

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Media-alan koulutusohjelma

Janita Kiiskinen

3D-TULOSETTU FIGURIINI KALEVALA-KANSALLISEEPOKSESTA

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Lokakuu 2020**  
**Media-alan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä  
Janita Kiiskinen

Nimeke  
3D-tulostettu figuriini Kalevala-kansalliseepoksesta

**Tiivistelmä**

3D-mallintaminen ja -tulostaminen ovat lisääntyneet mediassa ja niiden osaamista tarvitaan jo yrityksissä. Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on kertoa aloittelijalle 3D:n historiasta, käyttötarkoituksista ja antaa ohjeita, kuinka 3D-mallintaminen -ja tulostaminen tehdään. Opinnäytetyössä käsitellään Kalevalaa, veistosten historiaa, 3D-mallintamista, 3D-tulostamista ja niiden käyttöä. Opinnäytetyössä selvitetään, kuinka aloittelija valmistaa figuriinin alusta loppuun.

Opinnäytetyön tietoperusta koostuu verkkolähteistä ja kirjallisuudesta. Tietoperustaa on hyödynnetty toiminnallisessa osuudessa 3D-mallin suunnittelemisessa, mallintamisessa ja tulostamisessa.

Toiminnallisessa osuudessa esitetään 3D-mallintamista ja tulostamista ihmisille, jotka eivät sitä koskaan ole kokeilleet. Toiminnalliseen osuuteen on koottu ohjeita aloittelijalle ja lisäksi kerrotaan 3D:n periaatteista. Tuotoksena valmistuneen figuriinin tekoprosessi julkaistiin videona YouTubessa.

Kieli  
suomi

Sivuja 39  
Liitteet 2  
Liitesivumäärä 2

**Asiasanat**

3D, 3D-mallintaminen, 3D-tulostaminen, Kalevala, figuriini, veistokset



**THESIS**  
**October 2020**  
**Degree Programme in Media**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author  
Janita Kiiskinen

Title  
3D Printed Figurine Based on the Kalevala National Epic

**Abstract**

3D modeling and printing have increased in the media and the expertise in them is already needed in companies. The aim of this thesis was to present the basics of the history of 3D, the uses of and the instructions for 3D modeling and printing. The thesis deals with the Kalevala, the history of sculptures, 3D modeling, 3D printing and how to use them. The thesis explains how a beginner would make a figurine from start to finish.

The knowledge base of the thesis consists of online sources and literature. It was utilized in the functional part of designing, modeling, and printing a 3D model.

The functional section presents 3D modeling and printing for people who have never tried it. It includes instructions for beginners and explains the principles of 3D. The process of making the figurine was posted as a video on YouTube.

Language

Finnish

Pages 39

Appendices 2

Pages of Appendices 2

Keywords

3D, 3D modeling, 3D printing, Kalevala, figurine, sculptures

# Sisältö

Sanasto.....	5
1 Johdanto .....	7
2 Kalevala .....	7
2.1 Kalevalan synty.....	7
2.2 Kalevalaan vaikuttaneet osapuolet .....	8
2.3 Kalevalan eri taidemuodot lyhyesti .....	9
2.4 Kalevalan markkinointi.....	10
3 Veistokset kulttuurissa .....	10
3.1 Veistosten lyhyt historia .....	10
3.2 Veistosten kulttuurillinen merkitys historiassa.....	11
3.3 Veistokset nykyaikana .....	12
3.4 Figuriinit .....	12
4 3D-mallintaminen .....	14
4.1 3D-mallintamisen lyhyt historia .....	14
4.2 3D-mallintaminen.....	14
5 3D-tulostaminen.....	15
5.1 3D-tulostamisen historia .....	15
5.2 3D-tulostamisen käyttötarkoitukset .....	17
6 3D-mallintamisen periaatteet .....	18
7 Opinnäytetyön toteutus .....	19
7.1 Aiheen valinta .....	19
7.2 Hahmojen ulkonäkö .....	20
7.3 Menetelmän valinta.....	21
7.4 3D-mallintaminen.....	21
7.5 3D-tulostaminen.....	27
7.6 Figuriinin maalaaminen.....	28
7.7 Lopputulos .....	31
8 Pohdinta.....	32
Lähdeluettelo .....	34

## Liitteet

- Liite 1 ZBrushin hyödylliset pikanäppäimet aloittelijalle
- Liite 2 Linkki opinnäytetyön videoon

## **Sanasto**

### **3D**

3D eli kolmiulotteinen asia, jolla on leveyttä, pituutta ja syvyyttä. Lyhenne tulee englannin kielestä (three dimensional) (MediaCollege 2020).

### **3D-malli**

Matemaattinen näkymä asiasta, jota voi katsella 3D-näkymässä eri puolilta (Rouse 2016).

### **3D-mallintaminen**

Tekniikka tietokonegrafiikassa minkä tahansa esineen tai pinnan kolmiulotteisen näkymän tuottamiseksi (Petty 2020).

### **3D-mesh**

Kolmiulotteisen mallin polygoneista muodostuva rakenteellinen verkosto (Rouse 2020).

### **3D-tulostin**

Laite, joka tulostaa virtuaalisen mallin fyysiseksi esineeksi. Tulostusmateriaaleina voidaan käyttää nauhoihin tai kasetteihin asetettuja materiaaleja. (Flynt 2020.)

### **CAD**

Lyhenne tulee englannin kielestä (computer-aided design). Tietokoneavustetun suunnittelun avulla käyttäjä pystyy valmistamaan erilaisia malleja ilman matemaattisia ponnisteluja. (Ponce 2019.)

### **Dynamesh**

Työkalu ZBrush 3D-ohjelmassa. Dynameshin avulla käyttäjä voi lisätä polygoneja työhönsä ilman ponnisteluja. (Pixologic 2020.)

### **FDM**

Lyhenne tulee englannin kielestä (fused deposition modeling). 3D-tulostustekniikka. (Varotsis 2020.)

### **Figuriini**

Pieni patsas, jonka aiheena on usein ihminen, fiktiivinen hahmo, eläin tai joukko hahmoja. Figuriineja voidaan valmistaa monista eri materiaaleista. (Wikipedia 2020a.)

### **Fotopolymeeri**

3D-tulostamisessa käytettävä materiaali (Wikipedia 2020b).

### **NURBS**

Pintojen ja käyrien valmistamisessa käytettävä matemaattinen malli. Lyhenne tulee englannin kielestä (non-uniform rational B-spline). (Wikipedia 2020c.)

**Polygoni**

Geometriaa, jonka avulla voi luoda kolmiulotteisia malleja (Autodesk 2015).

**PureRef**

Esimerkkikuvien esillepanoa varten valmistettu ilmainen tietokoneohjelma (PureRef 2020).

**Resoluutio**

Kertoo millaisella laatutasolla ja yksityiskohdilla 3D-malli on valmistettu (Formlabs 2020).

**Retopologia**

Työprosessi, jonka avulla helpotetaan 3D-mallin jälkityöskentelyä (Blender 2020).

**Skulptata**

3D-mallinnus tekniikka, joka käyttää samoja periaatteita kuin kuvanveistäminen (Pixologic 2020).

**SLA**

3D-tulostustekniikka, joka hyödyntää lasereita kovettaakseen materiaalin. Lyhenne sanasta stereolitografia. (All3DP 2019.)

**SLS**

Monimutkainen 3D-tulostustekniikka. Lyhenne tulee englannin kielestä (selective laser sintering). (Greguric 2019.)

**Subtool**

Työkaluvalikossa esiintyviä erillään olevia polygoni objekteja (Pixologic 2020).

**Tutoriaali**

Tiedon siirtämisen menetelmä, joka on sisällöltään runsaampi ja tarkempi kuin kirja tai luento. Usein tutoriaalilla viitataan videoihin. (Wikipedia 2020d.)

**UV mapping**

Työprosessi, jonka avulla luodaan 3D-mallille päällinen mitä voi maalata yksityiskohtaisesti ja se voidaan siirtää helposti ohjelmien välillä (Wikipedia 2020e).

**ZBrush**

3D-veistohjelma, jonka avulla pystytään luomaan erittäin yksityiskohtaisia 3D-malleja. Elokuva -, ja pelialoilla yleisesti käytetty. (Pixologic 2020.)

**ZSphere**

ZBrushin työkalu, jonka avulla voi helposti luoda hahmolle rungon ja asennon (Pixologic 2020).

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee 3D-mallintamisen ja tulostamisen periaatteita figuriinin tekemistä varten. Opinnäytetyön tarkoitus on antaa yksinkertaiset ohjeet 3D-mallintamisesta figuriinia varten ilman aikaisempaa kokemusta. Figuriinin aiheena on osa Kalevala-kansalliseepoksen tarinasta. Opinnäytetyö on taiteellinen tuotanto, joka antaa taustatietoa ja perusteita 3D:stä, veistosten historiasta ja figuriinin aiheesta. Figuriinilla halutaan tuoda Suomen kulttuuria ja Kalevalaa nykypäivän teknologian avulla esille.

Ensimmäiseksi opinnäytetyössä kerrotaan figuriinin aiheen eli Kalevalan taustasta ja historiasta, jonka jälkeen siirrytään veistosten historian kulkuun. Ennen toiminnallista osuutta käydään läpi sekä 3D-mallintamisen, että tulostamisen historiaa ja käyttötarkoituksia. Opinnäytetyön toiminnallinen osuus koostuu 3D-mallin luomisesta, tulostamisesta ja maalaamisesta. Toiminnallisessa osuudessa annetaan myös ohjeita aloittelijalle, kuinka 3D-mallintaminen tehdään figuriinin tulostamista varten. Opinnäytetyössä keskitytään 3D-mallintamisen ja -tulostamisen tekniseen toteutukseen. Kareliassa media-alalla on luotu aiemmin 3D-mallintamiseen liittyviä opinnäytetöitä, mutta ensimmäistä kertaa tässä työssä käsitellään 3D-mallintamista ja -tulostamista.

## 2 Kalevala

### 2.1 Kalevalan synty

Varsinainen kiinnostus kansanrunoihin ja muinaisuskoihin sai alkunsa Suomessa, kun vuonna 1809 siirryttiin pois Ruotsin vallan alaisuudesta Venäjän autonomiaksi. Yhä tuolloin voimassa ollut Turun akatemia (perustettu vuonna 1640) keräsi kiinnostusta suomalaisilta ja ulkomaalaisilta kirjailijoista tutkijoihin. Turun akatemiassa heräsi mielenkiinto kulttuurin tutkimiseen ja väitöskirjoja

suomalaisesta kansanrunoudesta ja muinaisuskosta alkoi ilmestyä. (Pentikäinen 1989, 29 - 31.)

