



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Toni Kaistila

# BLENDER VS. 3DS MAX

Case Panssarivaunun 3D-mallinnus

Liiketalous ja matkailu  
2015

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Toni Kaistila
Opinnäytetyön nimi	Blender vs. 3ds Max, Case Panssarivaunun 3D-mallinnus
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	42 + 2 liitettä
Ohjaaja	Päivi Rajala

---

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä käsitellään 3D-mallinnuksen työnkulkua ja oppimiskäyrää kaupallisen ja avoimen lähdekoodin ohjelmistossa. Juuri nämä vertailukohteet valittiin, koska näiden ohjelmistojen kohdalla kyetään hyödyntämään henkilökohtaista kokemusta opintojen ajalta. Työn tarkoituksena on tuoda esiin ohjelmien vahvuudet ja heikkoudet käyttäjän näkökulmasta. Tutkimusmenetelmäksi valittiin kvalitatiivinen menetelmä.

Vertailu opinnäytteessä kohdistuu käyttöliittymään, ohjelmien koulutukseen, työnkulkuun sekä tuotetukeen ja tuotekehitykseen. Lisäksi teoriaosuudessa kerrotaan kyseessä olevista ohjelmista ja niiden historiasta sekä avataan 3D-mallinnuksen peruskäsitteitä.

Blender on suunniteltu kolmiulotteisen grafiikan mallinnukseen, renderöintiin, animointiin ja jälkikäsitelyyn. Ohjelma sai alkunsa hollantilaisessa NeoGeo animaatiostudiossa vuonna 1995. Mainetta animaatioillaan niittänyt yritys oli yksi aikansa menestyneimpiä.

3ds Max on Autodeskin kehittämä laadukas ohjelma, jolla voidaan tuottaa, animoida ja renderöidä 3d-grafiikkaa. Ohjelmaa käytetään visualisointiin, peligrafii-kan tuottamiseen sekä elokuvateollisuuden erikoistehosteiden toteuttamiseen. Ensimmäinen julkaisu 3ds Maxista tuli markkinoille vuonna 1990.

Molemmilla 3D-mallinnusohjelmilla on hyviä ominaisuuksia, mutta Blenderissä käyttöliittymän jotkut ominaisuudet soveltuvat erityisesti mallinnustyön toteuttamiseen. Työnkulku Blenderin ja 3ds Maxin välillä ei merkittävästi poikkea toisistaan. Blenderillä on avoimen lähdekoodin ohjelmiana laajat käyttömahdollisuudet, mutta kaupallinen 3ds Max on kokonaisuudessaan merkittävästi kehittyneempi. Merkittävimmät erot löytyvätkin käyttöliittymistä, niiden elementtien sijoittelusta ja toiminnoista, pikanäppäimistä ja niiden puutteesta.

## ABSTRACT

Author	Toni Kaistila
Title	Blender vs. 3ds Max, Case 3D Modeling a Tank
Year	2015
Language	Finnish
Pages	42 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Päivi Rajala

---

This operational thesis examined 3D modeling workflow and the learning curve of commercial and open source software. These benchmarks were chosen because of the personal experience from the period of studies that could be utilized concerning these software programs. The aim was to highlight the programs strengths and weaknesses from the user's point of view. Qualitative method was selected as the research method.

The thesis relates to the user interface, training, workflow, as well as product support and product development programs. In addition, the theory section discusses the case of the programs and their history and opens up the basic 3D modeling concepts.

Blender is designed for three-dimensional graphics modeling, rendering, animation and post-processing. The program started with the Dutch NeoGeo animation studio in 1995. They gained reputation with their animations and the company was one of the most successful ones of its time.

3ds Max developed by Autodesk is a high-quality program that can generate, animate and render 3D graphics. The program is used for visualization, the production of game graphics, as well as the implementation of the film industry special effects. The first release of 3ds Maxi came on the market in the year 1990.

Both 3D modeling programs have good qualities, but some features in the Blender interface are particularly suitable for the fulfillment of the modeling work. The workflow is not significantly different between Blender and 3ds Max. Blender as an open source program has a broad range of applications, but the commercial 3ds Max is significantly more advanced program as a whole. The most significant differences can be found in user interfaces, the arrangement of the elements and functions, hotkeys and their lack of them.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	4
2	3D-MALLINNUS .....	5
	2.1 3D-mallin rakenne .....	6
	2.2 Pinnat ja tekstuurit .....	8
	2.3 Mallinnustekniikat .....	10
	2.4 Renderöinti.....	11
3	OHJELMAT .....	14
	3.1 Blender.....	14
	3.2 3ds Max.....	16
4	KÄYTTÖKOKEMUKSET .....	18
	4.1 Käyttöliittymät .....	18
	4.2 Koulutus.....	22
	4.3 Työnkulku .....	23
	4.4 Tuotetuki ja -kehitys .....	25
5	CASE.....	27
	5.1 Taustatiedot.....	27
	5.2 Mallinnusprosessi .....	29
	5.3 Päätelmät.....	35
6	YHTEENVETO .....	38
	LÄHDELUETTELO.....	40
	LIITTEET .....	43

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	3D-mallinnuksen kolme kulmakiveä.	5
Kuvio 2.	Ero Polygon- ja NURBS Surface-mallinnuksessa.	6
Kuvio 3.	Kolmella käyrällä muodostettu NURBS-malli.	7
Kuvio 4.	Materiaalieditorit ja niiden asetukset.	8
Kuvio 5.	Bump Mapping & Displacement Mapping.	9
Kuvio 6.	Blender Internal & Cycles.	12
Kuvio 7.	3ds Max Mental Ray & iRay.	13
Kuvio 8.	Blenderin käyttöliittymä.	19
Kuvio 9.	3ds Maxin käyttöliittymä.	20
Kuvio 10.	Blenderin tehokkaat valikot.	21
Kuvio 11.	3ds Maxin leijuva valikko.	22
Kuvio 12.	Kulmien käsittely.	24
Kuvio 13.	Panzerkampfwagen VI, 131.	27
Kuvio 14.	Panzerkampfwagen VI Ausf. B, 104.	28
Kuvio 15.	Runko laatikko primitiivistä.	29
Kuvio 16.	Panssarikanuuna sylinteri primitiivistä.	29
Kuvio 17.	Neljä pyörätyyppiä.	30
Kuvio 18.	Karkea mallinnus valmiina.	31
Kuvio 19.	Telanketjun muodostavat kaksi osaa.	32
Kuvio 20.	NURBS-käyrien käyttö.	32
Kuvio 21.	Blenderissä toteutettu Tiger, 131.	34
Kuvio 22.	3ds Maxissa toteutettu Tiger II, 104.	35

## MÄÄRITELMÄT JA LYHENTEET

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
Alipinnat	Hienostunut mallinnustyökalu, joka lisää dynaamisesti yksinkertaisen kappaleen (mesh) tarkkuutta. Näin saadaan helposti sulavan muotoinen kappale, ilman kappaleen todellisten pintojen määrän lisäämistä.
Chroma Key	Erikoistehostemenetelmä, jossa elokuvatuotannossa yhdistetään kaksi kuvaa tai kahden eri kuvan osia värierottelulla.
Max Script	3ds Maxin ohjelmointikieli, joka antaa käyttäjille mahdollisuuden omien plug-in-ohjelmien tuottamisen.
Mesh	Polygoniverkko, 3d-mallinnusohjelman tapa esittää kappale toisiinsa kiinnitettyjen monikulmioiden verkon avulla.
Plug-in	Varsinaiseen ohjelmaan liitettävä lisäohjelma.
Renderöinti	Kuvan luominen ohjelman avulla.
Topologia	Objektin geometriset ominaisuudet.
Subsurface Scattering	Renderöinnissä käytetty menetelmä jolla saadaan erittäin realistisia lopputuloksia, missä valo osittain läpäisee mallin.

## 1 JOHDANTO

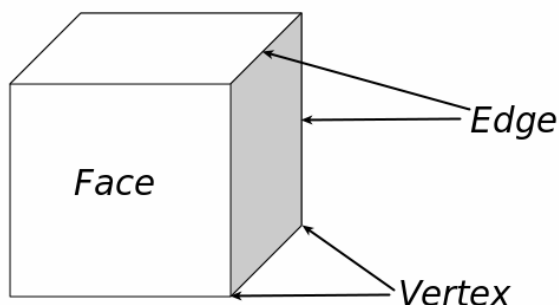
Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä käsitellään 3D-mallinnuksen työkulkua ja oppimiskäyrää kaupallisen ja avoimen lähdekoodin ohjelmistossa: 3ds Max – Blender. Nämä vertailukohteet valittiin, koska näiden ohjelmistojen kohdalla kyetään hyödyntämään henkilökohtaista kokemusta opintojen ajalta. Työn tarkoituksena on tuoda esiin ohjelmien vahvuudet ja heikkoudet käyttäjän näkökulmasta. Tutkimusmenetelmäksi valittiin kvalitatiivinen, eli laadullinen menetelmä.

3D-grafiikan maailmassa kaupalliset suuryritykset ovat johtavassa markkina-asemassa, näihin yrityksiin lukeutuu myös 3ds Maxin kehittänyt Autodesk. Suuret elokuva- ja peliteollisuuden yritykset käyttävät tuotannossaan Autodeskin kehittämää ohjelmistoa. Pienemmät produktiot ovat kuitenkin nostaneet itsensä maailmankartalle tuomalla esiin avoimen lähdekoodin ohjelmistoilla toteutettuja produktioita, näiden kärjessä Blender. Vaikka nämä tuotokset ovat mittasuhteiltaan huomattavasti pienempiä, eivät ne juuri häviä suurilla budjeteilla toteutetuille tuotannoille.

CASE-työnä toteutetaan molemmissa ohjelmissa omat mallinnukset, jotka kuitenkin koostuvat samoista elementeistä mahdollistaen ohjelmien vertailun. Vertailu kohdistuu käyttöliittymään, ohjelmien koulutukseen, työkulkuun sekä tuotetukeen ja tuotekehitykseen. Lisäksi teoriaosuudessa kerrotaan kyseessä olevista ohjelmista ja niiden historiasta sekä avataan 3D-mallinnuksen peruskäsitteitä.

## 2 3D-MALLINNUS

3D-mallit ovat mallinnusohjelmilla luotuja kappaleita, jotka muodostuvat yhdestä tai useammasta elementeistä. Näitä ovat esimerkiksi tässä työssä käytetyt Blender ja 3ds Max. Näiden ohjelmien avulla luodut kappaleet esitetään x-, y- ja z-akseleille sijoitettujen kärkien (vertex) sekä niiden välille muodostuvien sivujen (edge) ja pintojen (face) avulla. (Kuvio 1.) Tärkein akseli kolmiulotteisen vaikutelman saavuttamiseen on z, eli syvyysakseli. (Slick 2015a.)



**Kuvio 1.** 3D-mallinnuksen kolme kulmakiveä (3D Shapes 2015).

Kun haluttu muoto kappaleelle on luotu, voidaan sille vielä asettaa yksi tai useampi tekstuuri. Varustamalla toistuva kappale eri tekstuureilla, voidaan luoda illuusio useasta erilaisesta kappaleesta. Lopulta kappaleelle voidaan vielä määritellä animaatio, mikäli se on tarpeellista. Lopullisella renderöinnillä tuotetaan halutuilla asetuksilla kuva tai video, joka tuo kappaleen pienimmätkin yksityiskohdat esiin. (Slick 2015f.)

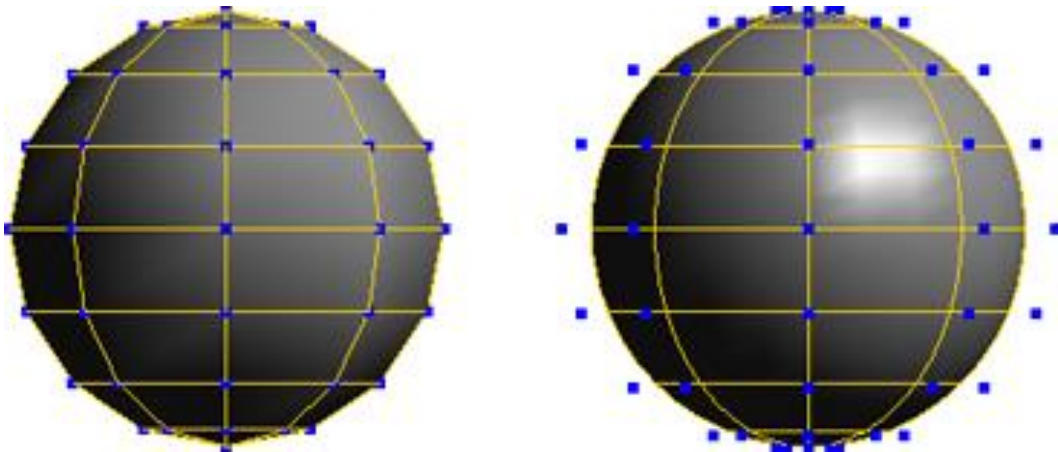
3D-mallien ja tehosteiden käyttö elokuvissa ja peleissä on nopeasti vuosien saatossa muuttunut osaksi miltei jokapäiväistä arkea. Teknologian kehitys ja etenkin Chroma Key -tekniikka on mahdollistanut uskottavien 3D-mallien käytön elokuvissa. Monesti myös arkkitehdit turvautuvat 3D-malleihin rakennusten suunnittelu-vaiheessa. Yksityiskohtainen 3D-mallinnus antaa paremman käsityksen halutusta lopputuloksesta kuin taiteilijan luoma näkemys. (wiseGEEK 2015.)



