



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TUTKINTOTYÖRAPORTTI

3D-ANIMAATION SUUNNITTELU JA TOTEUTUS
case: pientalon perustusten rakentaminen

Kirsi Huhtanen

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
toukokuu 2006
Työn ohjaaja: Petri Heliniemi

TAMPERE 2006



| | | |
|---|---|---------------|
| Tekijä | Kirsi Huhtanen | |
| Koulutusohjelma | Tietojenkäsittely | |
| Tutkintotyön nimi | 3D-animaation suunnittelu ja toteutus - case: pientalon perustusten rakentaminen | |
| Työn valmistumis- kuukausi ja -vuosi | toukokuu 2006 | |
| Työn ohjaaja | Petri Heliniemi | Sivumäärä: 68 |

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata toimeksiantona toteutettu projekti, jossa suunniteltiin ja toteutettiin kolme 3D-animaatiota. Työssä perehdyttiin 3D-animaatioprojektin suunnitteluun ja 3D-mallintamiseen ja -animaation teoriaan. Näillä taustatiedoilla pyrittiin löytämään paras tapa toteuttaa animaatiot. Työssä selvitettiin myös mahdollisuuksia saattaa animaatiot julkaistavaksi Internetin kautta. Erityistä huomiota kiinnitettiin niiden tiedostokokoihin ja -muotoihin.

Projektin toimeksiantaja Ympäristötekniikka U-M Oy halusi havainnollistaa pientalon perustusten rakentamisen eri vaiheet ja keston 3D-animaation avulla. Projektissa rajattiin erilaisista perustustavoista kolme tapaa, joista animaatiot toteutettiin samanlaiselle tasaiselle perusalustalle. Perustusten rakentamisessa käytettävistä elementeistä ei ollut olemassa valmiita 3D-malleja, joten tarvittavat objektit mallinnettiin alusta alkaen. Animaatiota on tarkoitus käyttää markkinointiin ja havainnollistamaan asiakkaille tulevaa rakennushanketta. Lisäksi todettiin, että materiaalia voidaan käyttää myös työntekijöiden perehdyttämisessä lisämateriaalina. Markkinoinnissa haluttiin keskittyä erityisesti Internet-ratkaisuun.

Projektin toteutuksessa käytettiin Cinema 4D Release 8, Adobe Photoshop 7.0 ja Adobe Premiere Pro 1.5 -sovelluksia. Sovellusten peruskäyttötaito oli hankittu jo ennen projektin alkamista. Lisätietoa etsittiin sovellusten käyttöoppaista, sähköisistä manuaaleista ja Internet-tutoriaaleista. 3D-animaation suunnitteluun ja mallintamiseen sekä animaation teoriapohjaan perehdyttiin tarkemmin lähdekirjallisuuden avulla. Internet-julkaisuun liittyvistä ratkaisuista hankittiin tietoa myös Internetistä.

Projektin tuloksena oli toimeksiantajan ja testiryhmän arvion mukaan havainnollistava ja selkeä animaatio perustusten rakentamisesta. Valmiit animaatiot tallennettiin wmv- ja MPEG1-tiedostomuodoissa, jotka liitettiin XHTML-käyttöliittymään. Käyttöliittymä on heti valmis julkaistavaksi Internetissä. Animaatioista tehtiin myös wmv-muotoiset streaming-tiedostot tulevaisuuden käyttöä varten. Koska 3D-mallintaminen ja -animaatio ovat hyvin laajoja aiheita, työn teoriaosuudessa käsiteltiin lähinnä projektin toteutukseen liittyviä osa-alueita. Joitakin muita oleellisimpia osia otettiin myös mukaan yleisemmällä tasolla.

Toimeksiantaja tulee julkaisemaan animaatiot Internet-sivustollaan ja käyttämään sitä markkinoinnissaan. Animaatioita on mahdollista kehittää edelleen antamalla niissä lisätietoa esimerkiksi äänitiedoston avulla. Toimeksiantajan hankittua edellytykset lähettää datavirtaa, animaatiosta voidaan ottaa käyttöön streaming-muotoiset videotiedostot, jolloin niiden lataaminen Internetin kautta nopeutuu.



| | | |
|------------------|--|-----------|
| Author | Kirsi Huhtanen | |
| Degree Programme | Business Information Systems | |
| Title | Design and implementation of 3D animations - a project to model the building of house foundations | |
| Month and year | May 2006 | |
| Supervisor | Petri Heliniemi | Pages: 68 |

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to describe a project to model the building of house foundations. The modeling was carried out as three 3D-animations. The theory of 3D-modeling and -animation was studied in order to make the animations in the best possible way. The design of 3D-animation and the possibilities to publish animations in the Internet were also studied. A special attention was given to the file formats and sizes.

The subscriber of the project, Ympäristötekniikka U-M Oy, wanted to illustrate the building of house foundations. The aim was to clarify the different stages of building and their durations with the aid of 3D-animation. Three different ways of building was selected to be modelled to a same kind of basic building site. There were no 3D-models available of the elements used in the building, so all the necessary models were made from the start. The animations were planned to be used in marketing and to illustrating the building project to the customers. In addition, it was discovered that the animations could be used as an extra material in familiarizing new employees. The Internet solutions was mainly targeted for marketing.

Cinema 4D Release 8, Adobe Photoshop 7.0 ja Adobe Premiere Pro 1.5 -applications were used to carry out the project. The basic skills on these applications were acquired already before the project. More information was searched from handbooks, electrical manuals and Internet tutorials of the applications. Design of 3D-animations and the theory of 3D-modeling and -animation were studied from literature. Information about Internet solutions was also searched from the Internet.

Result of the project was, according the subscriber and the testgroup, an illustrative and clear animations of building house foundations. The finished animations were saved as wmv- and MPEG1-files, which were attached to an XHTML interface. The interface is ready to be published in the Internet. Streaming versions of the animations were also made for future use. Because 3D-modeling and -animation are wide subjects, the theory of this thesis concentrates mostly in the themes that are linked to the implementation of this particular project. Some other essential themes are also covered.

The subscriber will publish the animations in the company web site. The animations are possible to develop further for example by adding a voice file to give more information to the viewer. If the subscriber decides to obtain necessary resources to send datastream, it is possible to use the streaming files of the animations. This will speed up downloading of the animations through the Internet.

Käsiteluettelo

| | |
|---------------------|---|
| AVI | Audio Video Interleaved, videotiedostomuoto |
| Bittikarttakuva | kuvankäsittelyohjelmalla tehty kuva, digitaalinen valokuva |
| Frame | animaation ajanjako, kuvaa yhtä yksittäistä esitettävää kuvaa |
| Global Illumination | valaistusmenetelmä, huomioi suoran ja epäsuoran valon vaikutuksen |
| Keyframe | avainruutu, määrittelee animaation tärkeimpien kohtien ajankohdat |
| Materiaali | kuvaan tai shaderiin perustuva objektin pinnoite |
| MPEG | videotiedostomuoto |
| NURBS | Non-Uniform Rational B-Splines |
| PLA | Point-Level Animation, mahdollistaa muutokset piste- ja polygonitasolla |
| Polygoni | 3D-mallintamisen yksinkertaisin rakennusosa |
| Primitiivi | 3D-sovellusten valmiita perusmuotoja |
| Radiositeetti | valaisumenetelmä, simuloi valon luonnollista käyttäytymistä |
| Renderöinti | 3D-ympäristön laskeminen 2D-kuvaksi |
| Shader | matemaattiseen kaavaan perustuva materiaali |
| Spline | suorasta viivasta poikkeava käyrä |
| Storyboard | kuvakäsikirjoitus |
| Streaming | datansiirtotekniikka, kuvaa voidaan katsella sitä mukaa, kun dataa vastaanotetaan |
| Säteenseuranta | tuo renderöinnissä ympäristön heijastumat näkyviin |
| UVW-mappaus | määrittelee materiaalin sijainnin objektin pinnalla x-, y- ja z-koordinaattien avulla |
| WMV | Windows Media Video, videotiedostomuoto |

| | |
|--|----|
| 1 Johdanto..... | 7 |
| 2 Tutkimusongelmat..... | 8 |
| 2.1 Lähtökohdat..... | 8 |
| 2.2 Tavoitteet..... | 8 |
| 2.3 Ympäristötekniikka U-M Oy..... | 9 |
| 3 Kolmiulotteinen maailma tietokoneella..... | 10 |
| 3.1 Kolmiulotteisuus..... | 10 |
| 3.2 Kolmiulotteinen suunnittelu..... | 13 |
| 4 3D-animaation suunnittelu ja toteuttaminen..... | 14 |
| 4.1 Suunnitteluprosessi..... | 14 |
| 4.2 Mallintamien..... | 17 |
| 4.2.1 Objektien luominen..... | 17 |
| 4.2.2 Objektien muokkaaminen..... | 20 |
| 4.3 Materiaalit..... | 23 |
| 4.3.1 Shaderit..... | 24 |
| 4.3.2 Bittikarttamateriaalit..... | 24 |
| 4.3.3 Materiaalikanavat..... | 24 |
| 4.3.4 Materiaalin asettaminen objektille..... | 27 |
| 4.4 3D-animaatio..... | 28 |
| 4.4.1 Frame ja keyframe..... | 28 |
| 4.4.2 Keyframe-tekniikka..... | 29 |
| 4.4.3 Hahmoanimaatio..... | 29 |
| 4.4.4 Morffaus..... | 30 |
| 4.4.5 Muita animointitapoja..... | 30 |
| 4.4.6 Kameran käyttö..... | 31 |
| 4.5 Valaisu..... | 31 |
| 4.5.1 Valotyypit..... | 32 |
| 4.5.2 Global Illumination (GI) | 32 |
| 4.6 Renderöinti..... | 33 |
| 4.6.1 Esikatselurenderöinti..... | 34 |
| 4.6.2 Scanline..... | 34 |
| 4.6.3 Renderöintiasetuksia..... | 34 |
| 4.6.4 Renderöintitavat..... | 35 |
| 4.7 Tiedostomuodot..... | 35 |
| 4.7.1 3D-tiedostomuodot..... | 35 |
| 4.7.2 Kuvatiedostomuodot..... | 36 |
| 4.7.3 Videotiedostomuodot..... | 36 |
| 4.8 Jälkikäsittely..... | 38 |
| 4.9 Animaation tallentaminen lopulliseen muotoon..... | 39 |
| 4.9.1 Ratkaisuja 3D-animaation julkaisemiseksi Internetissä..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 5 Case: 3D-animaatio pientalon perustusten rakentamisesta..... | 42 |
| 5.1 Suunnitteluprosessi..... | 42 |
| 5.2 Mallintaminen..... | 45 |
| 5.2.1 Perusnäyttämön mallintaminen..... | 45 |
| 5.2.2 Kaikissa animaatioissa käytetyt mallit..... | 46 |
| 5.2.3 Palkkiperustus..... | 47 |
| 5.2.4 Pilariperustus..... | 48 |
| 5.2.5 Harkkoperustus..... | 49 |
| 5.3 Animaatio..... | 50 |
| 5.3.1 Elementtien ja muiden materiaallinen animointi..... | 50 |
| 5.3.2 Maantäytöt ja -kaivuut..... | 50 |
| 5.3.3 Materiaalien vaihtuminen..... | 51 |
| 5.4 Valaisu..... | 51 |
| 5.5 Renderöinti..... | 52 |
| 5.6 Testaus..... | 53 |
| 5.7 Jälkikäsitely..... | 54 |
| 5.8 Tallentaminen lopulliseen esitysmuotoon..... | 55 |
| 6 Yhteenveto..... | 59 |
| Lähteet..... | 60 |
| Liitteet..... | 62 |
| Liite 1: Animaatioiden käsikirjoitukset..... | 62 |
| Liite 2: Animaatioiden storyboardit..... | 63 |
| Liite 3: Animaatiot renderöitynä vaiheittain..... | 66 |
| Liite 4: 3D-animaatio pientalon perustusten rakentamisesta -CD | |

1 Johdanto

Tietokoneilla luodut maailmat ovat nykyään edistyneiden työkalujen ansiosta mahdollista saada näyttämään erittäin realistisilta. Tämä mahdollistaa 3D-mallien ja animaatioiden käytön mitä moninaisimmissa yhteyksissä. Markkinointi, tekniikka ja moni muu ala on saanut käyttöönsä näyttäviä materiaaleja ja helpotusta vaikeisiin suunnittelutehtäviin. Rakennusalalla, erityisesti arkkitehtuurissa, on jo vuosia käytetty erilaisia visualisointiohjelmiä hyvinkin realististen maisemakuvien tekemiseen suunnitteilla olevista kohteista.

Realistinen ulkonäkö ei ole 3D-kuvien ja -animaatioiden ainoa etu. Niillä on mahdollista luoda hyvin havainnollistavaa materiaalia erilaisista prosesseista ja käytännöistä. Esimerkiksi erilaisten laitteiden kokoonpanoja ja tuotteiden valmistusprosesseja voidaan kuvata animaatioiden avulla. Animaatiomalli voidaan luoda vaikkapa pientalon perustusten rakentamisesta, kuten tässä tutkintotyössä kuvattavassa projektissa on tehty.

Tutkintotyön tavoitteena on perehtyä 3D-animaation suunnitteluun ja toteuttamiseen lähdekirjallisuuden sekä käytännön projektin kautta. Käytännön projekti toteutettiin toimeksiantona Ympäristötekniikka U-M Oy:lle. Toimeksianton lähtökohtana oli havainnollistavan materiaalin luominen pientalon perustusten rakentamisesta 3D-animaation avulla markkinointi- ja asiakasinformointitarkoituksiin. Tavoitteisiin liitettiin myös mahdollisuus julkaista animaatiot Internetissä.

Perustusten rakentamisessa käytettävistä elementeistä ei ollut olemassa valmiita 3D-malleja, joten tarvittavat objektit mallinnettiin alusta alkaen. Tästä syystä tutkintotyössä on otettu esille animaation teorian lisäksi 3D-mallintamisen perusasioita. Oleellinen osa työstä on 3D-animaatioprojektin suunnitteluun perehtyminen kirjallisuuden kautta sekä tämän tiedon soveltaminen varsinaisen projektin toteuttamisessa.

Tutkintotyössä selvitetään myös erilaisia tapoja animaatioiden julkaisemiseen Internetissä. Osaltaan perehdytään eri tiedostomuotojen ominaisuuksiin ja niiden tarjoamiin mahdollisuuksiin sekä suurien tiedostokokojen luomiin rajoituksiin ja pyritään löytämään ratkaisuja näihin ongelmiin.

Pääasiallisena lähteenä käytettiin 3D-mallintamisen ja -animaation liittyvää kirjallisuutta. Vaikka kirjalliset lähteet olivat muutaman vuoden takaisia, niissä esitetyt perusasiat eivät olleet muuttuneet merkittävästi. 3D-mallintamiseen ja -animaatioon liittyvää uudempaa kirjallisuutta ei ollut saatavilla, mutta tuoreempia sähköisiä lähteitä käytettiin erityisesti selvitettäessä animaatioiden Internet-julkaisuun liittyviä kysymyksiä.

2 Tutkimusongelma

2.1 Lähtökohdat

Projektin toimeksiantaja, Ympäristötekniikka U-M Oy, tarvitsi jonkin välineen, minkä avulla voitaisiin havainnollisesti esittää asiakkaille sopimusvaiheessa tulevaa rakennushanketta tai myöhemmin selventämään jo meneillään olevaa rakennusvaihetta. Havainnollistaminen haluttiin toteuttaa 3D-animaation avulla. Suunnittelun jo alettua, esille tuli myös tarve havainnolliselle materiaalille, jota voitaisiin käyttää myös yrityksen markkinoinnissa. Markkinoinnissa haluttiin erityisesti keskittyä Internet-ratkaisuun. Lisäksi todettiin, että materiaalia voidaan käyttää myös työntekijöiden perehdyttämisessä ja koulutuksessa havainnollisena lisämateriaalina.

2.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kuvata toimeksiantona toteutettu hanke, jossa on suunniteltu ja toteutettu 3D-animaatio. Animaatio selventää havainnollisesti pientalon perustusten rakentamisen eri vaiheet ja keston. Työssä perehdytään myös lähdekirjallisuuden avulla 3D-animaatioprojektin suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä selvitetään 3D-mallintamisen ja -animaation teoriaa.

Koska toteutettavien animaatioiden yhdeksi vaatimukseksi määriteltiin saatavuus Internetin kautta, otettiin työhön mukaan osuus nimenomaan tämän mahdollistaviin toteutustapoihin tutustumiseen. Koska 3D-mallintaminen ja -animaatio ovat hyvin laajoja alueita, rajattiin teoriaosuuden käsittely lähinnä projektin toteutuksessa käytettyihin osa-alueisiin.

Animaation on tarkoitus havainnollistaa pientalon perusteiden rakentaminen selkeällä ja ymmärrettävällä tavalla. Animaation tulee olla selkeä ja yksinkertainen, jotta asiaan perehtymätön saa helposti käsityksen tapahtumien kuluista. Koska animaatio on tarkoitus julkaista myös Internetissä, tulisi sen tiedostokoon olla mahdollisimman pieni latautumisaikojen minimoimiseksi.

Projektissa rajattiin erilaisista perustustavoista kolme tapaa, joista animaatiot toteutetaan. Rakentamisessa käytettävistä elementeistä ei ole olemassa valmiita 3D-malleja, vaan tarvittavat objektit mallinnetaan ja tämän jälkeen animoidaan. Kaikki perustustavat toteutetaan samanlaiselle tasaiselle perustustalustalle. Mallinnettavat ja animoitavat perustustavat ovat:

- harkkoperustus
- pilariperustus
- palkkiperustus

2.3 Ympäristötekniikka U-M Oy

Ympäristötekniikka U-M Oy on vuonna 1994 perustettu maa- ja pohjarakentamiseen erikoistunut yritys. Yrityksellä on kaksi toimipistettä, jotka sijaitsevat Tampereella ja Raumalla. Rauman yksikössä yritys tekee maanrakennushankkeiden lisäksi myös kosteuskartoituksia ja kiinteistöjen kuntoarviointeja. Yrityksen pääasialliset toimialueet ovat Pirkanmaa, Satakunta ja Kanta-Häme. (Ympäristötekniikka 2005).

Yrityksellä on käytössään sisäinen laatujärjestelmä. Rakentamisen Laatu Ry (RALA) on myöntänyt Ympäristötekniikka U-M Oy:lle pätevyystodistuksen toimialallaan. Yritys laajensi toimintaansa vuonna 2004 hankkimalla murskaus- ja seulontatoimintaa harjoittavan Kangasalan Maanrakennus Oy:n osakekannan omistukseensa. Tämä mahdollisti Ympäristötekniikka U-M Oy:n toiminnan laajentumisen kokonaisvaltaiseen maankäsittelyyn. (Ympäristötekniikka 2005).

Yrityksen toimialoja ovat projekti-, pohja- ja maanrakentaminen, kunnallistekniikka sekä murskaus- ja seulontatyöt. Yrityksen maanrakennushankkeita voivat olla esimerkiksi pienpuhdistamot, vihertyöt sekä saastuneiden maiden kaivaustyöt. (Ympäristötekniikka 2005).

Ympäristötekniikka U-M Oy:n projektirakentamisen hankkeisiin liittyy insinöörirakentamista ja yritys on usein työmaan alkuvaiheessa pääurakoitsijana. Pohjarakentamisen kohteita ovat erilaiset asuinrakennukset, tuotanto- ja varistorakennukset sekä myymälä rakennukset. Kunnallistekniikan työmaihin kuuluvat katu- ja tierakenteet, vesijohdot sekä viemäroinnit. (Ympäristötekniikka 2005).

Ympäristötekniikka U-M Oy:n merkittävimpiä työkohteita ovat olleet mm. Tampereen Yliopiston 4-vaiheen maanrakennustyöt ja osa Pirkkalan lentokentän saneeraustöistä. Ympäristötekniikka U-M Oy:n tekemiä Älvsby-pientalojen perustuksia on valmistunut noin 350 vuoteen 2005 mennessä. (Ympäristötekniikka 2005).

3 Kolmiulotteinen maailma tietokoneella

Verrattaessa valokuvaa ja 3D-mallia löydetään molemmista omat hyvät puolensa tietyissä käyttötarkoituksissa, mutta kumpikaan ei tule korvaamaan toista missään nimessä. Valokuvalla on todistusarvoa, jota 3D-mallilla ei voi koskaan olla. Toisaalta taas mallinnusta voidaan käyttää huomattavasti monipuolisemmin ja tuloksen näkee heti. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 14.) Leikkauskuvien tekeminen, kuvauskulman ja taustan muuttaminen ovat huomattavasti helpompia toteuttaa 3D-mallilla kuin valokuvalla. Valokuvasta ei myöskään voi tehdä animaatiota, joka taas on mallinnuksessa helppoa toteuttaa. Molempia tekniikoita yhdistämällä, taas saadaan hyviä tuloksia. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 14.)

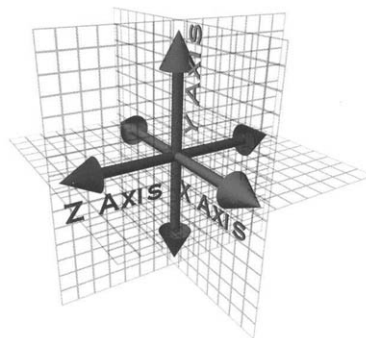
3.1 Kolmiulotteisuus

3D-malli erottuu tavallisista kuvista, koska sen maailmassa on useampia ulottuvuuksia. Kolmiulotteisuus koostuu kolmesta perusulottuvuudesta; leveys, korkeus ja syvyys. Kun näihin liitetään vielä neljäs ulottuvuus, aika, on luotu edellytykset myös animaatiolle. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 9.)