Lönnrot oli nuoresta pojasta lähtien kiinnostunut uuden oppimisesta ja köyhästä taustasta huolimatta pääsi opiskelemaan Turun akatemiaan vuonna 1822. Lönnrot opiskeli monia kieliä ja kulttuureja ja sai myös kiinnostuksen Suomen historiaan ja kansanrunoihin. Hän väitteli itsensä maisteriksi ja tohtoriksi suomen kansanrunouteen ja muinaisuskoihin liittyvillä väitöskirjoilla. Lönnrot kuitenkin aloitti kansanrunojen keräämisen pääosin harrastuksena, sillä hän työskenteli vuosia piirilääkärin apulaisena ja itse piirilääkärinä. Lääkärin työstä oli apua runojen keräämisessä, sillä Lönnrot pystyi matkoillaan potilaiden luokse keräämään runoja. Hän toimi lääkärinä vuodesta 1832 vuoteen 1853, kunnes sitten ryhtyi Helsingin yliopiston suomen kielen ja kirjallisuuden professoriksi. (Pentikäinen 1989, 89 - 92.)

Lönnrot työskenteli lääkärin työn ohella Kalevalan kirjoittamisen ja tiedonhaun parissa monia vuosia alkaen vuodesta 1828. Hän sai valmiiksi Vanhan Kalevalan vuonna 1835. Lönnrot kuitenkin koki Vanhan Kalevalan olevan keskeneräinen ja ryhtyi kirjoittamaan Uutta Kalevalaa, joka julkaistiin vuonna 1849. Uusi Kalevala tunnetaan nykypäivänä paremmin pelkästään nimellä Kalevala. (Pentikäinen 1989, 41 - 43.)

Lönnrot lisäsi alkuperäisiin runoihin omia säkeitään yhdistääkseen runot ymmärrettävästi. Runojen muokkaaminen kuitenkin aiheutti kiistaa kirjailijoiden ja tutkijoiden parissa. Monet kyseenalaistivat, voidaanko Kalevala luokitella eepokseksi vai onko se vain kaunokirjallisuutta muokkaamisen takia. Lönnrotin suuri työpanos tarkan esitutkinnan suorittamisessa ja vain muutaman prosentin oman tekstin lisääminen Kalevalaan osoittivat sen kuitenkin kuuluvan tietokirjalliseksi julkaisuksi. (Pentikäinen 1989, 41-43.) Kalevala sai suurta suosiota jopa kansainvälisesti sen julkaisemisen jälkeen ja tähän päivään mennessä siitä on tehty 59 käännöstä (Kalevalaseura 2019).

## **2.2 Kalevalaan vaikuttaneet osapuolet**



Osa Kalevalan runojen on arvioitu olevan noin 3 500 vuoden takaisia ja ne ovat saaneet vaikutteita eri kulttuureista metsästysretkien, siirtolaisten ja eri valtakausien myötä. (Pentikäinen 1989, 111 - 115.) Lönnrot keräsi runot Karjalan alueelta erilaisilta runonlaulajilta, jotka olivat perineet runot sukupolvelta toiselle. Runoihin oli ehtinyt ennen niiden kokoamista vaikuttaa katolilainen uskonto ja monet tulkitsivat runoelmat uskonnollisina. Samanismia ja myyttejä ajateltiin 1700–1800-luvulla pakanallisina kristinuskon saavuttua pohjoiseen. (Pentikäinen 1989, 108 - 109.) Myytit ja šamaanisuus näkyvät Kalevalassa loitsuina, ihmisestä eläimeksi muuntautumisena ja luonnon mystifioimisena. Kristinuskon piirteitä voidaan esimerkiksi havaita kaikkivaltiaan tyyppisessä ylijumalassa Ukossa. Kalevalan myyttiset runot ovat myös aseteltu kristinuskon juonen mukaisesti maailman luomisesta pyhiin hahmoihin. Kristinuskon ilmestymistä Kalevalan runoihin epäillään myös lähetystyön propagandaksi, mutta siitä ei voida olla täysin varmoja. (Pentikäinen 1989, 26-27, 198, 245 - 264.)

### **2.3 Kalevalan eri taidemuodot lyhyesti**

Kalevalan runoista on luotu taideteoksia ja esityksiä sen synnystä lähtien. Monet taiteilijat ovat luoneet Kalevalasta omia näkemyksiään taulujen ja veistoksen kautta. (Kalevalaseura 2020.) Nykypäivänä Kalevalaa hyödynnetään hyvin moderneissakin teoksissa esimerkiksi suomalaisen Amorphis-heavybändi yhtyeen sanoituksissa sekä ulkoasussa (Heikura & Kumpula 2016).

Monenlaisissa näytelmissä ja teatterissa on myös käsitelty Kalevalaa eri näkökulmin (Kalevalaseura 2020). Energiajuomia valmistavan yrityksen Red Bullin Helsingissä järjestettävissä mäkiauto kisoissa on useana vuotena ollut nähtävissä Kalevala ja Suomen mytologiaan liittyviä mäkiautoja.

Kalevala on suuren suosion vuoksi saanut monia näkökulmia ja kuvituksia kautta aikojen. Suomen historia on alkanut herättää kiinnostusta nuorisossakin muiden kulttuurien mytologioiden suosion noustessa mediassa esimerkiksi skandinaavisessa mytologiassa esiintyvä ukkosenjumala Thor. (Pöntinen 2013.)

## 2.4 Kalevalan markkinointi

Kalevalan ja suomalaisten mytologioiden markkinointi niiden suosiosta huolimatta on jäänyt vajaaksi. Suomalaisia mytologioita olisi mahdollista tuoda tunnetuksi jopa kansainvälisellä tasolla. Esimerkiksi maailmankuulu peli ja -kirjasarja Witcher hyödyntää tarinankerronnassaan eurooppalaisia mytologioita. Aiemmin pimentoon jääneet mytologiat ovat saaneet kansainvälistä mielenkiintoa ja tuoneet esille eri kansallisuuksien kulttuureja. (Clark 2019.)

Kalevalasta ja Suomen muista kansanuskoista olisi mahdollista tuottaa samankaltaisesti viihdettä. Teoksissa ei tarvitse välttämättä mennä täysin kansantarujen mukaisesti kuten Witcherissä vaan niitä voitaisiin hyödyntää osana tarinaa. Sarjojen, elokuvien tai pelien myötä oheistuotteiden myynti mahdollistuisi. Oheistuotteiden myynti tuotti esimerkiksi Disneylle vuonna 2018 54,7 miljardia dollaria (Vlessing 2019). Oheistuotteiden myymisellä voidaan tavoittaa laaja valikoima asiakkaita. Tuotteita voidaan valmistaa pelien, elokuvien tai kirjojen hahmoista mihin tarkoitukseen tahansa.

## 3 Veistokset kulttuurissa

### 3.1 Veistosten lyhyt historia

Vanhimmat löydetyt ihmistä muistuttavat veistokset ovat Leijonamies ja Willendorfin Venus. Leijonamies on arvioitu olevan tehty noin 40 000 vuotta sitten ja Willendorfin Venus 24 000–26 000 vuotta sitten. Molempien teosten käyttötarkoituksia ja merkityksiä on pohdittu ovatko ne rituaaleissa käytettyjä vai symbolisia artefakteja. (Gascoigne 2020.)

Asiantuntijat uskovat, että veistoksia valmistettiin puisina kivisten veistosten ohella. Puisia veistoksia ei ole mahdollista löytää maaperästä niiden nopean lahoamisen takia. Yleisemmin veistokset kaiverrettiin eläinten luihin, kiviin tai kalkkikiveen. (Gascoigne 2020.) Egyptissä 3100 eaa. alkaen luotiin ensimmäisiä

tyylisuuntaukseltaan selkeästi tunnistettavia veistoksia. Egyptiläiset veistäjät suosivat yksinkertaisia muotoja, kuvakulmia ja kuvasivat johtajat jumalaisina. Egyptiläisten tyyllisuuntaus jatkui tuhansia vuosia. (Gascoigne 2020.)

Erilaisia tyyllisuuntauksia veistoksissa alkoi ilmestyä mantereille. Veistosten suosio kasvoi ympäri maailmaa. Kuitenkin tunnetuimpia veistoksista ovat kreikkalaiset 500–400 luvulta eaa. Kreikkalaisten veistokset kuvasivat ihmistä realistisesti asentojen ja vartalon suhteen. Teokset valmistettiin kivistä tai pronssista. Veistosten haluttiin kuvaavan ihmisen kehon ylitseampuvaa kauneutta ja täydellisyyttä. Useimmat hahmot kuvattiin alasti. Veistoksissa painotettiin realismia ja dramaattisia asentoja. (Nichols 2003.)

Kristinuskon saavuttua Eurooppaan veistoksia valmistettiin arvostamaan jumalia. Ne säilyttivät yhä realistisen tyyllisuuntauksen, mutta veistosten aiheet muuttuivat synkemmiksi. Monet teokset kuvastivat kohtauksia Raamatusta, esimerkiksi Jeesuksen ristiinnaulitsemista. Samanaikaisesti kun Euroopassa veistokset kehittyivät, Aasiassa hinduismi ja buddhalaisuus lisäsi veistäjien kysyntää. (Gascoigne 2020.)

### **3.2 Veistosten kulttuurillinen merkitys historiassa**

Veistoksilla oli lukuisia kulttuurillisia merkityksiä. Niillä voitiin viestittää kansalaisille haluttuja arvoja ja johtajien valtaa. Veistokset toimivat viestinä haudoissa jumalille kuoleman jälkeiseen elämään. Useat veistokset sisälsivät symboleja, joilla voitiin viestiä joko katsojalle tai jumalille haluttu sanoma. Jokaisessa uskonnossa veistoksiin oli kätkeytyneenä monimuotoisia symboleja. Individuaalisissa kulttuureissa teosten viestit sisälsivät enemmän taiteilijan henkilökohtaisia symboleja, jopa taiteilijan itse huomaamatta. (Rogers 2020.)

