ohjelmalla voidaan luoda täydellinen kuvausympäristö, joka pysyy muuttumattomana riippumatta ajasta ja sääolosuhteista. Lopputuloksessa näkyy vain se, mitä halutaan näyttää. Kaikki luodaan koneellisesti, joten valoihin, kameraan, heijastuksiin ym. saadaan täydellinen kontrolli. Tällainen täydellisyys voi kuitenkin aiheuttaa helposti epäluonnollisen vaikutelman.

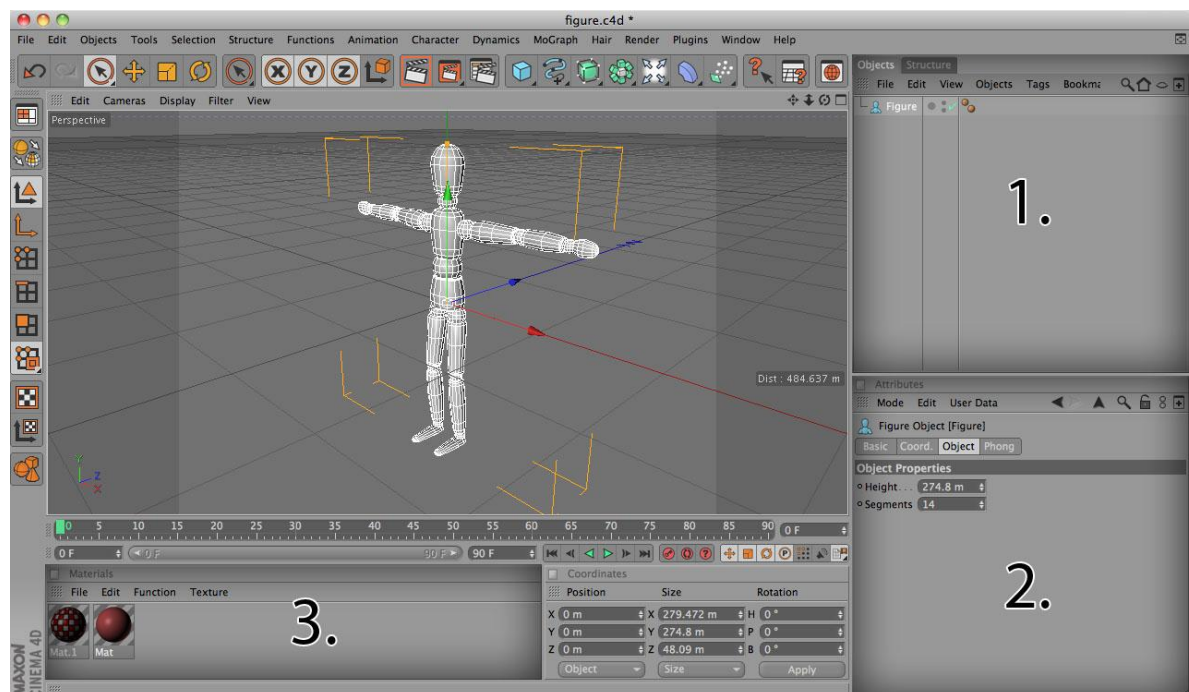
3D-grafiikkaa käytetään mm. tuotesuunnittelussa, tietokonepeleissä, animaatioissa ja elokuvien erikoistehosteissa, simulaatioissa sekä 3D-kuvina mainonnassa ja taiteessa. (Keränen ym. 2005, 175.) 3D-tekniikka mahdollistaa sellaisen grafiikan tekemisen, joka perinteisin menetelmin olisi erittäin hankalaa tai mahdotonta.

## 2.1 Cinema 4D

Cinema 4D on saksalaisen MAXONin valmistama kaupallinen 3D-mallinnusohjelma. Sen tyypillisiä käyttökohteita ovat visualisointi sekä animaatio. Ensimmäinen versio ohjelmasta julkaistiin Amigalle 1990-luvun alussa. (ArchiMAD 2008, 16-17.) Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa uusin versio on 11.5, ja se on saatavilla OS X - ja Windows-alustalle.

### 2.1.1 Käyttöliittymä

3D-projektissa on monia työskentelyvaiheita, joihin tarvitaan erilaisia työkaluja. Cinema 4D on suunniteltu vastaamaan koko 3D-projektin tarpeita. Tämän vuoksi ohjelmassa on eri työtiloja mm. mallinnukseen, teksturointiin ja animointiin. Esimerkiksi Standard-työtilassa voidaan luoda erilaisia objekteja (kuva 1). Näitä objekteja voidaan myös helposti liikuttaa, pyörittää ja skaalata 3D-näkymässä sekä muokata erilaisin työkaluin.



Kuva 1: Kuvankaappaus Cinema 4D:n käyttöliittymästä Standard-työskentelytilassa: Object Manager (1), Attribute Manager (2), Material Manager (3)

Object Manager on tarkoitettu nimensä mukaisesti objektien hallintaan. Se listaa kaikki käytetyt objektit (mallit, valot, spline-käyrät jne.). Object Managerissa voidaan muuttaa objektin nimeä ja näkyvyyttä sekä objektien keskinäistä hierarkiaa. Tässä ikkunassa voidaan myös lisätä objektille erilaisia ominaisuuksia tagien avulla. Tagin symbolina on pieni kuvake objektin nimen vieressä. Esimerkiksi Compositing-tagilla voidaan määrittää objektin renderöintiasetuksia ja Protection-tagilla voidaan lukita esimerkiksi kameran sijainti niin, ettei sitä vahingossa liikuta. Object Managerista valitun objektin tai sen tagien ominaisuuksia voidaan muokata Attribute Managerissa. (CINEMA 4D Curriculum, 34-35.)

Attribute Managerin avulla voidaan säätää lähes kaikkia C4D:n parametreja, kuten esimerkiksi objektien, materiaalien ja työkalujen asetuksia. Useimmat objektien ja materiaalien ominaisuuksista ovat myös animoitavissa. Merkinä tästä on pieni rengas ominaisuuden nimen vieressä. Arvojen muutoksista voidaan tehdä animaation asettamalla aikajanelle avainkehysiksi eli keyframeja, joiden välillä muutos tapahtuu. (CINEMA 4D Curriculum, 19.)

Material Manager listaa kaikki C4D-tiedostoon luodut materiaalit. Material Managerissa voidaan luoda kokonaan uusia materiaaleja tai tehdä olemassa olevista materiaaleista kopioita, joita voi muokata. Material Manageriin voi tuoda materiaaleja myös muista C4D-tiedostoista. Materiaalin symbolina on esikatselukuvake, jota kaksoisklikkaamalla pääsee muuttamaan materiaalin ominaisuuksia Material Editorissa. (CINEMA 4D Curriculum, 116.)

### **2.1.2 Moduulit**

Cinema 4D:ssä on modulaarinen rakenne. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelmasta on perusversio, johon on saatavilla paljon lisäosia eli moduuleja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Ohjelmasta voi siis hankkia perusversion, jota voi laajentaa tarpeen mukaan. Cinema 4D:tä myydään myös moduulipakettien kanssa, jolloin tietyt moduulit voi hankkia halvemmalla kuin erikseen ostettuna. Lisäksi ohjelmasta on arkkitehtuurivisualisointiin suunniteltu Ar-

chitecture-edition ja esimerkiksi tuotevisualisointiin soveltuva Engineering-edition. (Micro Aided Design 2010.)

Yksi mielenkiintoisimmista lisäosista on MAXON BodyPaint 3D. Se on erillinen ohjelma, jota voi käyttää myös muiden 3D-ohjelmien kanssa, mutta Cinema 4D:ssä se on integroitu saumattomasti osaksi ohjelmaa. BodyPaint on tekstuurien tekoon tarkoitettu lisäosa, jolla voidaan tehdä helposti näyttävän näköisiä materiaaleja 3D-kappaleiden pinnoille. BodyPaint mahdollistaa 3D-tilassa maalaamisen suoraan malleille. Sillä voidaan myös maalata useampia objekteja ja materiaaleja yhtä aikaa. (von Koenigsmarck 2007, 140-141.)

Toinen tärkeä moduuli on Advanced Render. Se tarjoaa monia realistisuutta lisääviä renderointiefektejä, joista Global Illumination (GI) on ehkä tärkein. Global Illumination on renderointitekniikka, jossa otetaan huomioon myös epäsuoran valon vaikutus. GI-asetuksilla voidaan määritellä materiaalikohtaisesti esimerkiksi, kuinka voimakkaasti valo heijastuu. Global Illumination -renderöinnillä voidaan luoda realistinen valaistus, mutta vastaavasti sen käyttö lisää renderointiaikaa huomattavasti. (von Koenigsmarck 2007, 337.)

## **2.2 3D-mallien rakenne**

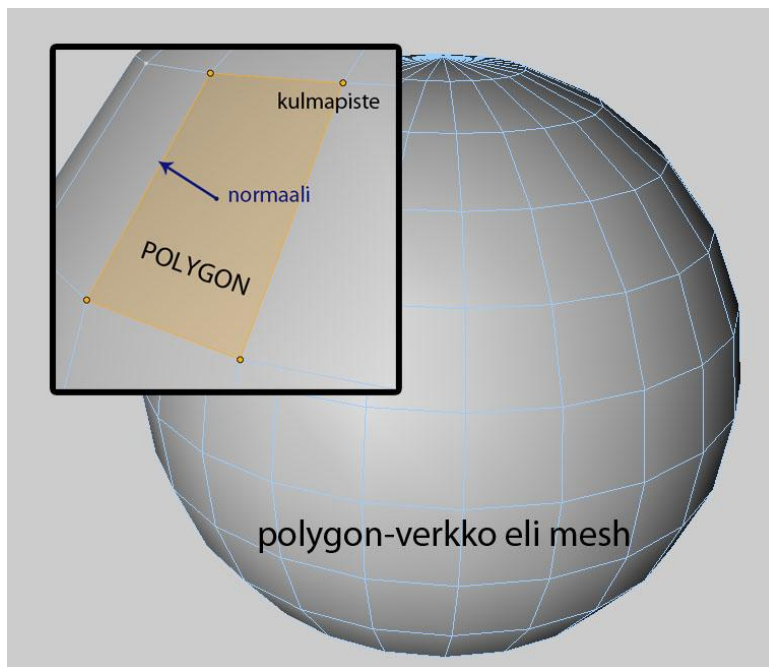
Cinema 4D:ssä objektin voidaan mallintaa erilaisia tekniikoita käyttäen. Malli voi koostua useista eri tekniikoilla luoduista objekteista, esimerkiksi 3D-grafiikalla luotu traktori voi sisältää hyvinkin monta eri objektia, riippuen siitä, kuinka yksityiskohtainen malli tarvitaan (kuva 2). Traktoria mallintaessa on järkevää luoda erillisinä objekteina ainakin traktorin renkaat ja sen runko.



*Kuva 2: 3D-malli on luotu useista objekteista sekä polygon- että NURBS-mallinnusta käyttäen. Oikealla sama malli teksturoituna*

### **2.2.1 Polygon-objekti**

Mallintaminen aloitetaan usein jostain valmiista perusmuodosta eli primitiiviobjektista (tällaisia ovat esim. kuutio, pallo, lieriö), joka muutetaan polygon-muotoon. Polygonit ovat tavallisesti kolmesta tai neljästä kärkipisteestä koostuvia monikulmioita, jotka yhdessä muodostavat verkon eli meshin (kuva 3). (Keränen ym. 2005, 178.)



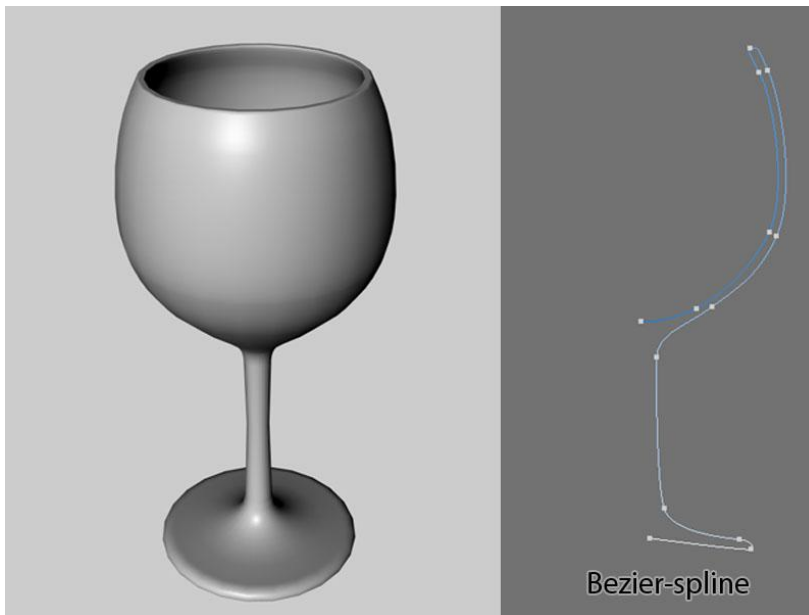
*Kuva 3: Polygon-objekti*

Jokaisella polygonilla on myös normaali. Se on polygonin keskeltä tasoon nähden 90 asteen kulmassa lähtevä kuvitteellinen linja. Normaali määrittää polygonille pinnan sisä- ja ulkopuolen. Tämä mahdollistaa muun muassa sen, että polygonin molemmille puolille voidaan tuoda eri pintakuvio. Monimutkaisessa mallinnuksessa jotkut polygonit saattavat käänntyä väärinpäin, mikä aiheuttaa ongelmia esimerkiksi teksturoinnissa. Komennolla Functions - Align Normals voi helposti korjata objektin kaikki normaalit oikeasuuntaisiksi. (Puhakka 2008, 41-42, 45.)

Kärkipiste on polygon-mallin pienin yksikkö, mutta se on näkyvissä vain editor-tilassa. Jokaisella pisteellä on oma sijaintinsa 3D-avaruudessa X-, Y- ja Z-akselilla. 3D-objektin muotoon vaikutetaan muokkaamalla sen kärkipisteitä ja polygoneja. Mitä enemmän polygoneja objektissa on, sitä tarkempia yksityiskohtia siihen voidaan tehdä. Peligrafiikkaan tarkoitettu hahmo voi esimerkiksi koostua parista tuhannesta polygonista. On kuitenkin syytä muistaa, että polygonien määrä vaikuttaa suoraan renderöinti-aikaan. (Keränen ym. 2005, 176.)