Tietokoneohjelmiston sisäinen tapa esittää kolmiulotteinen maailma on samantapainen kuin normaali maailma, jossa elämme. Toisiaan kohden pystysuorassa olevat kolme suuntaa määritellään kirjaimilla y, x ja z. Näiden x-, z- ja y-koordinaattien avulla voidaan osoittaa keinotekoisessa 3D-tilassa minkä tahansa pisteen sijainti. (Danaher 2001: 36.)

Cartesian koordinaatisto

Objektin sijainti määritellään erikseen kunkin suunnan numeroarvolla. Numeroarvot saadaan määrittelemällä objektin etäisyys suuntien risteyskohdasta eli origosta. Tämä järjestelmä on nimeltään Cartesian koordinaatisto (Kuva 1). (Capizzi 2002: 42.)



Kuva 1

Cartesian koordinaatisto (Capizzi 2002: 42)

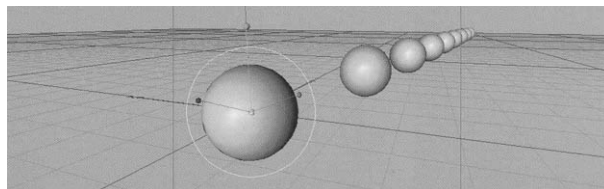
Myös muita koordinaatistojärjestelmiä 3D-tilan kuvailemiseksi on olemassa, mutta mallinnusohjelmat käyttävät kuitenkin pääsääntöisesti Cartesian koordinaatistoa (Capizzi 2002: 42).

Näkymät

3D-mallintaja käyttää 2D-laitteita ja -näyttöä luodakseen kolmiulotteisia objekteja. Tämän hahmottaminen saattaa tuottaa ongelmia varsinkin aloittelijoille. Vuosien saatossa on keksitty hahmottamista helpottavia laitteita, kuten esimerkiksi cyber-käsineet ja 3D-lasit, mutta hyvä 3D-mallintaja oppii kuitenkin nopeasti toimiaan ilman apulaitteita. (Danaher 2001: 37.)

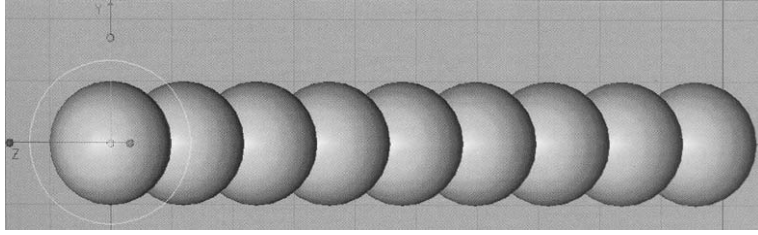
Useimmat 3D-kuvat esitetään perspektiivissä, jolloin ne ovat helpoimmin omaksuttavissa. Perspektiivin käyttäminen ei kuitenkaan ole paras tapa objektien luomisessa, vaan riippuen sovelluksesta objektia voidaan katsoa myös useista muista näkökulmista. Objektia voidaan katsoa esimerkiksi ylhäältä, alhaalta, oikealta ja vasemmalta. (Watkins 2001a: 13.)

Virtuaalinen kamera näyttää 3D-sovelluksen perusnäkökuvan perspektiivissä, jossa on lattiaruudukko ja koordinaattiakselit (Kuva 2). Tässä näkymästä on helppo saada käsitys kolmiulotteisesta tilasta. Lähempänä olevat esineet liikkuvat näytöllä nopeammin kuin kauempana olevat, joka paljastaa niiden todellisen sijainnin. (Danaher 2001: 38.)



Kuva 2 Perspektiivinäkymä (Danaher 2001: 39)

Perspektiivinäkymää käytettäessä sovelluksen on kuitenkin hankala erottaa, onko tarkoitus liikkua vaaka- ja pystytasossa eli x- ja y-akseleilla vai syvyys-suunnassa z-akselilla (Watkins 2001a: 14). Kaksiulotteista esitystapaa muistuttava orthografinen näkymä helpottaa syvyys-suunnassa liikkumista (Kuva 3). Se on yleensä jonkin Cartesian koordinaattiakselien suuntainen. (Danaher 2001: 38.)



Kuva 3 Orthografinen näkymä (Danaher 2001: 39)

Samannuotoiset objektit näyttävät orthografisessa näkymässä samanlaisilta riippumatta siitä, kuinka kaukana ne ovat toisistaan. Tämä ominaisuus on hyödyllinen sijoitettaessa objekteja toisiinsa nähden. (Danaher 2001: 38.) Koska orthografisessa näkymässä ei esitetä kuin kaksi ulottuvuutta, samanaikaisesti kannattaa käyttää useampaa näkymää. Parhaimman hyödyn orthografisen näkymän käytöstä saa avaamalla näkymän kaikista kolmesta ulottuvuudesta. (Watkins 2001a: 15).

Objektien transformaatiot

Objekteja voidaan liikuttaa 3D-maailmassa paikasta toiseen aivan kuten todellisessakin maailmassa. Objekteja voidaan raahata perspektiivi- tai ortho-näkymissä haluttuun kohtaan. Siirtäminen voidaan tehdä myös antamalla sijainnille tarkat koordinaatit. Objekteja voidaan myös skaalata tai pyörittää akseliensa ympäri. (Danaher 2001: 42 - 43.)

Objekteilla on 3D-maailman keskipistettä eli origoa vastaava paikallinen keskipiste. Piste sijaitsee yleensä objektin keskellä, mutta se voidaan siirtää muualle. Objektin koordinaatteina ilmoitettu sijainti lasketaan paikallisen keskipisteen etäisyydestä origoon. Tätä pistettä kutsutaan myös Pivot Pointiksi. Objektit käyttäytyvät eri tavoin riippuen siitä, kumpaa keskipistettä käytetään. Paikallisen keskipisteen hyvä puoli on se, että riippumatta sen asemasta origoon nähden, tiedetään aina mihin suuntaan kappaleen ulottuvuudet ovat. Tällöin niitä on helppo liikuttaa tai skaalata näihin suuntiin. (Danaher 2001: 42 - 43.)

Objektia voidaan pyörittää kaikkien kolmen akseliensa ympäri. Skaalaus voidaan tehdä joko yhden akselin suuntaan tai yhtenäisesti kaikkiin kolmeen suuntaan samalla kertaa. Käytettäessä näitä toimintoja, on hyvä pitää mielessä käytössä oleva keskipiste, koska sillä on suuri vaikutus lopputulokseen. (Capizzi 2002: 56).

3.2 Kolmiulotteinen suunnittelu

Kolmiulotteinen suunnittelu on perinteisesti ollut teknisen alan työväline. Kehityksen edetessä, 3D-mallinnus on otettu käyttöön yhä useammilla tuotantoalueilla. Puhtaasti mallinnukseen tarkoitettujen ohjelmistojen kehitys on siten tuonut ihmiselle mahdollisuuden jäljitellä lähes täydellistä realismia.

Tekniikan antamat mahdollisuudet eivät kuitenkaan itsessään luo realistisia jäljitelmiä todellisuudesta, siihen tarvitaan edelleen ihmisen näkemystä ja toimintaa. ”*Virtuaalimalleilla on rajattomat mahdollisuudet luoda esteettistä kokemusmaailmaa, rakentaa uutta kulttuuria.*” (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 10 - 12.)

Mallintamisen hyödyntäminen antaa mahdollisuuden vaikuttaa konkreettisesti lopputulokseen jo suunnitteluvaiheessa, jolloin siitä on usein suuri etu, niin taloudellisesti kuin esteettisesti. Esimerkiksi arkkitehtisuunnittelussa 3D-mallinnuksella saadaan maallikollekin selkeä käsitys kokonaiskuvasta, joka saattaa olla rakennuspiirustuksista mahdotonta hahmottaa. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 13.) Realistisen valaisun avulla voidaan 3D-malleilla jopa tutkia, miten valon käyttäytyminen rakennuksissa muuttuu vuodenaikojen mukaan (Danaher 2001: 172).

3D-mallinnus muokkaa perinteisiä tuotantotapoja nopeuttamalla tuotantoa, korvaamalla perinteisiä käsintehtyjä työtapoja sekä tehostamalla testausta ja siten parantamalla käytettävyyttä ja muotoilua. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 13.) Prototyypin rakentaminen 3D-malleina helpottaa esim. materiaalien valitsemista, koska niiden vaihtaminen käy nopeasti, niin monta kertaa kuin tarvitaan. 3D-mallit ovat myös hyviä apuvälineitä esiteltäessä suunnitelmia asiakkaille. (Danaher 2001: 180.)

4 3D-animaation suunnittelu ja toteuttaminen

3D-mallintamisen prosessi muodostuu useammasta eri osiosta. Pelkkien objektien luominen ei vielä tee valmista mallia, vaan lisäksi tarvitaan todellisen ulkonäön tuova materiaali sekä mahdollisia pinnan muotoja. Kun malli on saatu halutun näköiseksi, sen lopulliseen ulkonäköön vaikuttaa vielä valaiseminen. Jotta 3D-kuvaa voidaan katsella myös mallinnusohjelman ulkopuolella, lasketaan eli renderöidään siitä vielä lopuksi kaksiulotteinen kuva. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 22 - 48.)

4.1 Suunnitteluprosessi

Projektin toimeksianto

Aivan ensimmäiseksi toimeksiannosta kannattaa määritellä mihin lopputuloksella tähdätään. Animaatio-projekteja voidaan tehdä monesta eri lähtökohdasta. Tärkein kriteeri, mikä vaikuttaa koko projektiin, on tuotannon tarkoitus. Jos tuotannon tarkoituksena on kaupallinen tilaustyö, se laittaa tarkempia rajoituksia työ toteuttamiselle, kuin jos se oli omaksi iloksi tehtävä toteutus. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 176.)

Perussuunnittelu

Ennen varsinaisen suunnittelutyön alkamista, kannattaa määritellä aikataulut ja käytettävissä olevat resurssit. Koska animaatioiden toteuttaminen saattaa olla aikaa vievää ja kallista, projekti tulisi suunnitella ennen ensimmäistäkään tuotantovaihetta. Siten saadaan karsittua pois kaikki ylimääräinen ja aikaa vievä toiminta. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 176.)

Mallinnusohjelman valinta

Markkinoilla on tällä hetkellä useita 3D-mallinnusohjelmia. Niiden ominaisuudet ja hinnat kuitenkin vaihtelevat suuresti. Käytännössä mallinnusohjelman valintaan vaikuttaa sen käyttötarkoitus, tekijän omat mieltymykset ja ohjelmiston hinta. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 82.)

Mallinnusohjelmistoihin on jatkuvasti saatavissa päivityksiä ja valmistajat julkaisevat tasaisin väliajoin uusia versioita. Jotkut ohjelmistot sopivat paremmin tekniseen visualisointiin, kun toiset taas vaikkapa hahmoanimaatioon. Suurimmalla osalla ohjelmistoista harrastelija kuitenkin pystyy tekemään kaikentyyppisiä töitä. Ammattilainen saattaa taas suosia jotakin tiettyä ohjelmisto sen ominaisuuksien vuoksi.

Esimerkkejä mallinnusohjelmista

Visualisointiin ja animaatioihin soveltuva ammattilaiskäytön Autodesk 3ds Max toimii Windows-ympäristössä (Autodesk 3ds Max). Maxon Cinema 4D on yleiskäyttöinen ammattitason mallinnusohjelma, joka on käytettävissä Mac- ja Windows-ympäristöissä (Cinema 4D R9.5 Nykyään Autodeskin sovellus, Maya, soveltuu hyvin hahmoanimaatioon ja se on käytettävissä Windowsin lisäksi Mac- ja Linux-ympäristöissä (Autodesk Maya...). Myös Poser on erinomainen hahmoanimaatiosovellus (The Premiere...).

Mac- ja Windows-ympäristöissä toimivalla NewTek Lightwave 3D:lla voidaan tehdä esim. visualisointeja, elokuvatehosteita tai arkkitehtuurikohteita. Sovellus muodostuu kahdesta osasta, jossa toisessa luodaan ja teksturoidaan objektit ja toisessa tehdään animaatiot ja renderöinti. (Lightwave...) Monipuolinen animaatio-ohjelma on taas Hash Inc:n Animation Master (Animation Master...).

DAZ Productionsin Bryce soveltuu erityisesti maisemien ja animaatioiden tekemiseen (Bryce 5.5...), kun taas ainoastaan Windows-ympäristössä toimiva Rhino Cerosta käytetään mm. laivanrakennuksessa, teollisessa muotoilussa ja korusuunnittelussa (Modeling Tools for Designers...). Caligarin Truespacesta taas löytyy tehokkaat renderöintiominaisuudet (Truespace 7...).

Käsikirjoitus

Varsinainen suunnitteluprosessi alkaa käsikirjoituksen kirjoittamisella idean pohjalta. Käsikirjoitus on pelkistetty ja se kertoo yksiselitteisesti mitä animaatioissa tulee tapahtumaan. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 215.) Jotta animaatio olisi kiinnostava ja vastaisi sitä, mitä on alun perin ideoitu, käsikirjoitus kannattaa miettiä huolella. Tässä vaiheessa on mahdollista vielä testata ja muokata juonta helposti ja etsiä siten ontuvat kohdat ennen varsinaisen tuotannon aloittamista. Äänimaailman suunnittelu aloitetaan myös tässä vaiheessa. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 177.)

Mallien luonnostelu

Esivalmisteluvaiheessa kannattaa luonnostella kaikki avainkuvat ja henkilöt ensin paperille, vaikka käytettävät ohjelmistot olisivatkin nopeita ja helppokäyttöisiä. Kun ympäristö ja hahmot ovat luonnosteltu, niiden avulla voidaan myös hyväksyttää animaation visuaalinen linja asiakkaalla. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 177.)

Materiaalien suunnittelu

3D-projektin materiaalien suunnittelu aloitetaan ottamalla huomioon useita lopputulokseen vaikuttavia asioita. Demers (2002: 151) esittelee kirjassaan kysymyksiä, joiden avulla voidaan selvittää projektin eri tavoitteiden ja jo

tehtyjen päätösten asettamia vaatimuksia materiaaleille. Demersin (2002: 151) mukaan seuraavanlaisilla kysymyksillä voidaan lähteä luomaan suunnitelmaa materiaalien toteuttamiseksi:

- Onko saatavilla esimerkiksi storyboard tai jotain muuta suunnittelumateriaalia? Jos on, niin mitä siitä selviää?
- Onko kohtauksissa lähikuvia?
- Kuinka kauan kohtaus kestää?
- Liikkuuko kamera?
- Miten kappaleet sijoittuvat?
- Minkä tyyppinen kappale on?
- Onko se realistinen, tyylitelty, yksinkertaistettu, jne.?
- Mikä on suunniteltu kohderyhmä?
- Mikä on projektin lopullinen esitysmuoto?

Storyboard

Storyboard eli kuvakäsikirjoitus toimii muistilistana, jonka avulla kaikki suunnitellut asiat saadaan kuvattua eli animaation tapauksessa animoitua. Storyboard-malleja on yhtä paljon kuin niiden tekijöitäkin, mutta se voi muistuttaa sarjakuvaa, joka sisältää kaikki videolle tulevat elementit, tekstit ja äänet mukaan lukien. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 215.) Koska animaatio rakentuu usein tuhansista kuvista, muutaman turhan sekunnin työstäminen vie paljon resursseja. Tästä syystä kuvallinen suunnittelu kannattaa tehdä huolellisesti. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 177.)

Käsikirjoitusvaiheessa suunniteltua äänimaailmaa voidaan luonnostella tarkemmin tässä vaiheessa. Ääni on tärkeä elementti, jolla voidaan luoda tunnelmaa ja korostaa huippukohtia. Koska storyboardin pohjalta voidaan arvioida animaation kesto, on mahdollista edetä äänimaailmankin suunnittelussa melko pitkälle. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 177.)

Valaisun suunnittelu

Valaisu on usein viimeinen asia, jota ajatellaan tehtäessä animaatioita (Watkins 2001a: 214). Valaisua voidaan ajatella prosessina, jossa asetellaan valonlähteet tarkoituksenmukaisesti valaisemaan tiettyä objektia tai kohdetta. Kun on päätetty valonlähteen tarpeellisuudesta ja sen voimakkuudesta, suunnitellaan sen sijainti ja asento. Jokaiselle tilanteelle ei ole olemassa valmista ratkaisua, vaan joka kerta valaisu tulee suunnitella kyseistä tapausta varten. (Gallardo 2001: 135.)

3D-ympäristöissä käytetään usein useampia valoja, joista kukin on aseteltu yhtä tarkoitusta varten. Joissakin tapauksissa tämä on toimiva ratkaisu, mutta jos halutaan realistisempi lopputulos, tulee kiinnittää huomiota todellisten valonlähteiden tapaan valaista objektit. Tärkeää on kiinnittää huomiota siihen, miten objektien värit muuttuvat ja pinnat valaistuvat. (Gallardo 2001:

135.) Jos näyttämöllä ei ole lainkaan valoja, se on täysin musta. Tästä tilanteesta aloitetaan valaistuksen rakentaminen. (Watkins 2001a: 215.)

4.2 Mallintaminen

Luonnoksien pohjalta on hyvä lähteä toteuttamaan ympäristön ja hahmojen mallintamista. Hyvä perustyö takaa, etteivät käytettävissä olevat välineet saanele projekti lopputulosta, vaan mallinnukset noudattava suunniteltua ja hyväksyttyä linjaa. Näin saadaan myös karsittua turhan työn tekemistä. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 177.)

Jos työ on monimutkainen, mallinnus on hyvä jakaa osiin ja toteuttaa pienemmissä erissä. Kun objektit liitetään kokonaisuuteen vasta loppuvaiheessa, projektin hallinta helpottuu. Kevyemmät mallit ovat myös helpompia käsitellä. Myös polygonien määrää kannattaa rajata ja pitää kiinni mallien määrittelystä tarkkuudesta. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 177.) Mallintamisessa kannattaa pitää mielessä koko ajan, että mallinnetaan ainoastaan se mikä animaatiossa on todellisuudessa näkyvissä (Danaher 2001: 114).'

4.2.1 Objektien luominen

Pisteet, viivat, reunat

Tietokonehallintamisessa on useita rakennusosia, jotka ovat yhteisiä kaikille objekteille. Nämä komponentit rakentuvat toistensa päälle luoden monimutkaisempia kokonaisuuksia. Kokonaisuuksien ominaisuudet koostuvat kunkin yksittäisen komponentin ominaisuuksista. Näitä komponentteja ovat pisteet, viivat ja sivut sekä polygonit, käyrät ja pinnat. (Capizzi 2002: 43.)

Polygonit

Kolmipisteinen polygoni on 3D-mallintamisen yksinkertaisin rakennusosa, joka voidaan täyttää siten, että se näyttää kiinteältä. Polygoni rakentuu kärkipisteistä, sivuista ja pinnasta (Kuva 4). (Danaher 2001: 40 - 41.)



Kuva 4 Kolmipisteinen polygoni (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 21)

Polygoni voi olla myös muun kuin kolmion muotoinen, esimerkiksi nelikulmio on hyvin yleisesti käytetty muoto (Watkins 2001a: 31). Polygoneilla on myös pinnanormaali, joka osoittaa, onko pinnan etupuoli kameraan vai pois-päin siitä. Pinnanormaalit ovat yleensä määriteltä näkymättömiksi ja niillä on merkitystä lähinnä varjostuksen kannalta. (Danaher 2001: 41.)

Polygoni voidaan ajatella 2D-kuvana, koska sitä ei voi taivuttaa syvyys-suunnassa (Danaher 2001: 40). Niitä voidaan kuitenkin asetella minkälaiseen kulmaan tahansa toisiin polygoneihin nähden. Näistä ominaisuuksista johtuen esimerkiksi pyöreän muodon aikaan saamiseksi tarvitaan kolmioita ja nelikulmioita. Jos polygoneja ei ole tarpeeksi, muodosta ei tule pyöreää. Jotta saadaan aikaan todella pyöreä pallo, tarvitaan hyvin suuri määrä polygoneja (Kuva 5). (Watkins 2001a: 31 - 32.)

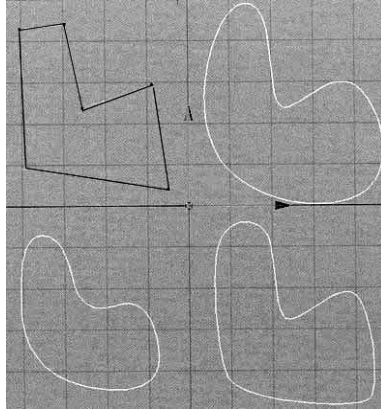


Kuva 5 Palloon tarvittavat polygonit (Watkins 2001a: 32 - 33)

Splines eli käyrät

Käyrä on suorasta viivasta poikkeava viiva, joka määritellään yleensä useammalla pisteellä (Capizzi 2002: 46). Ne ovat itsessään kaksiulotteisia, eikä niissä ole teräviä kulmia. Terävät kulmat voidaan kuitenkin määritellä tarvittaessa. Käyrien luominen tapahtuu samaan tapaan kuin vektorigrafiikkaan perustuvissa ohjelmissa. (Watkins 2001a: 34.)