Veistosten symboliikka pystytään ymmärtämään vuosisatoja jopa tuhansia vuosia eteenpäin. Niiden avulla pystytään kuljettamaan tahdottu sanoma eteenpäin ilman sanoja. Veistokset kestävät paremmin kuin taulut tai kirjat ja pysyvät haluttaessa paikoillaan vankasti. Pronssi ja kivi ovat erittäin kestävästä materiaalista ja säilyvät ehjinä lähes loputtomasti. (Rogers 2020.)

Veistokset myös houkuttelevat ihmisiä matkustamaan ympäri maailmaa katsomaan niiden ulkomuotoa ja jäävät usein ihmisten mieleen pysyvästi. Esimerkiksi Yhdysvalloissa Vapaudenpatsas tunnetaan sen oikeudenmukaisuuden viestittäjänä ja yhdistetään välittömästi maahan. (Rogers 2020.)

### **3.3 Veistokset nykyaikana**

Veistokset ovat menettäneet antiikin Kreikan aikaista arvostustaan ja toimivat tänä päivänä enemmän koristeina. Veistoksia voidaan tuottaa massatuotantona halvalla ilman vaativaa käsityötä. Niillä voidaan koristaa puistoja ja kaupunkien katuja. Ennen laajalti arvostettu kuvaveistäjän työ uhkaa hävitä pienen palkan ja vaativan osaamisen takia. Perinteisestä käsityöstä siirrytään teknologian avulla syntyviin teoksiin ja liikkuviin teoksiin esimerkiksi kineettisiin veistoksiin. (Rogers 2020.)

Ongelmana veistoksen ostamisessa nykypäivänä on niiden korkea hinta ja säänkestävän materiaalin löytäminen. Kivi ja pronssi kestävät säätä, mutta ne ovat liian kalliita yrityksille. (Natri 2013.) Modernit veistokset usein jäävät katsojalta ymmärtämättä ilman erillistä selitystä, joten niiden kysyntä vähentyy. Hyvin yksityiskohtaiset työt vaativat korkeamman hinnan, jota ostaja ei ole valmis maksamaan. (Day 2017.)

### **3.4 Figuriinit**

Figuriinit ovat lähtöisin veistoksista ja tarkoitukseltaan ovat samanlaisia, mutta nykyisin figuriinit kuitenkin yhdistetään peleistä, elokuvista ja animesta valmistettuihin pienoiveistoksiin. Ne ovat yleisimmin valmistettu muovista ja käsinmaalattu, vaikka niitä voidaan myös tuottaa automatisoiduissa tehtaissa linjastolla. (Orsini & Lyu & Fung 2019.) Kuvassa 1 esimerkki japanilaisesta figuriinista. Jalusta on eri kuin alkuperäisessä figuriinissa.



Kuva 1. Esimerkki japanilaisesta figuriinista.

Figuriinit ovat suosittuja keräilykohteita ja ihmiset arvostavat käsitöin valmistettuja figuriineja. Japani on hyvin tunnettu laadukkaista figuriineistaan ja keräilijät ovat valmiita maksamaan satoja euroja ja jopa kymmeniä tuhansia teoksista. (Nippon 2015.) Japani on tuotoiltaan maailman suurin pelien ja lelujen tuottaja (Grand View Research 2019). Figuriinien hintaan vaikuttaa niiden tekijä, teoksen yksityiskohtaisuus ja koko. Teoksen yksityiskohtaisuus ja koko vaikuttavat siihen, kuinka kauan teosta kestää tehdä. Tekijän suosio ja taito tehdä korkealaatuisia figuriineja lisää teoksiin hintaa.

Jokaisella yrityksellä, joka valmistaa figuriineja on oma tyylinsä, joka yhdistetään yritykseen. Tietyn lisenssin omaavat yritykset esimerkiksi Marvelille ovat ainoita, joilla on lupa tuottaa laillisesti kyseisestä aiheesta figuriineja. Yhden figuriinin suunnittelemiseen ja valmistamiseen voi mennä jopa vuosia, kun kaikki yksityiskohdat, asento ja materiaali ovat saatu päätettyä. Useimmat japanilaiset figuriinit ovat käsinmaalattuja taatakseen yksityiskohtien korkean laadun. (Orsini ym. 2019.)

## 4 3D-mallintaminen

### 4.1 3D-mallintamisen lyhyt historia

1960-luvulla tietokoneiden kehityksessä 3D-mallinnusohjelmia alkoi ilmestyä kaupallisella tasolla. Ivan Sutherland julkaisi vuonna 1963 kehittämänsä käyttöliittymän SketchPadin. (Ufo3D 2020.) SketchPadin avulla käyttäjä pystyi piirtämään piirtokynällä haluamansa kuvan tietokonenäytölle, joka tallentui suoraan tietokoneelle. Käyttöliittymää pidetään nykyisin CAD-ohjelmien esi-isänä.

3D-mallintaminen alkoi saada suosiota ja 1970-luvulla yhtiöt ryhtyivät tarjoamaan erilaisia 3D-ohjelmistoja. SketchPadin julkaisemisen jälkeen 3D-mallintaminen lähti jyrkkään nousuun, ja yhtiöt alkoivat hyödyntämään 3D-malleja mainonnassa ja tuotesuunnittelussa. (Prus 2016.)

Ilmaisten 3D-ohjelmien, kuten Blenderin avulla, tavan kansalaiset pystyivät opettelemaan 3D-mallintamista kotona. Blender 3D-mallinnusohjelma julkaistiin vuonna 2002. Blender on edelleen ilmainen ohjelma, jota jokaisen käyttäjän on mahdollisuus parannella avoimella lähdekoodilla. (Blender 2013.)

### 4.2 3D-mallintaminen

3D-mallintamisohjelmat toimivat tietokoneavusteisen suunnittelun avulla. Tietokone tekee käyttäjän puolesta kaiken matemaattisen ja geometrisen puolen. Käyttäjä näkee luomansa objektin ruudulla ilman matemaattisia ponnisteluja. CAD-ohjelmistojen kehittäminen nopeutti käyttäjien mallintamisprosessia, sillä enää käyttäjien ei tarvinnut asettaa koordinaatteja luodakseen 3D-malleja. (All3DP 2020.)

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytetään yleisimmin kolmenlaista tekniikkaa: solid, wireframe ja surface-mallintamista. Solid-mallintaminen hyödyntää yksinkertaisia muotoja mallintamisessa eikä vaadi käyttäjältä

pitkäaikaista opettelua. Solid-mallintamista käytetään yleensä hyvin tarkoissa mutta yksinkertaisissa 3D -malleissa, jotka ovat mahdollisia toteuttaa teollisesti. (All3DP 2020.)

Wireframe-mallintamisella voidaan saada aikaiseksi erittäin yksityiskohtaisia 3D-malleja. Wireframe-mallintaminen on yleisimmin käytetty peli- ja elokuva-aloilla. Wireframe hyödyntää verteksi pisteiden verkostoja tuodakseen esille muotoja. 3D-mallin koko määräytyy sen mukaan, kuinka paljon mallissa on polygoneja eli kolmioita. Usein 3D-mallit voivat koostua miljoonista polygoneista, mutta esimerkiksi pelialoilla on tarkasti määritellyt rajoitukset polygonien määrälle. Liian suuret polygonimäärät aiheuttavat ongelmia pelattavuudessa niiden aiheuttaman raskaan prosessoinnin ja laiterajoitusten takia. (All3DP 2020.) Surface-mallintaminen on erittäin monimutkainen ja tarkkuutta vaativaa mallintamista. Sitä käytetään yleisimmin teollisuudessa esimerkiksi autojen tai lentokoneiden suunnittelussa. (All3DP 2020.)

3D-mallinnusohjelmissa on erilaisia matemaattisia malleja 3D-mallin esittämiseksi esimerkiksi polygonaalinen ja NURBS. Polygonaalinen malli esittää 3D-mallin verteksipisteiden avulla. Polygonit koostuvat vertekseistä, edgeistä ja faceista. Ne muodostavat polygoni-meshin, kun monta erillistä polygonin facea ovat yhdessä. NURBS 3D-malli antaa käyttäjälle mahdollisuuden luoda vähän tilaa vaativia pintoja, joita käytetään esimerkiksi elokuvissa, peleissä ja teollisessa suunnittelussa. (Autodesk 2016.)

## **5 3D-tulostaminen**

### **5.1 3D-tulostamisen historia**

Virallisesti 3D-tulostaminen alkoi vasta vuonna 1980, mutta jo 1800-luvulla vuonna 1859 ranskalainen valokuvaveistäjä Francois Willeme kehitti ensimmäisen 3D-skannaustekniikan kuvaamalla yhtäaikaan 24 kameralla objektia. Hieman myöhemmin keksijä Joseph E. Blather valmisti vuonna 1892

konseptiltaan tänäkin päivänä käytetyn kolmiulotteisen topografisen kartan, joka käyttää kerrostamistekniikkaa. (Dormehl 2019.)

Nykypäivän 3D-tekniikan perustat lähtevät kuitenkin Hideo Kodaman vuonna 1981 tekemästä nopeasta prototyyppijärjestelmästä, joka käyttää fotopolymeerejä tulostusmateriaalina. Valitettavasti Hideo Kodama ei ehtinyt patentoida ja myydä keksintönsä. (Greguric 2018.) Ranskassa samanaikaisesti Jean-Claude André, Olivier de Witte, ja Alain le Méhauté kehittivät 3D-tulostinta, joka kovettaisi materiaalin lasereiden avulla. He eivät kuitenkaan saaneet patenttia keksinnölleen ilman asianmukaista rahoitusta vuonna 1984. (Greguric 2018.)

Melkein heti perään kolme viikkoa myöhemmin Charles Hull haki patentin stereolitografialle. Stereolitografian avulla suunnittelijat voivat valmistaa tulostettavan 3D-mallin syöttämällä digitaalista dataa tulostimeen. Stereolitografian tulostusmateriaalina on akryylipitoinen aine nimeltä fotopolymeeri, joka kovettuu siihen osuessa UV-valolaserilla. (Greguric 2018.)

