



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

3D-Skannaus

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Mediatekniikka
Tekninen visualisointi
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Arto Mannila

Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

MANNILA, ARTTO:

3D-Skannaus

Mediatekniikan opinnäytetyö

44 sivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee 3D-skannausta sekä toimintatapoja ja teknologiaa sen takana. Työn teoriaosuus koostuu eri skannaus menetelmistä sekä niiden vahvuuksista ja heikkouksista. 3D-skannauksen käyttökohteita on myös käsitelty.

Työn käytännön osuus koostuu 3D-skannerin käytöstä. Tavoite oli skannata kolme erilaista kappaletta, jotta ne voitaisiin tulostaa 3D-tulostimella. Työ käsittelee 3D-skannerin eri työkaluja sekä niiden käyttöä.

Eri kappaleiden skannausten aikana havaittiin joitakin ongelmia liittyen 3D-skannerin teknologiaan sekä ohjelmistoon. Ongelmat liittyivät vaikeuksiin skannata putkimaisten muotojen sisäpintoja sekä pieniä rakoja. Kiiltävät ja tummat pinnat myös aiheuttivat ongelmia skannaustulosten kanssa. Joitakin 3D-skannerin ominaisuuksia ei käytetty johtuen skannerin viallisesta osasta.

Tavoite saavutettiin yhdellä kolmesta kappaleesta. Kaksi muuta kappaletta eivät olleet 3D-tulostettavissa sellaisinaan. Niitä voidaan kuitenkin käyttää referenssinä mallin uudelleenrakentamisessa jolloin voidaan eliminoida tarve mitata kappaletta käsin.

Asiasanat: 3D-skannaus, NextEngine, laserskanneri, ScanStudio HD

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Media Technology

MANNILA, ARTO:

3D scanning

Bachelor's Thesis in visualization engineering

44 pages

Spring 2014

ABSTRACT

This thesis deals with 3D scanning and the principles and technology behind it. The theoretical part of the thesis consists of different scanning methods as well as their strengths and weaknesses. Applications of 3D scanning are also discussed.

The practical part of this thesis consists of using a 3D scanner. The goal was to scan three different objects so that they could be printed with a 3D printer. The thesis discusses the different tools of the 3D scanner and how to use them.

During the scanning of different objects some problems regarding the technology and the software of the 3D scanner were found. Problems included scanning difficulties with scanning the insides of tubular shapes and small gaps. Shiny and dark surfaces also caused problems with the scanning results. Some features of the 3D scanner were not used due to malfunctioning part of the scanner.

The goal was achieved with one of the three scanned objects. The two other parts were not suitable for 3D printing as such. However they can be used as reference for building a new model and eliminating the need for measuring the object manually.

Key words: 3D scanning, NextEngine, laser scanner, ScanStudio HD

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ 3D-SKANNAUKSESTA	2
2.1	3D-skannauksen toimintaperiaate	2
2.2	3D-mallin rekonstruktio	2
2.2.1	Pistepilvi	3
2.2.2	2D-kuvien yhdistelmä	3
3	3D-SKANNAUKSEN MENETELMIÄ	5
3.1	Koskettavat menetelmät	5
3.1.1	Koordinaattimittauskone	5
3.1.2	Mittausvarsi	6
3.2	Ei-koskettavat menetelmät	7
3.2.1	Aktiiviset menetelmät	7
3.2.2	Passiiviset menetelmät	10
4	KÄYTTÖKOHTEET	12
4.1	Teollisuus	12
4.2	Laaduntarkkailu	12
4.3	Historiantutkimus	13
4.4	Lääkätiede	13
4.5	Viihde- ja peliteollisuus	14
4.6	Onnettomuus- ja rikospaikkatutkimus	14
5	KAPPALEEN SKANNAAMINEN 3D-TULOSTUSTA VARTEN	16
5.1	Materflow Oy	16
5.2	NextEngine 3D -skanneri	16
5.3	ScanStudio HD	17
5.4	Skannattavat kappaleet	18
5.5	Kappaleiden valmistelu skannausta varten	19
5.6	Skannaus	20
5.7	Työkalut	23
5.7.1	Align -työkalu	24
5.7.2	Trim -työkalu	27
5.7.3	Fuse -työkalu	28
5.7.4	Polish -työkalu	31

5.8	Kappaleen valmistelu 3D-tulostusta varten	33
5.9	Skannauksissa vastaan tulleita ongelmia.	34
5.10	Lopputulos	37
6	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	44

TERMISTÖ

Mesh – Kokoelma pisteitä, reunoja ja pintoja, jotka muodostavat 3D-mallin.