Ensimmäisen kerran 3D-malleja nähtiin valkokankaalla vuonna 1958 Alfred Hitchcockin elokuvan *Vertigo* prologissa. Modernin 3D-grafiikan kaltaista tuotantoa nähtiin ensimmäistä kertaa vuonna 1972 Edwin Catmullin toteuttamassa lyhytanimaatiossa *The Computer Animated Hand*. Animaatio esitteli lyhyesti ihmisen kättä kuvaavaa mallia eri kuvakulmista. (Puhakka 2008, 25.)

## 2.1 3D-mallin rakenne

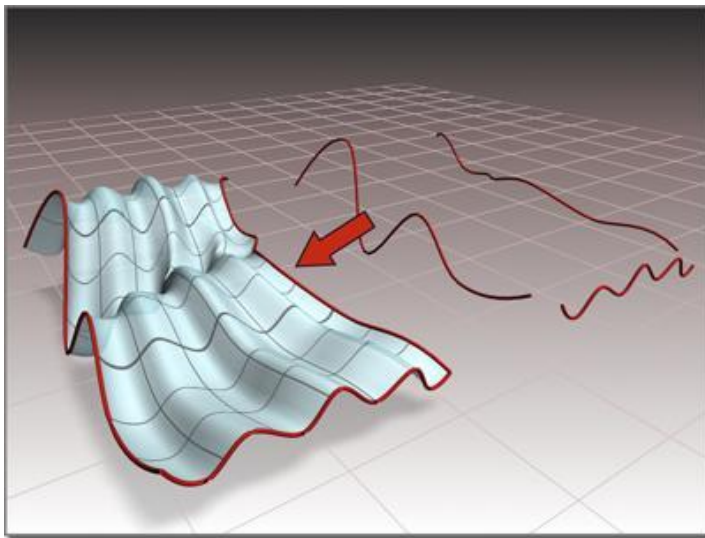
3D-mallit muodostuvat polygoneista tai NURBS Surface (non-uniform rational basis spline) käyrämalleista. (Kuvio 2.) Edellä mainitut mallinnustavat eroavat merkittävästi toisistaan. Polygon-menetelmä on yleisempi mallinnustapa 3D-grafiikassa.



**Kuvio 2.** Ero Polygon- ja NURBS Surface-mallinnuksessa (Autodesk 2013).

Polygonit ovat useamman elementin suma, jotka yhdessä muodostavat mallinnettavan kappaleen. Pienin näistä elementeistä on kärki (vertex). Näiden pisteiden välille muodostuvia suoria linjoja kutsutaan sivuiksi (edge). Kärkien ja sivujen muodostaman kuvion sisään jäävää aluetta kutsutaan pinnaksi (face), tämä kokonaisuus muodostaa yksittäisen polygonin. Polygonissa on minimissään kolme kulmaa muodostaen suljetun kuvion. Useat polygonit muodostavat yhdessä polygoniverkon (mesh).

Polygonien määrä on suoraa verrannainen mallinnuksen yksityiskohtaisuuteen, suuremman määrän mahdollistaessa monimutkaisempia muotoja. Suurempi yksityiskohtien määrä kasvattaa renderöintiäikää ja aiheuttaa mahdollisesti myös polygonien sivuissa ja kärjissä päällekkäisyyksiä. Polygon-menetelmän pääsääntönä on mallintaa kappale minimimäärällä polygoneja, joka riittää vastaamaan käyttötarkoituksen asettamia vaatimuksia. (Slick 2015c.)

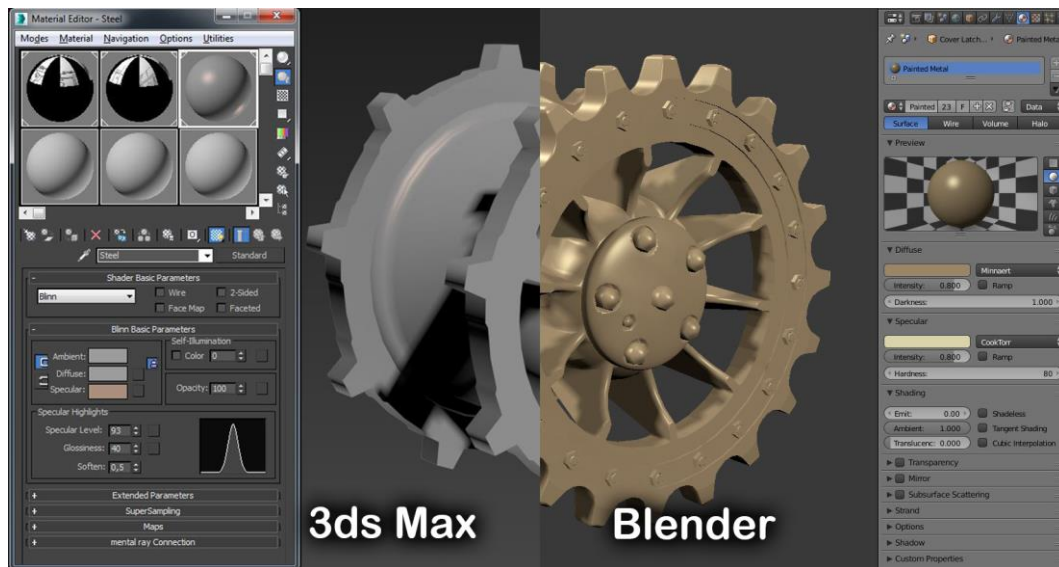


**Kuvio 3.** Kolmella käyrällä muodostettu NURBS-malli (Autodesk 2015a).

NURBS-, eli käyrämallinnuksessa käytetään hyvin toisenlaista menetelmää kappaleten toteutukseen. Käyrämallinnuksessa prosessi aloitetaan luomalla yksi tai useampi käyrä. Näitä käyriä manipuloimalla x-, y- ja z-akseleilla haetaan haluttu lopputulos. (Kuvio 3.) Ohjelma luo automaattisesti pinnan näiden käyrien perusteella täyttäen niiden välille jäävän alueen. Matemaattisesti toteutettu käyrämallinnus tuottaa erittäin tarkan lopputuloksen ja on huomattavasti vaativampi menetelmä kuin polygoneista mallintaminen. Teollisuuden aloilla muun muassa autoteollisuus on jo pitkään käyttänyt käyrämallinnusta tuotesuunnittelussa, sillä käyrät voidaan määrittellä ja toistaa matemaattisella tarkkuudella. (Puhakka 2008, 61.)

## 2.2 Pinnat ja tekstuurit

3D-malli on lähtökohtaisesti yksivärinen eikä näin ollen näytä kummoiselta. Materiaalin, tekstuurin ja varjostinalgoritmin lisäys tuovat malliin huomattavasti lisää näytävyyttä. (Kuvio 4.) Nämä asetukset yhdessä määrittelevät mallin pinnan kiillon, heijastuksen ja läpinäkyvyyden. (Slick 2015e)



**Kuvio 4.** Materiaalieditorit ja niiden asetukset.

3D-mallin päälle asetettava tekstuurikartta tuodaan 2D-kuvasta. Tekstuurit voidaan asettaa koko malliin tai vain osaan sitä, tässä tapauksessa edellytyksenä on mallin pintojen ryhmittely eri tekstuurikartoille. Tekstuurien asettamista helpottaa UV-kartoitus, jonka avulla tekstuurista saadaan juuri oikean kokoinen. UV-kartoituksen puuttuessa on suuri vaara, että pieneksi jäädessään tekstuuri toistuu tai vaihtoehtoisesti liian suurena ei näy kokonaisuudessaan mallin päällä. UV-kartoituksessa voidaan myös määritellä miten tekstuuri laskeutuu mallin ympärille. (Slick 2015d, 2015e.)

3D-mallin yksityiskohtaisuutta voidaan kasvattaa lisäämällä sen pintoihin pieniä korkeuseroja ja epätasaisuutta. Tämä voidaan toteuttaa Bump Mapping- ja Displacement Mapping -tekniikoilla. (Kuvio 5.) Edellä mainittuja tekniikkoja voidaan käyttää yhdessä tai erikseen. Parhaan lopputuloksen saa kuitenkin aikaan näiden kahden yhdistelmällä. (Russel 2015.)



**Kuvio 5.** Bump Mapping & Displacement Mapping (Nvidia 2015).

Bump Mapping ei todellisuudessa lisää malliin tasaisiin pintoihin korkeuseroja, vaan luo illuusion korkeuseroista mallin tekstuurin kirkkaampia ja tummempia kohtia hyödyntämällä. Tämä toimenpide ei kasvata malliin asetetun tekstuurin resoluutiota. Parhaimpia käyttökohteita Bump Mapping -tekniikalle ovat pienet yksityiskohdat, jotka eivät joudu tarkempaan tarkasteluun. Merkittävin ongelma tässä tekniikassa on sen vaihteleva lopputulos katselukulmasta riippuen. (Russel 2015.)

3D-mallin todellista muotoa voidaan muokata Displacement Mapping -tekniikan avulla. Tämä edellyttää kuitenkin mallin alatasoihin jakamista. Tämä tekniikka tuo vaikuttavia lopputuloksia, mutta vaatii huomattavan määrän koneresursseja. (Russel 2015.)

Nämä kaksi vanhaa tekniikkaa ovat saaneet rinnalleen uudemman Normal Mapping -tekniikan, joka Bump Mapping -tekniikan tavoin luo illuusion korkeuseroista. Normal Mapping lisää malliin efektejä ja tehostamalla varjostusta. Tämä tekniikka soveltuu erityisesti peliteollisuuden käyttöön. (Russel 2015.)

### **2.3 Mallinnustekniikat**

Mallinnusohjelmat tarjoavat artisteille useita menetelmiä työn toteuttamiseen. Kolme yleisintä mallinnustekniikkaa ovat laatikko-, käyrä- ja veistosmallinnus. Näiden lisäksi mainittakoon vielä sivu-, automatisoitu- ja referenssimallinnus sekä 3D-skannaus. (Slick 2015b.)

Laatikkomallinnus on polygonipohjainen mallinnustekniikka. Artisti aloittaa mallin muovaamisen primitiivistä (kuutio, kartio, jne.), jota muokkaamalla haetaan haluttu lopputulos. Laatikkomallinnuksen työnkulku etenee yleensä suurimmista muodoista kohti pienempiä yksityiskohtia. Polygonien määrää lisätään, kunnes käyttötarkoituksen edellyttämä tarkkuus saavutetaan. Laatikkomallinnus on kenties yleisin polygonipohjainen mallinnustekniikka, jota käytetään usein yhdessä sivumallinnuksen kanssa. (Slick 2015b.)

Käyrämallinnus (NURBS) on teollisuuden ja etenkin autoteollisuuden suosima mallinnustekniikka. Toisin kuin polygonigeometriassa, käyrämallinnusverkko (NURBS mesh) ei sisällä pintoja, sivuja tai kärkiä. Sen sijaan NURBS-mallit koostuvat kahden tai useamman käyrän muodostamien sulavien linjojen määrittelemistä NURBS-verkoista. NURBS-käyrät luodaan työkalulla, joka muistuttaa monilta osin MS Paint- ja Adobe Illustrator -ohjelman kynätyökalua. Käyrä piirretään 3D-tilaan ja muokataan haluttuun muotoon käyttäen kontrollipisteitä. NURBS-mallia mallintaessa artisti luo käyrät mallin selkeimpiin ääriviivoihin, jonka jälkeen ohjelma täyttää automaattisesti näiden käyrien väliin jäävän tilan. On olemassa myös tapa luoda NURBS-malli yhtä käyrää käyttäen. Tämä on hyvin yleinen ja nopea tapa mallintaa säteittäisiä esineitä (vaasi, viinilasi, jne.). Tässä menetelmässä malli luodaan pyöräyttämällä yksittäinen käyrä sen keskiakselin ympäri. (Slick 2015b.)

Teknologiатеollisuus kutsuu joitain läpimurtoja häiritseväksi teknologiaksi. Näitä ovat innovaatiot, jotka muuttavat tapamme ajatella miten johonkin tavoitteeseen päästään. Auto muutti tapamme liikkua paikasta toiseen, kun taas internet muutti tapamme kommunikoida ja hankkia tietoa. Digitaalinen kuvanveisto on siinä mielessä häiritsevää teknologiaa, että se on vapauttanut mallintajat topologian rajoitteista. Digitaalinen kuvanveisto antaa mahdollisuuden luoda intuitiivisesti 3D-malleja digitaalisen saven tapaan. (Slick 2015b.)