## 2.2.2 NURBS-objekti

Objektin voidaan muodostaa myös NURBS-tekniikalla (Non-Uniform Rational B-Splines). NURBS-objektit eivät sisällä itsessään geometriaa, vaan ne käyttävät muita objekteja luodakseen uuden objektin. NURBS-objekteja luodaan usein käyttäen erilaisia spline-käyriä, joiden kontrollipisteillä vaikutetaan objektin muotoon (kuva 4). NURBSin avulla voidaan luoda helposti ja nopeasti pehmeitä muotoja. (MAXON Manual 2010a.)



*Kuva 4: Lathe NURBSin ja Bezier-splinen avulla luotu viinilasi*

HyperNURBS on Cinema 4D:n tehokkain mallinnustyökalu. Se yhdistää polygon- ja NURBS-mallinnuksen hyvät puolet. HyperNURBS jakaa kohdeobjektin polygonit virtuaalisesti pienempiin osiin ja pehmentää samalla objektin muotoa. HyperNURBSin käyttö helpottaa mallinnusta, kun objektin rakennetta voidaan kontrolloida yksinkertaisella polygon-objektilla. Toisaalta NURBS-objektien huono puoli on siinä, että käyttäjällä ei ole täydellistä kontrollia mallin lopputulokseen, vaan Cinema 4D laskee mallin muodon automaattisesti kohdeobjektin perusteella. NURBS-objektien kanssa lopputulosta ei voida määrittää niin tarkasti kuin polygon-objektien kanssa. (MAXON Manual 2010b.)

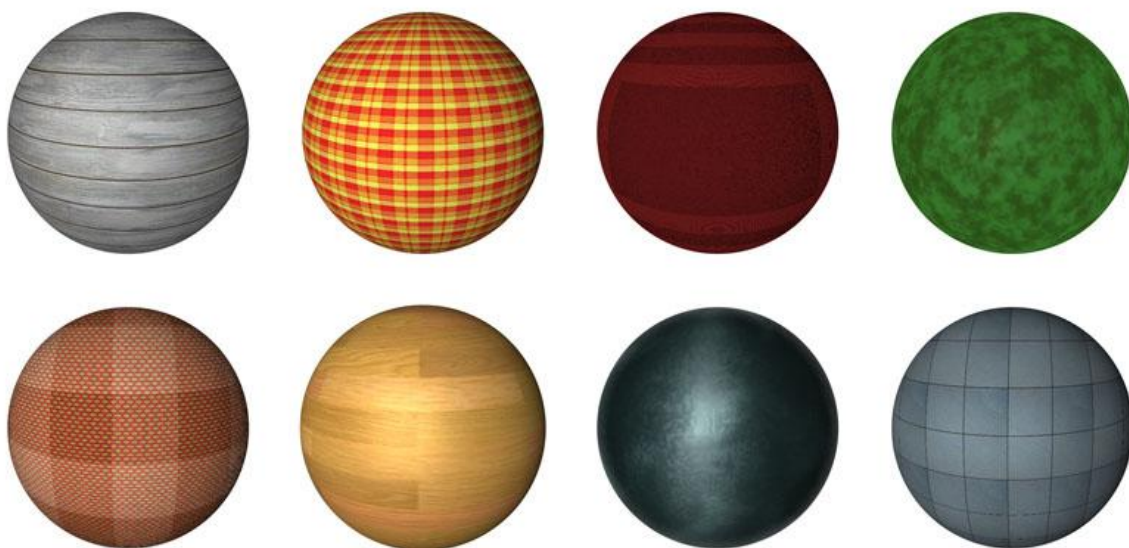
NURBS-objektit, kuten myös primitiiviobjektit, muodostetaan säätöarvojen eli parametrien mukaan matemaattisilla kaavoilla. Tästä johtuen näillä objekteilla ei ole kärkipisteitä eikä polygoneja. Niitä ei voida siis muokata samaan tapaan kuin tavallisia polygoneista koostu-

via objekteja. Kaikki NURBS-objektit voidaan kuitenkin muuttaa polygon-muotoon Functions - Make Editable -komennolla. (MAXON Manual 2010a.) Kannattaa huomioida, että esimerkiksi HyperNURBSin perusasetuksilla luodun objektin muuttaminen polygon-muotoon lisää polygonien määrää 64-kertaisesti alkuperäiseen polygon-objektiin verrattuna. Tämän jälkeen objektia ei voida myöskään muuttaa takaisin NURBS-muotoon.



### 3 Materiaalit

Materiaalit määrittävät objektin pinnan visuaalisia ominaisuuksia. Ne siis kertovat, mistä objekti on tehty (kuva 5). Materiaaleilla ei vaikuteta pelkästään väriin ja kuviointiin, vaan Cinema 4D:ssä on yhteensä 14 peruskanavaa, joilla muokataan materiaalin eri ominaisuuksia. Niiden asetuksilla voidaan vaikuttaa mm. valon käyttäytymiseen, läpinäkyvyyteen ja pinnan epätasaisuuteen. Materiaali kokoaa näiden kanavien parametrit ja asetukset yhdeksi kokonaisuudeksi. (Cineversity 2010a.)



*Kuva 5: Pallo eri materiaaleilla*

Haluttiinpa sitten fotorealistista tai sarjakuvamaista jälkeä, luo hyvien materiaalien käyttö lähtökohdan onnistuneelle lopputulokselle. Malli voi tarvita useitakin eri materiaaleja. C4D:ssä on mahdollista luoda myös animoituja materiaaleja, joiden muutosta voidaan ohjata esimerkiksi keyframeilla.

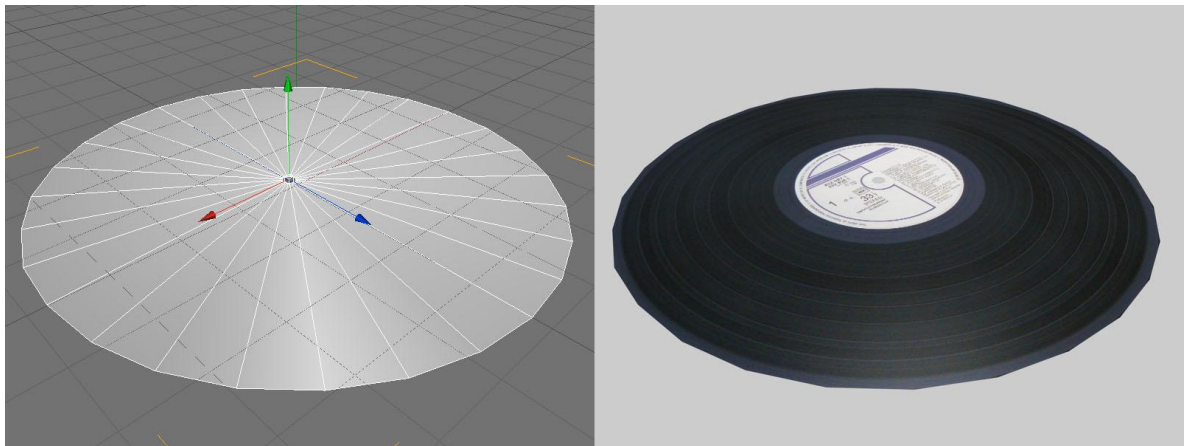
#### 3.1 Tekstuurit

Tekstuurit ovat kuvia, joilla ohjataan materiaalin eri ominaisuuksia, kuten väritystä, heijastusta ja läpinäkyvyyttä. Kaikkein yksinkertaisimpia materiaaleja lukuun ottamatta mate-

riaalit sisältävät tekstuureita eli karttoja joko yhdessä tai useammassa kanavassa. Tekstuurikuvana voidaan käyttää kuvatiedostoa tai shaderia, joka muodostaa kuvan matemaattisesti. Molemmilla tekstuurityypeillä on omat hyvät ja huonot puolensa. (MAXON Manual 2010c.)

Tekstuurina käytetään materiaalikanavasta riippuen joko väri- tai harmaasävykuvaa (grayscale). Bump-kanava esimerkiksi luo materiaaliin kohoumia harmaasävykuvan avulla. Kuvia ei ole kuitenkaan pakko itse muuttaa harmaasävymuotoon. Kanavaan voidaan tuoda värillinen teksturi, ja C4D tulkitsee kuvan valoisuusarvoja, eli vaaleita ja tummia pikseleitä, samaan tapaan kuin harmaasävytekstuurien kanssa. (von Koenigsmarck 2007, 126.)

Tekstuurien käytöllä voidaan nopeuttaa mallinnukseen ja renderöintiin kuluva aikaa, kun kaikkia mallin yksityiskohtia ei tarvitse erikseen mallintaa, vaan ne voidaan luoda tekstuurin avulla. Ajatellaanpa esimerkiksi äänilevyä ja sitä, kuinka kauan aikaa kuluisi, jos levyn kaikki uurteet pitäisi erikseen mallintaa (kuva 6). Tällaisen mallin toteuttamiseen kuluisi myös valtava määrä polygoneja. (von Koenigsmarck 2007, 126.)



*Kuva 6: Vinyylilevyn geometria on luotu ainoastaan 28:lla polygonilla. Objekti näyttää yksityiskohtaisemmalta tekstuurien avulla.*

### 3.1.1 Bittikarttatekstuurit

Bittikarttatekstuurit ovat kaksiulotteisia pikselipohjaisia kuvia. Cinema 4D tukee yleisimmin käytössä olevia kuvatiedostomuotoja (mm. JPG, PNG, TIFF, TARGA ja PSD). Bittikarttatekstuureja tehdään usein jollain kuvanmuokkausohjelmalla, kuten Photoshopilla. Bittikarttatekstuureita voidaan maalata myös suoraan kolmiulotteisen mallin päälle 3D-maalausohjelmalla kuten BodyPaint 3D:llä. Tekstuuriksi voidaan tuoda myös AVI- ja MOV-muotoisia videotiedostoja, mutta tällaisten tekstuuriefektien tekeminen on usein järkevämpää toteuttaa myöhemmin jollain videokuvankäsittelyohjelmalla. (MAXON Manual 2010c.)

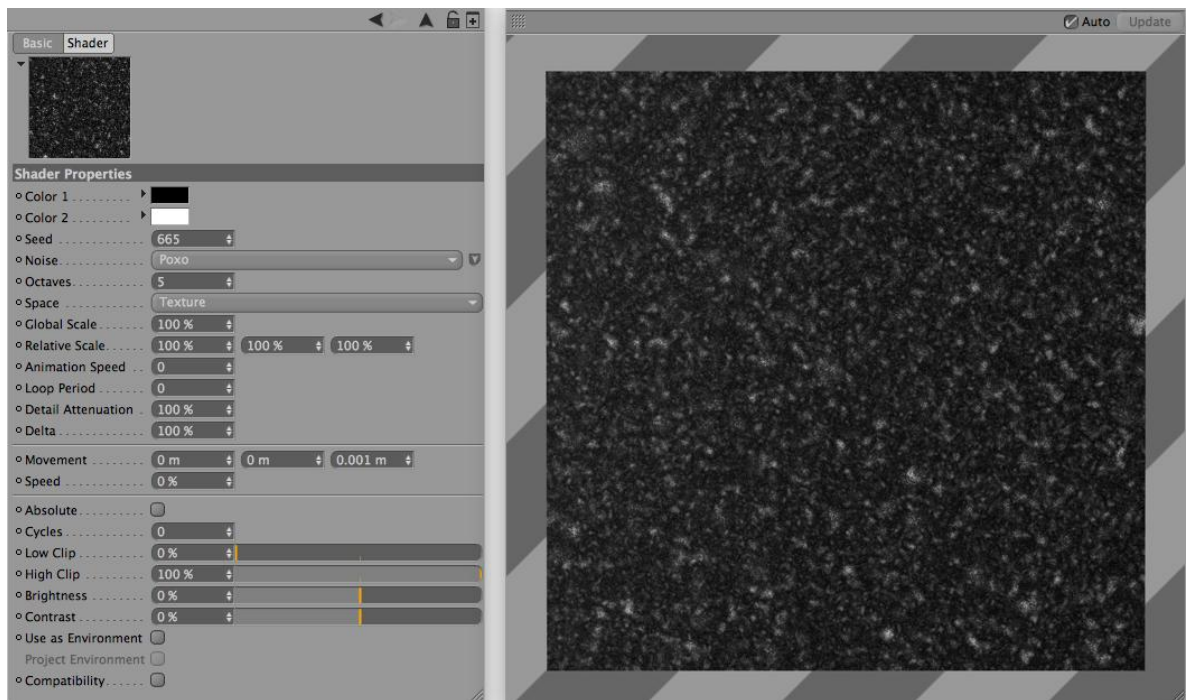
Tekstuurikuvan pohjana voidaan käyttää esimerkiksi skannattuja tai digikameralla otettuja kuvia. Omien kuvien käyttäminen on järkevää, koska silloin ei ainakaan tarvitse miettiä kuvien tekijänoikeuskysymyksiä. Jos tekstuuri pohjaa kuvaa digikameralla, kuva tulee ottaa niin, että kuvattavan kohteen pinta on kohtisuorassa kameraan. Vinosti kuvatut tekstuurit aiheuttavat ikäviä perspektiivivääristymiä. Kuvattavassa kohteessa ei saisi myöskään olla selkeitä valoja ja varjoja, koska ne luodaan myöhemmin 3D-ohjelmalla. Tämän vuoksi esimerkiksi ulkona otetut kuvat on hyvä ottaa hieman pilvisellä säällä. Kuvankäsittelyllä on helppo korjata joitain tekstuurin virheitä, mutta kun kuvakulman ja kuvaolosuhteet mietitään etukäteen, välttyään turhalta työltä. (Ahearn 2009, 142-146.)

Aina omien kuvien ottaminen ei ole mahdollista kiireellisen aikataulun, väärän vuodenajan tai muun vastaavan esteen takia. Tällöin on helpompaa hakea kuvat internetistä. Internetissä on monia kuvapankkeja, jotka tarjoavat valmiita tekstuurikuvia. Mielestäni paras tekstuurisivusto on CG Textures ([www.cgtextures.com](http://www.cgtextures.com)), josta voi ladata ilmaiseksi tuhansia eri käyttökohteisiin soveltuvia kuvatekstuureita.