Charles Hullin yhtiö valmisti myöhemmin vuonna 1986 maailman ensimmäisen SLA-tekniikan, jonka avulla pystyy tulostamaan monimutkaisia osia kerroksittain lyhyessä ajassa. Vuonna 1987 Carl Deckard kehitti vaihtoehtoisen SLS-tekniikan 3D-tulostamiseen. SLS-tekniikka kovettaa irtonaisen jauheen nestemäisen tulostusmateriaalin sijaan. S. Scott Crump ja Lisa Crump suunnittelivat ja patentoivat uuden tulostustekniikan FDM:n vuonna 1989. FDM-tekniikassa sulatetaan ja kerrostetaan polymeerifilamentti substraatille 3D-objektin luomiseksi. FDM-tekniikka on kaikista yksinkertaisin ja yleisimmin käytetty tekniikka SLA:sta ja SLS:stä. Nämä tekniikat olivat kuitenkin alkuvaiheessa kehitystä ja tulostuksen jäljessä oli paljon korjattavaa. Tulostimet olivat myös liian kalliita kaupalliseen käyttöön. (Sculpteo 2020.)

2000-luvulla 3D-tulostimet alkoivat tulla mediassa enemmän näkyville ja kerätä suosiota. Tulostimien hinnat alenivat vuosi vuodelta ja erilaisia käyttötarkoituksia alkoi ilmetä. Vuonna 2004 Rep Rap Project tulosti 3D-tulostimella 3D-tulostimia. Lääketieteessä alettiin huomata 3D-tulostamisen hyödyt ja sillä pystyttiin



tulostamaan elimiä esimerkiksi munuaisia. Kuitenkin toimivat elinsiirrot eivät vielä ole mahdollisia toteuttaa. Ensimmäiset tekoraajat 3D-tulostettiin vuonna 2008, silloin myös huomattiin 3D-tulostamisen helppous osien tekemisessä, koska raaja pystyttiin tulostamaan yhtenäisenä palana ilman kokoamista. (Sculpteo 2020.)

FDM:n patentit tulivat yleiseen käyttöön vuonna 2009. Se mahdollisti uusien 3D-tulostimien ilmestymisen ja hintojen voimakkaan alenemisen. 3D-tulostimet tulivat enemmän kuluttajille esille ja jokainen pystyi omistamaan tulostimen halutessaan. (Sculpteo 2020.)

## **5.2 3D-tulostamisen käyttötarkoitukset**

3D-tulostaminen on monelta kannalta hyödyllinen terveysaloilla. Potilaille voidaan tulostaa mittatilaustyönä proteeseja ja tarvittavia kehonosia esimerkiksi korvia tai ihoa omista soluista. Omista soluista mittatilauksena valmistettu implantti hylkii potilasta pienemmällä todennäköisyydellä. (Nutma 2019.) 3D-tulostin nopeuttaa tarvittavien osien ja laitteistojen saantia. Tilattavien osien saapuminen sairaaloille voi viedä viikkoja. Tulostamalla tarvikkeet voidaan saada saman päivän aikana. (AMFG 2020.)

3D-tulostin antaa mahdollisuuden tulostaa erittäin monimutkaisia osia, joita ei olla ennen samalla tarkkuudella pystytty valmistamaan. Tulostaminen ei myöskään tuota ylimääräistä jätettä tulostusprosessin aikana verrattuna tehdastuotantoon. (FDA 2017.) Tulostetut osat pystytään myös steriloimaan nopeasti (Nutma 2019).

Lentoyhtiöt ovat huomanneet tulostamisen nopeuden ja tarkkuuden hyödyt. Osat voidaan tulostaa kevyemmiksi ja rikkinäiset osat pystytään korjaamaan tulostamalla tulostusmateriaalia vain tarvittaviin kohtiin. Myös autoteollisuudessa osien suunnittelu ja tulostaminen voidaan hoitaa paikan päällä. Mahdolliset suunnitteluvirheet voidaan ottaa heti huomioon valmistuksessa ilman haittoja tuotantoketjuun. Teollisuudessa 3D-tulostamista käytetään myös prototyyppien valmistamiseen. (AMFG 2020.)

3D-tulostaminen yleistyy yrityksissä tulostimien hintojen pudotessa ja kouluttautuneiden käyttäjien lisääntyessä. Monipuoliset käyttömahdollisuudet ja uudistuvat tulostusmateriaalit mahdollistavat uusien innovaatioiden ilmestymisen. (AMFG 2020.) Melko uutena innovaationa espanjalainen yritys Narbon valmistaa polttohaudattujen ihmisten tuhkista esineitä sukulaisille. Asiakas voi päättää haluamansa esineen ja värin teokselle ja yritys tulostaa sen valmiiksi tuhkista. (Falco 2017.) Tällä hetkellä erilaiset muovit, metallit, hartsi ja puu ovat kuitenkin tunnetuimpia tulostusmateriaaleja (Übel 2020).

## 6 3D-mallintamisen periaatteet

3D-mallintamisessa on monta osapuolta, jotka täytyy ottaa huomioon 3D-mallia tehdessä. Peruseriaatteet 3D-mallintamisessa ovat kuitenkin lähes samat riippumatta ohjelmasta, jota käytetään. (Lampel 2019.)

Työn yksityiskohtaisuus riippuu sen käyttötarkoituksesta ja projektin budjetista esimerkiksi peliä varten tehdessä täytyy ottaa huomioon, onko tarkoitus lisätä yksityiskohdat tekstuureilla myöhemmin vai halutaanko ne mallintamalla. 3D-mallintamisessa on askeleita, joiden avulla kannattaa ryhtyä mallintamaan. (Lampel 2019.) Ihan ensimmäisenä tarvitaan aihe tai idea, jota ryhdytään työstämään. Kun on keksitty mitä halutaan tehdä, mallintaminen aloitetaan ensimmäiseksi isoista selkeistä muodoista, joiden avulla saadaan 3D-malliin pääpiirteet esille. (Designblendz 2019.)

Pääpiirteiden kokoamisen jälkeen ryhdytään vaiheittain lisäämään yksityiskohtia 3D-malliin riippuen siitä, mihin tarkoitukseen sitä tullaan käyttämään. Koko prosessin aikana on hyvin tärkeää katsoa referenssejä aiheesta, jota ollaan mallintamassa, jotta mittasuhteet pysyvät oikeina. Lopuksi tehdään tarvittavat viimeistelyt esimerkiksi 3D-tulostamista varten joidenkin kappaleiden yhdistäminen ja kiinnitystappien lisääminen. (Designblendz 2019.) Jos 3D-malli on tulossa käytettäväksi animaatioon tai peliin, tehdään retopologia ja UV-map hahmon maalaamiseksi. Retopologian avulla hahmon resoluutiota saadaan

pienemmäksi eikä se kuormita työskentelyä muissa vaiheissa esimerkiksi kasvojen animoimisessa. Kuviossa 1 on nähtävissä 3D-mallintamisen vaiheet selkeytettynä ensimmäisestä viimeiseen vaiheeseen.

1. Aiheen keksiminen	2. Pääpiirteiden asetteleminen	3. Yksityiskohtien lisääminen	4. Viimeistely	5. Tarvittaessa retopologian tai UV-mapin tekeminen
----------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------	---

Kuvio 1. 3D-mallintaminen vaiheittain.

## 7 Opinnäytetyön toteutus

### 7.1 Aiheen valinta

Suomalainen mytologia on erittäin mielenkiintoista ja paljastaa Suomen historiasta sekä kulttuurin kasvamisesta uudenlaisia puolia. Figuriinin aihe vaihtui aluksi monta kertaa. Ensimmäiseksi tarkoituksena oli tehdä Akseli Gallen-Kallelan taulusta Sammon ryöstö figuriini. Aihe vaihtui kuitenkin Kalevalasta löytyvään kohtaukseen missä Pohjolan emäntä Louhi lähettää karhun karjaa surmaamaan, mutta Väinämöinen saapuukin karhua vastaan ja houkuttelee tämän mukaansa, kunnes sitten surmaa karhun. Figuriini käsittelee kuitenkin surmaamista ennen tapahtuvaa hetkeä, kun Väinämöinen juttelee karhulle.

Kohtauksessa ilmenee suomalaiselle kulttuurille tärkeitä asioita. Väinämöinen on Kalevalan tunnetuimpia hahmoja ja hän on runoelmassa esillä alusta loppuun. Karhu on Suomen kansalliseläin ja sen juuret Suomen kulttuurissa vievät tuhansia vuosia taaksepäin. Karhua on kunnioitettu metsien jumalana ja onnen tuojana. Figuriinissa oleva metsikkö tuo esille, että kohtaaminen on Suomesta eikä esimerkiksi Norjan vuoristoilta. Metsän tuntumaa on lisätty sammaleilla, purolla ja kelohongalla. Kelohonka on Suomelle hyvin ominainen metsistössä, vaikka

mänty ei olekaan Suomen kansallispuu se on erittäin yleinen. Kelottuminen on mahdollista pohjoisessa, koska lahoaminen tapahtuu kylmässä hitaammin eikä se ole niin altis tuholaisille. Kelohonka on myös usein merkki hoitamattomasta metsästä, jonka on annettu kukoistaa luonnon omilla armoilla ilman ihmisen kosketusta.

Tahdoin figuriinin kuvastavan ennen aikaista kunnioitusta luontoa kohtaan. Figuriinissa Väinämöinen ja karhu ovat yhteisymmärryksessä matkaamassa eteenpäin Suomen metsikössä.

## 7.2 Hahmojen ulkonäkö

Väinämöisen vaatetukseen ja figuriinin ulkoasuun on otettu vaikutteita kansallisromantiikan maalaustaiteilijoiden Akseli Gallen-Kallelan ja Pekka Halosen teoksista. Väinämöisen vaatetukseen ja ulkonäköön otin mallia Akseli Gallen-Kallelan maalauksista. Halusin luoda teoksen samankaltaisella romanttisella ja realistisella tyyllillä kuin Kalevalaa on aiemmin kuvattu. Ihailen Akseli Gallen-Kallelan kykyä käyttää värejä ja sommittelua tauluissa. Halusin tuoda Kalevalaa esille jo tunnetulla tyyllillä ennen kuin kokeilen uudenlaista.