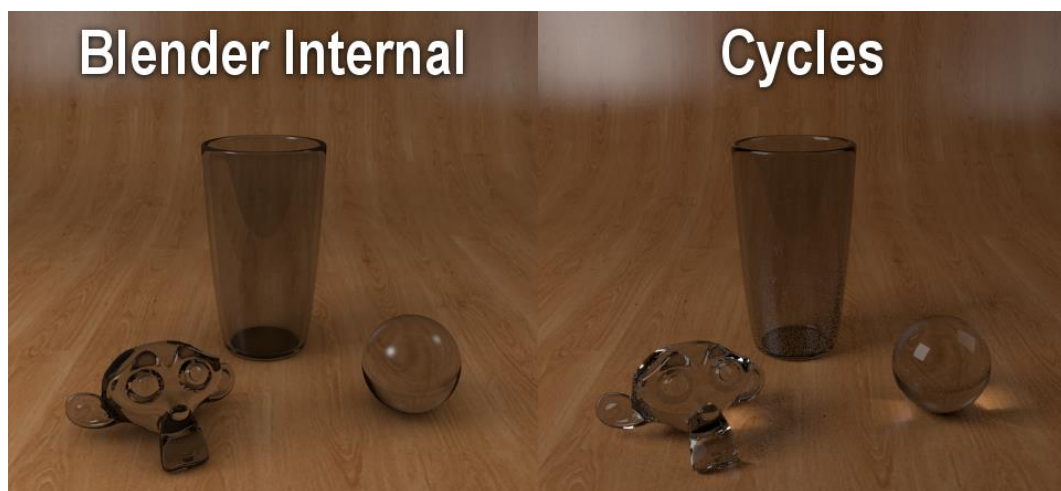
Digitaalisessa kuvanveistossa malli muotoillaan piirtopöydän ja ohjelman tarjoaminen työkalujen avulla, miltei kuten kuvanveistäjä muovaisi konkreettista saven kimpaleita työkaluillaan. Digitaalinen kuvanveisto on vienyt hahmomallinnuksen uudelle tasolle, antaen artisteille nopeamman ja tehokkaamman tavan työskennellä miljoonista polygoneista koostuvien mallien parissa. Veistetyt mallit ovat tunnettuja aiemmin käsittämättömästä yksityiskohtien määrästä ja luonnollisesta esteettisyydestään. (Slick 2015b.)

## **2.4 Renderöinti**

Renderöinti tarkoittaa prosessia, jossa ohjelma suorittaa laskelman kaikista mallille annetuista arvoista, kuten valaistuksesta ja mallin topologiasta. Laskelman lopputuloksena on joko kuva- tai videotiedosto 3D-mallista. Vaikka renderöinti perustuu erittäin monimutkaisiin matemaattisiin laskemiin, on tämän päivän ohjelmistoissa helppokäyttöiset parametrit, joiden ansiosta artistien ei koskaan tarvitse perehtyä niiden taustalla toimivaan matematiikkaan. Jokaisessa merkittävässä 3D-ohjelmassa tulee mukana vähintään yksi renderöintimoottori ja suurin osa on sisällyttänyt ohjelmistoon myös materiaalikirjaston sekä erilaisia valaistusmenetelmiä, joilla voidaan saavuttaa uskomattoman fotorealistisia lopputuloksia. Valo on renderöinnin kannalta välttämätön elementti, sillä ilman sitä renderöidyssä kuvassa ei näkyisi mitään. (Slick 2015f.)

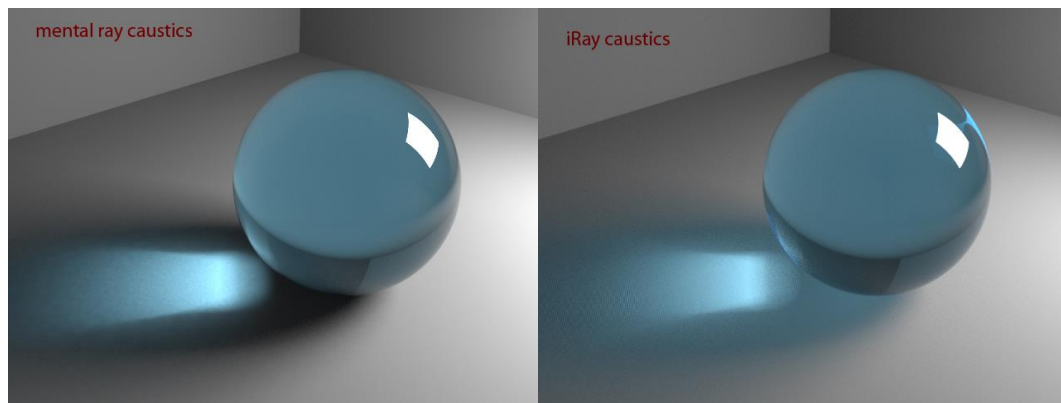
Renderöintiä on kahta päätyyppiä, joiden merkittävin ero on prosessin nopeudessa, näitä ovat real-time-renderöinti ja offline-renderöinti. Real-time-renderöintiä käytetään esimerkiksi peleissä. Pelaajan liikkeitä on mahdotonta ennakoida, joten kuva

täytyy renderöidä reaaliajassa. Offline-renderöintiä käytetään tilanteissa, kun renderöinnin nopeus menettää merkityksensä. Offline-renderöinnin tuloksia nähdään useimmiten animaatioissa sekä elokuvien erikoistehosteissa, missä yksityiskohtien ja fotorealistisuuden standardit ovat huomattavasti korkeammalla tasolla. Suurimmat studiot käyttävät yksittäisen kuvan renderöintiin jopa 90 renderöintituntia. Offline-renderöinnin prosessin suorittaa tietokoneen moniytiminen prosessori (CPU), kun taas peleissä saman prosessin suorittaa grafiikkakortti (GPU). (Slick 2015f.)



**Kuvio 6.** Blender Internal & Cycles (CG Cookie 2015).

Renderöintimoottoreita on useita, joista jokainen tuottaa erilaisen lopputuloksen. Blender tarjoaa artisteille muun muassa sisäisen Blender Render- sekä Cycles-renderöintimoottorin. (Kuvio 6.) 3ds Max sen sijaan käyttää oletuksena Nvidia Mental Ray-renderöintimoottoria, jonka rinnalle on saatu Nvidia iRay. (Kuvio 7.) Mental Ray on erittäin kattava ja monipuolinen renderöintimoottori, joka on yksi pätevimmistä moottoreista hahmojen renderöintiin Subsurface Scattering-toimintoa käytettäessä. Jokainen renderöintimoottori käyttää eri arvoja renderöinnin toteuttamiseen, tämän takia lopputulokset poikkeavat toisistaan. (Slick 2015f.)



**Kuvio 7.** 3ds Max Mental Ray & iRay (Autodesk 2015h).

3ds Maxin kehittyneemmät renderöintimoottorit saavat aikaan realistisempia tuloksia Blenderiin nähden. Renderöinnin lopputuloksessa nousee esiin myös materiaalieditori ja sen miltei rajattomat ominaisuudet. Materiaalieditorin osalta renderöinnin lopputuloksen laatu on pitkälti kiinni käyttäjän taidoista. 3ds Maxin kehittyneet valaistustekniikat ovat yksi merkittävimpiä syitä sen fotorealisteempiin lopputuloksiin.



### 3 OHJELMAT

Tässä luvussa esitellään taustatietoa CASE-ohjelmista, näiden historiasta sekä taustalla toimivista organisaatioista. Käydään myös läpi merkittävimmät ohjelmist ominaisuudet sekä ajatukset niiden takaa. Tässä luvussa muodostetaan myös käsitys ohjelmistoja kehittävien organisaatioiden mittakaavasta.

#### 3.1 Blender

Avoimeen lähdekoodiin perustuva Blender on suunniteltu kolmiulotteisen grafiikan mallinnukseen, renderöintiin, animointiin ja jälkikäsittelyyn. Ohjelma sai alkunsa hollantilaisessa NeoGeo animaatiostudiossa vuonna 1995. Mainetta animaatioil laan niittänyt yritys oli yksi aikansa menestyneimpiä. Yritykselle luotiin oma mallinnusohjelma Ton Roosendaalin johdolla. (Roosendaal & Selleri 2004, 23.)

Vuonna 1998 Roosendaal näki parhaaksi ulkoistaa ohjelman kehityksen yhtiölle, nimeltä Not a Number (NaN). NaN:n toimintaperiaate oli tuoda uusi ilmainen mallinnusohjelma käyttäjien tietoisuuteen ja edelleen kehittää ohjelmaa eri käyttäjärjestelmille, sekä myydä tämän ohjelman käyttäjille konsultointipalveluja. Blender julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1999, herättäen alan ammattilaisten kiinnostuksen. NaN:n tulevaisuus näytti valoisalta. Vuosituhannen vaihteessa Blenderin ohjelmistokehityksessä oli mukana noin 50 henkilöä. Silloisella ohjelmaversiolla 2.0 oli 250 000 rekisteröitynyttä käyttäjää. (Roosendaal & Selleri 2004, 23.)

Nousujohdanne ei kuitenkaan jatkunut pitkään, sillä Blenderillä oli vaikeuksia löytää markkinarakoa. NaN oli huhtikuussa 2001 vaikeuksissa, kun Blenderiä muokattiin interaktiiviselle verkkomedialle soveltuvaksi. Henkilöstöleikkauksesta huolimatta kehitys jatkui kriittisellä hetkellä uusilta sijoittajilta saaduilla varoilla. Tuote ei saanut lämmintä vastaanottoa markkinoilla. Yritys ajettiin konkurssiin ja kehitystyö Blenderin osalta pysähtyi. (Roosendaal & Selleri 2004, 23.)

Blenderin käyttäjistä muodostunut yhteisö toivoi kuitenkin ohjelman kehitykselle jatkoa. Tämän kuultuaan Roosendaal päätti vielä kerran yrittää pelastaa Blenderin.

Tuloksena oli maaliskuussa 2002 syntynyt Blender-säätiö. Säätiön tarkoitus oli jatkaa Blenderin kehitystä ja markkinointia avoimen lähdekoodin ohjelmana. Heinäkuussa 2002 Roosendaal onnistui vakuuttamaan NaN-yrityksen rahoittajat mukaan ”Free Blender”-kampanjaan, jonka tavoitteena oli ostaa ohjelman oikeudet rahoittajilta ja julkaista Blender avoimen lähdekoodin alaisena. Alle kahdessa kuukaudessa kampanja keräsi 100 000 euroa, jolla ohjelman oikeudet kyettiin lunastaa. Blender julkaittiin GNU-lisenssin alaisena 13. lokakuuta 2002. (Roosendaal & Selteri 2004, 23.)

Blender-säätiön rinnalle on perustettu Blender-instituutio, jonka tehtävänä on huolehtia ennen kaikkea kaupallisesta toiminnasta. Säätiön on oltava riippumaton, sillä se valvoo Blenderin oikeuksia. Säätiö myös ylläpitää verkkosivustoa, joka on virallinen Blender-informaation lähde. Säätiö pitää huolen ensisijaisesti instituution vaatimasta rahoituksesta, mutta voi harkintansa mukaan rahoittaa myös yhteisön toimia. (Roosendaal 2014.)

Instituution tehtävänä on järjestää erinäisiä kehitysprojekteja esimerkiksi animaatioelokuva Gooseberry. Kaikki projektit kantavat osuutensa ohjelman kehitykseen. Instituutiolla on tarjolla palveluja myös kaupallisesti kuten animaatioelokuvien tuotantoa sillä edellytyksellä, että koko tuotanto on jaossa avoimesti. Vastuu ohjelman kehityksestä on edelleen yhteisöllä, johon kuuluu tänä päivänä yli 50 virallista henkilöä. Yhteisöön luetaan myös epäviralliset verkkosivustot, jotka osaltaan edesauttavat ohjelman kehitystä ja näkyvyyttä. (Roosendaal 2014.)

Blender tukee monia käyttöjärjestelmiä eikä aseta suuria vaatimuksia laitteistolle. Asennus vie minimissään vain 20Mt tilaa, muttei sisällä valmiita materiaaleja saati tekstimuotoista perehdytystä ohjelman käyttöön. Blender tarjoaa kattavan valikoidun työkaluja ja toimintoja, jotka löytyvät myös korkealaatuisista kaupallisista ohjelmista. Yksi Blenderin erityisimpiä ominaisuuksia on sen sisäinen pelimoottori, jonka avulla voidaan kehittää yksinkertaisempia pelejä. Pelimoottori mahdollistaa muun muassa arkkitehtuurin esittämisen reaaliaikaisessa ympäristössä. Blenderrin on implementoitu myös videoeditori, joka antaa mahdollisuuden luoda videoita ääniraitoineen. (Roosendaal ym. 2004, 22.)