### 3.1.2 Kanavashaderit

Shaderi (shader tai procedural texture) on tavallista tekstuuria edistyneempi. Se luo matemaattisilla kaavoilla tekstuurikuvan, joka skaalautuu renderöitävän kuvakoon mukaan. Shaderit ovat myös helposti animoitavissa tekstuurin parametrejä muuttamalla. Shadereiden

asetuksia ohjataan Material Editorissa (kuva 7). C4D:ssä on monia eri tarkoituksiin soveltuvia shadereita, joilla on erilaisia asetuksia. (Cineversity 2010b.)



*Kuva 7: Noise-shaderin asetukset. Viereisessä ikkunassa shaderin muodostama tekstuurikuva isompana.*

Shadereita on erityyppisiä. Useimmat niistä muodostavat kuvioita, joita voidaan käyttää tekstuureina eri materiaalikanavissa (esim. väri- tai kohoumakarttana). Näillä shadereilla voidaan luoda esimerkiksi tiilikuvioita, kohinaa tai ruostetta. Yksinkertaisimmat shaderit tuottavat usein tylsännäköisiä ja virheettömiä kuvioita, eikä niitä kannata sellaisenaan käyttää. Yhdistelemällä shadereita muiden tekstuurien kanssa voidaan kuitenkin saada visuaalisesti mielenkiintoisia materiaaleja. Esimerkiksi Layer-shaderilla voidaan yhdistää eri shadereita ja bittikarttakuvia tasojen avulla. Tasoille voidaan asettaa läpinäkyvyysasteen ja erilaisia sekoitustiloja aivan kuten Photoshopissa. (Cineversity 2010b.)

Kanavashaderit ovat pääsääntöisesti bittikarttojen tapaan kaksiulotteisia, mutta jotkut shaderit, kuten Noise tai Rust osaavat ottaa huomioon myös objektin tilavuuden. Shadereiden avulla voidaan luoda materiaaliin sellaisia ominaisuuksia, joita bittikarttakuvien avulla on mahdotonta toteuttaa. (Cineversity 2010b.) Esimerkiksi Fresnel-shaderilla voidaan ohjata materiaalin heijastuksia niin, että heijastus näkyy vain tietyistä kulmista katsottuna. Samalla

tavalla kuin järvenpinta heijastaa kauemmas katsottaessa, mutta suoraan alaspäin katsottaessa voi nähdä veden läpi pohjaan. (van der Byl 2006, 8.)

### 3.2 3D-shaderi

Cinema 4D:ssä on myös 3D-shadereita (myös volume tai volumetric shader). Näitä shade-reita ei voi tuoda tavalliseen tapaan materiaalikanavien tekstuureiksi, vaan ne ovat itsenäisiä materiaaleja. 3D-shaderin asetuksia muokataan tavallisten materiaalien tapaan Material Editorissa, mutta shaderin materiaalikanavat ja niiden parametrit riippuvat siitä, mihin käyttötarkoitukseen shaderi on suunniteltu. (MAXON Manual 2010d.)

3D-shaderit lasketaan matemaattisesti kappaleen tilavuuden mukaan. Tämän ansiosta ne eivät aiheuta saumoja eivätkä vääristymiä. 3D-shaderit sopivat luonnollisiin materiaaleihin, joilla on erilainen ulko- ja sisäpinta. Hyvä esimerkki 3D-shaderista on Banzi-shaderilla luotu puumateriaali: kappaleesta voidaan leikata osan pois, mutta materiaali käyttäytyy siten, että puun syyt ja vuosirenkaat mukailevat objektin muotoa (kuva 8). (CINEMA 4D Curriculum, 120.)



*Kuva 8: 3D-shaderit muotoilevat objektin geometriaa.*

3D-shaderit suorittavat usein monimutkaisia valaistus- tai geometrian muunnoslaskelmia, minkä vuoksi ne ovat tavallisia materiaaleja raskaampia renderöidä. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on lueteltu C4D:n perusversion mukana tulevat 3D-shaderit ja niiden käyttökohteet. Uuden 3D-shaderin voi luoda Material Managerissa File – Shader-alivalikon kautta. (MAXON Manual 2010d.)

*Taulukko 1: 3D-shaderit ja niiden käyttökohteet (MAXON Manual 2010d.)*

Nimi	Käyttökohte
Fog	objektin tilavuuteen perustuva sumumateriaali
Terrain	luo maaston, jossa on laaksoja ja kukkuloita
Banji	luo monimutkaisia valaistusominaisuuksia (lasi ja osittain läpinäkyvä)
Banzi	luo erityyppisiä puumateriaaleja
Cheen	mikroskooppiefekti, käytetään esimerkiksi luodessa bakteereita ja hiukkasia
Danel	luo metallisia, kiiltäviä materiaaleja
Mabel	marmorimateriaali
Nukei	luo mm. ruosteisia ja kuluneita materiaaleja

## 4 Materiaalien luominen

Materiaaleja luotaessa mielessä on usein jokin reaali maailman esimerkki, jota halutaan jäljitellä. Eri aineilla on omia yksilöllisiä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat siihen, millaisena ne koemme. On mietittävä, miltä materiaali näyttää ja tuntuu, ja kuinka se käyttäytyy valossa: kiiltääkö se, päästääkö se valoa läpi? Kaikki nämä materiaalin ominaisuudet tulisi osata erotella materiaalikanaville siten, että ne muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Esimerkiksi ruoste metallin pinnalla vaikuttaa värin lisäksi pinnan epätasaisuuteen ja siihen kuinka materiaali heijastaa valoa ja ympäristöä. (van der Byl 2006, 2.)

Hyvät tekstuurit eivät ole vain hienoja kuvioita mallin pinnassa. Niillä kerrotaan tarina siitä, millaisessa käytössä objekti on ollut, kuka sitä on käyttänyt, missä ja kuinka kauan. Olipa sitten kyseessä luonnon tai ihmiskäden luomus, aika jättää jälkensä, ja se tulisi ottaa huomioon myös tekstuureita luotaessa. (van der Byl 2006, 4.)

Suurin materiaaleihin vaikuttava tekijä on sää, joka vaikuttaa eri materiaaleihin eri tavalla. Auringonpaahde haalistaa värejä ja kuivattaa materiaaleja, saaden esimerkiksi maalin lohkeilemaan. Tuuli kuljettaa likaa ja pölyä ja saattaa tehdä samalla pientä kulumaa materiaalin pintaan. Sateen vaikutus voi puolestaan näkyä ruosteena ja valumajälkinä. Luonnon lisäksi toinen merkittävä tekijä on ihminen. Ihminen jättää jälkensä kaikkialle, missä liikkuukin. Se voi ilmetä esimerkiksi sotkuna puistossa tai kirjaimellisesti jalanjälkinä rantahiekassa. (van der Byl 2006, 3-4.)

### 4.1 Referenssit luomisen apuna

3D-grafiikan perusongelma on yleensä siinä, että lopputulos vaikuttaa epäilyttävän täydellisesti: mallien geometria on virheetöntä ja materiaalit ovat liian puhtaita ja säännöllisiä. Kun käyttää referenssinä eli vertailukohtana oikean maailman materiaaleja, huomaa helposti, kuinka yksityiskohtaisia ne todellisuudessa ovat (kuva 9). Reaali maailman materiaalit eivät ole koskaan yksivärisiä tai tasaisia.



*Kuva 9: Ruoste paljastaa, että kyltti on metallia ja se on ollut kauan ulkona. Kyltistä näkee myös ihmisen vaikutuksen: takana oleva aita on maalattu huolimattomasti ja maalia on valunut kyltin päälle.*

Referenssien avulla ei välttämättä pyritä luomaan täydellistä kopiota alkuperäisestä, vaan niiden avulla voidaan määritellä, millainen ulkonäkö halutaan saavuttaa. Vaikka tarkoituksena ei olisikaan tehdä fotorealistista jälkeä, ne auttavat löytämään materiaaleista sellaisia yksityiskohtia, jotka jäävät helposti huomioimatta. Referenssien avulla työskentelystä tulee helpompaa ja tarkempaa. (Cineversity 2010c.)

Koska fyysisten materiaalien käyttö on usein hankalaa tai mahdotonta, käytetään referenssimateriaalina yleensä kuvia. Kuvia voi löytää helposti kirjoista, lehdistä tai internetistä. Hyvä tapa kerätä referenssejä on digikuvaaminen. Omien digikuvien ottaminen on järkevää, koska silloin voidaan kuvata eri kuvakulmista ja ottaa tarvittaessa myös lähikuvia. (Cineversity 2010c.)

Referenssidatan kerääminen tekstuureita varten on onnistuneen projektin kannalta tärkeää. Se, millaista referenssimateriaalia tarvitaan, riippuu täysin siitä, millaista projektia tehdään.



Jos tarkoituksena on luoda reaali maailmaa jäljittelevä lopputulos, ovat valokuvat helpoin ja tarkin aineisto. Joihinkin projekteihin referensseiksi sopivat paremmin esimerkiksi maalaukset tai sarjakuvat. (Capizzi 2002, 199.)

## 4.2 Optimointi

3D-grafiikassa joutuu usein tekemään kompromisseja laadun ja renderöintiin käytettävän ajan välillä. Yleisesti ottaen: mitä monimutkaisempaa ja yksityiskohtaisempaa grafiikkaa halutaan tehdä, sitä enemmän aikaa kuluu sen renderöintiin. Kannattaa miettiä, mitä on järkevä toteuttaa. Pienet yksityiskohdat, kuten sormenjäljet ikkunalasissa tai metallipinnan naarmut, eivät välttämättä edes näkyisi lopullisessa kuvassa. Mallin käyttökohde määrittää sen, millaisia materiaaleja siinä voidaan käyttää. Elokuvaan tarkoitettun yhden yksittäisen kuvan eli framen renderöimiseen voi kulua tunteja, peligrafiikan taas täytyy toimia niin, että sitä voidaan toistaa sujuvasti reaaliajassa. (Ahearn 2009, 72-77.)

Materiaalien osalta yksi keskeisimmistä optimointikohteista on tekstuurien määrä ja bittikarttatekstuureiden osalta myös niiden resoluutio. Mitä isompi bittikarttakuva on, sitä tarkempia yksityiskohtia siihen voidaan kuvata. Vastaavasti suuret tekstuurit lisäävät muistinkäyttöä ja pidentävät renderöintiaikaa. Tekstuurien kokoa miettiessä tulee ottaa huomioon, minkä kokoisena tekstuuri näkyy lopullisessa renderöinnissä ja kuinka tarkkoja yksityiskohtia siinä on. Esimerkiksi taustalla olevan objektin tekstuuri voi olla selkeästi pienempi, kuin pääkohteen tekstuuri. (van der Byl 2005, 1-2.)

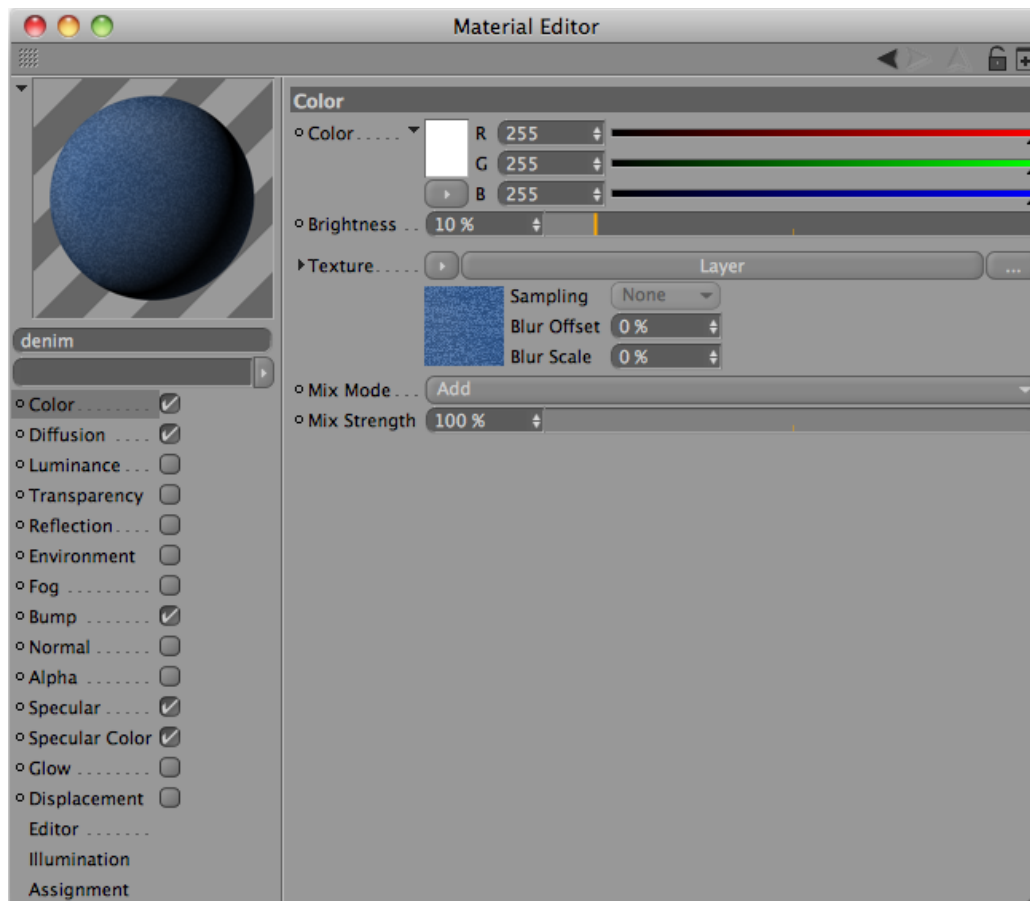
Jos tekstuurit on suunniteltu esimerkiksi animaatiota varten, niistä on vaikea saada myöhemmin hyvää printtikuvaa julisteeseen. Järkevä tapa onkin luoda alkuperäinen kuvatie-dosto riittävän suurella resoluutiolla. Tästä voidaan tehdä kopio, jonka resoluutio ja pakkaustapa voidaan muuttaa vastaamaan lopullista käyttökohdetta. (Capizzi 2002, 198; van der Byl 2005, 2-3.)

Tekstuurien käytön tehokkuutta lisää teksturointitapa, jossa yhtä kuvaa esimerkiksi tiiliseinästä voidaan toistaa siten, että se kattaa isomman alueen. Jos tekstuuria toistetaan tällä ta-

valla, se edellyttää tekstuurin saumattomuutta. Toisin sanoen, kun tekstuuria toistetaan vierekkäin, kuvien väliin ei saa jäädä näkyviä saumoja tai selkeitä yksityiskohtia, jotka paljastavat toistuvan tekstuurin. Tällainen teksturi on melko helppo tehdä Photoshopissa Offset-filterillä ja esimerkiksi Clone-työkalulla. (Ingrassia 2009, 310-312.)