Vaatteiden suunnitteleminen aiheutti hieman ongelmia aluksi. Ensimmäiseksi mietin, lähdenkö samanlaisella tyyllillä vaatteen suhteen kuin Gallen-Kallela ja muut Kalevalasta taiteilleet vai kokeilenko uudenlaista näkökulmaa väreihin ja tyyliin. Päätin kuitenkin kokeilla ensin ottaa mallia tauluista, mitkä perustuvat Pohjois-Karjalassa ilmeneviin vaatetuksiin jo ennen Kalevalan kirjoittamista. Tauluissa on nähtävissä usein Väinämöisellä päähine ja joko tuohesta tai nahkasta tehdyt kengät. Koin nämä tärkeäksi lisätä teokseeni, koska ne ovat hyvin tunnistettavia vaatekappaleita Kalevalan hahmoja varsinkin Väinämöistä kuvaillessa. Päähinettä kutsutaan nykyisin Väiski-kalottilakiksi tai patalakiksi ja se on nimetty Väinämöisen mukaan (Mansikka 2018). Paidan ja housut halusin mahdollisimman käytännöllisen näköisiksi ja niihinkin otin mallia jo olemassa olevista Väinämöisen kuvauksista.

Väinämöinen kuvataan Kalevalassa vanhaksi ja hieman epäsiistin näköiseksi mieheksi. Samalla hahmo on kuitenkin jumalallinen ja voimakas. Näiden tuominen esille yhtä aikaa aiheutti haasteita. Vanhuuden tuntua lisäsin huonolla ryhdillä, hoikalla vartalolla ja ryppyisellä naamalla. Jumalallisuutta toin esille hienovaraisesti voimakkaalla parralla.

Karhusta halusin tehdä mahdollisimman realistisen, mutta säilyttää samalla maalauksellisen tyylin. Tahdoin figuriinin näyttävän kuin se olisi suoraan taulusta kopio. Karhun turkkiin lisäsin mahdollisimman paljon liikettä ja volyyymia. Halusin karhun näyttävän vahvalta, mutta samalla rauhalliselta. Karhu kävelee rauhallisesti eteenpäin katsoen ilman merkkejä aggressiivisuudesta Väinämöistä kohtaan. Karhun ulkonäköä varten etsin paljon kuvia karhuista ja niiden ruumiinrakenteesta. Tyyllillisesti yritin saada karhun näyttämään samalta kuin Väinämöinen.

### **7.3 Menetelmän valinta**

3D-mallintamisen opettelemisessa on omat kynnyksensä ja alku vaatii paljon tiedonhakua. 3D-mallintaminen on nykyisin vaadittava osaaminen useilla peli- ja elokuva-aloilla. Aloittelijoiden on kuitenkin vaikeaa saada tietää 3D:stä ja löytää taustatietoa ilman koulutusta. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda 3D-mallintamista ja -tulostamista paremmin esille asiasta kiinnostuneille ja antaa yksinkertaisia neuvoja aloittelijoille.

Valitsin 3D-mallintamisen ja -tulostamisen työhöni, koska halusin kehittyä projektin kautta 3D taidoissani. Figuriinin tekeminen kotona on myös itselleni täysin uusi asia ja se kiehtoi minua.

### **7.4 3D-mallintaminen**

3D-mallintamisen aloittaminen voi olla haastavaa ilman aiempaa kokemusta 3D:hen liittyvistä ohjelmista. Netistä löytyvien ohjeiden avulla pystyy kuitenkin opettelemaan tarvittavat pikanäppäimet ja työkalut ohjelmien opettelemiseksi. Suurin osa netistä löytyvistä ohjeista ja tutoriaaleista ovat englanniksi, joten

käytettävä 3D-ohjelma kannattaa asentaa englanninkielisenä helpottamaan tiedonhakuja. Itse 3D-mallintaminen on aikaa vievä prosessi, mutta ohjelma on nopeasti opittavissa.

Käytin pääosin 3D-mallin luomiseen 3D-mallinnusohjelmaa ZBrushia ja osittain Blenderiä. Ensimmäisenä 3D-mallin luomista varten on keksittävä aihe ja sen pohjalta etsiä esimerkkejä eli kuvia, joiden pohjalta on helppo luoda haluttu malli. Ilman esimerkkejä mallin mittasuhteet ja yksityiskohdat voivat jäädä aloittelijalla puutteellisiksi. Käytin sovellusta PureRef esimerkkikuvien helppoon esillepanoon. Se on ilmainen sovellus ladattavissa netistä, ja se on suunnattu ammattimaiseen käyttöön esimerkiksi media-aloille.

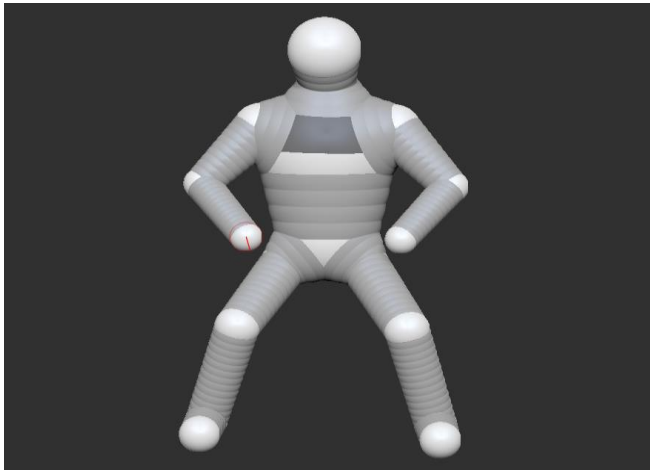
Aiheen valinnan ja esimerkkikuvien kokoamisen jälkeen kannattaa kirjata ylös 3D-ohjelman tärkeimmät pikanäppäimet ja työkalut. Tutoriaaleista löydetyt hyödylliset ohjeet ovat usein liian runsaita muistettavaksi kerralla, joten niiden kirjoittaminen muistiin helposti nähtäville nopeuttaa 3D-mallin luomisessa. ZBrushissa on useita brusheja skulptaamiseen (kuva 2), mutta tässä työssä hyödyllisimmät olivat clay buildup, standard brush, dam standard ja move.



Kuva 2. ZBrushin brush työkalut.

ZSpheren avulla pystyy nopeasti luomaan vartalon hahmoille (kuva 3) ja tekemään siitä asennon asettelemisen jälkeen Polymeshin skulptausta varten. ZSphereä itsessään ei ole tehty skulptattavaksi vaan sen avulla asetellaan hahmo haluttuun asentoon, sillä se on myöhemmin polygonien määrän

lisääntyessä erittäin hankalaa ainakin aloittelijalle. Vartalon voi luoda myös käyttämällä move-työkalua.



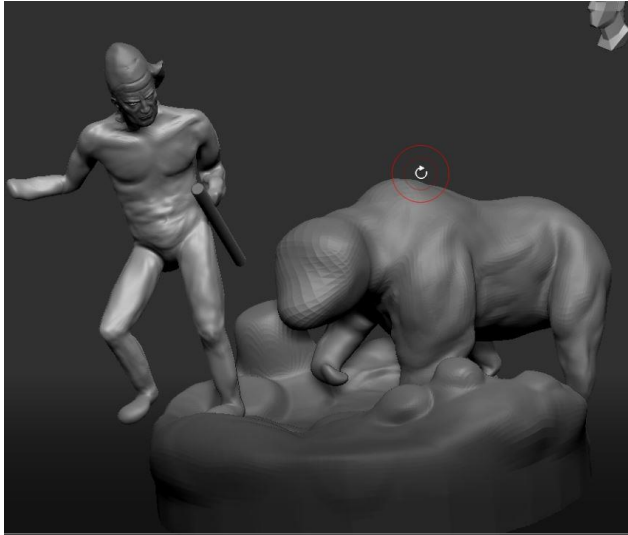
Kuva 3. ZSpherellä tehty vartalo.

Aloitin 3D-mallin tekemisen jakamalla sen osiin Subtool-valikon avulla. 3D-mallin tekemistä helpottaa sen jakaminen osiin esimerkiksi pää, silmämunat ja vartalo erikseen. On suositeltavaa nimetä jokainen subtool tunnistettavalla nimikkeellä myöhempää työskentelyä varten. Subtooleja voi kertyä jopa satoja isoja projekteja työstäessä. Kuvassa 4 on nähtävissä skulptaamisen ensimmäisiä vaiheita.



Kuva 4. Skulptaamisen aloittaminen.

Asennon asettelemisen jälkeen on hyvä aloittaa hahmon luiden ja lihaksistojen paikoilleen laittaminen (kuva 5). Niiden avulla on helpompi hahmottaa mittasuhteet. Erityisen tärkeää tässä vaiheessa on olla paljon esimerkkikuvia lihaksistoista ja luustosta.



Kuva 5. Lihaksistojen ja luuston asetteleminen.

Asentojen ja lihaksiston asettelemisen jälkeen lisäsin Väinämöiselle vaatteet (kuva 6). Vaatteet asetellaan vartalolle tasaisesti eikä yksityiskohtia vielä tässä vaiheessa lisätä. Vaatteiden paikoilleen asettelemisen avulla nähdään, tarvitseeko hahmon asentoa muokata.



Kuva 6. Väinämöiselle vaatteet.



3D-mallin skulptaamisessa alkuvaiheessa ei ole suositeltavaa aloittaa heti yksityiskohdista vaan piirteittäin asetella halutut asiat paikoilleen. Skulptatessa paikasta toiseen liikkuminen ja eri kohtien skulptaaminen helpottaa myöhemmin tasapainottamaan 3D-mallin ulkonäköä. Työskenneltäessä pitkäaikaisesti yhdessä kohdassa voi aiheuttaa yhden kohdan olevan liian yksityiskohtainen tai tyyliään erilainen kuin muut osat. Lisäsin yksityiskohtia maltillisesti alussa, jotta pystyisin helposti muuttamaan teosta virheiden ilmestyessä (kuva 7).



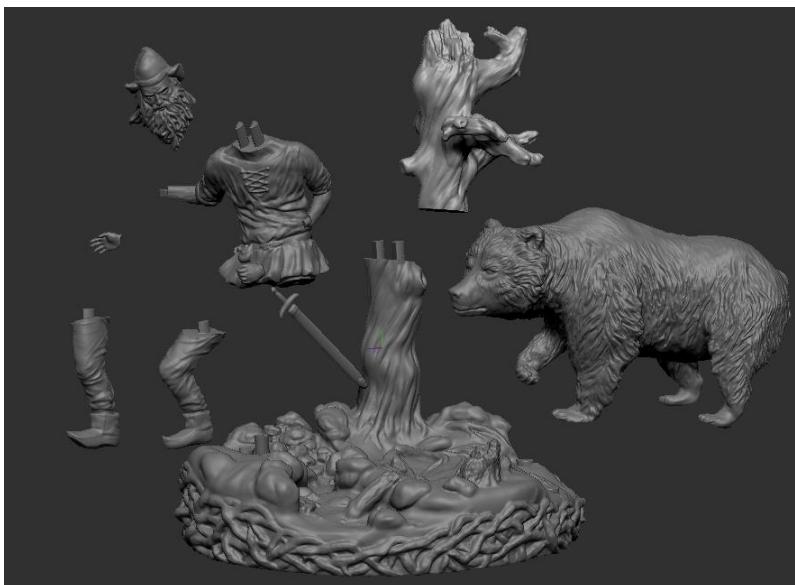
Kuva 7. Yksityiskohtien lisäämistä.