Erilaiset käyrätyypit käyttävät eri matemaattisia algoritmeja kaaren muodon ja suunnan määrittämiseen (Capizzi 2002: 46). Käyristä käytetään usein myös nimitystä spline. Olemassa olevia käyrätyyppejä ovat mm. lineaarinen, cubic, akima, B-spline, Bézier ja NURBS. (Danaher 2001: 49.) Kuvassa 6 esitellään muutamia käyrätyyppejä.

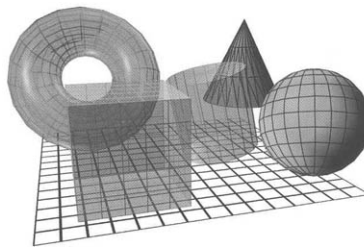


Kuva 6 Lineaarinen, cubic, akima ja B-spline (Danaher 2001: 49)

Käyrien tärkein ominaisuus on niiden taloudellisuus. Pisteillä ja sivuilla vastaavanlaisen kaaren aikaan saaminen vaatii tietokoneelta huomattavasti enemmän muistia kuin mitä käyrän määrittelyyn vaaditaan. Käyrät eivät näy lopullisessa 3D-kuvassa, vaan niitä voidaan käyttää polkuina erilaisissa polygonimallintamisen toiminnoissa, joita käsitellään luvussa 4.2.2 Objekti-
muokkaaminen. (Danaher 2001: 48 - 49.)

Primitiivit

3D-sovelluksista valmiina olevista perusmuodoista käytetään nimitystä primitiivit. Niitä voidaan käyttää pohjana uusien mallien luomisessa. Yleisimpiä primitiivejä on pallo, laatikko, sylinteri, kartio ja pyramidi, mutta soveluksesta riippuen tarjolla voi olla muitakin muotoja (Kuva 7). (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 24.)



Kuva 7 Primitiivimuotoja (Capizzi 2002: 51)

Monet ympäristössä olevat todelliset esineet voidaan rakentaa erilaisista primitiiveistä. Esimerkiksi pöytä saadaan aikaan viidestä sylinteristä. Neljästä kapeasta ja pitkästä sylinteristä tehdään pöydälle jalat, kun taas yksi lyhyt ja leveä sylinteri muodostaa pöydän kannen. (Danaher 2001: 44.)

Primitiivit renderöityvät nopeasti ja niiden polygonien lukumäärä on yleensä optimoitu. Primitiivien käyttäminen on kustannustehokasta, joten niiden käyttöä kannattaa suosia mallinnuksessa aina kun se on mahdollista. (Watkins 2001a: 35.)

Partikkelit

Partikkeleita käytetään erilaisten ilmiöiden luomiseen, kuten esimerkiksi vesisateen tai savun tekemiseen. Niiden avulla voidaan myös luoda kappaleen räjähtäminen kappaleiksi. Partikkelit ovat lähtöisin yleensä näkymättömästä objektista, josta ne voivat syntyä suihkumaisesti tai pilvimäisesti ilman alkunopeutta. Partikkelilla tulee olla perusmuoto, joka on yleensä jokin perusprimitiivi. Tämän perusmuodon voi kuitenkin valita vapaasti, joten mitä tahansa saatavilla olevaa 3D-mallinnetta voidaan käyttää. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 28.)

Partikkeleita voidaan ohjata erilaisilla apuobjekteilla. Mahdollisuuksia on useita käytettävästä sovelluksesta riippuen, mutta yleisimmin käytettyjä apuobjekteja ovat Lehtovirran ja Nuutisen (2001: 29) mukaan painovoima ja tuuli. Partikkelien kulku voidaan myös pysäyttää ja niiden käyttäytymistä törmäystilanteessa voidaan säätää. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 28.)

Varjostaminen

Varjostaminen on polygonien täyttämistä väreillä siten, että ne näyttävät todellisemmilta kuin pelkät viivojen ja pisteiden yhdistelmät. Käytettävissä on monia erilaisia shading-malleja, jotka soveltuvat eri tarkoituksiin. Näistä käytetään nimitystä *mallit*, koska niiden tarkoituksena on esittää, miten valo käyttäytyy objektien pinnalla. Yksinkertaisin shading-tapa on täyttää kaikki polygonit samalla värillä, johon vaikuttaa valonlähteen suunta ja etäisyys sekä väri ja intensiteetti. Muita malleja, joilla on enemmän ominaisuuksia, ovat mm. Lambert, Gourand, Phong ja Blinn. (Danaher 2001: 64 - 70.)

4.2.2 Objektien muokkaaminen

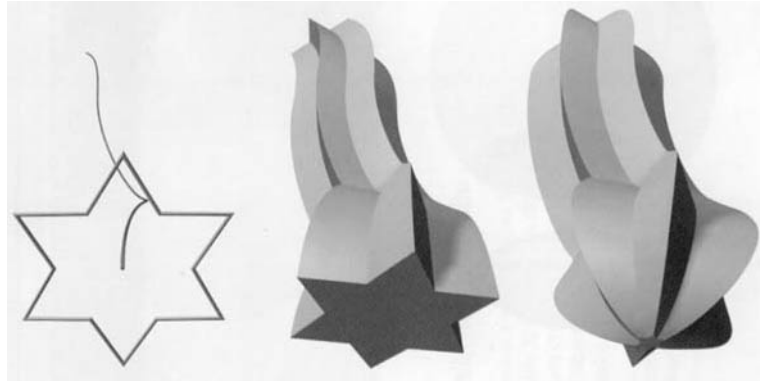
Kun primitiivien käyttö ei riitä halutun mallin aikaansaamiseksi, tarvitaan työkaluja polygonien muokkaamiseen. Yksinkertaisia polygoneja muokkaamalla voidaan luoda huomattavasti monimutkaisempia muotoja. (Danaher 2001: 46.)

Extrude eli pursotus

Pursotusta käytetään lisäämään objektiin syvyyttä ilman profiilikäyrää (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 27). Tämä on yksinkertaisin polygonien muokkaustyökalu. Pursotuksessa valitaan polygoni, jonka kaikki pisteet ovat samassa tasossa. Tätä pursotetaan kohtisuoraan, jolloin saadaan kolmiulotteinen tilavuus, jonka poikkileikkaus on alkuperäisen polygonin muotoinen. Pursotuksen suuntaa ja määrää voidaan säätää joko antamalla lukuarvoja tai raahaamalla sitä haluttuun suuntaan jossakin näkymässä. Myös pintanormaaleja voidaan käyttää suunnan määrittämisessä. (Danaher 2001: 46)

Loftaus

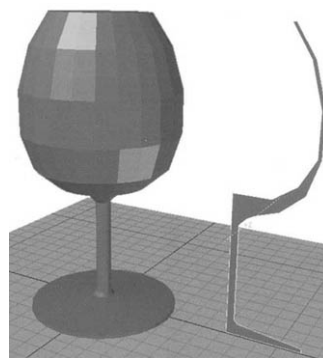
Loftauksen luomiseen tarvitaan kaksi tai useampi polygoniprofiili. Profiilit asetellaan, kuten ne olisivat tulevan 3D-muodon poikkileikkauksia. Loftaus yhdistää nämä poikkileikkaukset luomalla polygonikuoren niiden ympärille. Tällä menetelmällä voidaan tehdä monimutkaisia orgaanisia muotoja, mutta saattaa olla hankalaa hahmottaa etukäteen minkälaisia profiileja tarvitaan halutun muodon aikaansaamiseksi (Kuva 8). (Danaher 2001: 47).



Kuva 8 Loftaus (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 26)

Lathe

Lathe-toiminto pyöryttää polygoniprofiilin valitun akselin ympäri (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 27). Syntyvät objektit ovat symmetrisiä. On myös mahdollista määritellä alku- ja loppukulmat siten, että objekti on vain osittain pyörytetty. Lathella luotavia tyypillisiä muotoja ovat mm. viinipullot ja -lasit, auton renkaat sekä maljakot (Kuva 9). (Danaher 2001:47.) Tätä toimintoa saatetaan kutsua myös revolve-nimellä (Capizzi 2002: 50).



Kuva 9 Lathe (Danaher 2001: 47)

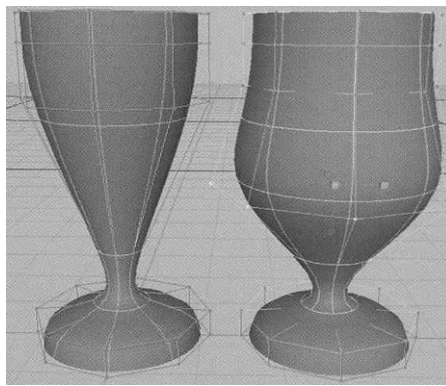
Sweep

Sweep-toiminto käyttää matemaattista käyrää polkuna, jota myöden polygoniprofiili ”pyyhkäistään”. Profiilina voi olla myös toinen käyrä (Capizzi

2002: 51). Tällä työkalulla voidaan tehdä esim. putkia, letkuja ja erilaisia kierteisiä muotoja. (Danaher 2001: 49.)

NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines)

NURBS-mallinnuksessa objekti koostuu spline-käyrien välille muodostuvasta pinnasta. Spline-käyrän muoto määritellään kärkipisteillä, jotka voivat olla teräviä kulmapisteitä, pisteiden kautta kulkevia käyriä tai säädettäviä Bézier-käyriä. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 21). Näitä pisteitä voidaan painottaa enemmän tai vähemmän halutuissa kohdissa, jolloin objektin kulmat ovat terävämpiä tai pyöreämpiä. Pinnan yksityiskohtia saadaan enemmän lisäämällä NURBS-verkon määritteleviä pisteitä (Kuva 10). (Danaher 2001: 56 - 57)



Kuva 10 NURBS-muokkausta (Danaher 2001: 57).

Kaikki aiemmin mainitut polygonien muokkaamistyökalut ovat MAXON Cinema 4D -sovelluksessa käytettävissä NURBS-työkaluina (MAXON Computer Inc. 2002: 169 - 188).

Deformerit

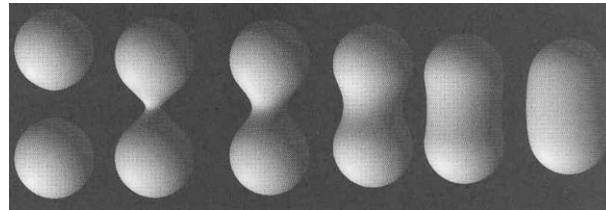
Deformerit on luotu alun perin helpottamaan hahmojen realististen vartalon liikkeiden tekemistä. Niiden avulla on kätevää tehdä myös muutoksia malleihin. Muodonmuuttajia on olemassa useita erilaisia. Muun muassa cluster-toiminnolla voidaan yhdistää pisteitä, joita on tämä jälkeen mahdollista liikuttaa yhtenä kokonaisuutena. Lattice-toiminto taas mahdollistaa monimutkaisten muotojen muokkaamisen yksinkertaisemman muodon avulla. (Capizzi 2002: 59 - 61.) MAXON Cinema 4D -sovelluksessa on käytössä lisäksi mm. bend-, twist- ja explosion-muodonmuuttajat, joiden avulla objekteja voidaan taivuttaa, kiertää ja räjäyttää osiin. (MAXON Computer Inc. 2002: 319 - 377).

Metaballs

Metapallojen avulla voidaan luoda monimutkaisiakin orgaanisia muotoja helposti. Palloja voidaan siirrellä toisiinsa nähden halutun yhdistelmän ai-

kaansaamiseksi. Valmis muoto muodostaa geometrian, jolla on yksi yhteinen pinta. Metapallot sulautuvat siis yhdeksi tasaisesti jatkuvaksi kokonaisuudeksi. (Capizzi 2002: 67.)

Metapallot käyttäytyvät melko samoin kuin elohopea, pallojen lähestyessä ne alkavat vaikuttamaan toisiinsa. Pallojen välistä vetovoimaa voidaan halutessa myös säätää. (Watkins 2001a: 90.) Kuva 11 havainnollistaa metaballs-toiminnon käyttäytymistä.



Kuva 11 Pallojen käyttäytyminen Metaballs-toiminnolla (Watkins 2001a: 93)

Boolean

Boolean on looginen operaattori, jossa käytetään uuden objektin luomiseen yksinkertaisempien objektien yhdistelmiä. Booleanista on olemassa erilaisia variaatioita, mutta yleensä alkuperäiset muodot yhdistetään tai vähennetään toisistaan. (Capizzi 2002: 66.) Jäljelle voidaan jättää myös objektien yhdessä jakama tila, jolloin saadaan helposti luotua esimerkiksi kaksoiskuperia muotoja (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 25).

4.3 Materiaalit

3D-mallinnuksessa käytettäville objekteille voidaan määritellä pintamateriaali, joka luo vaikutelman jonkin todellisen tai kuvitteellisen materiaalin ominaisuuksista. Ohjelmistoihin voi ostaa valmiita materiaalikirjastoja ja usein ohjelmistoissa on mukana myös jonkin verran materiaaleja. Materiaaleja on mahdollista tehdä myös itse ohjelmistojen materiaalieditoreilla käyttämällä lähtökohtana esimerkiksi valokuvaa. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 91.)

Ilman materiaalia 3D-ohjelmistolla luotu malli on ainoastaan mustana tai harmaana näytetty kokoelma tiettyyn järjestykseen aseteltuja polygoneja. Jotta polygoneista saadaan tunnistettava objekti, tehdään sille pinta materiaalilla eli se teksturoidaan. Säättämällä materiaalien ominaisuuksia erilaisten kanavien kautta, voidaan jopa muuttaa objektin pinnan muotoja. Materiaalit voidaan jakaa kahteen kategoriaan, shadereihin ja bittikarttamateriaaleihin. (Watkins 2001a: 116.)

4.3.1 Shaderit

Shaderit ovat matemaattisilla kaavoilla laskettuja materiaaleja. Ne säilyttävät hyvän laatunsa myös tarkasteltaessa lähietäisyydeltä toisin kuin bittikarttakuvat (Watkins 2001a: 116). Shaderit sisältävät usein myös animaatioita. MAXON Cinema 4D -sovelluksessa on käytettävissä 2D-, 3D- ja tilavuusshadereita. Näillä voidaan luoda materiaaleiksi esimerkiksi tulta, vettä tai sumua. (Tips & Techniques 2002)

4.3.2 Bittikarttamateriaalit

Bittikarttamateriaaleissa käytetään nimensä mukaisesti pohjana bittikarttakuvaa. Ne ovat yleisemmin käytettyjä kuin shaderit, koska menetelmällä voi melkein kuka tahansa luoda oman materiaalinsa. Bittikarttakuva voi olla esimerkiksi kuvankäsittelyohjelmalla tehty kuva tai digitaalisessa muodossa oleva valokuva. (Watkins 2001a: 116 -117.)

Vaikka erilaisia materiaaleja on helppo luoda valokuvaamalla tai käsin maalamalla, halutun lopputuloksen saaminen ei aina ole yksinkertaista. Kaikilla objekteilla on useita ominaisuuksia, jotka luovat sen ulkonäön. Myös valonlähteen väri vaikuttaa suuresti lopputulokseen. Todellisuudessa bittikarttakuva antaa vain pohjan objektin värille, jota muokataan halutunlaiseksi säätämällä materiaalin ominaisuuksia erilaisten materiaalikanavien avulla. (Danaher 2001: 76.)

4.3.3 Materiaalikanavat

Materiaalin ulkonäköä voidaan määrittellä materiaalikanavien asetuksia säätämällä. Eri materiaalikanavien määrittelyssä voidaan käyttää myös bittikarttakuvia. Jokaisella ohjelmistolla ovat hieman erilaiset materiaalikanavat, mutta pääsääntöisesti niistä löytyvät seuraavaksi esiteltävät ominaisuudet. (Watkins 2001a: 129.)

Color

Color-kanavalla määritellään, mitä väriä käytetään missäkin kohtaa materiaalia. Värien määrittelyssä voidaan käyttää väriarvojen lisäksi myös bittikarttakuvia. (Watkins 2001a: 133.) Vaikka objekti olisikin tasavärinen, aidommannäköisen lopputuloksen saamiseksi voidaan käyttämään kuvankäsittelyohjelmalla tehtyä bittikarttaa, jonka tasavärisyyttä on muokattu erilaisilla efekteillä. Värit voidaan määrittellä myös mustavalkoisina. (Demers 2002: 201.)

Diffusion

Myös diffusion-kanavalla voidaan määritellä pinnan värin epäsäännöllisyyksiä bittikarttakuvan avulla (Watkins 2001a: 133).

Luminance/Luminosity

Luminosity-kanavalla voidaan luoda objektille ”sisäinen valo”, joka valaisee objektin kokonaisuudessaan, mutta ei kuitenkaan anna valoa ympäristöönsä. (Watkins 2001a: 134.) Tämän kanavan avulla voidaan tehdä esimerkiksi siikarin pää tai liekki (Demers 2002: 203).

Transparency

Transparency-kanavalla voidaan luoda materiaaliin eriasteista läpinäkyvyyttä bittikartan avulla. Bittikartassa valkoinen vastaa 100 %:sta läpinäkyvyyttä, kun taas musta on täysin läpinäkymätön. (Demers 2002: 202.) Tämän kanavan avulla voidaan määritellä myös, miten valo taittuu kulkiessaan objektin läpi. (Watkins 2001a: 134.)

Bump

Bump-kanavan avulla voidaan tehdä virtuaalisia pinnan muotoja muuttamatta polygonien geometriaa (Watkins 2001a: 138). Bump ei vaikuta myöskään objektin ympäristöön luomaan varjoon (Demers 2002: 204). Vaikutelma kuopista ja kohoumista saadaan aikaan varjoilla, jotka mukailevat pohjana olevan bittikartan harmaan sävyjä. Käyttämällä bump-kanavaa pinnan muotojen mallintamisen sijaan saadaan pienennettyä renderöimiseen kuluva aikaa. (Watkins 2001a: 138.)

Bump soveltuu hyvin pienten yksityiskohtien luomiseen, kuten golf-pallon kuoppien tekemiseen. Suuremmille pinnoille tämä menetelmä ei kuitenkaan sovi, koska virtuaalinen näköharha paljastuu objektin profiilia tarkasteltaessa. (Danaher 2001: 82.)

Displacement

Myös displacement-kanavalla voidaan luoda objektiin pinnan muotoja, kuten bump-kanavallakin. Toisin kuin bump, displacement kuitenkin todella muuttaa objektin geometriaa. (Demers 2002: 205.) Polygonin pisteitä siirretään vastaamaan käytetyn harmaasävykuvan määrittelemiin tasoihin, jolloin pinnasta tulee epätasainen (Danaher 2001: 83). Yhdistämällä bump ja displacement samassa materiaalissa saadaan Danaherin (2001: 83) mukaan realistisen ja yksityiskohtainen lopputulos. (Watkins 2001a: 138.)

Environment

Environment-kanavalla saadaan aikaan vaikutelma objektin ympäristöstä. Ympäristö on todellisuudessa bittikartalla tehty materiaali, joka ainoastaan heijastuu itse objektista. (Watkins 2001a: 134.) Tarvittavan bittikarttakuvan voi tehdä kuvankäsittelyohjelmassa itse tai yksinkertaistamalla sopivaa valokuvaa (Danaher 2001: 85).

Ympäristön kuva on objektia ympäröivässä kuvitteellisessa pallossa. Tämä ei ole varsinaisesti yhteydessä objektiin, joten objektin liikkua myös ympäristön heijastumat muuttuvat kuten todellisessa heijastuksessa. (Danaher 2001: 84.)

Reflection/reflectivity

Objekti saadaan heijastamaan muita objekteja ja ympäristöään reflectivity-kanavalla. Heijastuksen käyttö kuitenkin lisää huomattavasti renderöintiin tarvittavaa aikaa, joten sitä kannattaa käyttää harkiten. Bittikartan avulla on mahdollista määritellä, mitkä objektin osat ovat heijastavia ja mitkä mattapintaisia. (Watkins 2001a: 137.) Bittikartassa valkoinen heijastaa 100 %:sti, kun taas musta on täysin heijastamaton (Demers 2002: 204).

Fog

Fog-kanavalla voidaan luoda osittain läpinäkyviä muotoja, jotka soveltuvat esimerkiksi savun tekemiseen. (Watkins 2001a: 138.)

Specular/specularity

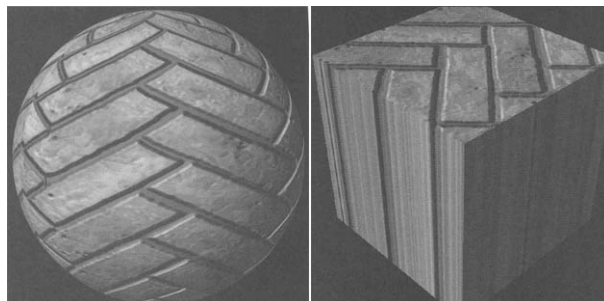
Specularity-kanavan avulla voidaan luoda objektille ominaisuus heijastaa kirkasta valonlähdettä takaisin (Danaher 2001: 74). Yleensä ominaisuuksista voidaan määritellä, kuinka suuri ja kirkas, sekä minkä värinen tämä heijastus on. (Watkins 2001a: 138.) Valonlähteen heijastumisen ominaisuuksia voidaan määritellä myös bittikartan avulla. Bittikartassa musta ei luo lainkaan korostuksia, kun taas vaaleat sävyt saavat aikaan kirkkaampia ja tummemmat himmeämpiä. (Demers 2002: 202.)