### 4.3 Material Editor

Cinema 4D:n materiaalit pohjautuu materiaalikanaviin, joissa jokainen kanava vastaa yhtä materiaalin ominaisuutta (väriä, heijastavuutta, epätasaisuutta jne.). Material Editorissa voidaan määrittellä näitä materiaalin ominaisuuksia. Editori aukeaa uuteen ikkunaan, kun valittu materiaali avataan Material Managerista (kuva 10). Kussakin kanavassa on erilaisia parametreja, joiden arvoja muuttamalla voidaan vaikuttaa materiaalin ominaisuuksiin. Useimmat kanavat ovat rakenteeltaan samankaltaisia. (MAXON Manual 2010e.)



Kuva 10: Material Editor Color-kanava valittuna

Editorissa on kaikkiaan 14 peruskanavaa. Materiaalikanavan nimeä klikkaamalla pääsee vaikuttamaan sen asetuksiin. Kanavan nimen vieressä on valintaruutu, josta kanava voidaan ottaa käyttöön. Oletusarvoisesti valittuna ovat Color- ja Specular-kanavat, sillä niitä käytetään lähes kaikkiin materiaaleihin. Vain valitut kanavat otetaan huomioon renderöinnissä. Se, mitä kanavia tarvitsee, riippuu siitä, millaisen materiaalin haluaa luoda. Lähes kaikki materiaalit voidaan luoda muutamalla peruskanavalla. (MAXON Manual 2010e.)

Material Editorin oikeassa yläreunassa on esikatseluobjekti, joka kertoo, miltä materiaali näyttää nykyisillä asetuksilla. Esikatselu on suuntaa-antava, eikä se kerro täsmällisesti, millä materiaali näyttää lopullisessa renderöinnissä. Tarkemman esikatselukuvan saa, kun esikatseluobjektia klikkaa hiiren oikeanpuoleisella painikkeella. Se avaa valikon, josta voidaan muuttaa objektin muotoa ja kokoa. (von Koenigsmarck 2007, 118.)

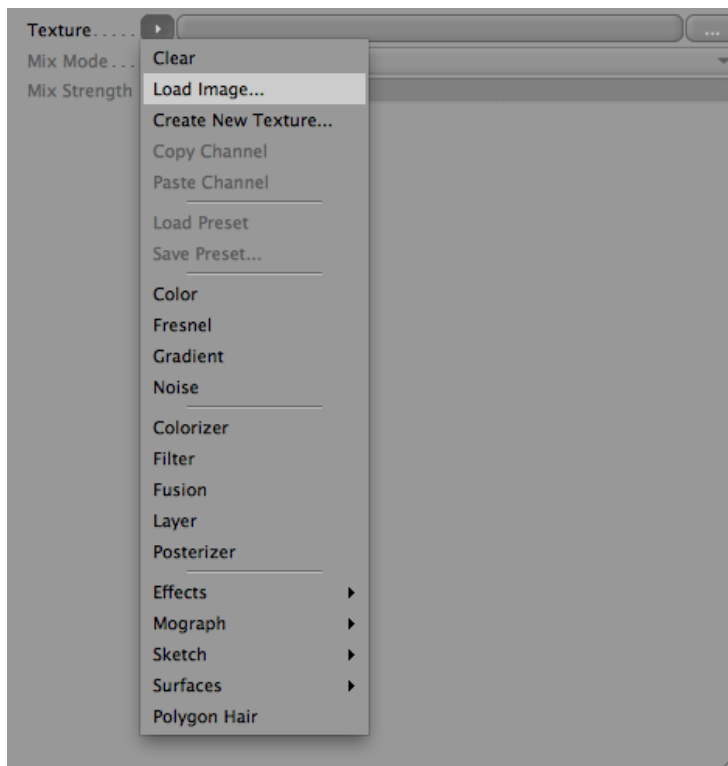
Esikatseluobjekti voidaan avata samasta valikosta myös kokonaan uuteen ikkunaan, jonka kokoa voidaan muuttaa. Tämä on erityisen hyödyllistä silloin, kun editorissa luodaan monimutkaisia shadereita. Jos Advanced Render -moduuli on asennettu, voidaan esikatselussa tarkastella materiaalia realistisemmin Global Illumination -asetuksilla. GI-esikatselu on raskaampi kuin perusesikatselu, joten se saattaa päivittyä hieman viiveellä. (Cineversity 2010d.)

### 4.3.1 Color

Color on epäilemättä käytetyin materiaalikanava. Tällä kanavalla vaikutetaan materiaalin perusväriin, eli siihen, minkä värinen pinta on valkoisessa valossa. Jos materiaalin värinä halutaan käyttää yhtä väriä, se voidaan valita esimerkiksi RGB-arvoisena. Yleensä Color-kanavassa käytetään kuitenkin tekstuuria. Brightness-parametrilla voidaan vaikuttaa kanavan ominaisuuden voimakkuuteen. Color-kanavassa sillä joko vaalennetaan tai tummenneetaan värejä. (von Koenigsmarck 2007, 117.)

Kanavaan voidaan tuoda tekstuuri klikkaamalla Texture-attribuutin viereistä pientä nuolipainiketta (kuva 11). Tämä avaa listan, jossa on lueteltu kaikki mahdolliset kanavashaderit.

Listan kohdasta Load Image voidaan tuoda bittikarttatekstuuri. Jos tekstuuriksi on tuotu shaderi, pääsee sen asetuksia muuttamaan shaderin nimeä klikkaamalla.



*Kuva 11: Tekstuurin tuominen Color-kanavaan*

Jos kanavaan on määrittänyt sekä värin että tekstuurin, käsitellään niitä ikään kuin tasoissa niin, että yksivärinen Color-taso jää tekstuurin alle. Mix Mode - ja Mix Strength -asetuksilla voidaan sävyttää tekstuuria eri tavoin Color-kanavan väriarvolla. Tekstuurin ja värin valitseminen toimii, joitain pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta, samalla periaatteella kaikissa kanavissa, joihin on mahdollista tuoda tekstური. (von Koenigsmarck 2007, 118.)

### 4.3.2 Diffusion

Diffusion-kanava tummentaa Color-kanavan värejä. Sen avulla voidaan esimerkiksi korjata ylivalotuksesta aiheutuvia ongelmia materiaalissa niin, että valaistusasetuksia ei tarvitse muuttaa. Diffusionilla voidaan myös luoda materiaaliin epäsäännöllisyyttä tummentamalla Color-kanavan värejä harmaasävytekstuurilla. Samalla tekstuurilla on mahdollista lisätä

epäsäännöllisyyttä myös Specular-, Reflection- ja Luminance-kanaviin. Tekstuurin valkoisilla alueilla ei ole vaikutusta materiaaliin, mutta mitä tummempi pikseli tekstuurissa on, sitä voimakkaammin Diffusion-efekti toimii. (von Koenigsmarck 2007, 120-121)

Oman kokemukseni perusteella Diffusion-kanavalla ei kannata tehdä kovin radikaaleja muutoksia, eikä siitä ole juuri hyötyä kaikkein yksinkertaisimpia materiaaleja tehdessä. Jos kanavaan tuo tekstuurin, joka sisältää voimakkaita tummia värejä, se pilaa helposti Color-kanavan värityksen. Tekstuurin voimakkuutta voidaan kuitenkin pienentää pudottamalla Mix Strength -asetuksen prosenttilukua. Näin materiaaliin saa helposti pieniä sävyeroja.

Diffusion-kanavaan voidaan tuoda myös Ambient Occlusion -shaderin. Ambient Occlusion on vaihtoehto monimutkaisille valaistuslaskennoille. Se laskee materiaalille varjostuksen objektin geometrian ja sitä ympäröivien muiden objektien perusteella. Kun tämän shaderin asettaa kanavaan, se tummentaa materiaalin alueita, jotka todennäköisimmin jäisivät varjoon. (von Koenigsmarck 2007, 205.)

### **4.3.3 Luminance**

Luminance-kanavalla luodaan materiaalille itsevalaiseva ominaisuus. Kanavaan voidaan tuoda teksturi, jolla rajataan valaistuksen vaikutusta materiaalin tiettyyn osaan. Mitä vaaleampi pikseli tekstuurissa on, sitä kirkkaammin Luminance valaisee. Tekstuurin mustat pikselit eivät puolestaan valaise lainkaan. Jos tekstuurissa on värillisiä pikseleitä, ne sävyttävät Luminancen tuottamaa valoa. Luminancea voidaan käyttää, kun halutaan simuloida jotain materiaalia, jolla on oma valonlähde (esimerkiksi kynttilä, valotaulu tai lcd-näyttö). (von Koenigsmarck 2007, 121.)

Tavallisesti Luminance ei valaise ympärillä olevia objekteja, mutta jos renderöintiin käyttää Global Illumination -laskentaa, myös Luminancen aiheuttama valo otetaan huomioon. Luminancea voidaan käyttää myös realistisen valaistuksen toteuttamiseen, kun Luminance-kanavaan tuodaan tekstuuriksi HDR-maisemakuva. Kun tällainen materiaali lisätään 3D-ym-

päristön taivasta simuloivalle Sky-objektille, valaisee se malleja tekstuurin väreillä. (Cine-versity 2010e.)

Luminance-kanavaan voidaan tuoda myös Advanced Render -moduulin tarjoama Subsurface Scattering (SSS) -shaderi. Sen avulla voidaan simuloida läpikuultavia materiaaleja (kuten marmori, maito, hunaja tai iho), joissa valo imeytyy osittain kappaleeseen ja siroaa materiaalin pinnan alla. SSS-shaderin asetuksista voidaan määrittellä muun muassa, kuinka paksun objektin valo pystyy läpäisemään. (van der Byl 2006, 9.)

#### **4.3.4 Transparency**

Transparencyn avulla materiaalista voidaan tehdä kokonaan tai osittain läpinäkyvä. Brightness-arvo määrittää läpinäkyvyyden prosentuaalisesti. Transparency-kanavaan voidaan tuoda myös tekstuuri, jolla ohjataan materiaalin läpinäkyvyyttä. Mitä kirkkaampi pikseli on Transparency-kartassa, sitä läpinäkyvämpi vastaava alue on materiaalissa. Tekstuuri toimii diakuvan tapaan: punainen väri diassa päästää vain punaista valoa läpi, valkoinen päästää kaikkea väriä, musta ei mitään. (MAXON Manual 2010f.)

Refraction-arvolla määritellään valon taittuminen kahden aineen rajapinnassa. Refraction-arvo noudattaa fysiikan lakeja. Kun valo kulkee harvemmasta aineesta tiheämpään tai päinvastoin, se taittuu. Taulukossa 2 on lueteltu joidenkin aineiden taitekertoimia. Kattava listaus taitekertoimista löytyy esimerkiksi osoitteesta <http://refractiveindex.info>. Taitekertoimet toimivat aidosti vain suljettujen muotojen kanssa. (MAXON Manual 2010f.)

Taulukko 2: Aineiden taitekerroimia (MAXON Manual 2010f.)

Aine	Taitekerroin
ilma	1,000
jää	1,310
vesi	1,333
lasi	1,440 - 1,900
suola	1,544
sokeri	1,560
safiiri	1,760
timantti	2,417 - 2,419

Kun valo läpäisee läpinäkyvän materiaalin, se myös heikkenee ja saattaa muuttaa hieman väriään. Absorption Color - ja Absorption Distance -asetuksilla voidaan määrittää läpinäkyvälle materiaalille etäisyys, jonka jälkeen se muuttaa väriä. Näillä asetuksilla voidaan sävyttää esimerkiksi lasimalja niin, että lasin paksumpi osa sävytetään jollain värillä. Blurriness-asetuksella voidaan sumentaa materiaalin läpinäkyvyyttä samaan tapaan kuten esimerkiksi lasitiilet usein tekevät. (MAXON Manual 2010f.)

#### 4.4.5 Reflection

Reflection-kanavalla määritellään materiaaliin heijastava ominaisuus. Tämän kanavan aktiivointi heijastaa ympärillä olevia objekteja. Harmaasävytekstuurilla voidaan määritellä, mikä alue tekstuurikartassa heijastaa ja kuinka paljon. Tekstuurin valkoiset pikselit antavat maksimiheijastuksen. Vastaavasti, mitä tummempi pikseli tekstuurissa, sitä huonommin materiaali heijastaa. (von Koenigsmarck 2007, 124.)

Realistiset heijastukset edellyttävät, että ympäristössä on todella jotain, mikä voi heijastua pinnasta. Pintojen heijastukset eivät ole juuri koskaan täydellisiä, vaan ne ovat yleensä vääristyneitä ja sumentuneita. Cinema 4D:ssä voidaan sumentaa heijastuksia Blurriness-arvolla. Tämän efektin käyttö on kuitenkin melko raskasta, koska sen laskemisessa otetaan hu-

mioon mm. ympäröivien objektien etäisyys: mitä kauempana kohde on, sitä sumeampana heijastuksena se näkyy. (van der Byl 2006, 8.)

#### 4.4.6 Environment

Environment on vaihtoehto Reflection-kanavan oikeille heijastuksille. Tällä kanavalla voidaan simuloida ympäristön heijastumista tekstuurin avulla (kuva 12). Environment-kanavaan tuodaan tekstuuri, joka edustaa 3D-maailman ympäristöä. Se luo objektin ympärille kuvitteellisen pallon, johon tekstuuri tuodaan. Tämän pallon kautta maailma heijastuu materiaalin pinnalle. Environment-tekstuuri on riippumaton materiaalin projektioista: se on aina Spherical-tyyppinen (ks. Spherical-projektio s. 44). (von Koenigsmarck 2007, 125.)