Blender tuo avoimuudellaan uusia ulottuvuuksia ohjelmistomarkkinoille. Se tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden luoda jotain uutta olemassa olevan ohjelmiston päälle. Tässä konseptissa on kuitenkin vaarana se, että Blender kokee Unix-käyttöjärjestelmän kohtalon. Tätä käyttöjärjestelmää levitettiin myös avoimen lähdekoodin lisenssin alla, tästä syystä siitä kehitettiin useita eri versioita. Lopputuloksena versiot erosivat toisistaan siinä määrin, että niiden välinen tiedonsiirto oli miltei mahdotonta.

### **3.2 3ds Max**

Autodesk Inc., on erikoistunut innovaatioiden toteutukseen. Kaksitoista miljoonaa käyttäjää nostaa yhtiön maailmaanlaajuisesti suunnitteluohjelmistojen ja -palveluiden toimittajien listan kärkeen. Yhtiö perustettiin Yhdysvalloissa vuonna 1982, yhtiön pääkonttori sijaitsee San Rafaelissa Kaliforniassa. Autodeskin jaksotettu liikevaihto kasvoi vuonna 2015 1,16 miljardiin dollariin, eli 28 % vuodesta 2014. (Autodesk 2015d, 2015e.)

3ds Max on Autodeskin kehittämä ohjelma, jolla voidaan tuottaa, animoida ja renderöidä 3D-grafiikkaa. Ohjelmaa käytetään visualisointiin, peligrafiikan tuottamiseen sekä elokuvateollisuuden erikoistehosteiden toteuttamiseen. Ensimmäinen julkaisu 3ds Maxista tuli markkinoille vuonna 1990 3D Studio Dos-nimikkeellä. Tämän jälkeen Autodesk on julkaissut uuden version ohjelmasta kerran vuodessa. Tätä nykyä käytössä on versio 17.0 (2015) ja se on alallaan yksi käytetyimpiä ohjelmia. (Autodesk 2015g.)

Max Script on oivallinen työkalu ohjelman kehityksen näkökulmasta, sillä se antaa käyttäjille mahdollisuuden luoda ohjelmaan omia toimintoja. Tämän ominaisuuden ansiosta sai alkunsa aikanaan myös Character Studio, joka toimi erillisenä plug-in-ohjelmana 3ds Maxin päällä. Nyt Character Studio on sulautettu viralliseen versioon, ja onkin sen myötä noussut yhdeksi suosituimmista työkaluista. Max Script on tärkeä osa 3ds Maxin tulevaisuutta, sillä se tuo käyttäjät mukaan ohjelman kehitykseen. Vaikka ohjelman lähdekoodi on suljettu, voidaan ohjelman kehityksessä soveltaa avoimen lähdekoodin periaatteita. (Autodesk 2011.)

Max Scriptin avulla voidaan myös kehittää uusia maksullisia ominaisuuksia. Tällä tavoin Autodesk antaa mahdollisuuden muille kehittää liiketoimintaa ohjelman ominaisuuksia hyödyntäen. Lisäksi 3ds Max ja sen myötä Autodesk voivat hyötyä käyttäjien yhteisöistä ja niiden tuottamista ominaisuuksista antaessaan heille kehitystyöhön soveltuvat työkalut.

3ds Maxiin on saatavilla jatkuva päivitys palvelu Subscription. Tämä vuosimaksu-pohjainen palvelu on viemässä 3ds Maxia jatkuva julkaisu (rolling release) -tyyppisen toimintamallin suuntaan. Subscription-asiakkuus on edullisempi vaihtoehto, suhteessa jokaisen päivityksen ostamiseen niiden julkaisujen myötä. (Autodesk 2015c.)

Yksi 3ds Maxin erikoisominaisuuksista on sen Backburner-renderöintisovellus. Tämän sovelluksen avulla renderöintityötä voidaan nopeuttaa hyödyntämällä kaikki saatavilla olevia koneresursseja saman verkon sisällä. Backburnerin avulla voidaan jakaa renderöintitehtävät usealle koneelle tärkeysjärjestyksen mukaan ja valvoa niiden edistymistä. 3ds Maxin animaatio-ominaisuudet ovat maailman kärkiluokkaa. Ohjelma tarjoaa parametrit lähes kaikkien ominaisuuksien animointiin. Jo aiemmin mainitun Character Studio-hahmoanimaatio järjestelmän lisäksi 3ds Maxin mukana tulee Reactor-dynamiikkamoottori, joka soveltuu fysiikan mallien pohjalta tapahtuvan animoinnin automatisointiin ja toteutukseen. (Autodesk 2015b.)

Nykypäivän trendin mukana Autodesk on ottamassa askelia jatkuvan julkaisun (rolling release) suuntaan. Kaupallisena yrityksenä Autodesk on tarjonnut avokätisesti käyttäjilleen mahdollisuuden muovata ohjelmaa tarpeidensa mukaiseksi, kuitenkin paljastamatta 3ds Maxin lähdekoodia. Tällä avokätisyydellä Autodesk ajaa kuitenkin pääasiassa omaa etuaan valjastaessaan käyttäjät sen oman ohjelmistokehityksen apupyöriksi.

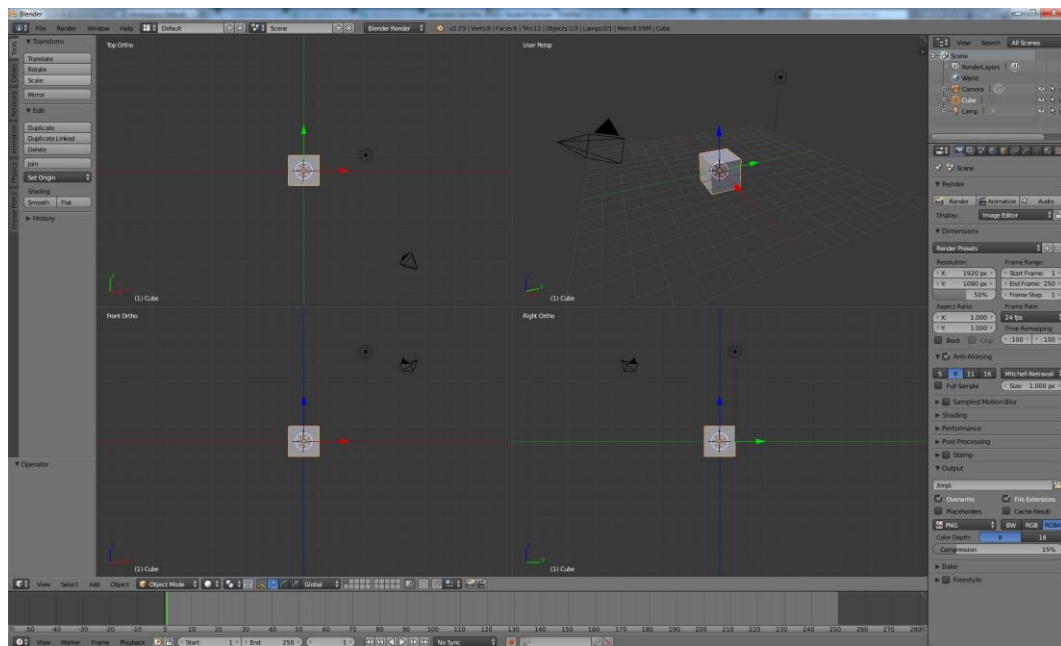
## 4 KÄYTTÖKOKEMUKSET

Tässä luvussa käsitellään kunkin ohjelman käyttöä ja niiden opiskelua. 3ds Maxin käyttöön luotiin pintaraapaisu Vaasan ammattikorkeakoulun opintojaksolla 3D-mallinnus ja animaatiot, muutoin ohjelmien opiskelu on ollut täysin omatoimista. Ohjelmien käyttö ja opiskelu rajataan tässä projektissa mallinnukseen.

### 4.1 Käyttöliittymät

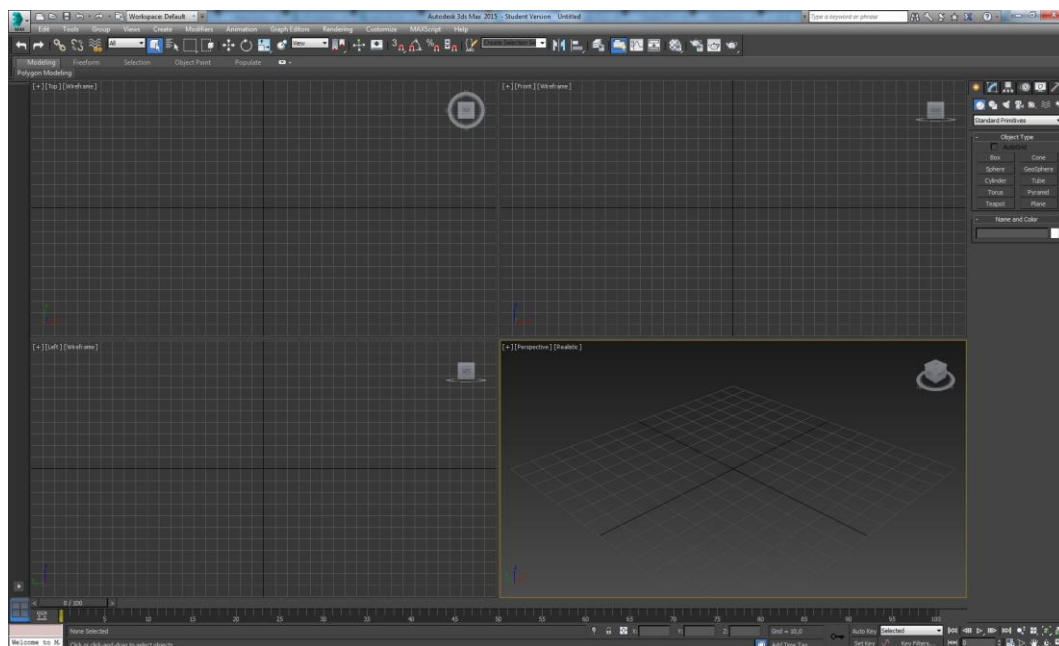
Hyvä käyttöliittymä antaa käyttäjälleen helposti ymmärrettävällä tavalla riittävästi informaatiota ja ottaa sitä myös käyttäjältä vastaan. Vertailussa olevien ohjelmien käyttöliittymät muistuttavat monilta osin toisiaan. Näin ei kuitenkaan ole aina ollut. Vielä viime vuosikymmenellä Blenderin käyttöliittymä oli hyvin erilainen, kuin tänä päivänä. 3ds Max sen sijaan ei ole juuri käyttöliittymän visuaaliselta osalta saanut osakseen suurempia muutoksia viimeisen vuosikymmen sisällä.

Käyttöliittymä voidaan jakaa viiteen osa-alueeseen. Näitä ovat valikkopalkki, päätyökalupalkki, komentopaneeli, näkymäikkunat ja aikajana. Ohjelmaa voidaan ohjata myös pikanäppäinten avulla, joita käyttäjä voi muokata niin halutessaan. Molemmissa ohjelmissa käyttäjälle annetaan myös mahdollisuus käyttöliittymän elementtien sijoitteluun haluamallaan tavalla. (Matossian 2002, 10.)



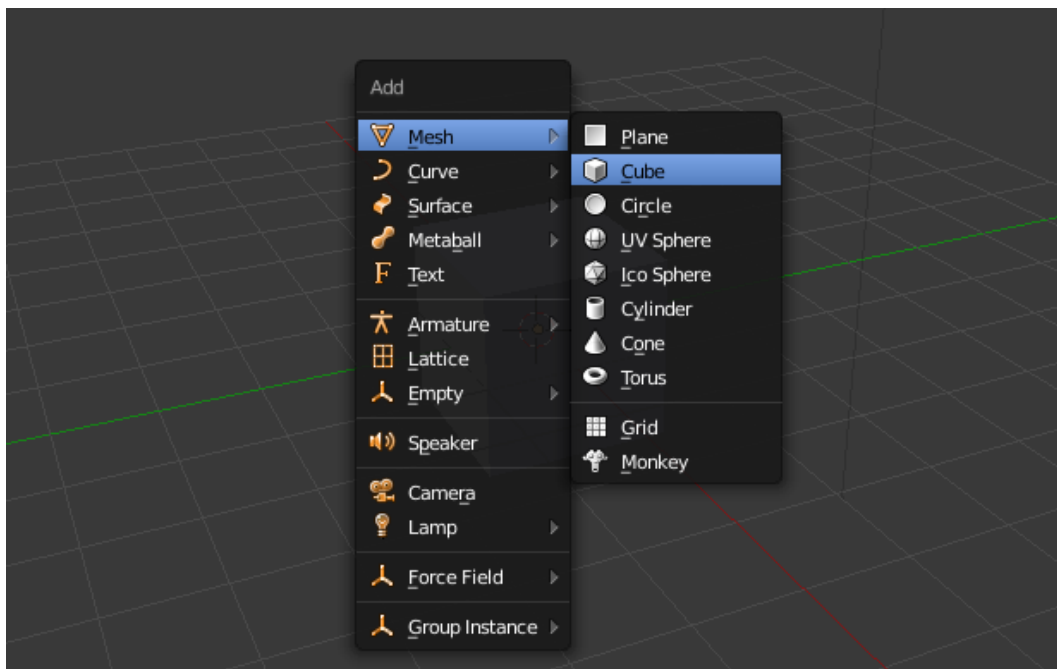
**Kuvio 8.** Blenderin käyttöliittymä.