Glow

Glow-kanavalla saadaan aikaan samantyylinen loiste kuin esimerkiksi neonvaloissa. Objektille voidaan antaa sisäinen ja ulkoinen sädekehä, joiden väriä ja intensiteettiä voidaan säätää. Loiste voi esiintyä myös vain jossakin osassa objektia. Glow-efektit tehdään monissa ohjelmissa vasta, kun muu renderöinti on valmiina, joten se ei varsinaisesti säteile lainkaan valoa. (Watkins 2001a: 140 - 142.)

4.3.4 Materiaalin asettaminen objektille

Materiaalin paikoilleen asettamisella on suuri merkitys valmiin kappaleen lopulliseen ulkonäköön. Materiaali voidaan kietoa objektin ympärille tai se voidaan ikään kuin heijastaa sen pintaan (Kuva 12).



Kuva 12 Kiedottu ja heijastettu materiaali (Watkins 2001a: 121 - 122)

Ohjelmistot saattavat tarjota hieman toisistaan poikkeavia tapoja toteuttaa materiaalin paikoilleen asettaminen, mutta useimmista löytyvät kuitenkin samat päätekniikat. Nämä ovat spherical (pallomainen), sylinterimäinen (cylindrical), litteä (flat), kuutiomainen (cubic) ja UV mapping. (Watkins 2001a: 121.)

Pallomaisessa asettelussa ohjelmisto kiristää materiaalia napojen kohdalta ja kietoo sen objektin ympärille samaan tapaan kuin karttapallossa. Tätä tapaa voidaan käyttää myös muun kuin pallon muotoisten objektien mappauksessa. Sylinterimäisessä mappauksessa materiaali kiedotaan objektin ympärille ainoastaan yhteen suuntaan. Menetelmä ei sovellu monimutkaisille muodoille, mutta esimerkiksi pullojen ja purkkien mappauksessa se toimii hyvin. (Watkins 2001a: 122 - 123.)

Litteä mappaus soveltuu yhdessä tasossa oleviin objekteihin, kuten seinät tai lattia, koska tekstuuri näkyy objektin toisella puolella etupuolen peilikuvana. Litteää mappausta voi muutoin verrata projektoriin, joka heijastaa materiaalin objektin pintaan. Kuutiomainen asettelu on kuten litteäkin, mutta jokaiselle tasolle on oma projektorinsa. Näistä syntyvien rajojen takia se sopii lähinnä kulmikkaille muodoille. Pyöreissä muodoissa rajat tulevat liian selvästi esille. (Watkins 2001a: 124 - 125.)

UV-mappauksessa materiaalilla on kaksiulotteiset x- ja y-koordinaatit, jotka määrittelevät sen horisontaalisen ja vertikaalisen sijainnin. Koska kyseessä on 3D-mallintaminen, joissakin tapauksissa on katsottu tarpeelliseksi lisätä myös kolmas ulottuvuus. Tähän ulottuvuuteen viitataan kirjaimella W. UV-mappauksen etuna on sen kyky tunnistaa monimutkaisia muotoja ja kietoutua niiden mukaan objektin ympärille. (Watkins 2001a: 126.)

Yhden objektin materiaalin sijoittamiseen voidaan käyttää tarvittaessa myös useampaa menetelmää. Erilaisten vaihtoehtojen tuntemisen perusteella voi

analysoida objektin muotoon parhaiten sopivaa mappautusta. Parhaimman ratkaisun usein löytää kuitenkin kokeilemalla eri vaihtoehtoja. (Watkins 2001a: 127.)

4.4 3D-animaatio

Kun itsessään liikkumatonta laitetaan liikkumaan, kutsutaan tapahtumaa animaatioksi (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 49.) Animaatio koostuu perättäin esitettävistä kuvista, jotka näyttävät sulautuvan jatkuvaksi aikajanaksi. Tämä johtuu siitä, että säilytämme muiston kuvasta jonkin aikaa sen näkemisen jälkeen ja siksi yksittäiset hieman toisistaan eroavat kuvat näyttävätkin yhtenäiseltä liikkeeltä. (Danaher 2001: 128.)

Mallinnusohjelmistoilla on melkein poikkeuksetta mahdollista animoida siinä luotuja objekteja. Mallien rakenne voi olla samanlainen kuin still-kuvia varten luoduilla objekteilla, mutta mitä vähemmän tietokoneen tarvitsee laskea polygoneja, sitä nopeampaa animaatioiden luominen on. Animaatioista renderöidään usein koeversioita, joiden tarkoituksena on varmistaa liikkeiden sujuvuus. Nämä versiot eivät yleensä ole laadullisesti yhtä hyviä kuin lopulliset animaatiot. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 49.)

Kun objektit ovat mallinnettu, alkaa animaation työstäminen storyboardin pohjalta. Valot ja kamerat rakennetaan avainruutujen ympärille. Kappaleiden liikuttaminen ja kamerakulmien vaihteleva ovat animoinnin yksinkertaisia toimenpiteitä. Ihmisen tai jonkin muun raajallisen hahmon animoiminen onkin huomattavasti haastavampaa. Animaatio voidaan tehdä osissa, jolloin ne leikataan loppuvaiheessa yhdeksi kokonaisuudeksi. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 178.)

4.4.1 Frame ja keyframe

3D-animaation yksinkertaisin ajan jako on frame, joka kuvaa yhtä yksittäistä esitettävää kuvaa. Sekunnissa näytetään yleisimmin 25 kuvaa eli framea, tämän yksikön lyhenne on fps. Euroopassa käytössä oleva videostandardi on PAL, jonka arvo on 25 fps. Pohjois-Amerikassa käytössä olevassa NTSC-järjestelmässä arvo on taas 30 fps. (Danaher 2001: 128 - 129.) PAL-järjestelmä eroaa NTSC-järjestelmästä myös useilta muilta ominaisuuksiltaan (Wikipedia 2006).

Keyframe eli avainruudut ovat kuvia, jotka määrittelevät tietyn ajanjakson tärkeimmät kohdat tai liikkeet. 3D-sovelluksella toteutettavassa animaatioissa animoija määrittää avainruudut aikajanalle ja tietokone toteuttaa loput kuvat niiden välillä. Aikajanalla on yleensä näkyvissä näyttämöllä olevat objektit sekä jokin symboli, joka kertoo senhetkisen sijainnin aikajanalla. Aikajanalta

löytyy myös joko frameet, sekunnit tai molemmat sekä avainruudut. Lähes kaikissa tapahtumissa on vähintään kaksi avainruutua, aloitus ja lopetus. (Watkins 2001a: 306 - 308.)

4.4.2 Keyframe-tekniikka

Yksinkertaisin tapa animoida objekti, on asettaa keyframe frameen, josta lähtien objektin halutaan liikkuvan. Tämän jälkeen siirrytään aikajanalla siihen frameen, jossa objektin halutaan olevan uudella paikallaan. Nyt objekti voidaan siirtää haluttuun paikkaan. Kun objekti on uudessa sijainnissaan, tehdään aikajanalle uusi keyframe. Tietokone laskee objektin sijainnin jokaisen näiden kahden keyframen väliin jäävässä framessa. Tätä kutsutaan myös termillä tweening. (Danaher 2001: 132 - 134).

Jos tähän tekniikkaan halutaan lisätä luonnollista vauhdin kasvamista ja hidastumista, voidaan väliruutujen laskeminen määritellä toisin. Tasainen kiihdytys- ja hidastusliike saadaan aikaan ease-in- ja ease-out-toiminnoilla. Monissa sovelluksissa näitä ominaisuuksia voidaan muokata myös suoraan käyrien avulla. Tämä antaa mahdollisuudet tarkkoihin määrittelyihin ilman, että joudutaan lisäämään keyframeja. (Danaher 2001: 132 - 134). Yleisimpiä animoitavia ominaisuuksia ovat objektin sijainti, koko ja asento (Watkins 2001a: 312).

4.4.3 Hahmoanimaatio

Hahmoanimaatio on yksi vaikeimmista animaation osista. Vaikka liikkuvan hahmon toteuttaminen on helppoa, liikkeiden saaminen luonnollisiksi vaatii huomattavasti enemmän työtä. Hahmoanimaation vaativuuden vuoksi se on selkeästi eroteltavissa täysin omaksi animaation erikoistumisalueeksi. Suurilla studioilla onkin usein erikseen hahmoanimoijat. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 58 - 59).

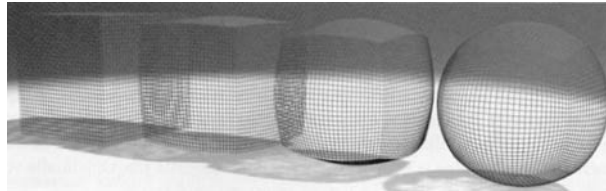
Yksinkertainen tapa luoda liikkuva 3D-hahmo on käyttää hierarkkisesti toisiinsa linkitettyjä objekteja, joista tehdään esimerkiksi pää, vartalo, olkapää jne. Nämä animoidaan käytettävästä sovelluksesta riippuen joko Forward Kinematics (FK) -toiminnolla tai Inverse Kinematics (IK) -toiminnolla. IK-toiminnossa viimeinen objekti liikuttaa muita hierarkian objekteja, kun taas FK-toiminnossa objekteja liikutetaan erikseen. Näillä menetelmillä saadaan aikaan toimiva, mutta ei kovinkaan realistinen malli. (Danaher 2001: 136 - 138).

Luotaessa uskottavaa mallia käytetään todennäköisesti polygoni- tai NURBS-mallintamista. Jotta tällaisten hierarkiattomien mallien liikkeiden animaatio olisi mahdollista, otetaan käyttöön luusto-toiminto. (Danaher

2001: 136 - 138). Mallille rakennetaan kirjaimellisesti luut, joiden välissä ovat liikkuvat nivelet. Hahmon liikkeet saadaan todellisuudessa aikaan animoimalla luuston liikkeet. Jotta hahmon nahka eli varsinainen malli mukautuisi luuston liikkeisiin mahdollisimman hyvin, ne kytketään vielä toisiinsa. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 59 - 60).

4.4.4 Morffaus

Morffauksessa objektin muoto muutetaan sulavasti toiseksi. 2D-kuvan morffaus tapahtuu pisteiden siirtymisen avulla. Tietokone laskee väliruudut, joiden aikana pisteet siirtyvät alkutilanteesta lopputilanteen sijaintiin. Pisteitä täytyy siis olla sama määrä alku- ja loppukuvassa. 3D-mallilla on selkeät pinnat, jotka tietokone muuttaa välimuotojen kautta kohdemuotoon (Kuva 13). Tällöin ei voida määrittellä, mikä kohta alkuperäisestä muodosta muuttuu tietyksi osaksi loppumuodossa. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 54 - 55).



Kuva 13 Morffaus (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 54)

Morffauksesta on olemassa useita erilaisia versioita. Muoto voi hajota kappaleiksi tai muuttua täysin erilaiseksi. Ilmeiden animoinnissa käytetään usein morffausta. Monet mallinnusohjelmat toteuttavat sen parhaiten NURBS-mallien välillä, joilla on yhtä paljon kärkipisteitä ja polygoneja. (Watkins 2001a: 409 - 410)

4.4.5 Muita animointitapoja

Polkuanimaatio

Matalan tason tekniikoihin lukeutuvalla polkuanimaatiolla on mahdollista määrittellä 3D-avaruuteen polku, jota pitkin objekti kulkee. Polulle on määriteltävä alku- ja loppuavainruudut. Kappale on mahdollista saada mukaillemaan keskipakovoimaa. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 53.)

Materiaalien animointi

Objektien materiaaleja on myös mahdollista animoida. Useimmissa shade-reissa on itsessään jo animaatioita. Bittikarttamateriaaleja voidaan animoida aikajanalla tekstuuriraitojen (texture track) avulla. Aikajanalla voidaan vaih-

taa materiaalin sijaintia, asentoa, suuntaa sekä sen avulla voidaan halutessa vaihtaa objektin materiaali toiseen. Myös videotiedostoja voidaan käyttää materiaalien animoinnissa. (Tips & Techniques 2002.)

Näkyvyyden säätely

Objektin näkyvyyden tasoa voidaan säätää monissa 3D-sovelluksissa. Cinema 4D:ssa on mahdollista animoida objekti häviämään tai tulemaan näkyviin asteittain tietyn ajan kuluessa. Tämän aikaansaamiseksi käytetään objektille asetettavaa Display Tagia. Display Tagia voidaan animoida määrittelemällä objektille eri näkyvyysasteita prosentteina, joiden ajoitus säädetään luomalla keyframeja. (MAXON Computer Inc. 2002: 200.)

Point-Level Animation (PLA)

Point-Level -animaatiolla on mahdollista tehdä muutoksia malliin sen pistetai polygonitasolla. Tätä toiminnallisuutta voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten ilmeiden luomiseen. (Watkins 2001a: 318)

4.4.6 Kameran käyttö

3D-maailmassa voidaan animoida melkein mitä tahansa. Kaikkea mitä on mahdollista liikuttaa, ei kuitenkaan aina kannata animoida. Kamera on tästä hyvä esimerkki. Se voidaan määrittää kulkemaan objektien lävitse tai liikukumaan tavalla, joka ei ole todellisessa maailmassa mahdollista. Holtittomasti liikkuvan kameran kuvaa on epämukava katsella, eikä se näytä kovin ammattimaiselta. Tästä syystä kameraa kannattaa liikuttaa mahdollisimman vähän. Vaihtelu kohtausten välille voidaan luoda erilaisilla kuvakulmilla ja -etäisyyksillä. Jos kameraa täytyy kuitenkin jostain syystä liikuttaa, se tulisi tehdä mahdollisimmin huomaamattomasti. (Danaher 2001: 142 - 143.)

4.5 Valaisu

Valaistuksella voidaan vaikuttaa hyvin paljon siihen, miltä lopullinen 3D-malli näyttää. Esimerkiksi valon värillä saadaan luotua mallinnukseen haluttu tunnelma. Valojen luomilla varjoilla voidaan peittää mallin heikkoja kohtia ja vastaavasti korostaa haluttuja osia. Toisaalta taas epäonnistuneella valaistuksella voidaan saada hyvinkin mallinnus näyttämään huonolta. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 38.)

Koska valaistus voi muuttaa materiaalien ulkonäköä suuresti, saatetaan niitä joutua muokkaamaan uudelleen valaistuksen myötä, jotta ne saadaan näyttämään suunniteltuilta. Materiaaleja voidaan joutua tekemään valaisun jälkeen myös valoefektien, kuten loisteen tai sädekehän aikaansaamiseksi tai

simuloitaessa valoa peittävien muotojen, kuten esimerkiksi puiden lehtien heittämiä varjoja. (Demers 2002: 322.)

4.5.1 Valotyypit

Ambient-valo eli hajavallo on yleisvalo, jolla ei ole suuntaa. Se luo perusvalaistuksen valaisemalla yhtä suurella voimakkuudella joka kohdassa. Se ei huomioi pinnan muotoja, jolloin se ei luo objektista kolmiulotteista vaikutelmaa. Hajavalolla valaistu objekti näyttää siltä, kuin se valaisisi itse itsensä (Gallardo 2001: 113).

Pistevalolle määritellään tietty paikka 3D-maailmassa, josta se valaisee tasanaisesti ympärilleen. Sille ei määritellä valon kohdetta, vain ainoastaan valonlähtöpiste. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 42.) Pistevalon käyttäytymistä voidaan verrata hehkulamppuun. Sen välittämän valon kirkkautta, väriä sekä säteen heikkenemistä voidaan halutessa säädellä. (Watkins 2001a: 215.) *Spotlight* eli kohdevalo voidaan suunnata lähtöpisteestään johonkin tiettyyn kohteeseen. Lisäksi voidaan säädellä sen valokeilan laajuutta ja reunojen terävyyttä. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 42.)

Globaalien valojen lähde on kaukana, mutta se on suunnattu johonkin tiettyyn pisteeseen. Valo vaikuttaa kaikkeen 3D-ympäristössä olevaan, jolloin kaikki objektit ovat valaistuja ja ne muodostavat myös varjoja. Globaalit valot ovat helppoja valaistusratkaisuja ja ne ovat usein toimivia ulkotiloissa olevissa 3D-ympäristöissä. Niillä ei voida kuitenkaan ohjata katsetta haluttuun kohtaan. (Watkins 2001a: 215.)

Auringonvaloa jäljittelevä valonlähde lähettää yhdensuuntaisia valonsäteitä kuten aurinkokin. Lisäksi sille voidaan määritellä maantieteellisesti oikea kulma ja liike. Maantieteellisen sijainnin lisäksi voidaan valita myös päivämäärä, kellonaika ja ilmansuunta. Kaikki nämä määritellyt ominaisuudet voidaan myös animoida. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 43.)

Käytettävissä saattaa olla myös muita valotyyppejä, jotka vaihtelevat sovelluksesta riippuen.

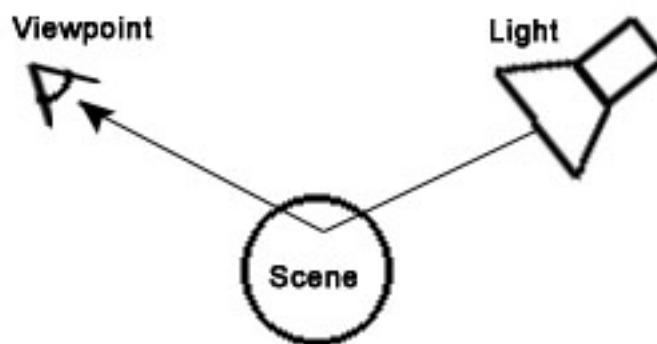
4.5.2 Global illumination (GI)

Global illumination on mallintamiskäsite, jota ratkaisemalla pyritään täydellisempään valon heijastumisen malliin. Ongelmana on siis, miten saadaan esiin kaikki 3D-ympäristössä olevat valon siirtymät. Lopullista kuvaa laskeuttaessa, halutaan ottaa huomioon suoran valon lisäksi myös ympäristön vaikutus objektiin. Tämä on ratkaistu käyttämällä säteenseurantaa ja radiositeettia. (Gallardo 2001: 111 - 112.) Radiositeetti määrittelee heijastumiset,

kun taas säteenseurantaa käytetään usein varsinaiseen renderöintiin radiositeetin tietojen pohjalta. (Danaher 2001: 92).

Säteenseuranta (ray-tracing)

Säteenseurannalla tulevat renderöinnissä näkyviin ympäristön heijastumat kiiltävillä pinnoilla (Kuva 14). (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 45.) Se simuloi valon ja materiaalien ominaisuuksia luodakseen realistisen näkymän. Säteenseuranta käyttää fysiikan lakeja valonkäyttäytymisen jäljittelyyn. Sen laskenta on monimutkaista ja aikaa vievää. Monissa ohjelmissa onkin asetettu maksimiraja, jota ei voi ylittää tietokoneen ylikuormittamisen estämiseksi. (Danaher 2001: 88).



Kuva 14 Säteenseuranta (Danaher 2001: 88)

Radiositeetti

Teknisesti radiositeetti määritellään energian arvona, joka poistuu objektin pinnalta tietyssä ajassa. Jokainen 3D-ympäristön pinta, joka vastaanottaa valoa, säteilee sitä myös eteenpäin. (Gallardo 2001: 121, Lehtovirta & Nuutinen 2000: 47.) Radiositeetti simuloi todellisen maailman heijastuvaa valoa. Radiositeetilaskennassa otetaan myös värien vaikutus huomioon. Jos valosäde kohtaa punaisen pinnan, siitä heijastuva valo on myös punaista. Laskentamenetelmä on monimutkainen, joten se lisää myös renderöintiin kuluvaa aikaa. (Danaher 2001: 92 - 93).

4.6 Renderöinti

3D-maailma visualisoidaan yleensä kaksiulotteisella näytöllä, joka koostuu pikseleistä. Renderöintiprosessia voidaan verrata kameraan, joka tallentaa virtuaalisen maailman esitettävään muotoon. (Vince 2003: 107.) Renderöinnissä ”maalataan” kaiken mallinnus-, teksturointi-, valaisu- yms. tiedon mukaan varjot, heijastukset ja kaikki muut määritellyt ominaisuudet (Watkins 2001b: 402). Mitä realistisempi kuvasta halutaan, sitä kauemmin tietokoneelta kestää renderöinnin laskeminen. (Watkins 2001a: 16).

Koska jokainen frame on laskettava erikseen, kertyy animaation jopa tuhansista yksittäisistä kuvista huomattavan paljon konelaskentatunteja. Tästä syystä on viisasta renderöidä satunnaisesti joitakin frameja ja tutkia, ovatko kuvat sellaisia kuin on ollut tarkoitus. Laskenta on usein mahdollista jakaa myös useammalle tietokoneelle. Ennakkosuunnittelun onnistuminen huomataan tässä vaiheessa, jos turhat sekunnit on saatu karsittua pois, on suunnittelukin onnistunut. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 178.)

4.6.1 Esikatselurenderöinti

On olemassa useita tekniikoita, jotka mahdollistavat nopeat esikatselurenderöinnit. Yleisimmin käytössä oleva tekniikka on nimeltään OpenGL. Se näyttää polygonien täytöt, materiaalit ja efektit reaaliaikaisena tietokoneen näytöllä. Myös rautalankamallit ovat käyttökelpoisia, koska ne esittävät pinnat rakenteen selkeästi. (Danaher 2001: 66.)