*Kuva 12: Materiaalin Environment-kanavaan on tuotu HDR-kuva (vas.), ja materiaali on asetettu pallon pinnalle.*

Periaatteessa Environment-tekstuurina voidaan käyttää mitä tahansa kuvaa. Kuvaa voidaan myös toistaa Tiles-parametreillä horisontaalisesti ja vertikaalisesti. Realistista ympäristöheijastusta tavoitellessa käytetään kuitenkin usein HDR-maisemakuvia, jotka kattavat ympäristöstä täydet 360 astetta. Ympäristökuvana kannattaa käyttää kuvaa, joka sopii 3D-maailman yleiseen tunnelmaan. Kuvaa valittaessa täytyy ottaa huomioon, missä ja minkälais-



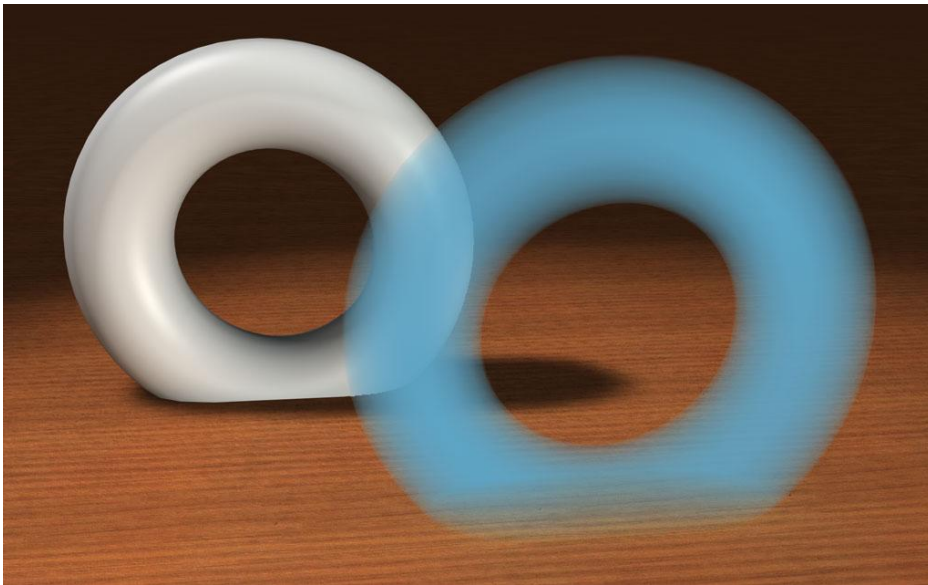
sa valaistuksessa kuva on otettu. Jos objektin taustalla käytetään taustakuvaa, pitää Environment-kartan sopia yhteen myös taustan kanssa. (von Koenigsmarck 2007, 125.)

Environmentin käyttö säästää aikaa, kun ympäristöä ei tarvitse erikseen mallintaa. Environment-heijastukset renderöidään myös paljon nopeammin kuin aidot Reflection-heijastukset, koska laskemiseen ei käytetä säteenjäljitystä. Tekniikkaa voidaan käyttää esimerkiksi tuotekuvissa, kun materiaaliin halutaan realistisia heijastuksia, mutta tausta halutaan pitää yksinkertaisena. (MAXON Manual 2010g.)

Jos Environment-kanavaa käyttää yhdessä Reflection-kanavan kanssa, tulee Reflection-kanavan Additive-vaihtoehdon olla valittuna. Myös Environment-kanavan Exclusive-valintaruutu tulee olla aktivoituna. Tällä tavoin Environment-heijastukset näkyvät paikoissa, joissa ei ole Reflection-kanavan aiheuttamia oikeita heijastuksia. (von Koenigsmarck 2007, 124-125.)

#### **4.4.7 Fog**

Fog-kanava luo materiaaliin sumuefektin, joka tulee objektin rajojen sisäpuolelle (kuva 13). Tämän takia sen objektin geometrian, jolle sumumateriaali tuodaan, tulee olla suljettu. Sumun tiheyttä voidaan säätää Distance-arvolla. Tämä parametri määrittää sen etäisyyden, jossa sumu tulee niin sakeaksi, että objektin läpi ei enää näe. Distance-arvo riippuu siis aina sen objektin koosta, jolle materiaali asetetaan. Fog-kanavaa käytetään lähes aina yksinään. (von Koenigsmarck 2007, 125.)

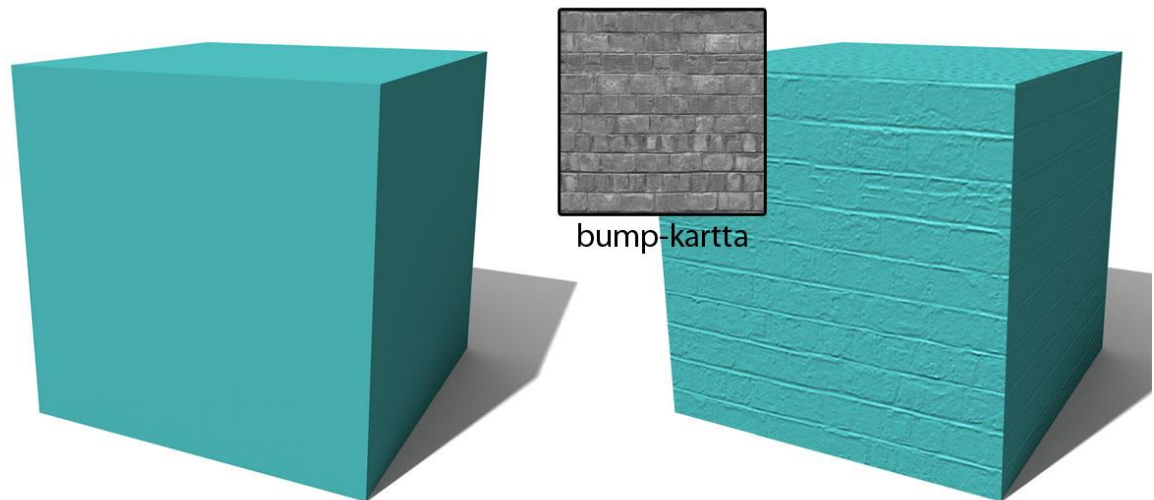


*Kuva 13: Oikeanpuoleiseen renkaaseen on tuotu Fog-materiaali.*

Fogilla voidaan luoda esimerkiksi maasta nousevaa sumua, kun Fog-materiaalin tuo matalalle suorakaiteen muotoiselle objektille. Fog-kanavalla voidaan vaikuttaa yksinkertaisesti siihen, kuinka sumu häivytetään, mutta muutoin se on aina tasapaksua. 3D-shadereissa on myös Fog-materiaali, jossa on enemmän asetuksia ja mahdollisuuksia luoda sumuun epätasaisuutta. C4D:ssä on mahdollista luoda myös globaali, koko ympäristön kattava sumu Environment-objektin asetuksista. (CINEMA 4D Curriculum, 131-132.)

#### **4.4.8 Bump**

Bump on yksi tärkeimmistä materiaalin ominaisuuksiin vaikuttavista kanavista. Se tekee objektin pinnasta epätasaisen bittikarttatekstuurin tai shaderin pohjalta (kuva 14). Renderöijä käyttää harmaasävykuvaa, jossa kuvan tummat alueet näyttävät painuvan alaspäin ja vaaleat nousevan ylös. Bump-kartan voimakkuutta ohjataan Strength-parametrilla. Sen arvoksi on mahdollista asettaa myös negatiivinen luku, jolloin tekstuurin vaikutus on päinvastainen. (von Koenigsmarck 2007, 127.)



*Kuva 14: Oikeanpuoleisen laatikon epätasaisuus on luotu Bump-kartalla.*

Bumpin käyttö ei muuta todellisuudessa objektin rakennetta eikä lisää malliin polygoneja, vaan se vaikuttaa valaistuslaskentaan niin, että syntyy vaikutelma pinnan epätasaisuudesta. Bump ei koskaan vaikuta objektin ääriivoihin. Se ei myöskään aiheuta muutoksia objektin aiheuttamissa eikä vastaanottamissa varjoissa. (Cineversity 2010f.)

Bumpia käytetään, koska se on ajankäytön ja renderöinnin kannalta tehokasta. Bump-kartalla voidaan helposti luoda materiaalille pintarakenne ja pieniä virheitä, kuten halkeamia, naarmuja ja koloja. Bump-kartalla ei tule koskaan tehdä sellaisia muutoksia, joiden realistinen toteutus vaatisi geometrian muokkaamista. Hyvälaatuinen Bump-kartta edellyttää riittävän suurta resoluutiota ja sitä, että tekstuurissa on tarpeeksi eri harmaan sävyjä. (Cineversity 2010f.)

#### **4.4.9 Normal**

Normal-kanavalla on sama funktio kuin Bump-kanavalla, eli se tekee materiaalin pintaan keinotekoisesti epätasaisuutta, jonka renderöijä ottaa huomioon valaistusta laskiessa. Erona on kuitenkin se, että Normal-tekniikalla voidaan näyttää yksityiskohdat tarkemmin. Tämä johtuu siitä, että Normal käyttää epätasaisuuden laskemiseen RGB-kuvaa. Normal-kartta luo materiaalin pinnalle virtuaalisia normaaleja, joissa tekstuurin yksi pikseli vastaa materi-

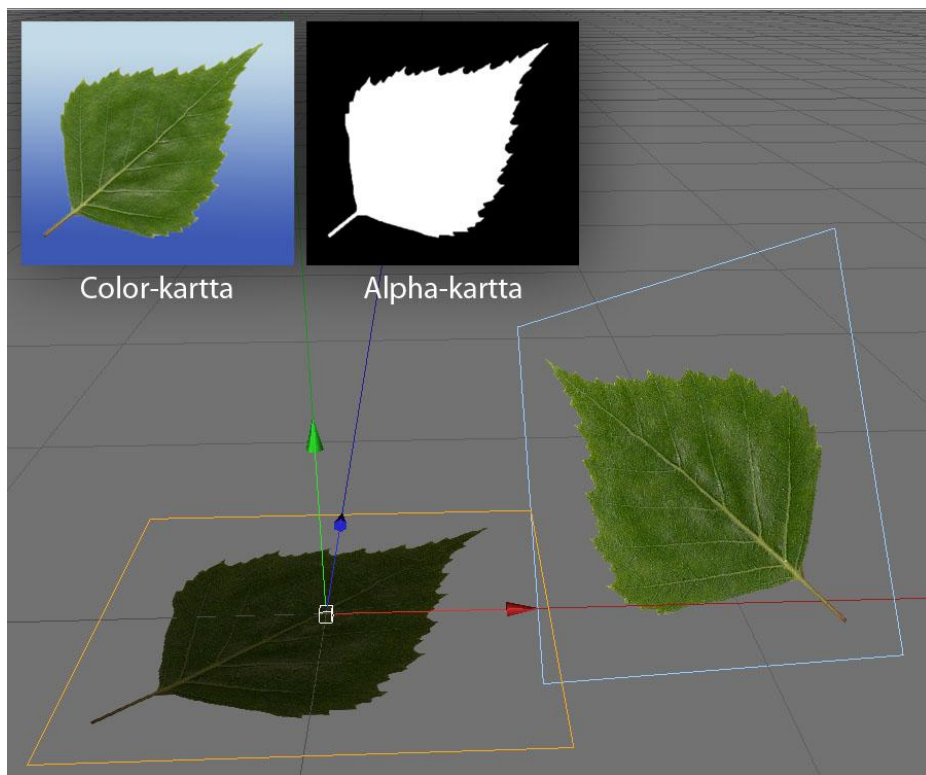
aalin pinnan yhtä normaalia. Normaalin suunta ilmoitetaan RGB-kuvan kolmen värikanavan avulla. (MAXON Manual 2010h.)

Heikkoutena Normal-kartassa on se, että tekstuuri pitää luoda etukäteen jollain ohjelmalla. Normal-tekstuurin muodostamiseen ei ole mitään yhtä tiettyä standardia, vaan eri ohjelmat tekevät niitä eri tavalla. Tämän vuoksi Normal-materiaalikanavassa on eri vaihtoehtoja sille, kuinka renderöijä käsittelee Normal-karttaa. C4D:ssä on mahdollista luoda objektista Normal-kartta Bake Texture -tagin avulla. (MAXON Manual 2010h.)

Normal-tekniikkaa käytetään etenkin peliteollisuudessa, koska se on renderöinnin kannalta erittäin tehokasta. Mallin geometria voidaan yksinkertaistaa, kun pinnan yksityiskohdat luodaan Normal-kartalla. Normal-tekniikan ansiosta vähän polygoneja sisältävä objekti saadaan näyttämään korkeatasoiselta. (MAXON Manual 2010h.)

#### **4.4.10 Alpha**

Alpha-kanavalla voidaan vaikuttaa materiaalin näkyvyyteen harmaasävytekstuurin avulla. Yksinkertaisimmillaan Alpha-kartta on mustavalkoinen. Tekstuurin valkoinen alue on materiaalin näkyvä osa, musta jää renderöitäessä kokonaan näkymättömäksi (kuva 15). Alpha-tekstuurin eri harmaan sävyillä voidaan määritellä materiaalille myös asteittainen näkyvyys. (MAXON Manual 2010i.)



*Kuva 15: Alpha-tekstuurin avulla yksi ainoa polygonikin voi näyttää monimutkaiselta.*

Alpha-kanavalla on Transparencyyn nähden selkeä ero. Transparencyä käytetään, kun luodaan esimerkiksi lasinkaltaisia läpinäkyviä materiaaleja. Vaikka Transparency-arvo olisikin 100 prosenttia, materiaali voi vastaanottaa esimerkiksi Specular-heijastuksia. Alpha-karttaa puolestaan käytetään tekemään tietty osa materiaalista näkymättömäksi (esimerkiksi rikkoutunut ikkuna, verkkoaita tai puun lehti).

Alpha-kanava ei sovellu kaikkiin tilanteisiin. 3D-objektit koostuvat tasaisista levymaisistä polygoneista, ja kun polygon-verkon pinnalle tekee reikiä Alpha-kartalla, illuusio kiinteästä objektista rikkoutuu. Tämän vuoksi Alpha-kanavalla tehdyt yksityiskohdat näyttävät hyviltä vain, kun pinta on suoraan kameraa kohti. Alpha-kanavaa käytetään, koska se on renderöinnin kannalta tehokasta ja helpottaa mallinnusta monissa tapauksissa. Alpha-kanavaa käytetään myös silloin, kun yhdelle objektille on asetettu useampia materiaaleja päällekkäin ja päällimmäisen materiaalin tietty osa halutaan jättää näkymättömiin. (MAXON Manual 2010i.)