Aloitusnäky on asettelultaan melko samankaltainen, sillä erolla että Blenderissä käytetään suurimmaksi osaksi tekstiä painikkeissa 3ds Maxin suosimien kuvakkeiden sijaan. Ensi vaikutelma on 3ds Maxissa selvästi siistimpi, kun Blender lähtökohtaisesti esittää käyttäjälleen enemmän tietoa ja toimintoja samanaikaisesti. 3ds Max pilkkoo osa-alueiden toiminnot Blenderiä pienempiin ryhmiteltyihin välilehtiin. Tämän tyyppinen ratkaisu pitää käyttöliittymän selkeämpänä ja on miltei välttämätöntä, puhtaasti 3ds Maxin tarjoamien ominaisuuksien ja toimintojen loputtomalta tuntuvan määrän vuoksi. 3D-mallinnuksen parissa työskentelevälle on kuitenkin molempien ohjelmien alunäkymässä helposti tunnistettavissa käyttöliittymän keskeisimmät elementit. (Kuvio 8., Kuvio 9.)



**Kuvio 9.** 3ds Maxin käyttöliittymä.

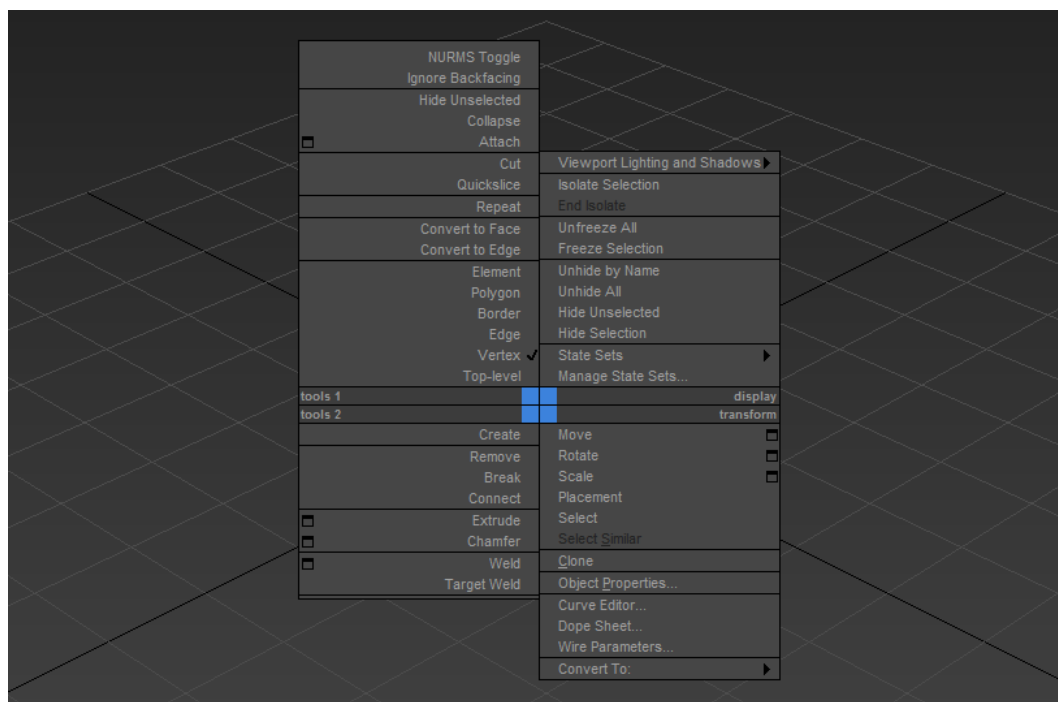
Käyttöliittymän kontrolloinnissa hiiren ja näppäimistön yhdistelmällä on myös havaittavissa eroavaisuuksia ohjelmien välillä. Molemmat ohjelmat antavat toki käyttäjälleen mahdollisuuden muokata näppäinasetukset oman maun mukaan, mutta tässä työssä arvioidaan ja käytetään niin sanottuja tehdasasetuksia. Blenderissä pikanäppäin löytyy jokaiselle tarpeelliselle toiminnolle mallinnustyössä. Kaikille toimintoille ei tietenkään riitä näppäimistöä omaa pikanäppäintä mutta tämän ongelman Blender on ratkaissut pikanäppäinten ketjutuksella. Blenderin jokaisessa valikossa on miltei kaikkien toimintojen nimestä alleviivattu kirjain joka osoittaa sen toiminnon aktivoivan pikanäppäimen. (Kuvio 10.) Tämä helpottaa merkittävästi pikanäppäinten opettelua, sillä ne ovat aina näkyvissä. Blenderin edistyksellinen tapa käyttää pikanäppäimiä nopeuttaa ohjelman käyttöä vähentäen hiirellä tähtäilyn määrää merkittävästi.



**Kuvio 10.** Blenderin tehokkaat valikot.

3ds Maxissa pikanäppäimiä on asetettu harvoille toiminnoille, joita mallinnuksessa tarvitaan. 3ds Maxin käyttöliittymä painottuu muutenkin vahvemmin hiiren puolelle, näppäimistön jäädessä vähemmälle käytölle. Monet toiminnot täytyy hakea komentopaneelista työalueen ulkopuolelta hiirellä, mikä hidastaa työskentelyä. Myöskään valikoissa ei juuri näy pikanäppäimiä toiminnoille. Osalle toiminnoista on asetettu pikanäppäin mutta niistä ei kerrota käyttäjälle käyttöliittymässä. Pikanäppäimiä opetellakseen joutuu käyttäjä menemään ohjelman asetuksiin niitä opiskelemaan. 3ds Max on pyrkinyt vähentämään hiirellä toimintojen poimimista komentopalkista lejuvalla valikolla, joka saadaan esiin hiiren oikealla korvalla työalueen päällä. (Kuvio 11.) Tässä valikossa ei kuitenkaan ollut tilaa kaikille toiminnoille, ja näin joissain työvaiheissa valikko on täysin hyödytön.





**Kuvio 11.** 3ds Maxin leijuva valikko.

Ohjelmien optimoinnin tasossa on havaittavissa eroa. Mallituksen yksityiskohtien määrän kasvaessa polygonien pohjaton lukumäärä aiheuttaa tavallisella pöytäkooneella suorituskyvyn merkittävän heikkenemisen. Tässä tilanteessa nousee esiin 3ds Maxin pidemmälle viety optimointi suhteessa Blenderiin. 3ds Maxin toiminta on Blenderiä sulavampaa korkean polygonimäärän omaavan mallin parissa työkenneltäessä.

## 4.2 Koulutus

Suomen ammattikorkeakouluissa 3ds Max on vakiotyökalu, mitä 3D-grafiikkaan tulee. Blenderiä opetetaan tällä hetkellä vain muutamassa ammattikorkeakoulussa, näitä ovat esimerkiksi Lahden ammattikorkeakoulu ja Helsingin Haaga-Helia. Tämä johtuu pitkälti vallitsevasta mielipiteestä, ettei Blenderiä ainakaan toistaiseksi mielletä ammattikäyttöön soveltuvaksi 3D-ohjelmaksi. Pokkeuksen sääntöön tekevät pienet yritykset, joiden käyttöön Blender sopii erinomaisesti.

3ds Maxin käyttöä opetetaan lukuisissa oppilaitoksissa maailmanlaajuisesti. Suomessa ohjelman käyttöön perehdytetään muun muassa Seinäjoen, Tampereen ja Vaasan ammattikorkeakouluissa. Autodesk tarjoaa opiskelijoille suunnattua kolmen vuoden lisenssin varaista versiotaan 3ds Maxista ilmaiseksi. Tämä versio pitää sisällään kaikki toiminnot ja ominaisuudet, jotka löytyvät ohjelman täydestä versiostakin. Opiskelijaversioiden lisenssi tosin evää ohjelman käytön kaupallisessa tarkoituksessa. (Autodesk 2015f.)

Blender yhteisö tarjoaa kaiken kattavasti koulutusta useilla eri verkkosivustoilla. Roosendaal on pannut merkille puutteet Blenderin nykyisessä dokumentaatiomenetelmässä. Ohjelman vauhdikas kehitys on selkeä syy siihen, ettei ohjeistus uusiin ominaisuuksiin ja työkaluihin pysy ajan tasalla. (Roosendaal 2014.)

Blenderin käyttö ja sen opiskelu on usealle täysin oma-aloitteinen projekti. Oppimateriaali tähän urakkaan on ammennettava internetistä, sillä ohjelman mukana ei tule ohjekirjaa missään muodossa. Blender -yhteisö on perustanut Blenderille omistetun wiki-sivuston, johon on koottu kattavasti tietoa ohjelmasta. Tämä onkin oivallinen paikka aloittaa opiskelu. Toinen vaihtoehto on hypätä suoraan jollekin monista tutoriaaleja tarjoavista sivustoista ja oppia tekemisen kautta. Näitä sivustoja ovat esimerkiksi Blenderartists, Blender Guru ja BlenderNation.

3ds Maxin opiskelu omatoimisesti on myös mahdollista ja opiskelijoille ilmaista. Autodeskin omien sivustojen tutoriaalien lisäksi apua löytyy muun muassa YouTube-palvelun kanavalta Autodesk 3ds Max Learning Channel. Kattavampaan ja laadukkaampaan 3ds Maxin oppimateriaaliin pääsee kuitenkin käsiksi vain maksullisilla sivustoilla, kuten Lynda ja Digital-Tutors. Näiltä sivuilta löytyy myös laadukasta oppimateriaalia Blenderin käytön opiskeluun, mikäli on valmis siitä maksamaan.

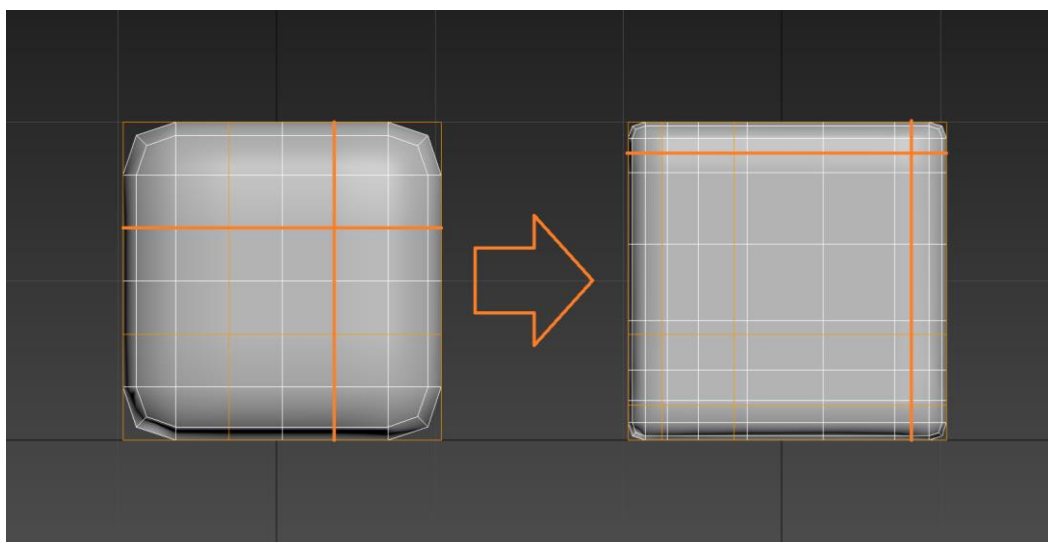
### **4.3 Työnkulku**

Ohjelmien välillä ei työnkulussa ilmene suuria eroja. Marginaaliset erot syntyvät käyttöliittymien eroavaisuuksista. Blenderin ylivertainen pikanäppäinjärjestelmä nopeuttaa työskentelyä, samalla ohjelman optimoinnin hieman hidastaessa sitä työn

loppuvaiheessa. 3ds Max loistaa suorituskyvyllään, mutta ontuu näppäimistön tehokkaassa hyödyntämisessä.

Työvaiheet molemmissa ohjelmissa suoritettiin samassa järjestyksessä, eikä siltä osin kummassakaan ohjelmassa ole kritiikin aihetta. Laatikkomallinnuksen periaatteita noudattaen, mallinnustyö alkaa suurimmista muodoista ja siirtyy suuremmista kohti pienempiä yksityiskohtia työn edetessä. Viimeisessä vaiheessa mallinnusta keskitytään kulmien pyöristykseen ja mallin kokonaisvaltaiseen viimeistelyyn, jolloin esimerkiksi kaarevat pinnat saavat lopullisen sileän muotonsa.