Vaikka esikatselu ei kerro kaikkia yksityiskohtia valaisusta ja materiaalien ulkonäöstä, niillä kannattaa tarkistaa animaatioiden liikkeiden onnistuminen. Kun tämä puoli on kunnossa, voidaan siirtyä varsinaiseen renderöintiin. Animaatioista voidaan tarvittaessa renderöidä myös lyhyitä pätkiä haluttujen asioiden tarkistamiseksi. (Watkins 2001a: 319.)

4.6.2 Scanline

Scanline eli pyyhkäisyjuova-renderöinti ei ota huomioon heijastumia eikä läpinäkyvien pintojen vääristymiä. Se on nopea perustapa suorittaa kuvan valaistuksen renderöinti. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 45) Renderöinti tapahtuu yksi pikselirivi kerrallaan, josta myös menetelmän nimi tulee. Laskennassa käytetään erilaisia shading-algoritmeja. (Danaher 2001: 90.) Realistisempi lopputulos saadaan käyttämällä säteenseurantaa ja radiositeettia, jotka käsiteltiin luvussa 4.5.2 Global illumination (GI).

4.6.3 Renderöintiasetuksista

3D-animaation tai -kuvan renderöinti tulisi tehdä sillä resoluutiolla, jolla se maksimissaan tullaan esittämään. Koon pienentäminen tai suurentaminen heikentää kuvan laatua. Jo renderöintivaiheessa tulisi ottaa huomioon myös animaation lopullinen esitysmuoto. Jos animaatio on tarkoitus esittää televisiossa, tarvittava framemäärä on 25 fps. Kuvaruudut tulisi myös lomittaa. Internetiin tarkoitettulle animaatiolla riittää 12 -15 fps. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 56)

4.6.4 Renderöintitavat

Yksi tapa on tallentaa animaatio still-kuvina, jolloin jokainen frame tallentuu oma erillisenä kuvanaan. Tämän jälkeen bittikarttakuvat täytyy koota takaisin animaatioksi jollakin videonkäsittelyohjelmalla, kuten esimerkiksi Adobe Premierella. Animaation kokoamisen jälkeen se voidaan tallentaa videotiedostoksi. (Watkins 2001a: 320.)

Kun renderöinti on toteutettu still-kuvina, mahdollinen uudelleenrenderöinti voidaan tehdä ainoastaan korjausta tarvitseville osuuksille. Kuvatiedostot ovat suurehkoja tiedostoja, jotka vaativat tietokoneelta paljon muistia. On mahdollista, että tällä menetelmällä tietokoneen kovalevy saattaa täytyä. Jos animaation jokaisen framen renderöinti kestää kauan, still-kuvien käyttö saattaa kuitenkin säästää huomattavasti aikaa. (Watkins 2001a: 320.)

Toinen tapa on valmistaa animaatiosta suoraan videotiedosto. Yleisimmät tiedostomuodot 3D-sovelluksissa ovat .avi ja .mov. Mac-tietokonetta käytettäessä tiedostomuoto on todennäköisesti .mov (Quicktime Movie Files). Kun animaatiosta renderöidään suoraan videotiedosto, tuotoksena on valmis videopätkä, joka voidaan välittömästi katsella mediasoittimella. Jos animaatiossa on jotakin korjattavaa, se joudutaan renderöimään kokonaisuudessaan uudelleen. (Watkins 2001a: 320.)

Jos animaatio voidaan jakaa erillisiin kohtauksiin, nämä voidaan myös renderöidä erikseen omiksi tiedostoikseen. Tämä helpottaa mahdollisten virheiden korjaamista, koska on mahdollista renderöidä ainoastaan pieleen mennyt osio uudelleen. Erikseen renderöidyt kohtaukset täytyy kuitenkin koota yhteen videonkäsittelyohjelmalla niiden valmistuttua. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 55).

4.7 Tiedostomuodot

4.7.1 3D-tiedostomuodot

Jokaisella 3D-sovelluksella on käytössä oma tiedostomuotonsa. Tämä saattaa tuottaa ongelmia, jos malleja halutaan tuoda eri sovelluksista. (Lehtovirta & Nuutinen 2001: 36.) Yleinen 3D-tiedostoformaatti on kuitenkin kehitetty ECMA Internationalin ja 3D Industry Forumin toimesta yhteistyössä mm. Intelin kanssa (Universal 3D Standard 2006).

Tiedostomuodon ideana on JPEG 3D:lle eli tiedostot olisivat avattavissa kaikilla 3D-sovelluksilla. Tiedostoformaatin tunnukseksi on sovittu U3D. Se

hyväksyttiin vuonna 2004 ECMA-363-standardiksi. (Universal 3D Standard 2006.) Standardi määrittelee sen syntaksin ja semantiikan. Se ei kuitenkaan ota kantaa sisällön renderöintiin tai kuljetustason ja kommunikointikanavan luotettavuuteen. Toisesta versiosta lähtien U3D:stä on kehitetty laajennettavaa tiedostoformaattia. (Standard ECMA-3632005.)

MAXON Cinema 4D:n tiedostomuodot

MAXON Cinema 4D -sovelluksen oma 3D-tiedostomuoto on c4d. Sovelluksesta on mahdollista siirtää tietoa useisiin eri tiedostomuotoihin. Teknisen alan tiedostomuodoista se tukee DEM- ja DFX-tiedostomuotoja. Vektorigrafiikaksi tietoa voidaan siirtää Illustrator-tiedostomuotoon. Myös Shockwave-muotoon siirtäminen on mahdollista. Muihin 3D-sovellusmuotoihin siirtäminen onnistuu 3D Studio R4-, Direct3D-, Lightwave- ja Quickdraw-tiedostomuodoissa. Internet-julkaisuun soveltuvia tiedostomuotoja ovat UZR, VRML ja VRML 2. (MAXON Computer Inc. 2002: 59 - 78.)

4.7.2 Kuvatiedostomuodot

3D-ohjelmasta renderöidyt kuvat ovat bittikarttamuotoisia. Niiden koko määritellään pikseleinä renderöintivaiheessa. Käytössä olevien värien määrää voidaan myös säätää. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 152.) Kuvat ovat usein tiff-muodossa, mutta muitakin tiedostomuotoja voi olla mahdollista käyttää sovelluksesta riippuen (Watkins 2001a: 320). Esimerkiksi Cinema 4D -sovelluksessa käytössä ovat tiff-kuvien lisäksi mm. btm-, pict-, jpeg-, targa- ja psd-tiedostomuodot sekä vastaavat QuickTime-muodot.

4.7.3 Videotiedostomuodot

Kun animaatio on valmis ja jäljellä on sen renderöinti valaistuksineen, on syytä miettiä tarkkaan, mikä on animaation käyttötarkoitus. Eri tarkoituksiin on olemassa useita tiedostomuotoja ja kokoja. (Watkins 2001a: 320).

AVI (Audio Video Interleaved)

AVI-tiedostot voivat sisältää videota, ääntä ja tekstiä. Se on Microsoftin kehittämä videotallennusmuoto. Menetelmässä tallennetaan jokaisesta ruudusta ensin äänet ja sitten videokuvat. Tiedostoja voidaan katsella mediasoitimella, mutta ne ovat huomattavasti suurempia tiedostokooltaan kuin esimerkiksi MPEG-tiedostot. AVI-tiedostomuoto sopii käytettäväksi tuotantovaiheessa ja tehokkailla laitteilla sitä voidaan käsitellä jopa ilman pakkausta. AVI-muotoisia videoleikkeitä voidaan myös editoida videonkäsittelyohjelmien avulla. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 241 - 242)

QuickTime

Applen kehittämä Quicktime vastaa avi-tiedostoa. Sen tallennusmuodon pääte on .mov. Tiedostoja voidaan katsella PC:llä QuickTime for Windows -ohjelmistolla, kun taas Macintosh-koneilla ne voidaan toistaa Movie-Playerilla. Streaming-sovelluksia on voinut toistaa QuickTimen 3.0 versiosta lähtien. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 242.)

Windows Media

Microsoft on kehittänyt Windows Media -tiedostot streaming-käyttöä varten. Tiedostossa on kaksi videoraitaa, joista tehdään valinta kaistanleveyden mukaan. Äänenlaatu pysyy kuitenkin samana, koska ääniraitoja ei ole kuin yksi. Tiedostojen katseluun tarvitaan Windows Media Player. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 243.)

RealVideo

RealVideo-tiedostoja ei voida editoida tai pakata uudelleen, vaan ne on tarkoitettu valmiiden videoiden toistamiseen tietoverkon kautta. Koska pakkausten purkamiseen tarvitaan prosessorilta paljon kapasiteettia, suuri-kokoisten videoiden esittäminen ei välttämättä onnistu. Tiedostoja voidaan katsella erillisenä tai WWW-selaimen laajennuksella olevalla RealPlayer-ohjelmalla. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 242.)

MPEG

MPEG-tiedostoja voidaan toistaa useimmilla mediasoittimilla niissä olevan tuen ansiosta (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 242). MPEG-menetelmässä tallennetaan peräkkäisten kuvien muutokset. Videoruutuja on kolmenlaisia ja niille jokaiselle on oma koodaustapansa. MPEG-tiedostoissa hyvälaatuinen kuva ja ääni on saatu pakattua pieneen tilaan. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 242.)

MPEG standardeja on tähän mennessä valmistunut erilaisiin tarkoituksiin viisi kappaletta. MPEG-1 on tarkoitettu käytettäväksi kuvan ja äänen pakkaamiseen. Tallennusmedia on digitaalinen, esimerkiksi CD-ROM. MPEG-2 on käytössä useimmissa DVD-levyissä, mutta myös kaapeli- ja satelliittitelevisiossa sekä HDTV ja digi-TV lähetyksissä. MPEG-1 koodattu materiaali on mahdollista toistaa myös MPEG-2 standardilla. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 223 - 234.)

MPEG-4 voidaan käyttää digitaalisessa videossa, interaktiivisissa grafiikka-sovelluksissa ja interaktiivisessa multimediassa. Tässä standardissa on siirrytty oliopohjaiseen pakkaukseen, jossa pyritään löytämään kuvasta sen eri osat ja ne käsitellään erikseen. (Koenen 2002.)

MPEG-7 kuvailee audiovisuaalisen multimedian sisältämää tietoa ja osaa tulkita sitä jonkin verran. MPEG-7 tarkoituksena on mahdollistaa audio- ja videomateriaalin haut Internetistä, digitaalkirjastoista ja muista tietokannoista. Sitä ei ole suunnattu millekään tietylle sovellukselle. Haettava data voi olla kuvia, ääntä, puhetta, grafiikkaa, 3D-malleja, videota tai tietoja siitä, miten elementit ovat yhdistetty. (Martinez 2002.)

MPEG-21 on multimedian käytön parantamiseen tähtäävä kehys. Se pyrkii helpottamaan multimediasisällön luomista, jakamista ja käyttämistä erilaisien verkkojen ja laitteiden kautta. (Burnett ym. 2003.) Jos kuvia tai videota on tarkoitus jatkokäsitellä, hyvin pakkaavia tiedostomuotoja kannattaa välttää. Tällaisia ovat esim. JPEG ja MPEG. (Vince 2003: 107.)

4.8 Jälkikäsitteily

Valmista 3D-kuvaa voidaan käsitellä vielä eri tavoin renderöinnin jälkeen. Still-kuvaan voidaan lisätä kuvankäsittelyohjelmassa mm. efektejä tai erilaisia lisäelementtejä. Sitä voidaan myös rajata tai se voidaan yhdistää toisiin kuviin. Myös värisävyn, kirkkauden ja kontrastin säätäminen on mahdollista, samalla tavoin kuin minkä tahansa muunlaisen kuvan kohdalla. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 164 - 166.)

Renderöity animaatio on harvoin valmis sellaisenaan. Jälkikäsitteilyllä voidaan muokata sen värejä, lisätä efektejä tai muokata tapahtumien kulkua leikkaamalla. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 178.) Editointivaiheessa voidaan animaatioon lisätä videonkäsittelyohjelmassa grafiikkaa, ääntä, musiikkia ja puhetta. Jotta jälkikäsitteily on oikeanlaista, tulee animaation käyttötarkoitus ja -ympäristö selvittää etukäteen. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 216.)

Renderöidyn kuvan resoluutio on yleensä 72 dpi. Tämä on riittävä katseltaessa kuvia näytöltä. Jos kuva halutaan painaa, sen resoluutiota tulee nostaa kuvankäsittelyohjelmassa. Useimmiten painoresoluutio on 300 dpi. Renderöity 3D-kuva on aina RGB-muodossa, joka on lisäävä värijärjestelmä. Värit muodostuvat punaisesta, vihreästä ja sinisestä. Tämä värijärjestelmä toimii hyvin, jos kuvia on tarkoitus katsella näytöllä. RGB-värijärjestelmä soveltuu myös useimpiin tulostimiin.

Jos kuva on tarkoitettu painotuotetta varten, tulee se muuttaa kuvankäsittelyohjelmassa CMYK-muotoon. CMYK on vähentävä värijärjestelmä, jossa on käytössä syaanin, magentan ja keltaisen lisäksi myös musta väri. Värisävyt saattavat muuttua muunnoksen yhteydessä, jolloin niitä täytyy säätää halutun lopputuloksen saamiseksi. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 167 - 168, Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 88 - 89.)

Liikkuvasta kuvasta on vaikeampi havaita virheitä kuin still-kuvasta eikä yksittäisiä kuvia yleensä kannata edes ryhtyä muokkaamaan sen työläyden takia. Animaatioiden jälkikäsittelemahdollisuuksiin vaikuttaa suuresti käytävissä olevan videonkäsittelyohjelmiston ominaisuudet. Ohjelmistolla voidaan esimerkiksi koostaa kohtauksia leikkaamalla ja tehdä värikorjailuja. Animaatioihin voidaan lisätä efektejä ja ääntä sekä sen resoluutiota voidaan muuttaa. Videonkäsittelyohjelmistolla voidaan animaatiot myös pakata eri tiedostomuotoihin. (Lehtovirta & Nuutinen 2000: 169.)

Jälkikäsitteilyyn soveltuvia ohjelmistoja on tarjolla runsaasti. Tässä tutkintotyössä kuvatussa projektissa on käytetty Adobe'n tuotteita, jotka osoittautuivat tehokkaiksi ja käyttökelpoisiksi työkaluiksi. Valmistaja määrittelee projektissa käytetyt ohjelmistot, Photoshop ja Premiere, ammattilaistasoisiksi. Photoshop on kuvankäsittelysovellus ja Premiere videonkäsittelysovellus. (Tuotteet 2006)

4.9 Animaation tallentaminen lopulliseen muotoon

Animaatio voidaan tallentaa esimerkiksi CD- tai DVD-levylle. Se voidaan saattaa julkaistavaksi myös Internetiin, jos käytävissä on palvelintilaa. Animaatioiden esittäminen televisiossa tai elokuvateatterissa on myös mahdollista, jolloin tulisi ottaa huomioon mm. asioita, joita käsiteltiin luvussa 4.6.3 Renderöintiasetuksista. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 356 - 372.) Olipa lopullinen tallennusmuoto mikä tahansa, sen valitsemisessa tulee ottaa huomioon animaation käyttötarkoitus ja siten myös niiden tiedostokoot.

4.9.1 Ratkaisuja 3D-animaation julkaisemiseksi Internetissä

Suurin ongelma 3D-materiaalin viemissä Internetiin on siirrettävän datan määrä. Paikallisesti koneen kovalevyllä käytettäessä ei tiedoston koolla ole yleensä suurta merkitystä, mutta Internetin kautta tiedostoa ladatessa sillä on erittäin suuri rooli. Käyttäjä saattaa kyllästyä odottamaan halutun materiaalin lataamista ja siirtyä eteenpäin näkemättä sitä lainkaan. (Danaher 2001: 154.)

Monet tahot ovat kehittäneet ja kehittävät edelleen erilaisia ratkaisuja latausaikojen pienentämiseksi. Tämä edistää 3D-materiaalin entistä monipuolisempaa käyttöä. Karkeasti luokiteltuna ratkaisut voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Streaming-tekniikka näyttää kuvaa sitä mukaan, kun se on ladattu. Non-streaming vaatii koko tiedoston lataamisen ennen kuin se voidaan näyttää. (Danaher 2001: 154.) Video- ja äänitiedostot, jotka ovat upotettu tai linkitetty suoraan HTML-dokumenttiin, ovat non-streaming -muotoisia. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 274).

Streaming

Streaming-tekniikalla tieto lähetetään vastaanottajalle jatkuvana virtana, jolloin esitystä voidaan katsella sitä mukaa kun dataa vastaanotetaan. Tiedonsiirto perustuu tehokkaisiin pakkausmenetelmiin ja puskurointiin, jonka avulla varaudutaan verkon suorituskyvyn vaihteluihin. Datavirran lähettämiseen tarvitaan WWW-palvelimen yhteydessä toimiva mediapalvelin. Streaming-protokollana käytetään erillisiä video- ja äänidatan lähettämiseen kehitettyjä protokollia. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 274.)

Streaming-ohjelmat voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ne ovat toisto-ohjelmat, palvelimet ja sisällöntuotanto-ohjelmat. Videon katseluun ja äänen kuunteluun soveltuvia toisto-ohjelmia ovat esimerkiksi Realpayer ja MediaPlayer. Palvelimia ovat kehittäneet mm. RealNetworks, Microsoft ja Apple. Sisällöntuotantoon soveltuvilla ohjelmilla materiaali käännetään streaming-muotoon. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 275.) Tämä on mahdollista esimerkiksi Adobe Premierella (Broglia 2000). Kääntämiseen on olemassa myös erillisiä koodauksen tekeviä pakkaavia ohjelmistoja (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 275).

UZR

UZR-pakkaus on käytettävissä ainakin MAXON Cinema 4D-sovelluksessa. Sen avulla voidaan integroida 3D-kuvia ja -animaatiota HTML-dokumenttiin. 3D-sisältöä voidaan katsella standardiselaimella, jossa on Java-tuki käytössä. Sisällön katseluun ei siis tarvita mitään lisäohjelmistoja. Animaatiot ovat streaming-muodossa, jolloin animaation katselu alkaa jo ennen kuin koko tiedosto on latautunut. UZR-tiedostot toimivat MAXONin (2002: 71) mukaan kaikilla selaimilla ja käyttöjärjestelmillä. (MAXON Computer Inc. 2002: 71).

Macromedia Flash

Macromedia Flash on animaatiotyökalu, jonka puitteissa voidaan käyttää yksinkertaista ohjelmointikieltä, ActionScriptia. Flashin avulla voidaan tehdä kevyitä 2D-animaatioita, jotka ovat mahdollista liittää mille tahansa Internet-sivulle. Sillä on tehty myös piirrettyjä täyspitkiä elokuvia televisioon ja erilaisia sovelluksia löytyy niin kännyköihin kuin kämmenmikroihinkin. (Hoekman 2005: xii.) Videotiedostomuodossa olevia 3D-animaatioita on mahdollista liittää Flash-dokumenttiin, joka voidaan julkaista Internetissä (Hoekman 2005: 72).

Muita mahdollisuuksia

On olemassa lukemattomia muitakin tapoja, joita voidaan käyttää hyväksi 3D-materiaalin saattamiseksi Internetiin. Osa on aivan omanlaisiaan ratkaisuja eri lähestymistavoilla. Ratkaisuja on löydetty erilaisten ohjelmointikielten avulla, kuten Java 3D, VRML ja SCOL. (Danaher 2001: 154 - 169.)

VRML on Web 3D Consortiumin standardiksi esittämä kuvauskieli interaktiivisen 3D-sisällön jakeluun Internetin kautta. Se on kuitenkin hidas käyttää ja katseluun tarvitaan selainlaajennus. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2000: 327.) Nimenomaan Internet-käyttöön tarkoitetun 3D-materiaalin tuottamiseen on kehitetty erilaisia sovelluksia. Tällaisia ovat esimerkiksi Cult3D ja Viewpoint. (Danaher 2001: 154 - 169.)

5 Case: 3D-animaatio pientalon perustusten rakentamisesta

5.1 Suunnitteluprosessi

Toimeksianto

Projektin toimeksianto saatiin huhtikuussa 2005. Toimeksiannon lähtökohdaksi oli havainnollistavan materiaalin luominen pientalon perustusten rakentamisesta. Toteutustavaksi oli valittu 3D-animaatio, jonka avulla haluttiin esittää rakentamisen eri vaiheet ja kestot. Animaatiot päätettiin tehdä kolmesta eri perustustavasta tasaiselle perusalustalle. Eri perustustavat ovat:

- palkkiperustus
- pilariperustus
- harkkoperustus

Animaatioita oli tarkoitus käyttää markkinointi- ja asiakasinformointitarkoituksiin. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi sopimusvaiheessa havainnollistamaan asiakkaille tulevaa rakennushanketta tai myöhemmin selvittämään jo meneillään olevaa rakennusvaihetta. Lisäksi todettiin, että materiaali on käyttökelpoista myös työntekijöiden perehdyttämisessä lisämateriaalina.

Suunnittelun jo alettua toimeksiantajan toivomuksesta tavoitteisiin liitettiin myös mahdollisuus julkaista animaatiot Internetissä.

Perussuunnittelu

Perussuunnittelu aloitettiin jo toimeksiannon yhteydessä, jolloin suunniteltiin toimeksiantajan kanssa animaatioiden valmistumisen aikataulua. Myös tarvittavien materiaalien toimittamisesta ja hankkimisesta sovittiin tässä vaiheessa.