3D-mallintamisessa otetaan usein hetkellisiä taukoja, sillä omalle työlleen saattaa sokeutua ja olla huomaamatta yksinkertaisia virheitä. Hetken levon jälkeen ja eri kuvakulmista katsoen auttaa näkemään 3D-mallista mahdolliset virheet. ZBrushissa on suositeltavaa olla dynamic perspective päällä koko ajan, sillä se auttaa näkemään mallin oikeanlaisessa perspektiivissä. Kun kaikki subtoolit on skulptattu halutun näköisiksi ne yhdistetään tulostamista varten (kuva 8).



Kuva 8. Valmis figuriini yksityiskohtineen.

Yhdistämisen jälkeen hahmot pilkotaan osiin esimerkiksi jalat, kädet ja pää erikseen (kuva 9). Irtonaisiin osiin liitetään kiinnitystapit, jotka ovat yhteensopivat eli reikä toisella puolella ja tappi toisella. Osien pilkkomiseen vaikuttaa tulostettavan esineen koko ja kuinka isolle pinta-alalle tulostin pystyy tulostamaan. Mitä isompi tulostettava esine sitä useammasta kohdasta täytyy leikkauksia ja tappeja lisätä. Tarkistamalla valmistajan sivuilta kuinka isolle alueelle tulostimella pystyy tulostamaan, selviää mistä kohtaa osat kannattaa katkoa.



Kuva 9. Pilkotut osat.

Isoa projektia tulostaessa osat tallennetaan erillisiin tiedostoihin, mutta pientä hahmoa tulostaessa ne voidaan asetella samaan tiedostoon riippuen tulostimesta. Yleisin tulostimiin sopiva tallennusmuoto on STL (Chen 2019).

## 7.5 3D-tulostaminen

3D-tulostamisen laatuun vaikuttaa tulostin ja sillä tulostettava materiaali. Tulostimen asetuksilla voidaan vaikuttaa terävyyteen ja virheiden minimoimiseen, mutta sillä ei voida parantaa teoksen resoluutiota esimerkiksi pienissä figuriineissa. Optimaalisia asetuksia ei voi neuvoa tietämättä laitteen merkkiä, sillä asetukset ovat laitekohtaisia ja ohjeet niihin löytyvät yleensä valmistajan sivuilta. Asetuksissa kuitenkin kannattaa ottaa huomioon kappaleen tiiviys. Tiiviit kappaleet ovat kestäviä, mutta niiden tulostaminen vie huomattavasti enemmän aikaa kuin ontton. Figuriinia tulostettaessa kappaleet voivat olla sisältä lähes onttoja, koska niitä käytetään yleisimmin koristeina. Tässä työssä kappaleet tulostettiin 15 prosentin täytöllä eli ne ovat melkein onttoja sisältä. Tulostin tulostaa sisälle verkoston, mikä tukee tasaisesti reunoja. Asetuksista voi valita millaisen kuvion kappaleeseen haluaa sisälle.

Tähän teokseen on käytetty FDM-teknologiaa, joka on hyvä tulostamaan monipuolisesti esineitä ja teollisia tuotteita, mutta se ei ole optimaalinen figuriinien luomiseen. Teoksesta tuli kooltaan huomattavasti isompi kuin olin ajatellut, mutta ison koon takia yksityiskohdat olivat mahdollisia tulostaa.

Osien tulostamiseen meni yhteensä yhtäjaksoisesti noin 200 tuntia. Oppilaitoksellani oli onneksi käytettävissä tulostin, joka oli mahdollista jättää yksin tulostamaan ja seurata tulostamista etänä verkon välityksellä. Tulostaessa täytyi ottaa huomioon tulostusmateriaalin kiinnittyminen lasialustaan. Joka tulostuksen aloituksessa täytyi lisätä liimaa alustalle, jotta tulostusmateriaali tarttui siihen eikä 3D-malli liikahtanut tulostuksen aikana. Yksi osistani liikahti prosessin aikana, mikä aiheutti siihen epätasaisuuden, mutta maalilla ja kitillä se oli mahdollista peittää. Tulostusta aloittaessa asetukset täytyi laittaa uudelleen monta kertaa testikappaleen tulostamisen jälkeen.

Asetukset ovat erilaiset sen mukaan, mitä tulostetaan ja millä materiaalilla, joten ne täytyy asettaa omaa projektia varten uudelleen, ellei ohjelmaan ole tallennettu projektia varten sopivia asetuksia. Asetusten sopivuuden näkee tulostamalla pienen testikappaleen omasta projektista. Tulostettavaan 3D-malliin on lisättävä asetuksista tukipalkit, jos siinä on ulkonevia osia tyhjän päällä. Tukipalkkeja täytyy myös lisätä, jos teos on korkea ja sen olisi mahdollista kaatua. Teoksessani Väinämöinen olisi ollut liian korkea tulostettavaksi kerralla. Ylävartalo olisi kuitenkin ollut mahdollista tulostaa yhtenäisenä kappaleena eli käsiä ja päätä ei olisi ollut tarvetta pilkkoa.

Palojen irrottaminen tulostinalustalta tapahtuu joko ottamalla 3D-malli irti käsin tai lastalla rapsuttaen. Jos 3D-malli ei lähde rapsuttamalla tai vetämällä irti, voidaan irrottaa tulostusalusta ja huuhdella liima pois vedellä.

Kaikkien osien tulostamisen jälkeen irrotin tukipalkit joko vetämällä tai pihdeillä katkaisemalla. Tukipalkkien irrottamisen jälkeen osat täytyi hioa, puhdistaa ja yhdistää liimalla. Hiomiseen käytin hiomapaperia. Osien yhdistämisen jälkeen leikkaukset peitettiin kitillä ja pohjamaalilla ja sen jälkeen vielä hioa kittaukset sileiksi.

## **7.6 Figuriinin maalaaminen**

Tulostamisen jälkeen aloitin maalaamaan figuriinia. Kaikkia osia en vielä maalausvaiheessa ollut yhdistänyt. Maalausta helpottaakseni yhdistin vain Väinämöisen raajat ja jalustan palaset, sillä karhu tulostui yhtenä palasena. Ensimmäisenä osiin laitetaan pohjamaalia esimerkiksi valkoinen muutama kerros ja kerrosten annetaan kuivua välissä ennen toisen lisäämistä. Pohjamaalin voi spray maalata tai levittää pensselillä. Asettelin osat maahan pahvin päälle ja käänsin niitä vasta kun kerros maalia oli kuivanut. Spray maalaaminen on nopeampaa eikä aiheuta isoissa töissä näkyviä valumia. Pohjamaalin väri kannattaa valita sen mukaan minkä väriseksi teosta ollaan tekemässä. Tumma pohja suurimmalta osin tummalle teokselle esimerkiksi karhulle tai örkillä ja vaalea pohja vaalealle teokselle.

Osia aletaan maalaamaan kerros kerrokselta maalaten pohjamaalin laittamisen jälkeen. Osia voi maalata pitämällä niitä paikoillaan käsin tai telineessä. Vesiliukoinen maali kuivuu nopeasti, joten pidin osia käsin paikoillaan maalatessa.

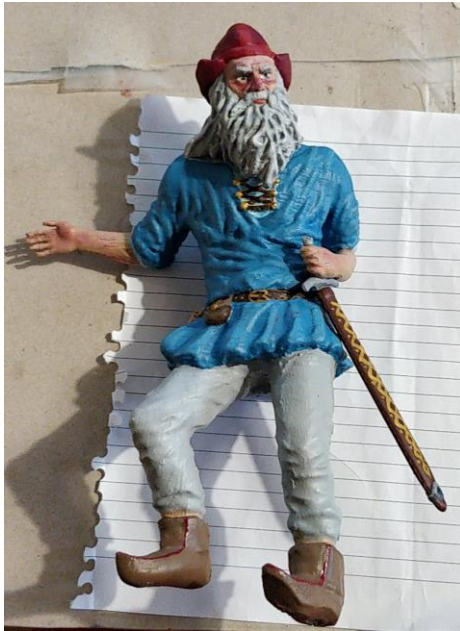
Ensimmäiseksi aloitetaan päävärien maalaamisesta ja vasta maalaamisen viimeistelyvaiheessa lisätään yksityiskohdat. Useita kerroksia saattaa joutua lisäämään riippuen löytyykö haluttu väri välittömästi ja loistaako pohjamaali vielä värin alta. Maalaamiseen tarvitsee pensseleitä, paperia pensseleiden pyyhkimiseen, vesiastian, maalia ja alusen missä voi sekoittaa värejä (kuva 10).



Kuva 10. Maalaamiseen tarvittavat tarvikkeet.

Maalaamiseen kannattaa valita mahdollisimman pehmeäpäisiä pensseleitä, koska karheat pensselit jättävät teokseen viiruja. Pensseleitä tarvitsee maalaamiseen useita eri kokoja. Isojen alueiden maalaamiseen tarvitsee leveämmän pensselin ja pienien yksityiskohtien tekemiseen mahdollisimman suipon ja pienen pensselin. Käytin tämän teoksen maalaamiseen noin 10-15 erilaista pensseliä. Huonoimpia ja halvimpia pensseleitä kannattaa käyttää liimojen ja kittien levittämiseen, koska ne menevät usein niissä pilalle. Pensselit täytyy pestä välittömästi käytön jälkeen, koska vesiliukoinen maali kovettuu nopeasti ja se on myöhemmin hankala puhdistaa. Pöydällä on suositeltavaa olla vesikuppi mihin pensseli laitetaan, kun käyttää toista pensseliä.