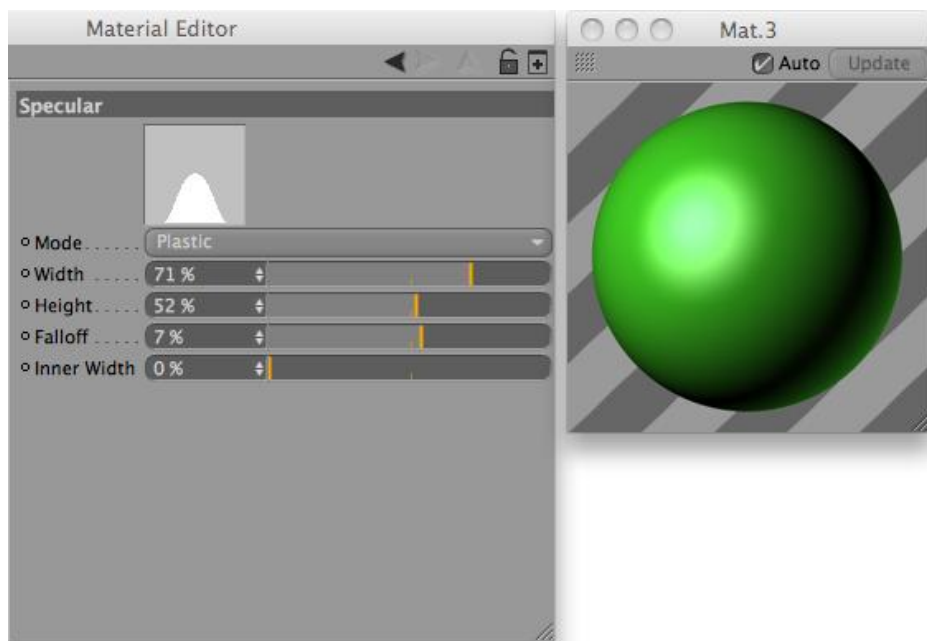
#### 4.4.11 Specular

Reaalimaailmassa lähes kaikkien materiaalien pinnat kiiltävät jonkin verran. Tällaisille pinnoille syntyy highlighteja eli kohtia, joihin valo osuu voimakkaasti. Muovi ja lasi ovat hyviä esimerkkejä todella kiiltävistä pinnoista. Kun tarkastelee lähemmin esimerkiksi muovikupin highlighteja voi huomata, että ne ovat heijastuksia eri valonlähteistä, esimerkiksi pöytälamppaasta, kattolampusta tai tietokoneen näytöstä. (van der Byl 2006, 6.)

3D-grafiikassa Specular-heijastukset eivät peilaa valonlähteitä samaan tapaan kuin oikeassa elämässä, vaan niillä luodaan illuusio pinnan kiiltävyydestä. Kiiltävyys lasketaan yksinkertaisella tavalla, jossa otetaan huomioon objektin muoto sekä valonlähteen ja kameran sijainti. Tällainen on renderöinnin kannalta erittäin nopeaa. (van der Byl 2006, 6.)

Specular-ominaisuuden määrittäminen on tärkeää, sillä se antaa kuvan siitä, millainen materiaali on kyseessä. Valo käyttäytyy eri tavalla esimerkiksi villan, silkin tai sametin pinnalla. Tasaisilla pinnoilla kuten muovilla on voimakkaita ja teräviä Specular-highlighteja. Matta- ja karheapintaisilla materiaaleilla Specular-heijastus on heikompaa ja highlight hajailee laajemmalle alueelle. (MAXON Manual 2010j.)

Specular-heijastuksen ulkonäköön vaikutetaan neljällä säätimellä (kuva 16). Nämä ovat Width, Height, Falloff ja Inner Width. Width-arvo määrittää highlightin koon ja Height sen voimakkuuden. Falloff-parametrillä voidaan vaikuttaa highlightin keskikohdan ja sen ulkoreunan väliseen muutokseen: pieni Falloff-arvo tekee neulan muotoisen terävän muutoksen. Inner Width puolestaan määrittää highlightin keskialueen. Koska nämä parametrit ovat todella teoreettisia, on kanavassa highlightia havainnollistava käyrä, joka auttaa hahmottamaan lopputuloksen. (MAXON Manual 2010k.)



*Kuva 16: Specular-kanavan asetukset ja Specular-heijastus esikatselukuvassa.*

#### 4.4.12 Specular Color

Tällä kanavalla voidaan vaikuttaa Specular-heijastuksen väriin ja voimakkuuteen. Kun kanavaan tuo tekstuurin, se sävyttää heijastuksia tekstuurikartan väreillä. Tekstuuri vaikuttaa myös heijastuksen voimakkuuteen. Mitä kirkkaampi pikseli tekstuurissa on, sitä kirkkaammin highlight näkyy materiaalissa. (von Koenigsmarck 2007, 129.)

Jos halutaan kontrolloida pelkästään heijastuksen voimakkuutta materiaalin tietyissä kohdissa, voidaan kanavaan tuoda harmaasävytekstuuri. Esimerkiksi ihmisen kasvoissa on eri heijastusasteita; nenä, huulet ja poskipäät heijastavat voimakkaimmin. (van der Byl 2006, 7.)

#### 4.4.13 Glow

Tämän kanavan aktivoiminen tekee materiaalista hohtavan. Glow'ta voidaan käyttää, kun halutaan simuloida valon säteilyä tai kuumaa hehkua (kuva 17). Kanavan parametreillä voi-

daan erikseen määrittää, kuinka voimakas hohto on materiaalin pinnalla, ja kuinka voimakkaasti se säteilee valoa objektin ympärille. Glow tarvitsee näkyäkseen jonkun valonlähteen. Jos Glow’lla halutaan simuloida esimerkiksi hehkulampun hohtoa, on hyvä vaihtoehto valaista lamppu Luminance-kanavalla, joka antaa tasaisen valaistuksen koko materiaalille. (von Koenigsmarck 2007, 130.)



*Kuva 17: Oikeanpuoleinen liikennevalo hohtaa Luminancen ja Glow-efektin ansiosta.*

Glow-efektiin voidaan myös lisätä Random-arvolla sattumanvaraisuuteen perustuva muutos, joka vaikuttaa säteilyn voimakkuuteen. Tämä muutos on sidoksissa Frequency-arvoon: mitä suurempi luku on, sitä nopeammin muutos säteilyssä tapahtuu. Näiden parametrien avulla on helppo animoida epätasaista säteilyä. (von Koenigsmarck 2007, 130.)

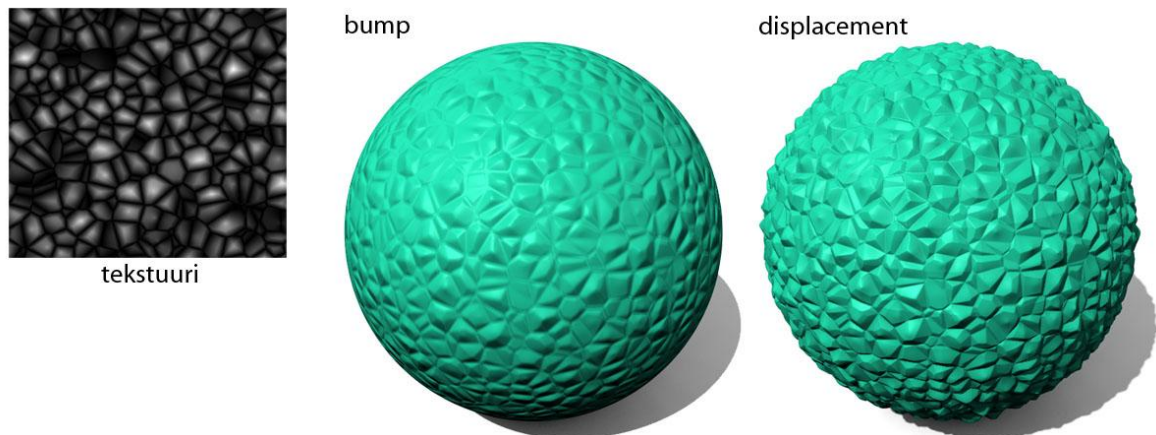
Glow on yksinkertainen ja nopea tehoste, joka lasketaan vasta tavallisen renderöinnin jälkeen. Glow-ominaisuuden vaikutusta ei oteta huomioon heijastuksissa, eikä se näy läpinäkyvien materiaalien läpi. Jotta Glow-efekti lasketaan renderöitäessä, tulee renderöinti-asetuksista olla valittuna Object Glow. (MAXON Manual 2010L.)

#### **4.4.14 Displacement**

Siinä missä Bump- ja Normal-kanavat tekevät epätasaisuutta keinotekoisesti, Displacement muuttaa fyysisesti objektin geometriaa luoden näin realistisemmän vaikutelman (kuva 18). Displacement-kanava muuttaa objektin geometriaa tekstuurin avulla. Perusasetuksilla Disp-



lacement käyttää harmaasävytekstuuria samaan tapaan kuin Bump-kanava. Tekstuurin vaaleat alueet nostavat polygon-meshiä, kun taas tummat alueet laskevat sitä. Displacement osaa käsitellä myös värillistä tekstuuria hieman samalla tavalla kuin Normal-kanava. Muutosta ohjataan RGB-kuvan kanavilla X-, Y- ja Z- suunnassa. (MAXON Manual 2010m.)



*Kuva 18: Displacement muuttaa geometriaa tekstuurin avulla. Huomaa objektin ääriiviivat ja varjo.*

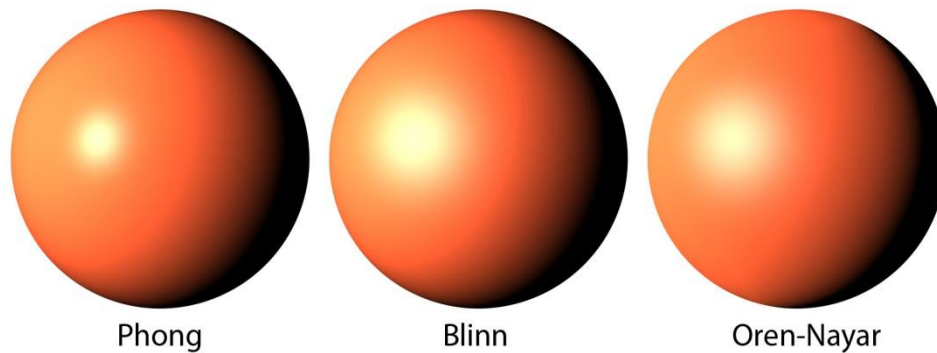
Yksityiskohtaisen geometriamuunnoksen tekeminen edellyttää, että objektissa on tarpeeksi polygoneja. Advanced Render mahdollistaa Sub-Polygon Displacement -toiminnon, joka jakaa objektin polygonit pienempiin osiin renderöinnin aikana. Tällöin objektia voidaan muokata vähemmällä kulmapisteillä. Huomaa, että polygonien jakaminen tehdään aina koko objektille, vaikka materiaalia käytettäisiinkin Polygon Selection -tagin avulla vain tiettyssä osassa objektia. Displacementin laskemiseen kuluu huomattavasti enemmän renderöintiäikää kuin Bump-kartalla luotuun epätasaisuuteen. Varsinkin Sub-Polygon Displacementin käyttö lisää renderöintiäikää tuntuvasti. (MAXON Manual 2010m.)

#### **4.4.15 Illumination**

Illumination-kanava on käytössä vain, jos Advanced Render on asennettu. Vaikka tämä ei olekaan peruskanava, haluan tuoda sen esiin, sillä se on tärkeä materiaalin realistisen valaistuksen kannalta. Illumination-kanavan kautta vaikutetaan materiaalin Global Illumination -, Caustics- ja valaistusmalliasetuksiin.

Global Illumination -asetuksilla vaikutetaan siihen, kuinka materiaali otetaan huomioon GI-laskennassa. Caustics puolestaan on efekti, joka syntyy valon taittuessa tai heijastuessa. Tyypillinen esimerkki ilmiöstä on uima-altaan pohjalle heijastuva kuvio. Caustics-asetuksilla voidaan mm. vaikuttaa siihen, voiko materiaali vastaanottaa tai aiheuttaa Caustics-ilmiön aiheuttamia heijastuksia. (MAXON Manual 2010j.)

Model-valikossa on valittavissa materiaalille kolme eri valaistusmallia: Phong, Blinn ja Oren-Nayar (kuva 19). Valaistusmallit vaikuttavat yhdessä specular-asetusten kanssa siihen, kuinka malli valaistetaan. Kaikilla materiaaleilla on oletuksena Phong-valaistus. Se sopii kuitenkin lähinnä kiiltäville muovimaisille materiaaleille. Blinn on sopiva metalli tai lasimateriaalille, Oren-Nayar puolestaan karheille pinnoille. (MAXON Manual 2010j.)



*Kuva 19: Valaistusmallilla vaikutetaan siihen, kuinka valo käyttäytyy materiaalin pinnalla.*

## 5 Materiaalin lisääminen

Materiaaleja ei voida käyttää yksinään 3D-avaruudessa, vaan ne tuodaan objekteille. Tätä työvaihetta kutsutaan teksturoinniksi. Cinema 4D:ssä materiaali ja objekti yhdistetään toisiinsa Texture-tagin avulla. Käytännössä tämä tapahtuu vetämällä materiaalikuvake Material Managerista objektin päälle joko Object Manageriin tai suoraan 3D-näkymään. Materiaali voidaan tuoda joko koko objektille, tai jos objekti on editoitavassa muodossa, se voidaan tuoda myös valituille polygoneille. Kun materiaali on lisätty, ilmestyy Object Manageriin sen merkiksi pieni kuvake, Texture-tag. (von Koenigsmarck 2007, 135.)