Mallinnusohjelman valinta

Käytännössä vaihtoehdot käytettäväksi mallinnusohjelmistoksi olivat Cinema 4D ja 3Ds Max. Cinema 4D:n käytöstä oli enemmän kokemusta ja mahdollisuudet sen käyttöön olivat paremmat. Käytettäväksi mallinnusohjelmaksi valittiin siis osittain myös käytännön syiden vuoksi Cinema 4D. Valitussa ohjelmassa on erinomaiset animaatioedellytykset, joten tällä ominaisuudella oli suuri painoarvo ohjelmiston valinnassa.

Aikataulu ja resurssit

Animaatioiden suunnittelu aloitettiin välittömästi, kun projektin pääkohdat saatiin selvitettyä toimeksiantajan kanssa. Ensimmäiseksi tutustuttiin 3D-mallintamisen ja -animaation teoriaan kirjallisuuden sekä erilaisten tutoriaalien avulla. Näitä lähteitä hyväksi käyttäen aloitettiin varsinainen suunnittelutyö.

Aikataulu suunniteltiin aluksi siten, että animaatiot olisivat valmistuneet tammikuussa 2006. Tämä ei kuitenkaan toteutunut yllättävien henkilökohtaisten syiden vuoksi, vaan aikataulutusta muutettiin syksyllä. Uuden suunnitelma mukaan animaatiot arvioitiin valmistuvan maaliskuussa ja tässä aikataulussa myös pysyttiin.

Suunnittelutyö tehtiin suurimmaksi osaksi kesän 2005 aikana. Mallien tekeminen ja animaatiot toteutettiin seuraavan kuuden kuukauden aikana. Tänä aikana kirjoitettiin myös tutkintotyön teoriaosuutta, johon projektin suunnittelu ja toteuttaminen suurelta osalta perustui. Koska mallinnusohjelmisto oli käytettävissä rajoitetusti ja vaihtelevasti, tarkkaa aikataulutusta työn toteutukselle ei voitu tehdä. Projektin toteuttaminen eteni kuitenkin tasaisesti kulloinkin käytettävissä olleiden resurssien mukaan.

Käsikirjoitus

Kesän aikana perustusten tekemisen prosessia tutkittiin käymällä useilla työmailloilla ja keskustelemalla työmaiden työnjohtajan kanssa eri vaiheiden toteuttamisesta ja materiaalien käytöstä. Näiden tietojen pohjalta kirjoitettiin käsikirjoitus. Haastattelujen lisäksi käytettiin hyväksi työmailtoja otettuja valokuvia. Käsikirjoitukset tarkistutettiin toimeksiantajan edustajalla, jotta vaiheet tulivat varmasti oikeaan järjestykseen.

Jokaisen vaiheen kestoksi suunniteltiin 100 framea, joka pysyikin keskiarvona melko hyvin. Joistakin työvaiheista jouduttiin tekemään hieman pidempiä, kun taas toiset olivatkin todellisuudessa mahdollista toteuttaa lyhyempinä (Liite 1).

Mallien luonnostelu

Koska valmiita 3D-malleja ei ollut olemassa, objektien suunnittelua ja mallintamista lähdettiin tekemään aivan alusta alkaen. Suunnittelun lähtökohdaksi olivat työmailtoja otetut valokuvat elementeistä ja muista rakentamisessa käytettävistä materiaaleista (Kuva 15). Kaikista materiaaleista ei ollut mahdollista saada valokuvia, joten toimeksiantajan edustajan piirustukset ja selvitykset elementtien ulkonäöstä ja ominaisuuksista olivat erittäin tärkeässä asemassa koko mallien suunnitteluprosessin ajan.



Kuva 15 Pilariperustuksen antura, perustuspilari ja sokkelipalkki

Animaatioissa suunniteltiin käytettäväksi myös erilaista rekvisiittaa kuten nostoketju ja -koukku. Näitä ei kuitenkaan mallinnettu, koska animaatioiden tiedostokoot haluttiin pitää mahdollisimman pienenä.

Materiaalien suunnittelu

Materiaaleissa päätettiin käyttää pääsääntöisesti pohjana työmailta otettuja valokuvia. Näin saatiin malleihin oikeat värit taustaksi. Materiaalien ja siten myös mallien pinnan muotoja ja muita ominaisuuksia muokattiin eri kanavien avulla. Materiaalit suunniteltiin malleihin, jotka olivat näkyvissä animaatioissa storyboardin mukaan. Materiaaleja muokattiin kuitenkin vielä animaation ja valaistuksen valmistuttua, jolloin voitiin arvioida niiden vastaavuutta suunniteltuun ulkonäköön. Materiaalien pohjina olevien kuvien käsittely tehtiin Adobe Photoshop 7.0 -sovelluksella.

Storyboard

Kuvakäsikirjoitusta alettiin työstää heti, kun käsikirjoitus ja mallien luonnokset olivat valmiina. Storyboard tehtiin tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajan edustajan kanssa, jotta tapahtumien oikeellisuus saatiin varmistettua. Tässä vaiheessa suunniteltiin myös animaatioissa käytettävät tekstit sekä päivämerkinnät. Tekstit päätettiin laittaa lopulliseen animaatioon vasta jälkikäsittelevaiheessa, mutta testaamisen ja animoinnin toteuttamisen kannalta oli kuitenkin helpompaa, että ne tehtiin myös animaatioihin suoraan (Liite 2).

Äänet

Animaatioihin ei suunniteltu laitettavaksi mitään äänitiedostoja, koska toimeksiantaja ei katsonut sen antavan lisäarvoa. Äänen liittäminen animaatioihin on kuitenkin mahdollista jälkikäteen, jos se katsotaan tarpeelliseksi.

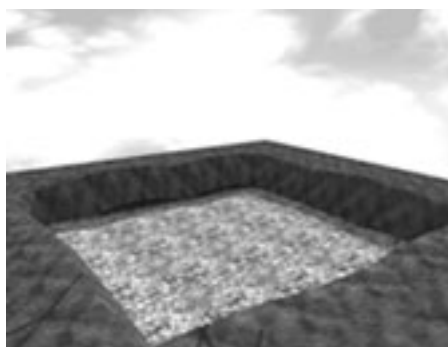
5.2 Mallintaminen

3D-mallien mallintaminen alkoi lokakuussa suunnitelmien pohjalta. Jokainen malli tehtiin ensin erikseen omaan tiedostoonsa, josta ne liitettiin näyttämölle animoinnin yhteydessä sitä mukaan kuin niiden vuoro tuli. Kaikki mallit saatiin valmiiksi joulukuun mennessä. Malleja esiteltiin tasaisin välein toimeksiantajan edustajalle ja saadun palautteen perusteella niitä muokattiin haluttuun suuntaan.

5.2.1 Perusnäyttämön mallintaminen

Kaikki animaatiot tehtiin samaan pohjaan muokkaamalla niitä tarpeen mukaan. Perusnäyttämön maa tehtiin Landscape-elementillä, johon liitettiin kuvankäsittelyohjelmassa tehty materiaali. Landscape on taso, jossa on säädettävissä olevia maanpintaa jäljitteleviä muotoja. Materiaalin pintaa muokattiin bump- ja displacement-kanaville laitetuilla bittikartoilla. Taivaana käytettiin Sky-elementtiä, joka luo 3D-ympäristölle luonnollisennäköisen horisontin. Sen materiaali toteutettiin matemaattisen shaderin useammalla tasolla lisäämällä niihin turbulenssia ja värejä sekä säätämällä luminance-kanavan ominaisuuksia.

Palkkiperustuksen alkunäkymässä on jo valmiiksi kaivettu kuoppa perustuksille. Tämä tehtiin siten, että Landscape-elementin keskeltä valittiin suorakulmion muotoinen alue, joka laskettiin alaspäin perustuspohjan tasoon. Tämän jälkeen tehtiin cube-primitiivistä kuopan kokoinen ja sille annettiin materiaaliksi kuvankäsittelyohjelmassa bittikartasta bump-kanavan avulla muokattu harmaa sepelimateriaali. Kuutiota käytettiin sen vuoksi, että sitä oli helpompi animoida ja vaihtaa materiaaleja maantäyttöjen yhteydessä (Kuva 16).



Kuva 16 Palkkiperustuksen alkunäkymä

Talon kulmat oli merkitty puukalikoilla, jotka tehtiin kuutiosta muokkaamalla ja niihin laitettiin kuvankäsittelyohjelmassa muokatusta valokuvasta

tehty materiaali. Linjapukeissa käytettiin samaa mallia vain hieman isompana ja niitä liitettiin kolme yhteen.

5.2.2 Kaikissa animaatioissa käytetyt mallit

Vesijohto ja jätevesiviemäri

Vesijohto tehtiin tube-primitiivistä muokkaamalla sitä bend-deformaatiolla. Putken yläosaa taivutettiin siten, että x-akselin pituus säilyi samana ja taivutus koski vain valintalaatikon aluetta (Kuva 17). Jätevesiviemäri toteutettiin samalla tekniikalla, ainoastaan kooltaan isompana.



Kuva 17 Vesijohdon taivutus

Vesijohto ja jätevesiviemäri tehtiin alun perin käytettäviksi samanlaisina kaikissa animaatioissa. Palkkiperustuksen animaatioon niitä jouduttiin kuitenkin hieman muokkaamaan. Putkiin lisättiin toinen bend-deformaatio ja kaksi suoraa putkea, jolla ne saatiin mukailemaan viistoa kuopan reunaa ja nousemaan kuitenkin suoraan ylöspäin maanpinnan päällä. Putkien materiaaleina käytettiin sovelluksessa luotuja himmeän muovipinnan ominaisuuksia jäljitteleviä materiaaleja. Vesijohdon väriksi määriteltiin musta ja jätevesiviemäriin väriksi harmaa. Materiaalien asettelussa käytettiin UVW-mappausta.

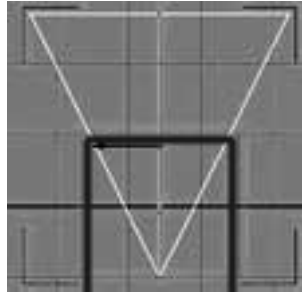
Salaojat ja salaojakaivot

Salaojaputki tehtiin tube-primitiivistä, josta kopioitiin tarvittavat neljä putkea. Materiaalin pohja tehtiin kuvankäsittelyohjelmalla, joka liitettiin vesijohdon materiaalin asetuksiin. Salaojaputkien väri on musta ja niiden kyljessä on valkoinen viiva. Materiaalien asettelu tehtiin UVW-mappauksella. Salaojakaivot tehtiin cylinder-primitiiveistä ja materiaalina käytettiin vesijohtoon luotua materiaalia.

Sadevesiviemäri ja rännikaivot

Sadevesiviemäriin kolme putkea kopioitiin salaojaputkesta ja siihen tehtiin vastaavasti materiaali bittakarttakuvalla. Ainoa ero on, että kuvassa oleva viiva on sininen. Sadevesikaivot tehtiin siten, että pystyasentoon asetetun sa-

devesiputken päälle laitettiin cone-primitiivi ylösalaisin ilman pohjatasoa (Kuva 18). Materiaalina käytettiin samaa kuin salaojakaivossa.



Kuva 18 Sadevesikaivon rakentuminen

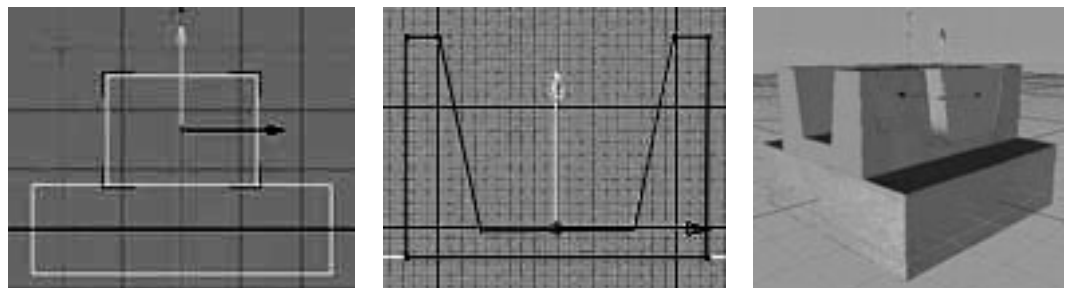
Routaeristeet

Routaeristeet tehtiin cube-primitiivistä, jonka korkeus määriteltiin pieneksi suhteessa muihin mittoihin. Materiaalin pohja tehtiin työmaalta otetusta routaeristeiden valokuvasta, jota muokattiin sovelluksessa materiaalikanavien avulla. Materiaalin asettelussa käytettiin cubic-asetusta.

5.2.3 Palkkiperustus

Anturat

Palkkiperustuksen anturat tehtiin cube-primitiivistä, jonka päälle luotiin spline-työkalulla profiili pursotusta varten. Pursotuksen jälkeen tehtiin boolean-operaatiolla kappaleen toiseen kylkeen kahta reunaa vastaava aukko (Kuva 19).



Kuva 19 Palkkiperustuksen anturan rakentuminen

Materiaali muokattiin sovelluksessa materiaalikanavien avulla työmaalta otetun anturan valokuvan pohjalta. Materiaalin asettelussa käytettiin UVW-mappausta.

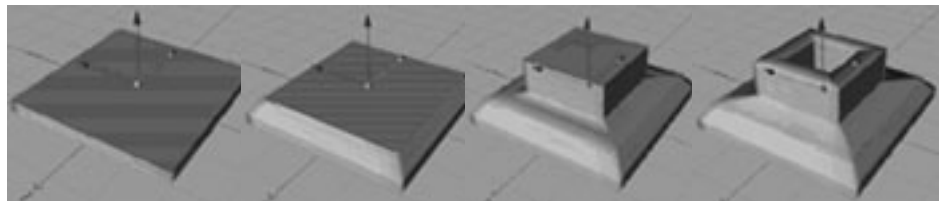
Sokkelipalkki

Sokkelipalkki tehtiin cube-primitiivistä, johon liitettiin nostokahvat yhdelle sivulle. Nostokahvat tehtiin sylinteri-primitiivistä, johon tehtiin kierteet twist-deformaatiolla. Kierteet kuitenkin poistettiin animaatiovaiheessa, koska yksityiskohta ei olisi erottunut lopputuloksessa. Tanko taivutettiin bend-deformaatiolla kaareksi. Sokkelipalkin materiaalina käytettiin samaa kuin anturassa. Nostokahvan materiaalin pohjana oli myös työmaalta otettu valokuva, jossa oli kyseisiä nostokahvoja. Materiaali asetettiin paikoilleen cubic-asetuksella.

5.2.4 Pilariperustus

Anturat

Pilariperustuksen anturat tehtiin loftaamalla erikokoisia nelikulmioita sopiville korkeuksille (Kuva 20).

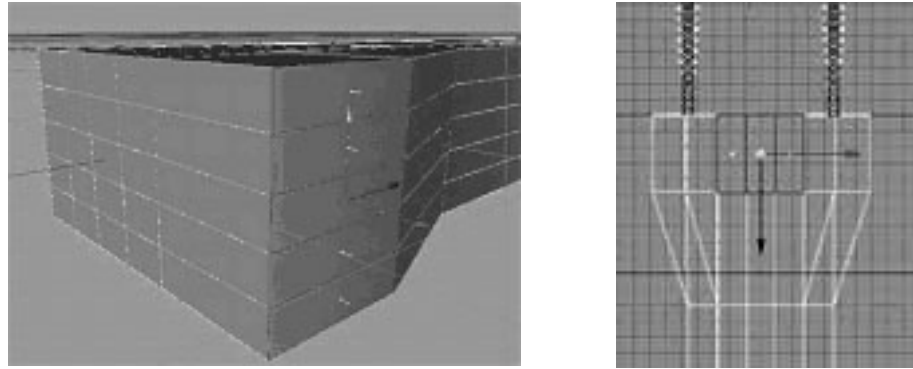


Kuva 20 Pilariperustuksen anturan rakentuminen

Pyöreämmät muodot anturalle saatiin käyttämällä HyperNURBSia. Materiaalina anturassa käytettiin samaa kuin palkkiperustuksen anturoissa ja sokkelipalkeissa.

Perustuspilarit

Pilarit tehtiin muokkaamalla cube-primitiiviä leikkaamalla sen segmenttejä sopivista kohdista ja siirtämällä polygonien sivuja ja pisteitä haluttujen muotojen aikaansaamiseksi. Lopuksi pilareihin liitettiin rautatangot ja nostokahvat oikeisiin kohtiin. Kulmapilareihin tehtiin lisäksi yksi ulkonema lisää ja siihen lisättiin myös rautatanko (Kuva 21).



Kuva 21 Perustuspilarien muotoileminen

Perustuspilareissa käytetyt rautatangot olivat samoja kuin sokkelipalkin nostokahvat, mutta niistä poistettiin bend-deformaatiolla tehty taivutus. Materiaalina käytettiin samaa materiaalia kuin kaikkien muidenkin anturoiden ja sokkelipalkkien tekemisessä.

Sokkelipakit

Pilariperustuksessa käytettiin samoja sokkelipalkkeja, joiden tekeminen on selvitetty luvussa 5.2.3 Palkkiperustus.

5.2.5 Harkkoperustus

Anturat

Harkkoperustuksen antura on todellisuudessa paikalla valettua betonia, mutta animaatiossa se toteutettiin yhdistämällä muissa perustustavoissa käytettyjä sokkelipalkkeja ilman nostokahvoja.

Sokkeli

Sokkeli rakentuu neljästä Leca-harkosta, jotka tehtiin cube-primitiiveistä. Materiaalin pohjana on bittikarttakuva työmaalta otetusta leca-harkosta, johon on lisätty bump-materiaalikanavan avulla pintarakennetta. Materiaalin aseteltiin paikoilleen cubic-asetuksella.

5.3 Animaatio

3D-mallien valmistuttua, alkoi tammikuussa varsinaisten animaatioiden tekeminen käsikirjoituksen ja storyboardin pohjalta. Animaatioista tehtiin esikatselu- ja koerenderöintejä tasaisin välein, joilla varmistettiin kuvien vastaavan suunnitelmia. Koerenderöintejä esitettiin myös toimeksiantajan edustajalle tapahtumien oikeellisuuden ja halutun lopputuloksen varmistamiseksi. Kaikki animaatiot suunniteltiin siten, että ne kuvataan samasta kamerakulmasta, joka ei muutu missään vaiheessa. Siten katsoja voi keskittyä tekstien ja animaation muodostamaan kokonaisuuteen ilman, että jokin asia jää pienemmälle huomiolle. Valmiit animaatiot esitellään vaiheittain liitteessä 3, sekä kokonaisuudessaan liitteenä 4 olevalla CD:llä.

5.3.1 Elementtien ja muiden materiaalien animointi

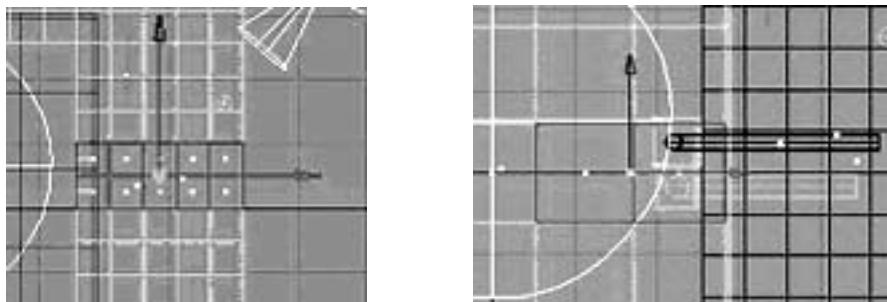
Kaikki elementtien ja muiden materiaalien mallit animoitiin keyframe-tekniikalla. Ne laskeutuvat suoraan alaspäin paikoilleen noin puolesta välistä näyttämöä. Mallit tulevat näkyviin Display Tagin avulla, jolla voidaan säädellä objektin näkyvyyden tasoa. Mallien näkyvyys säädettiin nolnaan, kunnes ne haluttiin näkyviin. Näkyviin tuleminen tapahtuu asteittain noin kymmenen framen aikana. Kaikissa animaatioissa ensimmäisenä näyttämölle tulevat linjapukit. Kun nämä ovat paikoillaan, häviävät talon kulmamerkit näkyvistä. Tämä on toteutettu Display Tagin avulla. Myös linjapukit poistuvat näkyvistä jokaisessa animaatioissa Display Tagin avulla, joskin hieman eri vaiheissa.

Mallit, joita laskeutui näyttämölle kerralla useampia, animoitiin ryhminä. Tällaisia olivat kaikissa animaatioissa anturat, sokkelit ja routaeristeet. Lisäksi pilariperustuksen perustuspilarit animoitiin ryhmänä. Salaojaputket ja salaojakaivot sekä sadevesiviemäri ja rännikaivot animoitiin myös omina ryhminään.

5.3.2 Maantäytöt ja -kaivuut

Aluksi suunniteltiin maantäytöjen tekemistä partikkeliemitterien avulla. Tällöin täytemaa olisi ikään kuin satanut taivaalta. Tästä tavasta luovuttiin, koska sen toteuttaminen olisi lisännyt renderöintiäikää huomattavasti.

Kaikissa animaatioissa kaivetaan vesijohdolle ja jätevesiviemäriille kuoppa. Tämä toteutettiin PLA-animaatiolla. Näyttämön maanpinnasta sekä mullan että sepeli puolelta valittiin sopivat alueet, jotka tallennettiin valinnaksi (Kuva 22). Tämän jälkeen animaatio tehdään keyframe-tekniikalla. Myös maanpinnan nousu takaisin tapahtuu PLA-animaatiolla käyttäen tallennettuja valintoja.