Viimeistelyvaiheessa Blenderissä toteutetun mallin silotteluun käytettiin Subdivision Surface Modifier-toimintoa, jonka luomat alipinnat saavat aikaan sileämpiä kaarevia pintoja. 3ds Maxin ominaisuuksien kavalkadista TurboSmooth Modifier sai aikaan vastaavan lopputuloksen. Molemmissa tapauksissa ominaisuuden käyttöönoton jälkeen mallien tekniselle ulkonäölle ominaisten terävien kulmien palauttaminen niille kuuluville paikoille vaatii huomiota. Haluttu lopputulos saadaan aikaan siirtelemällä mallin kulmien läheisyydessä olevia sivuja risteäviä sivuja pitkin tai vaihtoehtoisesti lisäämällä uusia sivuja lähemmäs kulmaa. (Kuvio 12.)



**Kuvio 12.** Kulmien käsittely.

#### 4.4 Tuotetuki ja -kehitys

Kaupallisen 3ds Max ohjelman ehdoton myyntivaltti on sen kattava tuotetuki. Autodesk tarjoaa Subscription-asiakkailleen muun muassa henkilökohtaista apua ongelmatilanteissa. Autodeskin mukaan myös viralliset jälleenmyyjät ovat velvollisia tarjoamaan tuotetukea käyttäjille. Avun saaminen voi kuitenkin viedä vaihtelevan määrän aikaa. Näiden lisäksi on mahdollista hakea apua ja neuvoja virallisilta foorumeilta. Foorumeilta apua ongelmiin voi saada ohjelman kehittäjiltä, sekä toisilta käyttäjiltä. Foorumeilta vastauksia etsivä saattaa löytää hakemansa nopeammin. Korkeammat yrityksille suunnatut Subscription-tasot tarjoavat kuitenkin nopeampaa palvelua ja jopa puhelinpalvelun ongelmien ratkaisuun. (Autodesk 2015i.)

Avoimen lähdekoodin Blenderillä ei kaupallisen ohjelmiston tavoin ole virallista tuotetukea. Tässä kohtaa Blenderin käyttäjistä muodostuva yhteisö tulee apuun. Blenderartist-foorumin käyttäjät ovat jopa perustaneet ongelmatilanteita varten Blender Skype Support Desk-palvelun, jossa vapaaehtoisesti mukaan ilmoittautuneet käyttäjät auttavat toisia käyttäjiä ongelmatilanteiden ratkaisussa. Tuotetukea on siis tarjolla myös avoimen lähdekoodin puolella, mutta sen laadusta ei voida antaa minkäänlaisia lupauksia. Näin ollen avoimen lähdekoodin tuotetukea ei voida verrata kaupalliseen. (Blenderartists 2015.)

Blender kehittyi nopeasti, sillä siitä puuttuu vielä useita ominaisuuksia, jotka Autodesk on jo implementoinut esimerkiksi 3ds Maxiin. Avoimen lähdekoodin parissa työ on helpompaa, koska kaupallisten ohjelmien toimintoja voidaan vapaasti kopioida. Kaupallisten ja etenkin uusien ohjelmien kehittäjien täytyy aloittaa tyhjältä pöydältä. Tämä aikaa vaativa prosessi aiheuttaa merkittäviä kehityskustannuksia. (Hakala & Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1999, 149.)

Blenderin nopeaan kehitykseen vaikuttaa myös sen aktiivinen käyttäjäyhteisö, joka esittää toivomuksia mahdollisista lisäyksistä ohjelmaan tulevaisuudessa. Roosendaalin mukaan Blenderiä kehitetään sen käyttäjille, eli jo olemassa olevalle käyttäjäkunnalle. Blenderiin päivityksien myötä tulleet muutokset ovat nykyisten käyttäjien toiveiden mukaisia. Roosendaal haluaa rohkaista käyttäjiä keskustelemaan oh-

jelman kehittäjien kanssa, jotta vauhdikkaan ohjelmistokehityksen myötä Blenderistä tulisi entistäkin parempi. Nykyisellä kehitysmenetelmällä Blender pysyy mitä todennäköisimmin käyttäjiensä suosiossa, mutta sen käytön opiskelu uudelle käyttäjälle saattaa olla haastavaa. (Roosendaal 2014.)

3ds Max saa osakseen päivityksiä tasaista tahtia, kaupalliselle suuryritykselle ominaiseen tapaan. Autodesk tarjoaa asiakkailleen subscription-palvelun, jonka kautta käyttäjä saa kaikki päivitykset automaattisesti koko asiakkuutensa ajan. Subscription-palvelun myötä Autodesk tarjoaa asiakkailleen myös ladattavia kursseja ohjelmiston opiskeluun. (Autodesk 2015c.)

## 5 CASE

Tässä luvussa käydään yksityiskohtaisesti läpi CASE-mallinnuskohteet ja niiden mallintamisen toteutustavat. Niissä tilanteissa kun eroja ohjelmien välillä ilmenee, käydään molempien ohjelmien menettelytavat läpi erikseen. Mallinnuskohteiden ulkonäkö poikkeaa toisistaan, mutta kohteet kuitenkin sisältävät samoja elementtejä mallinnuksen kannalta näin mahdollistaen ohjelmien vertailun.

### 5.1 Taustatiedot

Projektien esikuvina käytettiin historiallisia saksalaisia sotakoneita toisen maailmansodan ajalta. Blenderissä sähköisen kolmiulotteisen muodon sai Panzerkampfwagen VI ”Tiger”. (Kuvio 13.) 3ds Maxissa toteutetun projektin esikuvana on Panzerkampfwagen VI Ausf. B eli Tiger II tai Königstiger. (Kuvio 14.)



**Kuvio 13.** Panzerkampfwagen VI, 131 (Forces War Record).

Molempien projektien esikuvat löytyvät fyysisesti Iso-Britannian eteläosassa sijaitsevan Bovingtonin panssarimuseon kokoelmasta. Tarkkoja teknisiä piirustuksia näistä historiallisista sotakoneista ei avoimesti internetin välityksellä ole saatavilla, joten mallinnukset pohjautuvat suurimmaksi osaksi lukuisiin valokuviin. Referenssikuvien kokoamisvaiheessa löytyi muutamia heikkolaatuisia piirroksia vaunuista etu-, sivu- ja yläkuvakulmasta, mutta huonon laadun takia niitä hyödynnettiin vain suurimpien muotojen hahmotteluun.

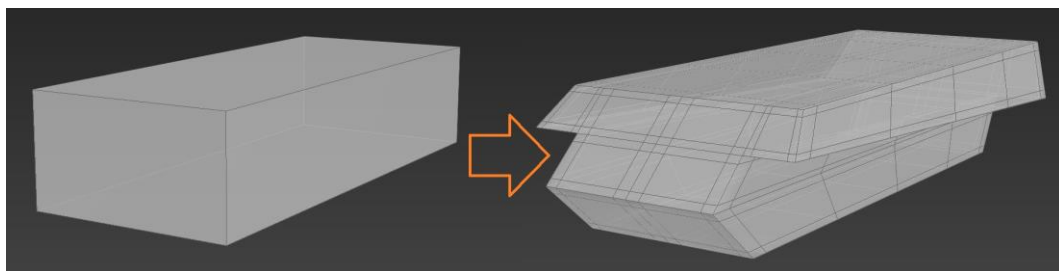


**Kuvio 14.** Panzerkampfwagen VI Ausf. B, 104 (Yarm MC).

## 5.2 Mallinnusprosessi

Mallinnusprosessin havainnollistamisen apuna käytetään kuvia 3ds Maxissa toteutetusta projektista Tiger II. Havainnollistamisen yhtenäistämiseksi vaihekuvia esitetään vain 3ds Maxissa toteutetusta projektista. Lopullisia tuloksia esitellään myös Blenderissä toteutetusta projektista Tiger.

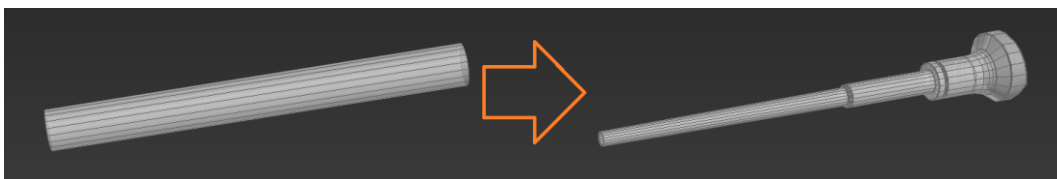
Mallinnustyö etenee laatikkomallinnuksen periaatteita mukaillen, joten ensimmäisenä mallinetaan vaunun suurin osa, eli runko. Runkoa mallinettaessa käytetään laatikkoprimitiiviä, johon lisätään muotoilun edetessä tarvittava määrä polygoneja halutun muodon saavuttamiseksi. (Kuvio 15.) Vaunujen pääpiirteiden ollessa symmetrisiä käytettiin Symmetry-toimintoa mallinnustyön helpottamiseksi, tällöin elementistä täytyy mallintaa vain toinen puoli.



**Kuvio 15.** Runko laatikko primitiivistä.

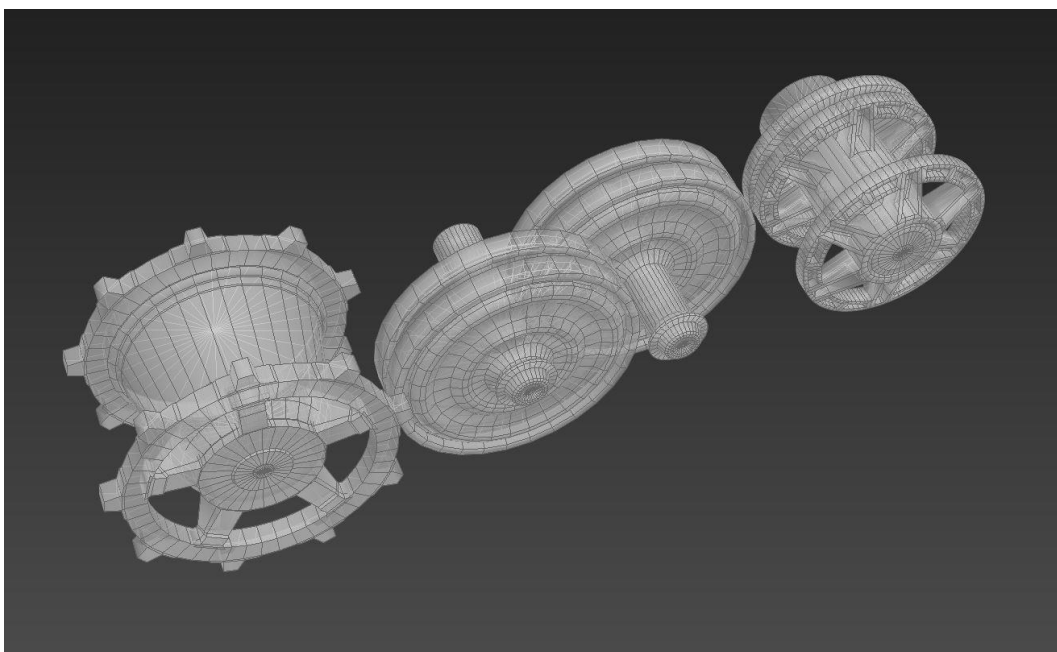
Samaa menetelmää hyödynnetään myös tornia mallinettaessa. Blenderin osalta mallinnus poikkeaa siten, että laatikko primitiivin sijaan käytetään tornin siluettia paremmin myötäilevää sylinteri primitiiviä. Sylinteriä lähtökohtana käyttäen saa muotonsa myös vaunun pääaseena toimiva panssarikanuuna. (Kuvio 16.)





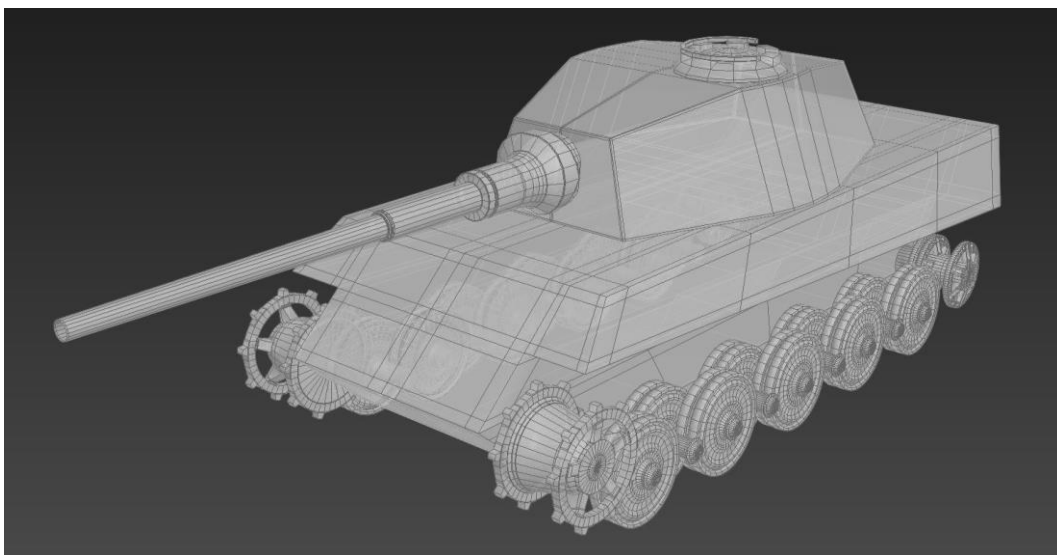
**Kuvio 16.** Panssarikanuuna sylinteri primitiivistä.