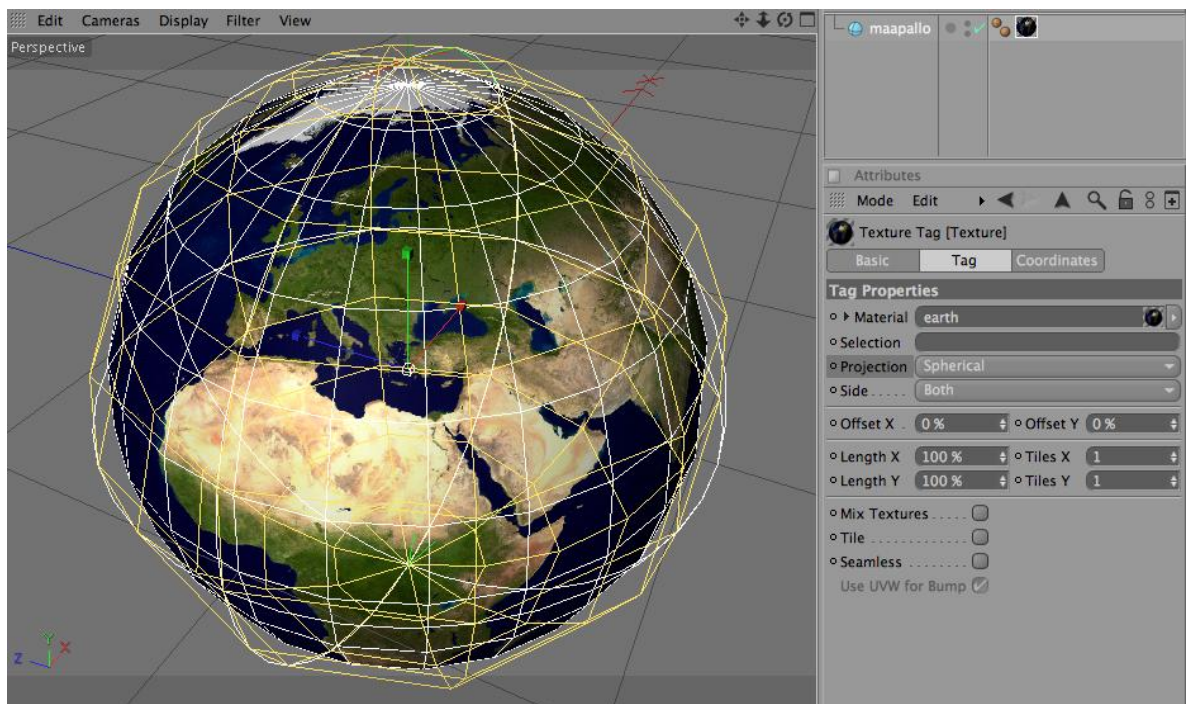
Materiaalin tuominen valmiiseen malliin ei ole aina aivan ongelmaton. Shadereiden tai yksinkertaisten materiaalien kanssa se voi onnistua pelkällä hiiren klikkauksella, mutta jos tekstuuriksi on tuotu bittikarttakuvia, täytyy määritellä, kuinka ne asettuvat suhteessa objektiin. Perimmäinen ongelma on siinä, että objektit ovat kolmiulotteisia, mutta materiaalit sisältävät usein kaksiulotteisia tekstuureita. Teksturointi on helppoa, jos lopputuloksen kannalta ei ole kovin tarkkaa, miten tekstuuri asettuu objektin pinnalle (esim. kiven tekstuuri). Yleensä kuva täytyy kuitenkin asettaa täsmällisesti objektin tiettyyn kohtaan (esim. logo tuotteen kylkeen). (CINEMA 4D Curriculum, 120.)

### 5.1 Texture-tagin asetukset

Tapa, jolla 3D-malli teksturoidaan, riippuu paljon siitä, mihin käyttöön se lopulta tulee. Pelikäyttöön tarkoitettujen mallien teksturoidaan eri tavalla kuin mallit, joita käytetään still-kuvissa tai animaatiossa. Käytetty tapa riippuu myös objektin muodosta ja tekstuureista. Kun Texture-tag on valittu, voidaan sen asetuksia muokata Attribute Managerissa. Tagin asetuksista voidaan määritellä muun muassa tekstuurin projektiotyyppi, sen koko ja sijainti verrattuna objektiin, sekä se, kuinka monta kertaa tekstuuria toistetaan objektin pinnalla. (Capizzi 2002, 135.)

## Projection

Se, kuinka materiaalin tekstuurit tuodaan objektin pinnalle, määritellään Projection-asetuksella. Kun projektiotyyppeä valitsee, kannattaa ottaa käyttöön Texture Axis -mode. Texture Axis näyttää keltaisen apuruudukon, jonka muoto vastaa valittua projektiota (kuva 20). Ruudukko on apuobjekti, jonka mittoihin kaikki materiaalin sisältämät tekstuurit skaalataan. C4D:ssä on yhdeksän eri tilanteisiin sopivaa projektiotyyppeä. (MAXON Manual 2010n.)



*Kuva 20: Pallon pinnalle on tuotu kaksiulotteinen kuva maapallosta. Tekstuuri skaalataan spherical-tyyppisesti keltaisen ruudukon mukaan.*

Spherical-projektio ympäröi tekstuurin pallon muotoon. Tämä aiheuttaa vääristymiä navoissa. (MAXON Manual 2010n.)

Cylindrical-kartoitus projisoi tekstuurin kietoen sen lieriön muotoon. Tätä projektiota voidaan käyttää esimerkiksi pylväisiin ja puunrunkoihin. Tekstuurikartan vasen ja oikea reuna kohtaavat, ja jos tekstuurina käyttää bittikarttakuvaa, jota ei ole muokattu saumattomaksi, lopputulos ei näytä hyvältä. (MAXON Manual 2010n.)

Flat on yksinkertaisin projektiotapa. Se toimii kuin diaprojektori, eli tekstuuri projisoidaan mallin pinnalle yhdestä suunnasta. Tätä menetelmää voidaan käyttää lähinnä tasaisiin pintoihin, kuten seiniin. Epätasaisilla pinnoilla se aiheuttaa ikäviä tekstuurivääristymiä. (MAXON Manual 2010n.)

Cubic projisoi saman tekstuurikuvion mallin pinnalle kuudelta puolelta. Tämä menetelmä toimii parhaiten laatikon mallisten objektien kanssa. Se ratkaisee joitain ongelmia, joita Flat-projektion kanssa voi ilmetä. (MAXON Manual 2010n.)

Frontal-projektiota käyttäessä materiaali projisoidaan kameran sijainnista objektiin. Frontal on oletusprojektiona, kun taustakuvaksi tarkoitettuun Background-objektiin tuodaan materiaali. Tämä projektio mahdollistaa sen, että taustakuvana käytetty tekstuuri on aina kohtisuoraan suhteessa aktiiviseen kameraan. Jotta taustakuvana käytettyä bittikarttakuvaa ei tarvitse venyttää, tulee sen ja renderöitävän alueen kuvasuhteen olla sama. (MAXON Manual 2010n.)

Spatial on hieman samantapainen kuin Flat-projektio. Siinä tekstuuri tuodaan objektin pinnalle yhdestä suunnasta, mutta sitä venytetään ylös vasemmalle. Spatial aiheuttaa vääristymiä, eikä se sovi bittikarttatekstuureille. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi marmorityyppisten shaderien kanssa. (MAXON Manual 2010n.)

UVW Mapping on projektiotavoista monipuolisin. Se käyttää pohjana muita projektiotyyppejä. Tällä projektiotavalla voidaan määritellä täsmällisesti, kuinka tekstuuri asettuu suhteessa objektin polygoneihin. Jotta UVW Mappingia voidaan käyttää, tulee objektilla olla UVW-koordinaatit. Tavallisten tekstuurien kanssa käytetään vain U- ja V-koordinaatteja. Jotkut 3D-shaderit tarvitsevat toimiakseen yhden koordinaatin enemmän. Tämän vuoksi käytössä on myös kolmas koordinaatti (W). Koska tekstuurit ovat yleensä kaksiulotteisia, W-koordinaatti luodaan vain silloin, kun sitä tarvitaan. Kun koordinaatti on luotu, käytäytyy se samalla tavalla kuin UV-koordinaatit. Tekstuurin UV-koordinaatteja voidaan muokata manuaalisesti. Käsittelen aihetta tarkemmin seuraavassa luvussa. (MAXON Manual 2010n.)

Shrink Wrapping projektiolla tekstuurin keskikohta on asetettu pallon pohjoisnapaan ja loppu tekstuurista venytetään sen yli. Näin tekstuuriin tulee saumoja vain alapuolelle. Tämä projektiotapa käyttää vain ympyränmuotoista osaa tekstuurikartasta, joten osa tekstuurista jää siis näkymättä. (MAXON Manual 2010n.)

Camera Mapping on samantapainen kuin Frontal-projektio, mutta se antaa käyttäjälle enemmän säätömahdollisuuksia. Camera Mapping -projektiossa täytyy määrittää, minkä kameran suunnasta materiaali projisoidaan. Toisin kuin Frontal-projektiossa, Camera Mappingissa ei voida käyttää oletuskameraa. Size-arvoilla voidaan skaalata tekstuurin kokoa. (MAXON Manual 2010n.)

### **Offset, Length ja Tiles**

Kun objektille on määritelty projektiotyyppi, se projisoidaan kuvitteellisen objektin mukaan. Tätä apuobjektia voidaan skaalata ja muokata Offset-, Length- ja Tiles-parametreilla. C4D:ssä on myös Texture- ja Texture Axis -työkalut, joilla voidaan helposti muokata aktiivista tekstuuria. Kun Texture-tila on valittu, tekstuuria voidaan muokata C4D:n perustyökaluilla (Move, Scale ja Rotate). (MAXON Manual 2010n.)

### **Side**

Polygonin pinnalla on aina kaksi puolta. Tällä pudotusvalikolla voidaan määrittää teksturoidaanko pinnan etu- vai takapuoli tai molemmat. Jos teksturoitavana on esimerkiksi sanomalehden sivu, voidaan näillä asetuksilla määrittää pinnan molemmille puolille eri tekstuurikuvan. (MAXON Manual 2010n.)

### **Mix Textures**

Yhdellä objektilla voi olla useita materiaaleja, ja materiaalit voivat olla myös päällekkäin. Materiaalit kerrostetaan niin, että Object Managerissa oikeapuoleisinta tagia vastaava materiaali on päällimmäisenä. Kun Mix Textures -valintaruutu on aktivoitu, yhdistää se valitun materiaalin ja sen alla olevien materiaalien asetuksia, kuten väri- ja Bump-arvoja. Otetaan esimerkiksi tiiliseinä, johon on luotu epätasaisuutta Bump-tekstuurilla. Jos tiilien päälle halutaan tuoda kuva graffitista, Mix Textures -asetuksella voidaan tehdä se niin, että tiilikuvointi säilyy graffiti-kuvan alla. (MAXON Manual 2010n.)

## **Tile**

Tile-asetus on oletusarvoisesti valittuna. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tekstuurikuva ei kata koko teksturoitavaa kuva-aluetta, tekstuuria toistetaan niin kauan, että alue peittyy. Ominaisuuden vaikutuksen huomaa helposti, kun tekstuuria skaalaa pienemmäksi. Jos Tile-asetusta ei ole valittu, tekstuuri näytetään vain kerran. Jos tekstuuri ei kata koko teksturoitavaa objektia ja objektille on asetettu useampia materiaaleja, näkyvät ne tekstuurin alta.

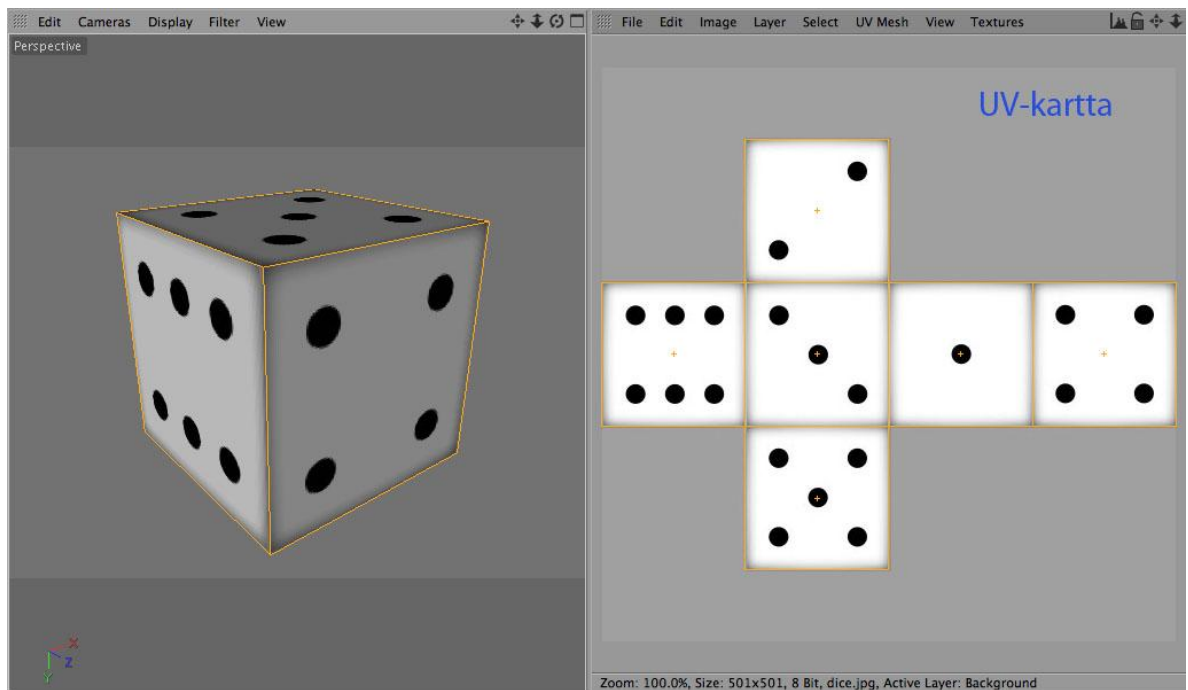
(MAXON Manual 2010n.)

## **Seamless**

Seamless-ominaisuutta voidaan käyttää, kun tekstuurikuvaa toistetaan Tile-asetuksen avulla vierekkäin. Tämän ominaisuuden aktivoiminen muuttaa joka toisen kuvan peilikuvaksi siten, että kuvion toistuminen ei ole niin ilmiselvää. (MAXON Manual 2010n.)

## **5.2 UV-kartoitus**

UV-kartoitusta (UV mapping) käytetään, kun halutaan määritellä täsmällisesti, kuinka tekstuuri tuodaan objektin pinnalle. UV-kartoituksessa määritellään polygon-tasolla, mikä alue tekstuurista näytetään tietyssä kohdassa objektia. UV-tekstuurikartassa objektin polygonit on kuvattu kaksiulotteisesti (kuva 21). UV-polygonien kulmapisteiden sijainti kartalla ilmoitetaan koordinaateilla. Siinä missä objektien sijainti 3D-avaruudessa ilmoitetaan XYZ-koordinaateilla, tekstuurikoordinaateista käytetään selkeyden vuoksi lyhenteitä U, V ja W. (MAXON Manual 2010n.)