Kuva 22 PLA-animaatioiden valinnat

Pilari- ja harkkoperustuksissa kaivetaan perustus pohja kohdassa 2. Multamaan vajoaminen on toteutettu tallennettujen valintojen PLA-animaatiolla, kun taas varsinainen cube-primitiivistä tehty perustus pohja nousee tavallisella keyframe-tekniikalla. Pilariperustuksen animaatiossa kaikki muut maantäytöt toteutettiin PLA-tekniikalla. Myös harkkoperustuksen muut maantäytöt tehtiin PLA-animaatiolla, lukuun ottamatta kohtaa 11. Lattianalustäyttö, joka animoitiin keyframe-tekniikalla. Lattianalustäytössä käytettiin cube-primitiiviä materiaalin vaihtojen ja monivaiheisten täyttöjen animoimisen helpottamiseksi. Palkkiperustuksen animaatiossa kaikki maantäytöt tapahtuvat cube-primitiivin keyframe-animaatiolla.

5.3.3 Materiaalien vaihtuminen

Materiaalien vaihtuminen toteutettiin aikajanan Texture Tagin avulla määrittelemällä ensin pohjamateriaali ja sitten lisäämällä keyframe haluttuun kohtaan. Tämän jälkeen siirryttiin aikajamalla kohtaan, jossa uuden materiaalin tulisi olla kokonaan näkyvissä ja tähän tehtiin toinen keyframe.

Materiaalin vaihtumisia tapahtuu animaatioissa maantäyttöjen yhteydessä. Palkkiperustuksen animaatiossa materiaalien vaihtoja tapahtuu ainoastaan yksi, kun siirryttäessä kohdasta 10. Kapillaarikatko kohtaan 11. Leca-sora. Pilariperustuksen animaatiossa materiaalin vaihtoja on kolme. Materiaali muuttuu kohdissa 8. Sisäpuolen soratäyttö, 13. Kapillaarikatko ja 15. Seinänvierustäyttö. Harkkoperustuksen animaatiossa varsinaisia materiaalien vaihtoja ei tapahdu, vaan eri pinnat on toteutettu erillisillä objekteilla.

5.4 Valaisu

Valaisussa suunniteltiin simuloitavaksi myös vuorokauden aikoja auringon liikkeiden avulla, mutta tästä luovuttiin, koska auringon laskiessa valaisua olisi tarvinnut lisätä muulla keinoin, jotta tapahtumien selkeys olisi säilynyt.

Rakennuspäivät eivät myöskään olleet täysin yksiselitteisiä kaikkien animaatioiden kohdalla, joten tästä ideasta luovuttiin jo suunnitteluvaiheessa.

Aluksi valaisu suunniteltiin toteutettavaksi useammalla valonlähteellä. Näissä versioissa oli kuitenkin ongelmana kaikkien mallien riittävä valaistus animaatioiden eri vaiheissa. Erilaisten valaisuvaihtoehtojen joukosta päädyttiin yksinkertaiseen ratkaisuun, jolla saatiin tarpeeksi valoa näyttämölle valaisemaan kaikkia objekteja. Valonlähteenä käytettiin Sun-objektia, joka on globaali valotyyppi. Sen väriksi määriteltiin lämpimän keltainen. Tällä ratkaisulla saatiin aikaan ulkoilmalle uskottava ja riittävä valaistus. Laskennassa käytettiin radiositeettia, jonka ansiosta kaikki objektit saatiin riittävästi esille.

Radiositeetin käyttäminen lisäsi huomattavasti renderöintiäaikaa, mutta sillä saatiin parhaat tulokset. Radiositeetin simulointia harkittiin myös yhtenä vaihtoehtona, mutta koska kyseessä oli ulkotiloissa tapahtuvat animaatiot, sen toteuttaminen useammilla valonlähteillä olisi ollut melko monimutkaista.

5.5 Renderöinti

Animaatiot renderöitiin 480 x 360 px kokoon, joka oli riittävän suurihavainnollisuuden säilyttämisen kannalta, mutta renderöitävissä vielä kohtuullisessa ajassa. Tiedostomuodoksi valittiin avi-muoto, joka mahdollisti animaatioiden jälkikäsitteilyn videonkäsittelyohjelmassa.

Kaikista animaatioista tehtiin jokaisen vaiheen valmistuttua testirenderöintejä, joilla varmistettiin kuvien vastaavan suunnitelmia. Valmiit animaatiot renderöitiin kerran ilman suunniteltua valaistusta, koska haluttiin vähentää laskemiseen kuluva aikaa. Näitä versioita käytettiin animaatioiden havainnollisuuden testaamiseen testiryhmällä.

Testauksen jälkeen animaatioihin lisättiin varsinainen valaistus ja laskettiin lopullisten versioiden renderöinnit. Tässä vaiheessa päätettiin tehdä korjaus ehdotuksena tullut animaatioiden hidastaminen vasta videonkäsittelyohjelmassa, jossa se on helpompaa ja nopeampaa. Tällä tavalla säästettiin myös renderöintiin kuluva aikaa, koska laskettavia frameja oli vähemmän.

Ensimmäinen suunnitelma animaatioiden renderöimiseksi oli tehdä se tiff-kuviksi ja koota videonkäsittelyohjelmalla jälkikäteen kuva kuvalta. Tiff-kuvien tallentaminen olisi kuitenkin vaatinut käytettäviltä tietokoneilta enemmän muistia kuin oli saatavilla. Tällöin niiden uudelleenkokoonaminen videonkäsittelyohjelmassa olisi vaikeutunut huomattavasti. Tästä syystä animaatioiden renderöinti päätettiin tehdä suoraan videotiedostoina.

Animaatiot tehtiin omina kokonaisuuksinaan siten, että yhden animaation kaikki vaiheet olivat samassa avi-tiedostossa. Koska renderöintiin soveltuvat

koneet olivat päivisin normaalissa opetuskäytössä ja siten ainoastaan päätettiin käytettävissä, päätettiin renderöinnit tehdä yön aikana. Tästä syystä renderöinnit tehtiin kerralla yhtenä kokonaisuutena. Näin saatiin aina aamuksi valmis versio, jonka tekeminen pienissä pätkissä olisi kestänyt huomattavasti kauemmin tietokoneiden käyttömahdollisuuksien vuoksi.

Koko animaation renderöimisessä kerralla on riski, että virheiden päästessä läpi tarkistuksista huolimatta, joudutaan se tekemään kokonaisuudessaan uudelleen. Näin ei kuitenkaan onneksi käynyt, vaan lopulliset renderöinnit saatiin tehtyä kerralla halutunlaisiksi. Tietokone laski lopullisia valaistuja versioita neljästä neljääntoista tuntiin, animaatiosta riippuen.

5.6 Testaus

Animaatioiden valmistuttua niiden havainnollisuutta haluttiin testata koe-ryhmällä. Näissä versioissa ei käytetty vielä suunniteltua valaistusta ja tekstit laitettiin mallinnusohjelmassa, jolloin ne olivat hieman epäselviä. Kyselyn tarkoituksena oli selvittää, onko animaatioista onnistuttu saamaan havainnollisia ja ymmärrettäviä sekä miten niiden lataaminen onnistuu erilaisilla laiteilla ja Internet-yhteyksillä. Testiryhmän kommenttien pohjalta animaatioihin tehtiin muutamia korjauksia ja lisäyksiä.

Valmiit animaatiot liitettiin Internet-sivuun, jonka osoite lähetettiin ennalta valituille 25 henkilölle. Henkilöillä oli vaihtelevasti kokemusta perustusten rakentamisesta, osalla ei lainkaan ja joillakin jonkin verran. Toimeksiantajan yhteyshenkilö, Mikko Östring, toimi konsulttina myös parannusehdotusten osalta.

Parannusehdotukset

Vastauksia saatiin yhteensä 16 henkilöltä, joista 12 oli naisia ja 4 miehiä. Yhdelle vastaajalle hidas Internet-yhteys aiheutti ongelmia tiedostojen lataamisessa ja yksi vastaaja ei pystynyt avaamaan tiedostoja lainkaan. Pääasiassa animaatiot todettiin selkeiksi ja havainnollisiksi.

Vastauksien joukosta suurimmaksi ongelmaksi nousi animaatioiden nopeus. Animaatiot havaittiin liian nopeasti eteneviksi, jolloin asian sisäistäminen oli vaikeaa. Myös tekstien sijoittelua havaittiin vaikeuttavan ajankulun seuraamista. Teksteihin toivottiin lisätietoa erityisesti käytetyistä materiaaleista, myös salajiin ja sadevesiviemäriin liittyvät kaivot aiheuttivat hämmennystä.

Valaistusta kaivattiin lisää, mutta testausvaiheessa valaistukseen ei ollut vielä varsinaisesti keskitytty, vaan niiden valaisun hiominen lopulliseen muotoonsa oli vielä edessä. Värit havaittiin hieman tummiksi, joka varmasti johtui suurelta osin valaisun puutteellisuudesta.

Animaatioon toivottiin lisämateriaalia, joka selvittäisi, mitä käytetyt termit ovat sekä ehdotettiin kertojan käyttöä taustalla, joka selvittäisi mitä kulloinkin tapahtuu.

Ratkaisut

Animaation liian nopean etenemisen ongelma päätettiin ratkaista editoimalla videonkäsittelyohjelmassa tauot jokaisen osion väliin. Tällöin uuden vaiheen alkamiseen ehtii valmistautumaan paremmin ja lukemaan tekstit kunnolla. Windows Media Playerissä on mahdollista myös säätää toiston nopeutta hitaammaksi, jos animaatio etenee liian nopeasti.

Alun perin oikeassa alakulmassa sijainnut ajankulun osoittava teksti siirrettiin oikeaan yläkulmaan, jolloin se oli samalla tasolla kuin menossa olevan työvaiheen osoittava teksti. Salaoja- ja sadevesiviemäri-teksteihin liitettiin maininta niihin liittyvistä kaivoista. Materiaalien nimet lisättiin jokaiseen vaiheeseen, jossa tapahtui maantäyttöä.

Taivaan materiaalia vaalennettiin ja valaisussa käytettiin radiositeettia, jolloin materiaalien värit ja kappaleiden aiheuttamat varjot tulivat esiin.

Animaatiot ovat tarkoitettu nimenomaan lisämateriaaliksi, jonka pohjalta asiakas voi kysyä lisätietoja urakoitsijalta, tai jonka avulla voidaan havainnollistaa, mitä periaatteessa tulee tapahtumaan. Täten voidaan olettaa, että varsinaiseen kohderyhmään kuuluvat ihmiset joko tietävät jo asiasta jotakin tai animaation perusteella lähtevät hakemaan lisätietoa. Tästä syystä ei katsottu tarpeelliseksi liittää animaatioihin lisämateriaalia, joka selvittäisi toimenpiteitä tarkemmin.

Äänen liittäminen animaatioihin on mahdollista myös jälkikäteen, jos se katsotaan tarpeelliseksi. Tässä vaiheessa ääntä ei lähdetty lisäämään, koska se lisäisi tiedostokokoa entisestään ja animaatioiden keston vuoksi kertoja ei muutamassa sekunnissa ehtisi kertomaan paljon muuta kuin sen, mitä jo teksteistä käy ilmi.

5.7 Jälkikäsittely

Jälkikäsittely aloitettiin maaliskuussa, kun kaikki animaatiot olivat valmiina. Kuten jo suunnitteluvaiheessa päätettiin, lisättiin lopulliset tekstit vasta valmiisiin animaatioihin videonkäsittelyohjelmassa (Kuva 23). Tekstien vaihtoihin tehtiin siirtymätehosteena häivytykset, jolloin tekstit vaihtuivat sujuvasti toiseen.



Kuva 23 Tekstien liittäminen animaatioihin

Animaatioiden hidastamisen tekemiseksi vaiheet leikattiin erilleen ja niistä venytettiin jokaisen vaiheen viimeisen kuvan kesto. Venytyksen pituus vaihteli hieman osuudesta riippuen 0,12-1 sekunnin välillä. Näin saatiin huomattavasti maltillisemmin etenevä animaatio ja selkeät tauot vaiheiden välille, lisäämättä videoiden pituutta ja tiedostokokoa kuitenkaan liiaksi.

Kun jälkikäsittely oli tehty, animaatiot tallennettiin myös lopullisiin tiedostomuotoihinsa videokäsittelyohjelmasta käsin. Jälkikäsittely tehtiin kokonaisuudessaan Adobe Premiere Pro 1.5 -sovelluksella.

5.8 Tallentaminen lopulliseen esitysmuotoon

Tiedostomuodot

Videokäsittelyohjelmassa käsitellyt animaatiot tallennettiin ensin avimuotoon, jolloin niitä on mahdollista vielä tarvittaessa jatkokäsitellä tai ne voidaan tallentaa johonkin toiseen videotiedostomuotoon. Varsinaisiksi käyttöliittymään laitettaviksi tiedostomuodoiksi valittiin Windows Media File (.wmv) ja MPEG-1 (.mv1). MPEG-1-muotoisia videoita voidaan katsella miltei kaikissa mediasoittimissa. Sen huono puoli on suuri tiedostokoko verrattuna esimerkiksi wmv-tiedostoon.

Wmv-tiedoston katselemiseen tarvitaan Windows Media Player, mutta se on vakiona Windows-käyttöjärjestelmissä ja siitä on olemassa versio myös Macintosh-koneisiin. Se on vapaasti ladattavissa Microsoftin sivuilta, jonne käyttöliittymän tekstissä opastetaan, jos kyseistä soitinta ei ole vielä käytettävissä. Wmv-tiedosto on laadultaan hieman huonompi kuin MPEG-1, mutta se latautuu nopeammin.

Quicktime-muoto olisi myös ollut yksi varteen otettava vaihtoehto, mutta tämän tiedostomuodon luomiseen ei ollut teknisiä mahdollisuuksia käytettä-

vällä laitteistolla. RealVideo-muodon tekeminen oli teknisesti mahdollista, mutta animaatiot olivat tiedostokooltaan niin suuria, että videoiden esittäminen oli nykivää. Tästä syystä tämä tiedostomuoto jätettiin lopullisista versioista kokonaan pois.

Lisäksi kaikista animaatioista tallennettiin wmv-muotoiset streaming-tiedostot. Toimeksiantaja voi käyttää niitä tulevaisuudessa, jos se päättää hankkia edellytykset datavirran lähettämiseen. Kaikissa videoissa käytettiin Euroopan PAL-standardia.

Tiedostokoot

Avi-muotoon tallennetut jatkokäsittelyyn kelpaavat tiedostot ovat kooltaan:

- palkkiperustus 143 MB
- pilariperustus 184 MB
- harkkoperustus 186 MB

Palkkiperustustapaa kuvaavien animaatioiden käyttöliittymään liitettyjen videotiedostojen koot ovat:

- Windows Media File 4,53 MB
- MPEG-1 8,03 MB

Pilariperustustapaa kuvaavien animaatioiden käyttöliittymään liitettyjen videotiedostojen koot ovat:

- Windows Media File 5,81 MB
- MPEG-1 10,3 MB

Harkkoperustustapaa kuvaavien animaatioiden käyttöliittymään liitettyjen videotiedostojen koot ovat:

- Windows Media File 5,89 MB
- MPEG-1 10,4 MB

Laajakaistayhteydellä tiedostojen lataaminen kestää noin 20 - 60 sekuntia.

Käyttöliittymä

Toimeksiantajan toivomus mahdollisuudesta julkaista animaatiot myös Internetissä saatiin vasta, kun suunnittelu oli jo aloitettu. Ensimmäisessä vaiheessa ajatuksena oli liittää animaatiot Flash-käyttöliittymään. Liittäminen oli tarkoitus toteuttaa siten, että animaatioiden lataaminen alkaisi heti, kun käyttäjä avaa Flash-sivuston.

Ongelmaksi tässä tavassa havaittiin suhteellisen suuret tiedostokoot, jolloin latautuminen kestäisi liian kauan. Flashiin suoraan integroidut animaatiot jäivät huonolaatuisiksi, joten ulkoisten tiedostojen käyttö olisi ollut ainoa vaihtoehto. Jotta käyttäjä pystyisi katsomaan animaation, käytettävissä tarvitsisi olla FlashPlayer sekä jonkin mediasoitin. Kaikilla ei ole välttämättä näitä valmiina käytettävissä, vaan molemmat olisi asennettava ennen, kuin katselu olisi mahdollista. Näistä syistä päädyttiin yksinkertaisempaan ratkaisuun.

Internet-käyttöliittymä päätettiin toteuttaa XHTML:n ja CSS:n avulla, jolloin animaatiot ovat kaikkien saatavilla ilman ohjelmistoasennuksia. Käyttäjällä tarvitsee kuitenkin olla edelleen käytössään mediasoitin, jotta videoita voidaan katsella. Sivulla annetaan kuitenkin ohjeistus, mistä mediasoitimen voi ladata, jos sellaista ei vielä ole käytössä.

Valmiit animaatiot liitettiin XHTML-dokumenttiin tekstilinkkeinä tiedostoihin (Kuva 24). Käyttöliittymä suunniteltiin yrityksen olemassa olevan sivuston tyyliin ja väreihin sopivaksi. Käyttöliittymässä olevat kuvat animaatioiden loppunäkymistä käsiteltiin Adobe Photoshop 7.0 -sovelluksella.



Kuva 24 Animaatioiden XHTML-käyttöliittymä

Klikkaamalla animaatioiden mukaan nimettyä linkkiä, avautuu käyttöjärjestelmäikkuna, jossa kysytään millä ohjelmistolla tiedosto halutaan avata. Jos käytettävältä tietokoneelta löytyy soveltuva mediasoitin, tätä ehdotetaan oletusasetuksena. Tämän jälkeen tiedosto alkaa latautua ja tietokone näyttää arvioidun lataukseen kuluvan ajan. Tällä tavalla käyttäjä on tietoinen, että on lataamassa suurehkoa tiedostoa, jonka siirtäminen saattaa kestää jonkin aikaa.

Kehitysideoita

Koska toimeksiantajalle ei ollut käytettävissä streaming-lähetyksiin tarvittavaa mediapalvelinta, animaatiot tallennettiin non-streaming-muotoon. Tästä syystä tiedostot on ladattava kokonaisuudessaan ennen, kuin niitä voidaan katsella. Jos toimeksiantaja hankkii käyttöönsä mediapalvelimen, voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan joko MPEG-1 tai streaming-muotoisia wmv-tiedostoja. Avi-tiedostoista voidaan luoda myös muita tiedostomuotoja tarpeen mukaan.

Animaatioiden julkaiseminen Internetissä Cinema 4D -sovelluksen UZR-pakkauksen avulla, olisi saattanut olla, ainakin ilmoitettujen ominaisuuksiensa puolesta, käyttökelpoinen vaihtoehto. Tätä menetelmää ei kuitenkaan käytetty, koska tekstien ja taukojen jälkikäsitteily ei olisi ollut mahdollista. Näiden tekeminen mallinnusohjelmassa olisi pidentänyt huomattavasti animointiin ja renderöintiin kuluva-aikaa.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä perehdyttiin 3D-animaatioprojektin suunnitteluun ja 3D-mallintamisen ja -animaation teoriaan. Siinä kuvattiin toimeksiantona toteutettu projekti, jonka tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kolme 3D-animaatiota. Näillä animaatioilla haluttiin havainnollistaa pientalon perustusten rakentamisen eri vaiheet ja niiden kestot. Tutkimalla kirjallisuuden kautta eri toteutustapoja pyrittiin löytämään käyttökelpoisia vaihtoehtoja toteuttaa projekti. Kaikkia mahdollisia aiheita liittyen 3D-mallintamiseen ja -animointiin ei ollut mahdollista käsitellä, vaan työssä keskityttiin pääasiassa projektin kannalta oleellisiin asioihin.

Koska toimeksiannossa toivottiin mahdollisuutta julkaista animaatiot Internetissä, selvitettiin erilaisia ratkaisuja myös tämän toteuttamiseksi. Erityistä huomiota Internet-julkaisuun liittyen kiinnitettiin animaatioiden tiedostokokoihin ja -muotoihin. Internet-julkaisuun liittyvistä ratkaisuista hankittiin tietoa kirjallisuuden lisäksi myös Internetistä.

Animaatioissa tarvittavat objektit suunniteltiin ja mallinnettiin alusta alkaen. Valmiit animaatiot liitettiin XHTML-käyttöliittymään, joka on heti valmis julkaistavaksi Internetissä. Animaatiot tallennettiin wmv- ja MPEG-1-tiedostomuodoissa. Näihin tiedostomuotoihin päädyttiin useiden testausten ja lähdekirjallisuuden perusteella. MPEG-1-videoita voidaan katsella useimmilla mediasoittimilla, kun taas wmv-tiedostojen katseluun tarvitaan Windows Media Player. Tämä on kuitenkin ladattavissa Internetin kautta. Laadultaan wmv-tiedostot eivät vastaa MPEG-1-tiedostoja, mutta niiden etu on nopeampi ladattavuus. Animaatiot latautuvat laajakaistayhteydellä alle minuutissa.

Animaatioista tehtiin myös wmv-muotoiset streaming-tiedostot tulevaisuuden käyttöä varten. Jos toimeksiantaja päättää hankia edellytykset lähettää datavirtaa, saadaan animaatioiden latautumista Internetin kautta nopeutettua huomattavasti. Animaatioihin voidaan myös lisätä äänitiedostoja, jos se katsotaan tarpeelliseksi lisäarvon saamiseksi.