Sylinteri toimii perustana myös tiepyörien mallinnuksessa. Vetopyörä ja kääntöpyörä ovat tiepyöriä monimutkaisempi. Nämä vaunun etu- ja takapäissä olevat pyörät koostuvat putki ja sylinteri yhdistelmästä joissa keskiön muodostavat sylinterit ja ulkokehät putki primitiivit. Hammaspyörien suunnittelussa on syytä heti alusta alkaen ottaa huomioon sivujen määrä, näin vältetään myöhemmissä vaiheissa vaikeuksilta hammasjaon kanssa. (Kuvio 17.)



**Kuvio 17.** Neljä pyörätyyppiä.

Nämä kaikki vaunuille ominaiset pääpiirteet saadaan aikaan yksinkertaisia primitiivejä lisäämällä tarvittava määrä polygoneja. Näitä polygoneja muokataan pääasiassa komennoilla extrude, bevel, inset ja bridge sekä tietenkin siirtelemällä polygoneja, sivuja ja kärkiä. Kun suurimmat muodot on saatu aikaan, voidaan keskittyä pienempiin yksityiskohtiin. (Kuvio 18.)

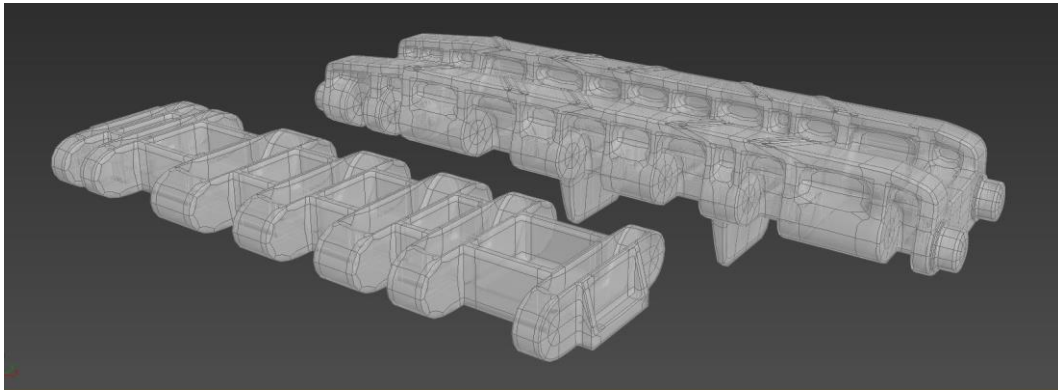


**Kuvio 18.** Karkea mallinnus valmiina.

Telojen ja vaijereiden mallinnuksessa käytettiin poikkeuksellisesti NURBS-käyriä. Käyrämallinnus on erinomainen apu sulavien muotojen mallinnuksessa. Vaikka telan osat ovatkin jäykkiä, muodostaa niiden ketju sulavan muodon pyörien ympärille. 3ds Maxissa Path Constraint-toiminnon avulla lukuisat kopioidut telan kappaleet asetettiin seuraamaan niille osoitettua NURBS-käyrää. (Kuvio 20.) Blenderissä mallinnetun vaunun tela on yksinkertaisempi. Kahden erityyppisen kappaleen sijasta yhden tyyppisen telakappaleen jonosta muodostuva tela toteutettiin Array-toiminnolla, joka seuraa NURBS-käyrää.

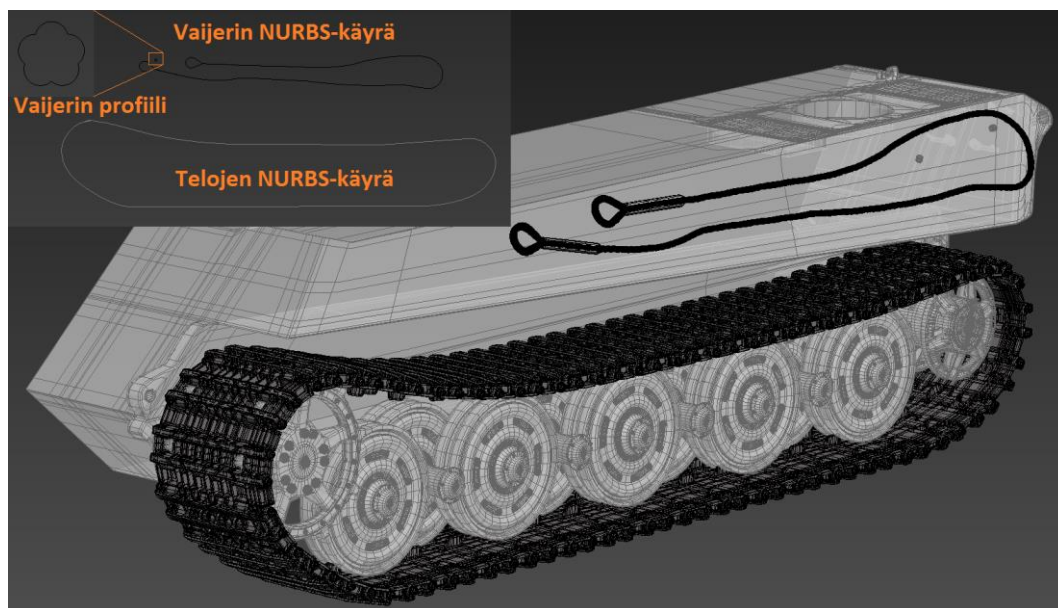
Telaketjun muodostavat kaksi osaa ovat mallin monimutkaisimmasta päästä. Niitä mallinnettaessa on otettava telan kokonaismitta ja rattaiden hammasjako huomioon.

Tämän lisäksi niiden muodossa on vielä merkittävä määrä yksityiskohtia, joiden täytyy kaikkien osua kohdalleen muiden kosketuksissa olevien osien kanssa. (Kuvio 19.)



**Kuvio 19.** Telaketjun muodostavat kaksi osaa.

Vaijerin toteutus on todella helppoa. Tarvitaan vain profiili ja NURBS-käyrä, jotka yhdistämällä muodostavat vaijerin. Kierre vaijeriin saadaan NURBS-käyrän Twist-toiminnolla. Tämän jälkeen mallinnettavaksi jää enää sylintereistä ja putken puolikkaista muovatut vahvikkeet vaijerin päissä. (Kuvio 20.)



**Kuvio 20.** NURBS-käyrien käyttö.

Toistuvia osia varten on hyvä luoda niin kutsutut master -kappaleet. Nämä kontrollikappaleet voivat olla vaikka täysin irrallaan varsinaisesta mallinnuksesta. CASE-mallinnuksissa esimerkiksi erimalliset pultit toistuvat kymmeniä, jopa satoja kertoja mallissa. Näissä tilanteissa master -kappaleen kopiointi instanssimuodossa nopeuttaa ja helpottaa työskentelyä. Pultteja voi esimerkiksi skaalata objektitasolla käyttökohteeseen sopivaksi, mutta objektin alatasoilla tehdyt muutokset master kappaleeseen muuttaa kaikkien siitä kopioitujen instanssien muotoa.

Konehuoneen ilmanvaihtokanavien päällä ovat verkot koostuvat myös toistuvista kuvioista. 3ds Maxissa tämän tyyppinen verkko on todella helppo toteuttaa käyttäen Create Topology- ja Editable Spline -toimintoja. Näistä toiminnoista ensimmäinen luo taso objektin kärkien ja sivujen perusteella Editable Spline -objektin, jonka ominaisuuksien arvoja muuntelemalla haetaan haluttu muoto verkolle. Blenderissä verkoissa toistuva silmukka mallinnettiin kerran, minkä jälkeen muotoa toistettiin Array-toiminnolla kunnes riittävän kokoinen verkko muodostui.

Pienempiin yksityiskohtiin siirryttäessä samat laatikkomallinnuksen menetelmät ja työtavat pätevät edelleen, mittakaava vain pienenee. Kaikkia pieniä yksityiskohtia

ei tarvitse kappaleen kylkeen muotoilla sen omasta topologiasta. Pienemmät yksityiskohdat voidaan luoda erillisinä objekteina, jolloin ne voidaan niin haluttaessa myöhemmin liittää toiseen objektiin Attach-toiminnolla. Yksityiskohtien lisäämistä voi jatkaa miltei loputtomiin. Mutta kuten monessa muussakin projekteissa, tulee tämänkin projektin osalta aikaraja vastaan.

Lopulliset mallit esitetään samankaltaisella jalustalla neljän spotin valaistuksessa. 12 kuvaa renderöitiin samoista kuvakulmista molemmista malleista, joista on esimerkit dokumentissa. (Kuvio 21., Kuvio 22.) Kaikki kuvat ovat työn liitteenä (LIITE1, LIITE2). Materiaaleihin kiinnitettiin vain siinä määrin huomiota, että eri-näiset yksityiskohdat nousevat paremmin esille.



**Kuvio 21.** Blenderissä toteutettu Tiger, 131.

Blenderissä toteutettu Tiger koostuu liki puolestatoista miljoonasta polygonista. 3ds Maxin Tiger II murskaa tämän lukeman ohjelman ilmoittaessa mallin koostuvan yli seitsemästä ja puolesta miljoonasta polygonista. Tämä tuli pienenä yllätyksenä, sillä lopputuloksen tarkkuus ei silmämääräisesti juuri poikkea toisistaan.

3ds Maxin TurboSmooth-toiminto on helppo ja nopea tapa lisätä mallinnukseen tarkkuutta, mutta samalla se luo ylimääräisiä polygoneja objektin tasaisille pinnoille missä tarkkuutta ei tarvita. Polygonien lukumäärä on kasvanut räjähdysmäisesti, kun kaikkiin mallinnuksen osiin on lisätty kyseinen toiminto. Blenderissä ei ole TurboSmooth-toiminnon kaltaista funktiota. Lähimmäksi tätä toimintoa päästään Blenderissä käyttämällä Subdivision Surface Modifier -toimintoa ja lisäämällä manuaalisesti polygoneja niihin osiin mallia missä niitä tarvitaan. Tässä menetelmässä turhien polygonien määrä pysyy huomattavasti alhaisempana.



**Kuvio 22.** 3ds Maxissa toteutettu Tiger II, 104.

### 5.3 Päätelmät

Projektissa käytettiin pääasiassa polygonipohjaisia mallinnustekniikkoja. Sekä Blenderissä että 3ds Maxissa laatikkomallinnustekniikan soveltui parhaiten CASE-mallien toteutukseen. Poikkeuksena olivat vaijerit ja telat, jotka toteutettiin osittain NURBS-käyrien avulla.

Ohjelmien käytön perusteet voi sisäistää kolmessa kuukaudessa. Oppimiskäyrä jatkuu kuitenkin loiventuen vielä vuosia tämän ajan jälkeen. Ohjelmistojen kokonaisuuden täydellinen hallinta etenkin 3ds Maxin osalta vaikuttaa utopistiselta tavoitteelta. Kummankaan ohjelman täydellistä hallintaa tuskin odotetaan keneltäkään. 3D-tuotannossa onkin erikoistuneita artisteja, jotka omalla osa-alueellaan hallitsevat työkalunaan käyttämänsä ohjelman kaikki toiminnot.

Työnkulku Blenderissä ja 3ds Maxissa ei merkittävästi poikkea toisistaan. Pitkään Blenderissä toteutetun projektin parissa työskenneltyäni 3ds Max vaikutti alkuun hankalalta ja monimutkaiselta. 3ds Maxin käyttöliittymä ei anna riittävästi vinkkejä käyttäjälleen, kun taas Blenderin miltei jokaisessa toiminnossa kaikissa valikoissa on osoitettuna pikanäppäin kyseiselle toiminnolle. Toisaalta jälkimmäisenä 3ds Maxissa toteutetun projektin jälkeen, huomaan olevani Blenderin käyttöliittymän kanssa vaikeuksissa sinne palatessa. Merkittävimmät erot löytyvätkin käyttöliittymistä, niiden elementtien sijoittelusta ja toiminnoista, pikanäppäimistä ja niiden puutteesta.