*Kuva 21: Teksturoitavalla objektilla on kuusi polygonia. Polygonit on kuvattu myös UV-karttaan, joka määrittää, mistä kohtaa tekstuuria kuva tietylle polygonille haetaan.*

Tavallisella tekstuurilla on kaksi koordinaattia, yksi ilmaisemaan horisontaalista sijaintia (U) ja toinen vertikaalista (V). Kolmatta koordinaattia (W) käytetään joissain shadereissa, jotka osaavat ottaa huomioon myös syvyyssulottuvuuden. Tässä luvussa perehdyn kuitenkin pääasiassa kaksiulotteisten tekstuurien kartoitukseen. (MAXON Manual 2010n.)

### 5.2.1 UVW-koordinaatit

UVW-koordinaattien tiedot tallennetaan UVW-tagiin. Primitiiviobjekteilla ja NURBS-objekteilla on oma sisäänrakennettu UVW-koordinaatistonsa. Kun tällaisen objektin muuttaa polygonaaliseen muotoon (Make Editable -komennolla), Cinema luo automaattisesti objektille UVW-tagin. (MAXON Manual 2010o.)

Tietyissä tilanteissa objektilla ei välttämättä ole UVW-koordinaatteja. Koordinaattien luominen Cinemassa on kuitenkin melko yksinkertaista. Uuden UVW-tagin luominen onnistuu, kun objektille on asetettu materiaali. Materiaalin projektion tulee olla tässä vaiheessa jokin muu kuin UVW Mapping (esim. Flat). UVW-koordinaatti luodaan Texture-tagin ol-

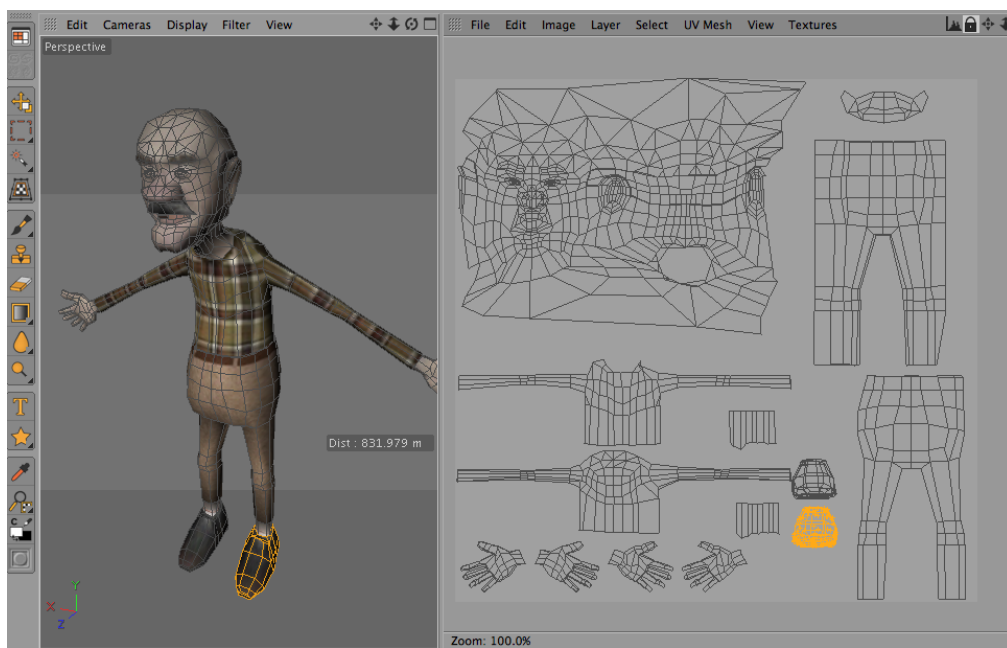


lessa aktiivisena valitsemalla Object Managerin Tags-valikosta Generate UVW Coordinates. (MAXON Manual 2010p.)

Yhdellä objektilla voi olla useampia UVW-tageja, joten eri materiaalit voivat käyttää eri tavalla muodostettuja UVW-koordinaatteja. UVW-karttana käytetään Object Managerissa Texture-tagin lähimpänä oikealla puolella olevaa UVW:ta. Jos UVW-tageja ei ole Texture-tagin oikealla puolella, käytetään listan ensimmäistä UVW-tagia. (MAXON Manual 2010p.)

### 5.2.2 UV-meshin muokkaaminen

Kun objektilla on UVW-tag, voidaan sen UV-koordinaatteja muokata käsin. Kätevin tapa muokata UV-meshiä Cinemassa on BodyPaint 3D:n UV-editori (BP UV Edit -työskentelytilassa). BodyPaintissa on monia työkaluja, joilla voidaan skaalata, liikuttaa ja ryhmitellä UV-polygoneja. UV-meshistä pyritään muokkaamaan sellainen, että tekstuurien maalaaminen on ongelmaton (kuva 22). UV-polygonien muokkaaminen ei vaikuta objektin geometriaan millään tavalla. (MAXON Manual 2010q.)



Kuva 22: Huonosti järjestelty UV-mesh aiheuttaa ongelmia, kun tekstureita aletaan maalata.

UV-meshiä muokatessa tulee olla käsitys siitä, millainen tekstuuri mallille tulee. UV-polygonit voidaan järjestellä niin, että paljon yksityiskohtia sisältävät polygonit kattavat suhteessa suuremman tekstuurialan. UV-polygoneja voidaan myös liikuttaa UV-kartan käyttämättömälle kohdalle ja skaalata niitä. Näin UV-polygonit kattavat enemmän tekstuuripikseleitä mahdollistaen tarkempien yksityiskohtien tekemisen. (MAXON Manual 2010q.)

Periaatteessa UV-kartan kanssa on valittavissa kaksi työskentelytapaa. Toinen tapa on asettaa valmis tekstuuri UV-kartan taustalle ja järjestellä UV-polygoneja ja -pisteitä niin, että ne asettuvat oikeaan kohtaan tekstuurikuvassa. Yleisempi tapa on kuitenkin luoda ensin UV-kartta ja viedä se tekstuuripohjaksi johonkin maalausohjelmaan, kuten Photoshopiin. UV-kartan perusteella näkee suhteellisen helposti, kuinka tekstuuri tulee maalata. Body-Paint 3D:llä voidaan myös maalata tekstuureita suoraan kolmiulotteisen UVW-objektin pinnalle. (van der Byl 2002, 15.)

UV-kartan toimivuus tarkastetaan usein jollain ruutu- tai shakkikuviollisella kuvatekstuurilla. Testitekstuurin avulla voidaan selvittää UV-meshin mahdolliset ongelmakohdat. Säännöllisestä kuvioinnista huomaa helposti, mikäli UV-polygoneissa on vääristymiä, päällekkäisyyksiä tai saumoja. Tekstuurilla voidaan myös tarkastaa se, että tekstuurissa ei ilmene pikselöitymistä. (Capizzi 2002, 217.)

## 6 Yhteenveto

Alun perin ajattelin kertoa työssäni Terveysviihde-projektiin tekemistäni materiaaleista Case Studyn tapaan. Tarkoituksena oli myös sisällyttää työhöni Photoshop-ohjelman käyttö tekstuurien tekemisessä. Tajusin kuitenkin melko nopeasti, että työni sivumäärä olisi paisunut huomattavasti, joten päätin jättää ne kokonaan pois ja keskittyä Cinema 4D:hen.

Materiaalien käyttö on aiheena laaja ja sen irrottaminen 3D-projektin muista osa-alueista omaksi kokonaisuudekseen oli vaikeaa. Koska tämä opinnäytetyö on tarkoitettu 3D:n parissa aloitteleville, päätin sisällyttää työhöni myös johdantokappaleen 3D-grafiikasta, ettei käsitteiden kanssa tulisi myöhemmin epäselvyyksiä. Työni pääpaino oli kuitenkin materiaaleissa, joita käsitelin mielestäni kattavasti ja melko yksityiskohtaisesti. Toisaalta esimerkiksi shaderit jouduin käymään läpi melko pintapuolisesti. Jotkut asiat on kuitenkin helpompi hahmottaa kun näkee, kuinka ne toimivat käytännössä. Tämän takia suosittelen myös tutustumaan internetin video-opasteisiin. Hyviä sivustoja ovat esimerkiksi Cineversity ([www.cineversity.com](http://www.cineversity.com)) ja C4D Cafe ([www.c4dcafe.com](http://www.c4dcafe.com)). Sivustot sisältävät paljon erilaisia C4D-aiheisia opetusmateriaaleja.

Työni tavoitteena oli kertoa, mitä materiaalit ovat, ja mitä niillä on mahdollista tehdä. Pyrin antamaan kattavat yleisohjeet, joiden avulla voidaan luoda eri tilanteisiin sopivia materiaaleja. Mielestäni onnistuin näissä tavoitteissa hyvin. Aiheeseen syventyessäni opin itsekin paljon uutta. Opinnäytetyön perustiedot olin saanut 3D-projekteja tehdessä, mutta tässä työssä tuli vastaan paljon uusia asioita, joihin perehtyminen edellytti omatoimista opiskelua. Kaiken kaikkiaan olen tyytyväinen työni rajaukseen ja sen rakenteeseen.

Suunnitteluvaiheessa pidin yhtenä vaihtoehtona vastaavan tutkielman tekemistä käyttäen ilmaista, avoimeen lähdekoodiin perustuvaa Blenderiä. Päädyin kuitenkin käsittelemään Cinema 4D:tä, koska se oli minulle tutumpi ja koska Blenderin uusi, isoja muutoksia sisältänyt versio 2.5 oli vasta kehitteillä.

## Lähteet

- Ahearn, Luke 2009. 3D Game Textures - Create Professional Game Art Using Photoshop. Focal Press
- ArchiMAD. 2008. Cinema 4D. [pdf-tiedosto] [viitattu 26.8.2010].  
Saataavissa: [http://www.archimad.fi/artikkelit/AM32008\\_Cinema4D.pdf](http://www.archimad.fi/artikkelit/AM32008_Cinema4D.pdf)
- Capizzi, Tom 2002. Inspired 3D Modelling and Texture Mapping. Premier Press
- CINEMA 4D Curriculum, Release 10.x. [pdf-tiedosto].
- Cineversity 2010a. Materials, Textures and Shaders [online] [viitattu 30.8.2010].  
Saataavilla rekisteröitymällä palveluun:  
<http://www.cineversity.com/tutorials/lesson.asp?tid=1284>
- Cineversity 2010b. Mathematically Based Shaders [online] [viitattu 30.8.2010].  
Saataavilla rekisteröitymällä palveluun:  
<http://www.cineversity.com/tutorials/lesson.asp?tid=1287>
- Cineversity 2010c. Textures and Storytelling [online] [viitattu 30.8.2010].  
Saataavilla rekisteröitymällä palveluun:  
<http://www.cineversity.com/tutorials/lesson.asp?tid=1290>
- Cineversity 2010d. New Material Previews [online] [viitattu 30.8.2010].  
Saataavilla rekisteröitymällä palveluun:  
<http://www.cineversity.com/tutorials/lesson.asp?tid=1329>
- Cineversity 2010e. HDRI Illumination [online] [viitattu 30.8.2010].  
Saataavilla rekisteröitymällä palveluun:  
<http://www.cineversity.com/tutorials/lesson.asp?tid=635>
- Cineversity 2010f. Bump Map, Pros and Cons [online] [viitattu 30.8.2010].  
Saataavilla rekisteröitymällä palveluun:  
<http://www.cineversity.com/tutorials/lesson.asp?tid=1318>
- Ingrassia, Michael 2009. Maya for Games – Modelling and Texturing Techniques with Maya and Mudbox. Focal Press
- Keränen, Vesa, Lamberg, Niko & Penttinen, Jukka 2005. Digitaalinen Media. Docendo
- Micro Aided Design. 2010. [online] [viitattu 26.8.2010].  
Saataavissa: <http://www.mad.fi/mad/cinema4d.html>
- Puhakka, Antti 2008. 3D-grafiikka. Helsinki: Talentum.
- van der Byl, Leigh 2002. Photorealistic Texturing for Dummies. [pdf-tiedosto] [viitattu 28.8.2010]. Saataavissa: <http://www.3dlinks.com/downloads/texturing.pdf>

- van der Byl, Leigh 2005. Size Does Count. [pdf-tiedosto] [viitattu 28.8.2010].  
Saataavissa: [http://www.leighvanderbyl.com/pdf/size\\_does\\_count.pdf](http://www.leighvanderbyl.com/pdf/size_does_count.pdf)
- van der Byl, Leigh 2006. Texturing for Dummies. [pdf-tiedosto] [viitattu 28.8.2010].  
Saataavissa: <http://www.leighvanderbyl.com/pdf/texturing.pdf>
- von Koenigsmarck, Arndt 2007. CINEMA 4D 10 Workshop. Focal Press

### **Käytettävissä Cinema 4D:n Help-valikon kautta**

- MAXON Manual 2010a. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Objects/NURBS
- MAXON Manual 2010b. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Objects/NURBS/HyperNURBS
- MAXON Manual 2010c. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Material Editor/  
Texture settings
- MAXON Manual 2010d. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Shaders/Volumetric Shaders
- MAXON Manual 2010e. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/Tutorial/Working with Materials/  
Basic Surface Properties/Editing Materials
- MAXON Manual 2010f. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Material Editor/Transparency
- MAXON Manual 2010g. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Material Editor/Environment
- MAXON Manual 2010h. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Material Editor/Normal
- MAXON Manual 2010i. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Material Editor/Alpha
- MAXON Manual 2010j. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/Tutorial/Working with Materials/  
Basic Surface Properties/Material Channels/The Illumination Channel
- MAXON Manual 2010k. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/Tutorial/Working with Materials/  
Basic Surface Properties/Material Channels/The Specular Channel

MAXON Manual 2010l. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/Tutorial/Working with Materials/  
Basic Surface Properties/Material Channels/The Glow Channel

MAXON Manual 2010m. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Material Manager/Material Editor/Displacement

MAXON Manual 2010n. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
CINEMA 4D/Object Manager/Tags Menu/CINEMA 4D Tags/  
Texture Tag/Tag Properties

MAXON Manual 2010o. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Object Manager/Tags Menu/CINEMA 4D Tags/ UVW Tag

MAXON Manual 2010p. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/CINEMA 4D/Object Manager/Tags Menu/  
Texture Tag Menu

MAXON Manual 2010q. [HTML Help System 11.530] [viitattu 28.8.2010].  
Manual/BodyPaint 3D/UV Edit Menu