Maalaamisessa on useita erilaisia tekniikoita ja materiaaleja esimerkiksi kuivamisen nopeutusaineita, joita saattaa joutua käyttämään. Suurimmalta osin maalaaminen kuitenkin tapahtuu vain lisäämällä kerros kerrokselta maalia ja sekoittamalla eri sävyjä saadakseen haluttu väri. Kuvassa 11 esimerkkinä Väinämöinen maalattuna.



Kuva 11. Väinämöinen maalattuna yksityiskohtineen.

Kaikkien maalien täytyy olla vesiliukoisia, etteivät ne vahingoita muovia ja mahdollisesti sulata sitä. Figuriinien ja pienoismallien maalaamiseen löytyy erikoisliikkeistä siihen tarkoitukseen tehtyjä maaleja ja tarvikkeita. Niiden hinnat vaihtelevat noin neljästä eurosta pariin kymmeneen. Tämän figuriinin maalaustarvikkeiden yhteishinnaksi tuli noin 300 euroa. Yhteishinta sisältää maalit, lakat, kitit ja liimat. Figuriinin ison koon vuoksi hinta nousi korkealle, sillä yhtä väriä maalia tarvitsi useita purkkeja isoille alueille.

Pohjavärien lisäämisen jälkeen lisätään kaikki yksityiskohdat, sävyt ja mahdolliset liimattavat tai lisättävät koristeet esimerkiksi jalustassa oleva sammal ja sen keskellä oleva puro. Viimeisenä laitetaan lakka päälle. Työhön voi laittaa mattapintaisen tai kiiltävän lakan riippuen millaisen lopputuloksen työhön haluaa. Tässä työssä on käytetty mattapintaista lakkaa. Suihkutettava lakka oli kätevin vaihtoehto tässä työssä sammaleen ja ison koon takia. Pienet sammaleen palaset olisivat tarttuneet pensselillä levitettävään lakkaan. Tämä työ on noin 30

senttimetriä leveä ja 30 senttimetriä korkea, joten lakkaa olisi joutunut ostamaan monta purkkia, jos se olisi ollut pensselillä levitettävää. Pensselillä levitettävä lakka sopii erittäin pienien figuriinien lakkaamiseen, koska sen levittäytymistä pystyy paremmin säätelemään. Suihkutettava lakka voi aiheuttaa näkyviä valumia pienemmissä töissä.

## 7.7 Lopputulos

Figuriini valmistui suunnitellussa aikataulussa. 3D-mallintaminen aiheutti aluksi ongelmia, mutta rauhallisesti opetellen asiat edistyivät. Yksityiskohdat tulivat juuri sopiviksi, että ne olivat mahdollista tulostaa. Kuvassa 12 on nähtävissä valmistunut figuriini.



Kuva 12. Valmis figuriini.

Väinämöinen ja karhu ovat aseteltu erilleen toisistaan kävelemään eteenpäin tuodakseen illuusiota liikkeestä. Keskellä oleva puro tuo alustaan mielenkiintoa ja lisää kuvitelmaa metsiköstä. Figuriiniin oli haastavaa suunnitella liikettä tietämättä, mihin koululla oleva tulostin pystyy. Vähensin teoksesta yksityiskohtia ja liioittelin olemassa olevia, jotta ne tulostuisivat näkyvästi. Päätökseni liioitella yksityiskohtia osoittautui tulostusvaiheessa loistavaksi ideaksi, koska ne eivät

olisi tulostuneet ilman niiden liioittelemista. Kaikista pienimmät yksityiskohdat hävisivät tulostamisessa.

Koko figuriinin lopulliseksi hinnaksi tuli noin 1 100 euroa, kun lasketaan 3D-mallinnusohjelman hinta ja kaikki maalaustarvikkeet tulostamisen jälkeen. Tulostusmateriaalit kustansi Karelia.

## 8 Pohdinta

Opinnäytetyön aihe vaihtui useampaan otteeseen, kunnes löysin suuren innostukseni 3D:n maailmaan. Aloitellessani skulptaamista tajusin heti, mitä haluan tehdä. En ollut ennen tätä opinnäytetyötä kovinkaan monta 3D-mallia tehnyt, mutta halusin ottaa haasteen vastaan ja luoda oman figuriinin. Olen aiemmin jo keräillyt figuriineja ja harrastanut maalaamista, joten taustatietoa aiheeseen oli jo ennestään. Opinnäytetyötä tehdessä en alussa kuitenkaan osannut arvioida, kuinka isoksi projektiksi työ lopulta kasvaisi. Pienien suunnitteluvirheiden takia työn määrä lisääntyi. 3D-mallintamisessa tapahtui pieni suunnitteluvirhe keskellä olevan puron kanssa. Puron loppuosaan olisi pitänyt mallintaa muovinen este, jonka olisi voinut katkaista puron täyttämisen jälkeen. Nyt puron täyttäminen oli erittäin haastavaa ja nesteeseen ulos pääsemisen estämiseksi täytyi kokeilla monenlaisia konsteja. Purossa käytetty neste kestää vuorokauden kovettua ja sitä pystyy lisäämään vain kolme millää kerrallaan.

Opinnäytetyöhön liittyvän historian ja taustatutkimuksen etsiminen lisäsi mielenkiintoa aihetta kohtaan. Tekstissä kerrotaan veistosten historiasta ja Kalevalasta, vaikka ne eivät ole pääosassa opinnäytetyössä. 3D-mallintamisen ja tulostamisen ollessa vielä melko tuoretta siitä löytyvä tieto vanhentuu nopeasti laitteistojen, ohjelmien ja niiden käytön uudistuessa. Tuoreen tiedon löytäminen joissakin osa-alueissa aiheutti hieman hankaluutta, mutta löysin kuitenkin tarvittavat tiedot. Perusperiaatteet 3D-mallintamisen eri vaiheissa ovat säilyneet samoina, mutta tekniikat ja työkalut päivittyvät jopa kuukausittain.



Opinnäytetyön ohella 3D-mallintamisen osaaminen lisääntyi huomattavasti. Figuriinia tehdessä täytyi opetella asioita, joita ei tulisi muuten opeteltua niin lyhyessä ajassa. Hahmojen anatomiaan ja asettelemiseen kertyi suurimmat työtunnit niiden ollessa täysin uusia asioita opeteltavaksi. Figuriinin valmistuessa huomasin oman kehityksen 3D-mallinnusohjelman opettelemisessä ja lopulta sen käyttäminen sujui ongelmitta. 3D-tulostaminen onnistui sujuvasti koululla uuden tulostimen parissa. Kiinnostus 3D:hen ja pyrkimys tuottaa mahdollisimman laadukas figuriini aloittelijana piti motivaation yllä läpi koko opinnäytetyöprosessin.

3D-mallintaminen ja -tulostaminen ovat ja tulevat olemaan käytössä monilla aloilla. Itse harmittelen kovasti, että Suomessa ei vielä kovinkaan monta 3D-osaajaa ole löydettävissä. Toivon opinnäytetyöni innostavan muitakin kokeilemaan ja mahdollisesti työllistymään 3D-alalla. Suomessa on paljon mahdollisuuksia kokeilla uutta ilman koulutustakin ja kehittyä siinä ammattilaiseksi. Opinnäytetyön tekeminen selkeytti haluani jatkaa 3D:n parissa työskentelyä.

## Lähdeluettelo

- All3DP. 2019. Stereolithography (SLA) 3D printing – simply explained. All3DP. <https://all3dp.com/2/stereolithography-3d-printing-simply-explained/>. 26.6.2020.
- AMFG. 2020. Industrial applications of 3D printing: The ultimate guide. AMFG. <https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>. 28.7.2020.
- Autodesk. Help. 2015. Introduction to polygons. Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/support/maya-learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/MayaLT/files/Polygons-overview-Introduction-to-polygons-htm.html>. 1.6.2020.
- Autodesk help. 2016a. Polygonal modeling. Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Maya/files/GUID-7941F97A-36E8-47FE-95D1-71412A3B3017-htm.html>. 29.5.2020.
- Autodesk help. 2016b. NURBS modeling. Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Maya/files/GUID-735A0B9A-2180-4FB8-9A7B-68F21F306E97-htm.html>. 20.5.2020.
- Blender. 2013. History. Blender. <https://www.blender.org/foundation/history/>. 24.6.2020.
- Blender. 2020. Retopology. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/retopology.html>. 5.8.2020.
- Chen, A. 2019. 4 common types of 3D printer file formats and when to use it. C-Mac. <https://www.cmac.com.au/blog/4-common-types-3d-printer-file-formats-when-to-use>. 4.8.2020.
- Clark, A.P. 2019. The Witcher Borrows Heavily from European Folklore. Here Are the Myths That Inspired the Netflix Show's Monsters. Time. <https://time.com/5753369/the-witcher-history-folklore/>. 27.9.2020.
- Cook, J. 2017. The Lion Man: An Ice Age masterpiece. The British Museum. <https://blog.britishmuseum.org/the-lion-man-an-ice-age-masterpiece/>. 30.7.2020.
- Day, J. 2017. The problem of public sculpture. <https://www.nybooks.com/daily/2017/02/12/the-problem-of-public-sculpture/>. 30.6.2020.
- Designblendz. 2019. Design Principles: Essential Elements of 3D Modeling. Designblendz. <https://www.designblendz.com/blog/design-principles-essential-elements-of-3d-modeling>. 3.8.2020.
- Dormehl, L. 2019. The brief but building history of 3D printing. Digital trends. <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-3d-printing-milestones/>. 28.6.2020.
- Falco, A. 2017. 3D Printing with Cremated Ashes. Vocativ. <https://www.vocativ.com/441767/3d-printing-with-cremated-ashes/index.html>. 11.09.2020.
- FDA. 2017. Medical applications of 3D printing. FDA. <https://www.fda.gov/medical-devices/3d-printing-medical-devices/medical-applications-3d-printing>. 2.7.2020.
- Flynt, J. 2020. A detailed history of 3D printing. 3DInsider. <https://3dinsider.com/3d-printing-history/>. 2.7.2020.