CAD – Tietokoneavusteinen suunnittelu

CNC – Tietokoneistettu numeerinen ohjaus

1 JOHDANTO

3D-skannausta hyödynnetään monella eri alalla. Viihde ja peliteollisuudessa sen avulla voidaan skannata ympäristöjä sekä hahmoja, lääketieteessä proteeseista saadaan laadukkaampia ja parempia sekä teollisuudessa voidaan suorittaa laadun-tarkkailua tai käänteistä suunnittelua skannaamalla vanhoja kappaleita, joista ei ole olemassa piirustuksia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä 3D-skannaukseen yleisellä tasolla. Työssä selvitetään eri skannausmenetelmien toimintatapoja sekä niiden vahvuuksia sekä heikkouksia. Käytännön osuudessa syvennytään Next Engine laser-skanneriin sekä siihen liittyvään ScanStudio HD -ohjelmaan. Työssä ei perehdytä lääketieteessä käytettäviin skannereihin. Näistä kuitenkin kerrotaan sen verran, miten niiden avulla voidaan luoda kolmiulotteinen malli skannatusta kohteesta.

Työn oli alunperin tarkoitus käsitellä myös 3D-tulostusta, mutta se päätettiin jättää pois tästä opinnäytetyöstä. Työssä kuitenkin sivutaan hiukan 3D-tulostusta käytännön osuudessa, jossa 3D-skannausta hyödyntämällä pyritään skannaamaan eri kappaleita, jotka sitten tulostetaan 3D-tulostimella.

2 YLEISTÄ 3D-SKANNAUKSESTA

3D-skannauksella voidaan saada mikä tahansa olemassa oleva tila, rakennelma tai osa digitaaliseen muotoon. Olemassa olevan kappaleen mittaamisen ja mallintamisen lisäksi 3D-skannausta voidaan hyödyntää myös ympäristön digitoinnissa ja mallintamisessa. Tämä mahdollistaa sen, että voidaan ottaa paremmin huomioon ympäristön asettamat vaatimukset. Todellinen 3D-malli kohteesta helpottaa suunnittelua sekä vähentää mahdollisia virheitä. Skannausten avulla voidaan myös tarkastaa esimerkiksi valukappaleita tai rakenteita. Mahdollisten virheiden havaitseminen jo tuotannon alkuvaiheessa ennen kuljetuksia tai tuotteen jatkojalostusta tuottaa suoraan säästöjä. (Prosolve 2014.)

3D-skannerit voidaan jaotella kahteen eri luokkaan: koskettaviin skannereihin sekä ei-koskettaviin skannereihin. Ei-koskettavat skannerit voidaan jaotella vielä aktiivisiin sekä passiivisiin skannereihin. Näistä kerrotaan vielä lisää myöhemmin tässä työssä.