Huolellisesta pohjatyöstä huolimatta, kaikkea ei osattu ottaa tarkkaan huomioon vielä suunnitteluvaiheessa. Tästä johtuen projektissa tehtiin osaksi turhaakin työtä, mutta näistä suunnittelun puutteellisuuksista huolimatta toimeksiantajan ja testiryhmän arvion mukaan animaatiot olivat havainnollistavia ja selkeitä. Toimeksiantaja tulee käyttämään animaatioita markkinoinnissaan sekä julkaisemaan ne Internet-sivustollaan. Projektin tavoitteet onnistuttiin saavuttamaan ja samalla saatiin arvokasta kokemusta suunnitteluprojektin etenemisestä ja toteuttamisesta.

Lähteet

- Animation Master. [online] [viitattu 5.4.2006].
www.ultirender.com/pages/ohjelmistot.htm
- Autodesk 3ds Max. [online] [viitattu 5.4.2006].
usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=5659302&siteID=123112
- Autodesk Maya. [online] [viitattu 5.4.2006].
usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=6871843&siteID=123112
- Broglia, Cara 2000. Adobe Premiere 6.0 Enables Rapid Creation of Streaming Web Video for RealNetwork's RealPlayer. [online] [viitattu 27.4.2006].
www.adobe.com/aboutadobe/pressroom/pressreleases/pdfs/200012/20001212prereal.pdf
- Bryce 5.5. [online] [viitattu 5.4.2006]. bryce.daz3d.com/55index.php
- Burnett, Ian, Van de Walle, Rik, Hill, Keith, Bormans, Jan & Pereira, Fernando 2003. [online] [viitattu 26.4.2006].
www.chiariglione.org/mpeg/tutorials/papers/MMpaper.pdf
- Capizzi, Tom 2002. Inspired 3D Modeling and Texture mapping. Premier Press, Inc.
- Cinema 4D R9.5. [online] [viitattu 5.4.2006]. www.maxon.net/
- Danaher, Simon 2001. Digital 3D Design. London: Cassell & Co.
- Demers, Owen 2002. Digital Texturing & Painting. New Riders Publishing.
- Gallardo, Arnold 2001. 3D Lighting: History, Concepts and Techniques. Rockland: Charles River Media, Inc.
- Hoekman, Robert Jr. 2005. Flash Out of the Box. O'Reilly Media, Inc.
- Keränen, Vesa, Lamberg, Niko & Penttinen, Jukka 2000. Multimedia. Docendo Finland Oy. Porvoo: WSOY.
- Koenen, Rob 2002. MPEG-4 Overview. [online] [viitattu 26.4.2006].
www.m4if.org/resources/Overview.pdf
- Lehtovirta, Pekka & Nuutinen, Kari 2000. 3D-sisältötuotannon peruskirja. Docendo Finland Oy. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Lightwave. [online] [viitattu 5.4.2006]. www.newtek.com/lightwave/index.php

- Martínez, José M. 2002. MPEG-7 Overview. [online] [viitattu 26.4.2006].
mpeg7.nist.gov/mp7a/w4980_mp7_Overview1.html
- MAXON Computer Inc. /Giebel, Michael 2002. Cinema 4D Release 8 Reference Manual. [pdf-dokumentti].
- Modeling tools for designers. [online] [viitattu 5.4.2006]. www.rhino3d.com/
- Standard ECMA-363 2005. [online] [viitattu 27.4.2006]. www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-363.htm
- The Premiere 3D Figure Design and Animation Solution. [online] [viitattu 5.4.2006].
www.e-frontier.com/go/poser_hpl
- Tips & Techniques – Materials 2002. [online] [viitattu 13.5.2006].
www.maxoncomputer.com/tutorial_detail.asp?tutorialID=85
- Truespace7. [online] [viitattu 5.4.2006].
www.caligari.com/Products/trueSpace/tS7/brochure/intro.asp
- Tuotteet. [online] [viitattu 11.5.2006]. www.adobe.com/fi/products/
- Universal 3D Standard 2006. [online] [viitattu 27.4.2006].
www.intel.com/technology/systems/u3d/
- Vince, John 2003. Handbook of Computer Animation. Springer-Verlag London Limited.
- Watkins, Adam 2001a. 3D Animation: From Models to Movies. Rockland: Charles River Media, Inc.
- Watkins, Adam 2001b. The Cinema 4D Handbook. Hingham: Charles River Media, Inc.
- Wikipedia: PAL 2006. [online] [viitattu 5.4.2006]. fi.wikipedia.org/wiki/PAL
- Ympäristötekniikka U-M Oy 2005. [online] [viitattu 18.10.2005].
www.ymparistotekniikkau-m.com

Liitteet

Liite 1: Animaatioiden käsikirjoitukset

Palkkiperustus

1. päivä

1. Linjapukit
2. Vesijohto
3. Jätevesiviemäri
4. Salaojat ja -kaivot
5. Sadevesiviemäri ja -kaivot
6. Anturapohjat

2.-3. päivä

7. Routaeristeet
8. Anturat
9. Sokkelipalkit

4. päivä

10. Kapillaarikatko
11. Leca-sora
12. Soratäyttö

Pilariperustus

1.-2. päivä

1. Linjapukit
2. Perustus pohja
3. Anturapohjat
4. Anturat
5. Perustuspilarit

2.-3. päivä

6. Vesijohto
7. Jätevesiviemäri
8. Sisäpuolen soratäyttö
9. Ulkopuolen soratäyttö
10. Salaojat ja -kaivot

11. Sadevesiviemäri ja -kaivot
12. Routaeriste

4.-5. päivä

13. Kapillaarikatko
14. Sokkelipalkki
15. Seinänvierustäyttö

Harkkoperustus

1. päivä

1. Linjapukit
2. Perustus pohja
3. Anturapohjat
4. Vesijohto
5. Jätevesiviemäri
6. Salaojat ja -kaivot
7. Sadevesiviemäri ja -kaivot
8. Anturapohja

2. päivä

9. Anturat

3.-5. päivä

10. Sokkelit

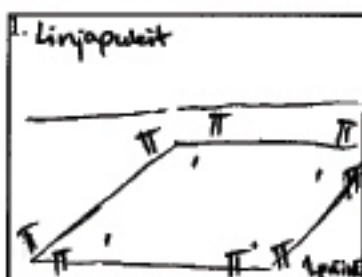
4.-6. päivä

11. Lattianalustäyttö
12. Seinänvierustäyttö
13. Routaeristeet
14. Kapillaarikatko
15. Seinänvierustäyttö

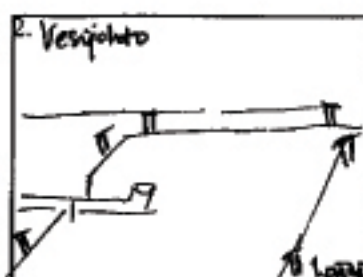
Liite 1: Animaatioiden storyboardit

1(3)

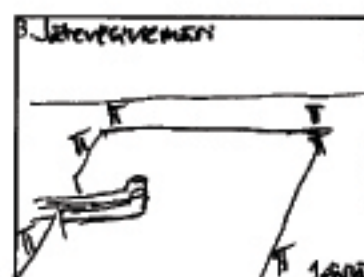
Palkkiperustus



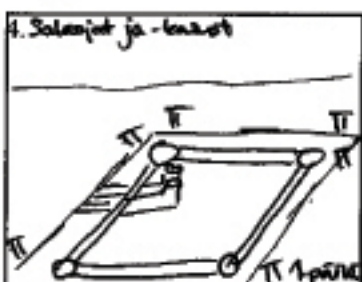
Linjapalkit



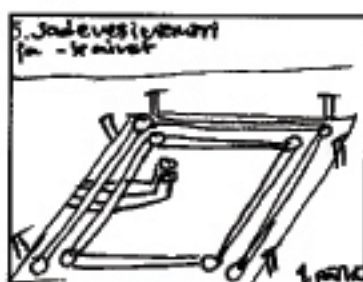
Vesijohto



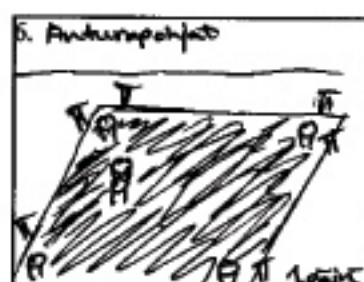
Jätevesiviemäri



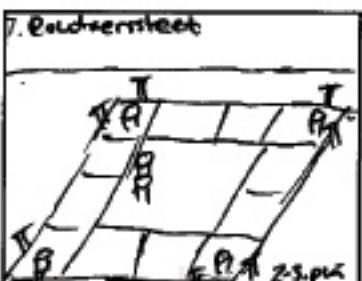
Salaojat ja -kaivot



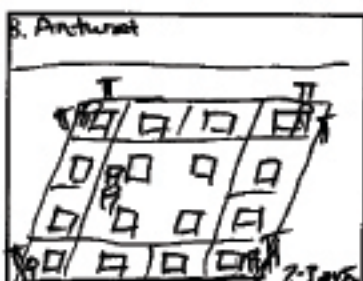
Sadevesiviemäri ja -kaivot



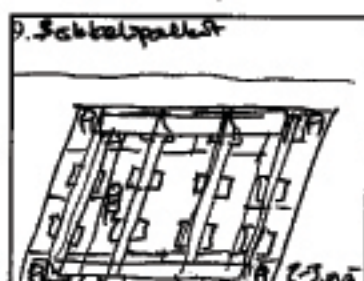
Anturapohjat



Routaeristeet



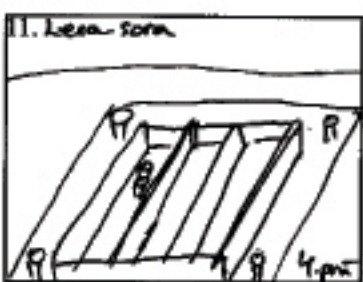
Anturat



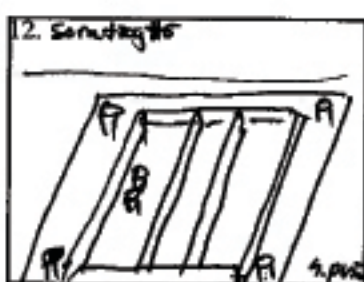
Sokkelipalkit



Kapillaarikatko

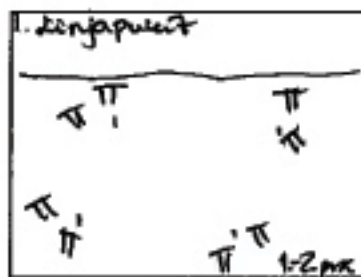


Leca-sora

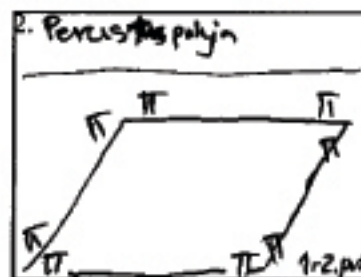


Soratäyttö

Pilariperustus



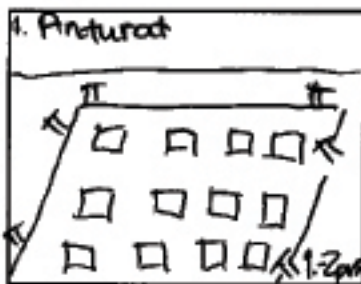
Linjapukit



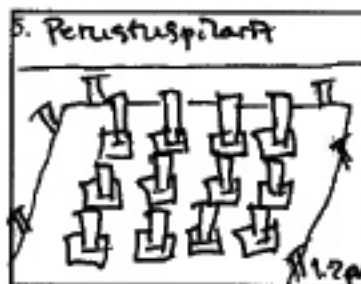
Perustuspolja



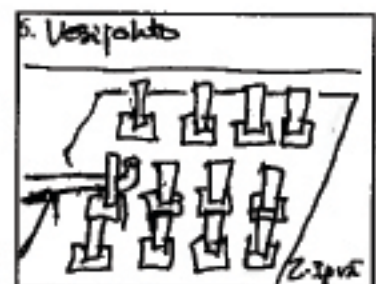
Anturapohjat



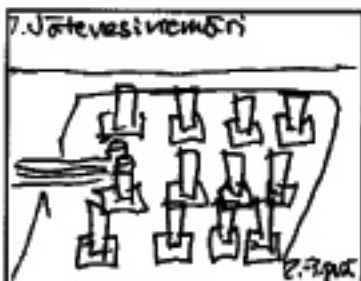
Anturat



Perustus pilarit



Vesijohto



Jätevesiviemäri



Sisäpuolen soratäyttö



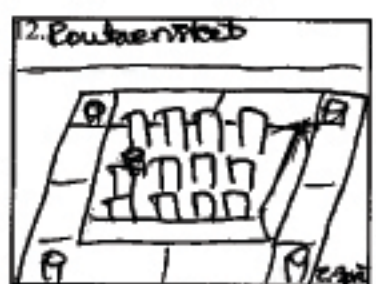
Ulkopuolen soratäyttö



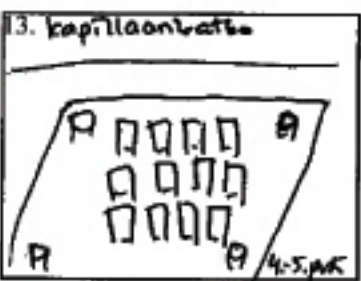
Salaojat ja -kaivot



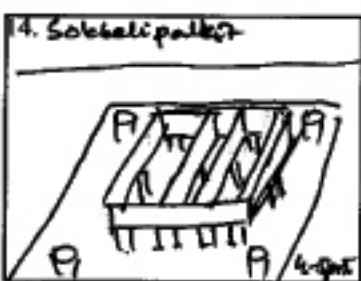
Sadevesiviemäri ja -kaivot



Routaeriste



Kapillaarikatko

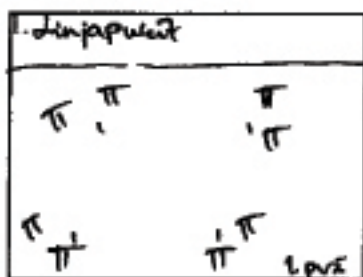


Sokkelipalkki

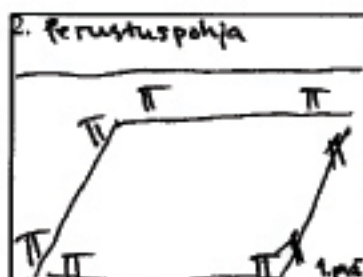


Seinänvierustäyttö

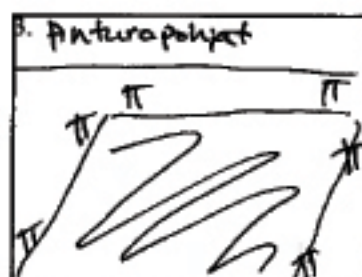
Harkkoperustus



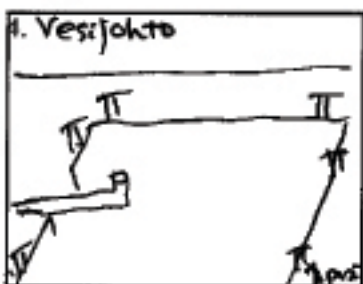
Linjapohjat



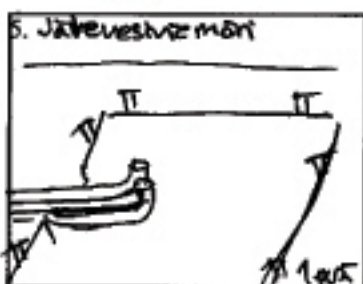
Perustuslohja



Anturapohjat



Vesijohto



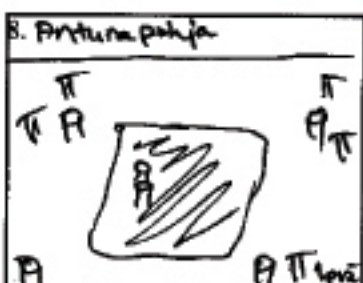
Jätevesiviemäri



Salaojat ja -kaivot



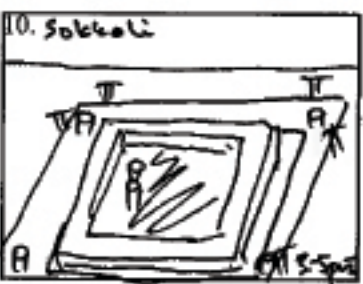
Sadevesiviemäri ja -kaivot



Anturapohja



Anturat



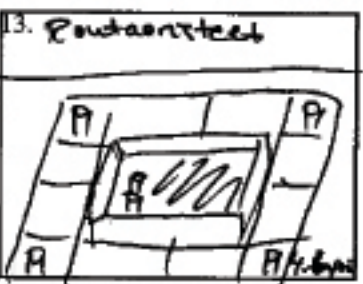
Sokkelit



Lattianalustäyttö



Seinänvierustäyttö



Routaeristeet



Kapillaarikatko



Seinänvierustäyttö

Liite 3: Valmiit animaatioit vaiheittain

1(3)

Palkkiperustus



Alkutilanne



Linjapukit



Vesijohto ja jätevesiviemäri



Salaojat ja -kaivot



Sadevesiviemäri ja -kaivot



Anturapohjat



Routaeristeet



Anturat



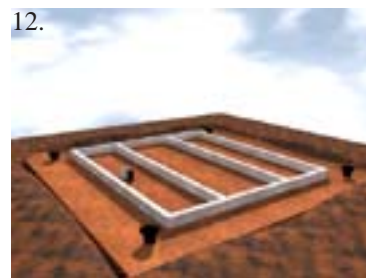
Sokkelipalkit



Kapillarikatko



Leca-sora



Soratäyttö

Pilariperustus



Alkutilanne



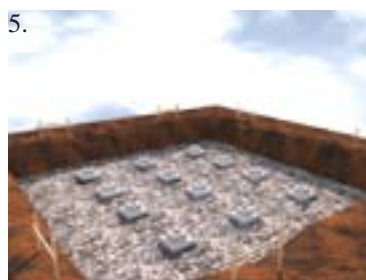
Linjapukit



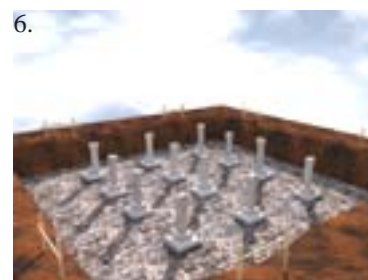
Perustus pohja



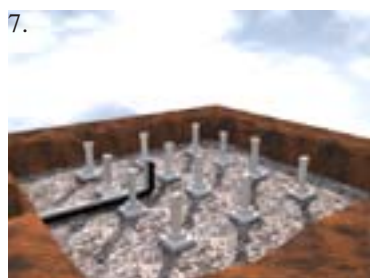
Anturapohjat



Anturat



Perustus pilarit



Vesijohto ja jätevesiviemäri



Sisäpuolen soratäyttö



Ulkopuolen soratäyttö



Salaojat ja -kaivot



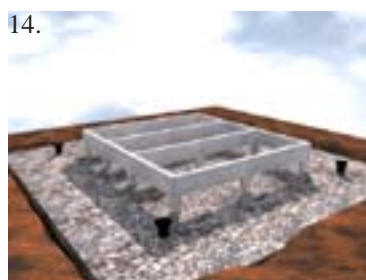
Sadevesiviemäri ja -kaivot



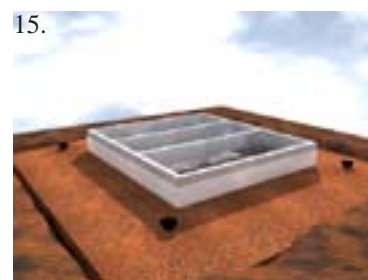
Routaeriste



Kapillaarikatko



Sokkelipalkit



Seinänvierustäyttö

Harkkoperustus



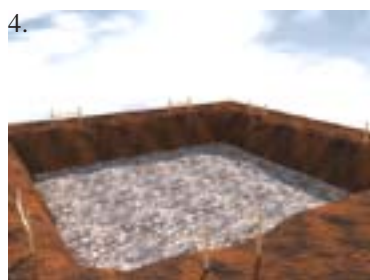
Alkutilanne



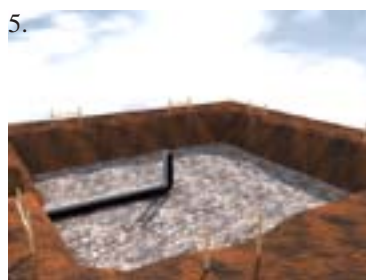
Linjapukit



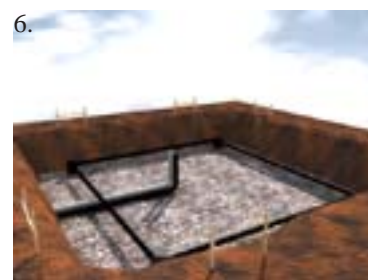
Perustus pohja



Anturapohjat



Vesijohto ja jätevesiviemäri



Salaojat ja -kaivot



Sadevesiviemäri ja -kaivot



Anturapohja



Anturat



Sokkelit



Lattianalustäyttö



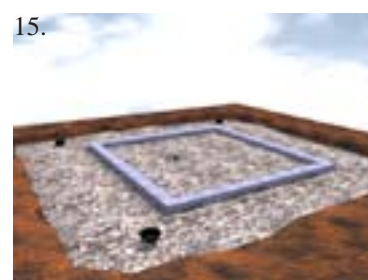
Seinänvierustäyttö



Routaeristeet



Kapillaarikatko



Seinänvierustäyttö