- Formlabs. 2020. What does resolution mean in 3D printing? Formlabs.  
<https://formlabs.com/blog/3d-printer-resolution-meaning/>.  
29.5.2020.
- Gascoigne, B. 2020. History of sculpture. History world.  
<http://www.historyworld.net/wrldhis/PlainTextHistories.asp?groupid=1345&HistoryID=ab21&qtrack=pthc>. 13.6.2020.
- Goldberg, D. 2018. History of 3D printing: It's older than you are (that is, if you're under 30). Autodesk.  
<https://www.autodesk.com/redshift/history-of-3d-printing/>.  
16.7.2020.
- Grand View Research, 2019. Toys & Games Market Size, Share & Trends Analysis Report by Application, By Product (Outdoor/Sports, Video Games), By Distribution Channel, And Segment Forecasts, 2019 – 2025. Grand View Research.  
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/toys-games-market>. 10.9.2020.
- Greguric, L. 2018. History of 3D printing: When was 3D printing invented? All3DP.  
<https://all3dp.com/2/history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>. 16.6.2020.
- Greguric, L. 2019. SLS 3D printing: Selective laser sintering simply explained. All3DP.  
<https://all3dp.com/2/selective-laser-sintering-sls-3d-printing-simply-explained/>. 30.5.2020.
- Heikura, P. & Kumpula, K. 2016. Kalevalan tarinat taipuvat heavybändin sanoituksiksi. Yle. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2016/03/02/kalevalan-tarinat-taipuvat-heavybandin-sanoituksiksi>. 5.8.2020.
- Kalevalaseura. 2019. Kalevalan käännökset. Kalevalaseura.  
<https://kalevalaseura.fi/kalevalasta/kalevalan-kaannokset/>.  
05.08.2020.
- Kalevalaseura. 2020a. Kalevalan kulttuurihistoria. Kalevalaseura.  
<https://kaku.kalevalaseura.fi/category/kalevala-taiteessa/kirjallisuudessa/>. 5.8.2020.
- Kalevalaseura. 2020b. Kalevala Korun tarina. Kalevala koru.  
<https://www.kalevalakoru.fi/fi/tarinamme/historia>. 2.8.2020.
- Lampel, J. 2019. 6 Principles of Great 3D Modeling in Blender. Cgcookie.  
<https://cgcookie.com/articles/6-principles-of-great-3d-modeling>.  
5.8.2020.
- Mansikka, O. 2018. Väinämöisen lakin historia ulottuu vuosisatojen taakse – Selvitimme perusteellisesti, voisiko ”väiski” olla koko kansan päähine. Helsingin Sanomat.  
<https://www.hs.fi/nyt/art-2000005923062.html>. 21.09.2020.
- Media College. 2020. What is 3D? Media College.  
<https://www.mediacollege.com/3d/intro.html>. 30.3.2020.
- Natri, S. 2013. Kivenveistäjien tulot kiven alla. Yle.  
<https://yle.fi/uutiset/3-6905162>. 1.4.2020.
- Nichols, M. 2003. Contexts for the display of statues in classical antiquity. Met museum. [https://www.metmuseum.org/toah/hd/disp/hd\\_disp.htm](https://www.metmuseum.org/toah/hd/disp/hd_disp.htm).  
1.4.2020.
- Nippon. 2015. Japanese figures: More than just a hobby. Nippon.  
<https://www.nippon.com/en/features/jg00071/japanese-figures-more-than-just-a-hobby.html>. 15.3.2020.

- Nutma, M. 2019. Why3D printing is perfect for medical applications. Healthtechzone. <http://www.healthtechzone.com/topics/healthcare/articles/2019/08/07/442906-why-3d-printing-perfect-medical-applications.htm>. 21.3.2020.
- Orsini, L. & Lyu, T. & Fung, N. 2019. The Evolution of Anime Figures | History of Anime Toys - Anime Explained. Crunchyroll. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=fbTDpQrJH4>. 5.8.2020.
- Ortiz, L. 2020. Types of 3D Modeling: Which is best for your needs? All3DP. <https://all3dp.com/2/types-of-3d-modeling/>. 1.4.2020.
- Pentikäinen, J. 1989. Kalevalan maailma. Yliopistopaino.
- Petty, J. 2020. What is 3D modeling & what's it used for? Concept art empire. <https://conceptartempire.com/what-is-3d-modeling/>. 1.4.2020.
- Pixologic. 2020a. Dynamesh. Pixologic. <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/dynamesh/>. 2.4.2020.
- Pixologic. 2020b. Sculpting. Pixologic. <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/sculpting/>. 12.7.2020.
- Pixologic. 2020c. Subtools. Pixologic. <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/subtools/>. 25.7.2020.
- Pixologic. 2020d. ZBrush 2020. Pixologic. <http://pixologic.com/features/about-zbrush.php>. 25.6.2020.
- Pixologic. 2020e. ZSpheres. Pixologic. <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/zspheres/>. 24.3.2020.
- Ponce, G. 2019. What is CAD design? – Simply explained. All3DP <https://all3dp.com/2/what-is-cad-design-simply-explained/>. 30.3.2020.
- Prus, I. 2016. What is 3D modeling? Things you've got to know nowadays. Archigi. <https://archicgi.com/blog/product-cgi/3d-modeling-things-youve-got-know/>. 1.4.2020.
- Pöntinen, A. 2013. Kiinnostus Kalevalaan on taas kasvussa - Kuopiossa etsitään nyt parasta kalevalaista sarjakuvaa. Yle. <https://yle.fi/uutiset/3-6517048>. 5.8.2020.
- Rogers, L.R. 2020a. Sculpture. Britannica. <https://www.britannica.com/art/sculpture>. 2.7.2020.
- Rogers, L.R. 2020b. Symbolism. Britannica. <https://www.britannica.com/art/sculpture/Symbolism>. 1.6.2020.
- Rouse, M. 2020a. 3D model. TechTarget. <https://whatis.techtarget.com/definition/3D-model>. 30.6.2020.
- Rouse, M. 2020b. 3D mesh. TechTarget. <https://whatis.techtarget.com/definition/3D-mesh>. 31.7.2020.
- Sculpteo. 2020. The history of 3D printing: 3D printing technologies from the 80s to today. Sculpteo. <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/the-history-of-3d-printing/>. 1.4.2020.
- UFO3D. 2020. History of 3D modeling: From Euclid to 3D printing. UFO3D. <https://ufo3d.com/history-of-3d-modeling>. 2.5.2020.

- Varotsis, A.B. 2020. Introduction to FDM 3D printing. 3Dhubs.  
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing/#what>. 31.3.2020.
- Vlessing, E. 2019. Disney Consumer Products Hits \$54.7B in Retail Sales as Top Global Licensor of 2018. Hollywood reporter.  
<https://www.hollywoodreporter.com/news/disney-repeats-as-top-global-licensor-547b-retail-sales-1229916>. 27.9.2020.
- Wikipedia. 2020a. Figurine. Wikipedia.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Figurine>. 20.7.2020.
- Wikipedia. 2020b. Photopolymer. Wikipedia.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Photopolymer>. 27.7.2020.
- Wikipedia. 2020c. Non-uniform rational B-spline. Wikipedia.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform\\_rational\\_B-spline](https://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline). 25.3.2020.
- Wikipedia. 2020d. Tutorial. Wikipedia.  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Tutorial>. 25.6.2020.
- Wikipedia. 2020e. UV mapping. Wikipedia.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/UV\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/UV_mapping). 5.8.2020.
- Übel, V.M. 2020. 2020 3D Printing Materials Guide. All3DP.  
<https://all3dp.com/1/3d-printing-materials-guide-3d-printer-material/>. 11.09.2020.

## ZBrushin hyödylliset pikanäppäimet aloittelijalle

### Pikanäppäimiä

Polyframe näkyviin on/off – **Shift+F**

Symmetry – **X**

Pidä **Alt** pohjassa skulptataksesi sisäänpäin

Edit – **T**

Draw – **Q**

Move – **W**

Scale – **E**

Rotate – **R**

### Brush

(älä paina kirjaimia kerralla vaan paina yksi kerrallaan siirtyen seuraavaan esim. B→S→T)

Standard Brush – **BST**

Clay Buildup – **BCB**

Move Brush – **BMV**

Dam Standard – **BDS**

Trim Dynamic (planes) – **BTD**

Trim – **Ctrl+Shift** → valitse Trim/rect/curve/lasso → pois päältä paina **Ctrl+Shift** ja klikkaa ulkopuolelle mallista.

Smoothing – **Shift**

### Masking

(Mask estää skulptauksen mihin se on laitettu, jotta voi työstää tarvittavia kohtia ilman vahinkoja alueille minne ei halua skulptata.)

Mask– **Ctrl** (paina pohjassa ja maalaa)

View Mask – **Ctrl+H**

Invert Mask – **Ctrl+I**

Mask All – **Ctrl+A**

Clear Mask – **Ctrl+Click+ drag Background**

## ZBrushin hyödylliset pikanäppäimet aloittelijalle

### Resoluution lisääminen

(toiminnot löytyvät myös työkaluvalikosta (Tool) **Geometry**)

Divide – **Ctrl+D**

Lower Res – **Shift+D**

Higher Res – **D**

(käytä subdividea vain alkuvaiheessa ja siirry käyttämään Dynameshiä välttääksesi liiallista resoluutiota paikoissa missä sitä ei tarvitse.)

### Dynamesh (resoluution lisääminen paikoittain)

(Kun Dynameshaat laita **blur 0** ja resoluution ei tarvitse olla korkea alussa eli noin 128 hyvä, voi laittaa korkeammaksi myöhemmin, jos tarvitsee)

Draw mode päällä **Ctrl+drag Background**

### ZSphere

(Laita **Draw Size** pienimmäksi mahdolliseksi luvuksi esimerkiksi 1!!)

Jos pitää **Shiftiä** pohjassa ja klikkaa johonkin ZSphereen ja vetää ulospäin vedettävä osa vetäytyy ulos samankokoisena yhtäjaksoisesti.

Jos haluaa ZSpherejä, jotka menevät isosta pieneen klikkaa **Ctrl** ja vedä pois päin.

Asentoa voi muuttaa käyttämällä **Move** työkalua ja jos haluaa liikuttaa vain tiettyä kohtaa paina **Alt** näppäintä pohjassa ja liikuta.

Kun haluaa pidentää jotakin aluetta, käytä joko skaalausta (Move tilassa) tai liikuta pidemmäksi.

Jos haluaa jotakin paksummaksi (Draw tilassa) paina **Alt** pohjaan ja vedä isommaksi.

Kun haluaa skulptata ZSphereä mene: **Tools → Adaptive Skin → Preview → Make Adaptive Skin** (laita dynamesh resoluutio 0!!)

Liite 2 Linkki opinnäytetyön videoon

<https://youtu.be/QA51KVCaNZ4>