Molemmilla ohjelmilla saadaan kuitenkin aikaan hienoja lopputuloksia. Samankaltaiset elementit voidaan toteuttaa vaivatta molemmissa ohjelmissa. Poikkeuksena muutamat hienostuneet toiminnot, joita Blenderistä ei löydy, mutta nämäkin ongelmatilanteet on kyetty ratkaisemaan Blenderissä yksinkertaisemmilla työkaluilla. Voidaankin sanoa että ohjelmilla saadaan aikaan samantasoista jälkeä, edellyttäen että artistilta löytyy riittävät taidot ohjelman hallintaan.

3ds Max on kuitenkin huomattavasti monipuolisempi ohjelma Blenderiin nähden. 3ds Maxissa on monia toimintoja varten kehitetty erityinen työkalu, jonka avulla työskentely tehostuu. Blender loistaa pitämällä asiat yksinkertaisina ja käyttöliittymän tehokkaana.

Mitä mallinnukseen tulee, jäi Blenderistä tehokkaamman työkalun vaikutelma. 3ds Maxilla on hienot ominaisuutensa ja hankaluutensa, mutta Blender tuntuu tasaisen tehokkaalta työkalulta, kun sen käyttöliittymä on hallinnassa. Tämä korostui CASE-mallinuksissa, joidenka toteuttamiseen ei tarvita monimutkaisia menetelmiä.

Opinnäytetyön toteutukseen varattiin viisisataa työtuntia. Projektiaikataulu ylittyi kuitenkin suunnitelmasta poiketen 5,56 %, eli 28 tuntia. Pelkästään mallinnustyöhön ja samanaikaiseen ohjelmien opiskeluun kului 448 tuntia. Kirjallinen osuus valmistui kahdessa viikossa, toisin sanoen 80 tunnissa. Työtä ei suinkaan toteutettu yhtäjaksoisesti, vaan projekti jakaantui yhden vuoden ja kolmen kuukauden mittaiselle ajanjaksolle.



## 6 YHTEENVETO

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön prosessi alkoi ohjelmistojen itsenäisestä opiskelusta jatkuen osittain samanaikaisesti toteutetuilla CASE-mallinnuksilla. Viimeiseksi työvaiheeksi jäi näin ollen kirjallisen osuuden toteuttaminen. Kvalitatiivisen, eli laadullisen menetelmän keinoin prosessi vietiin läpi onnistuneesti ja opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin.

Avoimen lähdekoodin Blenderiä ja kaupallista 3ds Maxia ei voida suoraan verrata toisiinsa. Ohjelmiana 3ds Max yhdistetään suoraan 3D-grafiikan tuotantoon. Sen käyttöä koulutetaan laajasti ympäri maailman ja sen käyttömahdollisuudet ja ominaisuudet vaikuttavat rajattomilta. Nykyisessä mittakaavassaan avoimen lähdekoodin Blender ei voi koskaan nousta suuren kaupallisen ohjelman rinnalle saati sen ohi. 3ds Max tarjoaa käyttäjälleen enemmän ominaisuuksia, mutta Blender pystyy suoriutumaan samasta tehtävästä tyylipuhtaasti ilman kaupallisen ohjelman hienoja toimintoja.

Ohjelmien omatoimiseen opiskeluun tarjotaan hyvät mahdollisuudet internetin välityksellä. 3ds Maxia koulutetaan lisäksi monissa oppilaitoksissa maailmanlaajuisesti. Myös Blenderin käyttöä koulutetaan oppilaitoksissa, mutta nämä laitokset ovat harvassa. Ero oppilaitoksista saatavan koulutuksen välillä ei oli niinkään suuressa merkityksessä, sillä nämä kurssit tarjoavat vain perusteet ohjelmien hallintaan. Ohjelmien kattavampi hallinta vaatii se omatoimista opiskelua.

”Kaikkea ei voi saada”, sanotaan. Vertailussa olevista ohjelmista voidaan kuitenkin poimia parhaat puolet. Mallinnuksen työkaluna molemmilla ohjelmilla on puolensa, mutta käyttöliittymän ominaisuudet kallistavat molempia ohjelmia hallitsevan artistin Blenderin puoleen. Kun mallinnus on saatu valmiiksi, voi projektin siirtää Blenderistä 3ds Maxin puolelle, missä voidaan hyödyntää 3ds Maxin laajaa materiaalikirjastoa, ylivertaista valaistustekniikkaa sekä sen kehittyneitä toimintoja mallin viimeistelyyn.

Benderillä on laajat käyttömahdollisuudet, joita suljetun lähdekoodin ohjelmat eivät voi koskaan saavuttaa. Blender sopii erinomaisesti artisteille, jotka eivät tarvitse

3D-grafiikan viimeisimpiä innovaatioita. Blender ei monilta osin toistaiseksi yllä 3ds Maxin tasolle. Tämä ei tosin ole ohjelman kehittäjien tavoitteenakaan.

3ds Max on selkeästi ohjelmista kehittyneempi, mikä ei sinänsä tule yllätyksenä sen taustalla pyörivän massiivisen koneiston ansiosta. 3ds Max pysyy 3D-grafiikan veitsen terällä ja sen kattava tuotetuki huolehtii käyttäjistään ongelmatilanteissa. Autodesk panostaa jatkuvasti ohjelmiensa uusien ominaisuuksien kehitykseen, siksi 3ds Max tulee aina sisältämään uusia ominaisuuksia kauan ennen kuin ne ovat saatavilla Blenderiin.

Suurelta osin havainnot pohjataan satojen tuntien työkokemukseen ja omatoimiseen ohjelmistojen käytön opiskeluun, sekä oppimateriaaliin jonka tarjoavat kyseessä olevien ohjelmistojen kehittäjät. Tutkimuksessa käytettiin kuitenkin myös kolmansien osapuolien oppimateriaalia. Kattava teoriaosuus sisältäen käyttöliittymien, toimintojen ja työmenetelmien kuvaukset luovat hyvän pohjan varsinaiselle tutkimustyölle. Tutkimuksen tuloksia vahvistavat luotettavat lähteet, jotka valittiin opinnäytetyön tueksi. Nämä luotettavat lähteet ovat peräisin ohjelmistojen kehittäjien, ohjelmistoja käyttävien ammattilaisten ja ohjelmia tutkineiden kirjailijoiden julkaisuista. Kun empiirisen osan tutkimustulokset perustuvat pääosin yhden henkilön kokemuksiin, on kyseenalaista ovatko tutkimustulokset käyttökelpoisia. Tästä huolimatta tutkimuksesta jää vahva vaikutelma siitä, että mahdollisissa rinnakkaisissa tutkimuksissa tultaisiin useilta osin samoihin lopputuloksiin.

Tutkimuksen tulokset ovat yleisesti päteviä laatikkomallinnus tekniikan piirissä. Kattava tutkimustyö ja perustellut tulokset osoittavat tutkimuksen pätevyuden. Tulokset saattavat olla kuitenkin työnkulun osalta erilaisia, jos valitaan mallinnustekniikaksi jokin muu kuin laatikkomallinnus. Ohjelmistojen kehittäjien julkaisuja sekä heidän tarjoamaa oppimateriaalia luotettavampaa lähtökohtaa tutkimustyölle saa hakea. Ei pidä myöskään väheksyä kolmansien osapuolien tarjoamaa oppimateriaalia, joka on myös alan ammattilaisten tuottamaa. Ohjelmien työnkulku on suurilta osin identtinen ja malleissa toistuvat elementit vastaavat toisiaan, näin ollen tutkimustyö on hyvinkin johdonmukainen.

## LÄHDELUETTELO

3D Shapes.org. 2015. Faces, Edges & Vertices explained for 3D Shapes. Viitattu 26.9.2015. <http://3dshapes.org/faces-edges-a-vertices-explained-for-3d-shapes.html>

Autodesk Inc. 2011. MAXScript Introduction. Viitattu 24.9.2015. <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/14/ENU/MAXScript%20Help%202012/>

Autodesk Inc. 2013. Polygons or NURBS Surface Objects? Viitattu 30.9.2015. [http://download.autodesk.com/global/docs/softimage2013/en\\_us/userguide/index.html?url=files/cloth\\_GettingSetUpforUsingCloth.htm,topicNumber=d30e252517](http://download.autodesk.com/global/docs/softimage2013/en_us/userguide/index.html?url=files/cloth_GettingSetUpforUsingCloth.htm,topicNumber=d30e252517)

Autodesk Inc. 2015a. 2-Rail Sweep Surface. Viitattu 30.9.2015. <http://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-DD3B220A-7D44-4C55-A274-002F25976D04-htm.html>

Autodesk Inc. 2015b. About Autodesk Backburner. Viitattu 24.9.2015. <http://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/troubleshooting/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Installation-3DSMax/files/GUID-F6732A30-821C-4547-9FAA-E46BCA13392A-htm.html>

Autodesk Inc. 2015c. Autodesk Subscription. Viitattu 24.9.2015. <http://www.autodesk.fi/subscription/overview>

Autodesk Inc. 2015d. Company. Viitattu 24.9.2015 <http://www.autodesk.com/company>

Autodesk Inc. 2015e. Corporate-info. Viitattu 24.9.2015. <http://www.autodesk.com/company/newsroom/corporate-info>

Autodesk Inc. 2015f. Education: Downloads 3DS MAX. Viitattu 26.10.2015. <http://www.autodesk.com/education/free-software/3ds-max>

Autodesk Inc. 2015g. History of Autodesk 3ds Max. Viitattu 24.9.2015. <http://area.autodesk.com/maxturns20/history>

Autodesk Inc. 2015h. iRay renderer not supporting caustics. Viitattu 5.10.2015. <http://forums.autodesk.com/t5/3ds-max-3ds-max-design-general/iray-renderer-not-supporting-caustics/td-p/4201299>

Autodesk Inc. 2015i. Support Offerings. Viitattu 8.10.2015. <http://www.autodesk.com/support-offerings/overview>

Blenderartists.org. 2015. Join the BlenderSkype Support team! Viitattu 8.10.2015. <http://blenderartists.org/forum/showthread.php?108207-Join-the-BlenderSkype-support-team!>

- CG Cookie Inc. 2015. Blender Internal vs Cycles. Viitattu 5.10.2015. <https://cgcookie.com/image/blender-internal-vs-cycles/>
- Forces War Record. 2015. Tiger. Viitattu 26.10.2015. <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/fwr-blog/live/p1010293.jpg?w=679&h=190&crop=1>
- Hakala, V., Kurki-Suonio, J., Kurki-Suonio, K. 1999. Linux, yrityksen avoin vaihtoehto. Helsinki. Edita.
- Matossian, M. 2002. 3D Studio MAX Trainer. Jyväskylä. Edita.
- Nvidia Corporation. 2015. DirectX 11 Tessellation. Viitattu 5.10.2015. <http://www.nvidia.com/object/tessellation.html>
- Puhakka, A. 2008. 3D-grafiikka. Helsinki. Talentum.
- Roosendaal, T., Selleri, S. 2004. The Official Blender 2.3 Guide. Amsterdam. Blender Foundation.
- Roosendaal, T. 2014. Blender Conference 2014. Viitattu 23.9.2015. <http://www.blender.org/conference/2014/presentations/125>
- Russel, E. 2014. Eliminate Texture Confusion: Bump, Normal and Displacement Maps. Viitattu 1.10.2015. <http://blog.digitaltutors.com/bump-normal-and-displacement-maps/>
- Slick, J. 2015a. 3D Defined – What is 3D. Viitattu 26.9.2015. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/3d-Defined-What-Is-3d.htm>
- Slick, J. 2015b. 7 Common Modeling Techniques for Film and Games. Viitattu 30.9.2015. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Introduction-To-3d-Modeling-Techniques.htm>
- Slick, J. 2015c. Anatomy of a 3D model. Viitattu 26.9.2015. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Anatomy-Of-A-3d-Model.htm>
- Slick, J. 2015d. Surfacing 101 – Creating a UV Layout. Viitattu 1.10.2015. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Surfacing-101-Creating-A-UV-Layout.htm>
- Slick, J. 2015e. Surfacing 101 – Texture Mapping. Viitattu 1.10.2015. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Surfacing-101-Texture-Mapping.htm>
- Slick, J. 2015f. What is rendering? Viitattu 26.9.2015. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Rendering-Finalizing-The-3d-Image.htm>
- wiseGEEK. 2015. What is 3D Modeling? Viitattu 30.9.2015. <http://www.wise-geek.com/what-is-3d-modeling.htm#didyouknowout>

Yarm MC. 2015. King Tiger. Viitattu 26.10.2015. [http://www.yarmmotoreyclub.co.uk/Gallery/Bovington Tank Museum/King Tiger.jpg](http://www.yarmmotoreyclub.co.uk/Gallery/Bovington_Tank_Museum/King_Tiger.jpg)

## **LIITTEET**

**LIITE 1.** 12 renderöityä kuvaa projektista Tiger.

**LIITE 2.** 12 renderöityä kuvaa projektista Tiger II.