2.1 3D-skannauksen toimintaperiaate

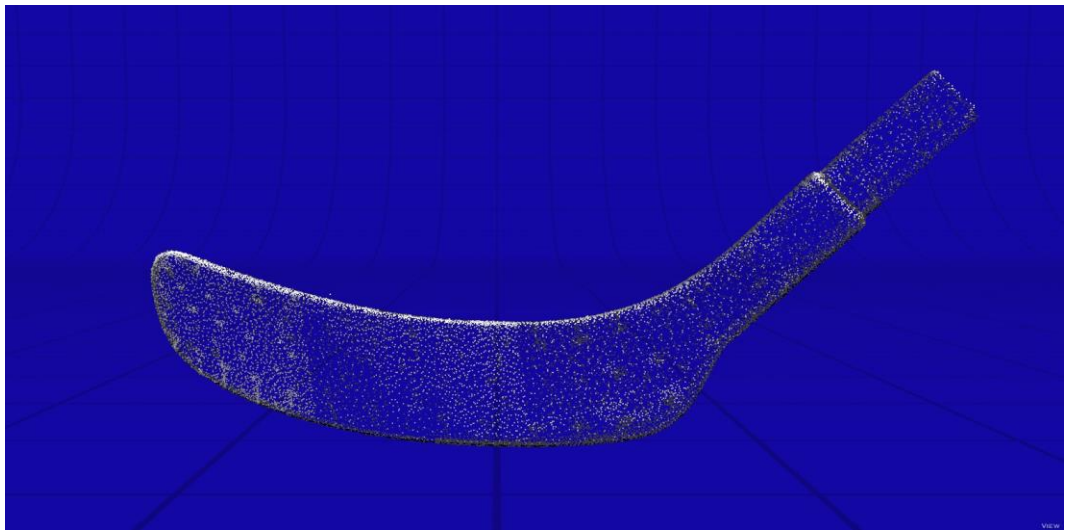
3D-skannaus on yhdistelmä huipputeknistä optiikkaa, mekaniikkaa, elektroniikkaa sekä tietokonetekniikkaa. Sitä käytetään kolmiulotteisten kappaleiden muotojen ja rakenteiden skannaamiseen, jotta saadaan kolmiulotteisia koordinaatteja kappaleiden pinnasta. 3D-skannauksen tarkoitus on muuntaa kappaleen kolmiulotteinen tieto digitaaliseen muotoon, jotta sitä voidaan käsitellä tietokoneella. (Guo Jun 2008.)

2.2 3D-mallin rekonstruktio

3D-skannerin avulla ei saada kerralla kokonaista 3D-mallia. Malli koostuu lähes aina monesta eri skannauksesta, jotka on yhdistelty yhdeksi kokonaisuudeksi. 3D-malli voidaan tuottaa kahdella erilaisella tavalla käyttäen avuksi pistepilviä tai yhdistämällä useita eri 2D-kuvia. Näistä vaihtoehdoista pistepilvi on ylivoimaisesti yleisempi.

2.2.1 Pistepilvi

Skannauksista saatu data on yleensä pistepilvenä (kuva 1). Pistepilvi koostuu nimensä mukaisesti monista pisteistä, joilla kaikilla on omat x, y ja z –koordinaatit. Pisteistä muodostuu skannatun kappaleen pinnanmuodot. Pistepilviä käytetään moniin tarkoituksiin: Niillä voidaan tehdä 3D-malleja, mittauksia sekä laadun- tarkkailua. Niitä käytetään myös sovelluksissa, jotka liittyvät visualisointiin, animaatioon sekä kuvantamiseen. (Wikipedia 2014.)



Kuva 1. Pistepilvi mailan lavasta

2.2.2 2D-kuvien yhdistelmä

Röntgen- ja magneettiskannerit eivät tuota pistepilviä vaan sarjan 2D-kuvia. Yhden kuvan englanninkielinen termi on nimeltään tomogram. Kuvat kasataan yhteen ja näin voidaan muodostaa 3D-malli. Mallin muodostamiseksi on muutamia erilaisia tapoja riippuen halutusta lopputuloksesta. (Wikipedia 2014.)

Volume rendering

Kappaleen eri osilla on yleensä erilaiset ääri viivat tai erilaiset harmaasävyt. Näitä käyttäen voidaan luoda kolmiulotteinen malli. Useita malleja voidaan rakentaa käyttäen erilaisia ääri viivoja, jolloin voidaan käyttää eri värejä ilmaisemaan kappaleen eri osia. Tätä tapaa käytetään yleensä vain skannatun kappaleen visualisointiin. (Wikipedia 2014.)

Kuvan segmentointi

Kuvan segmentointia käytetään jos kappaleen eri osilla on samanlaisia harmaasävyjä tai ääri viivoja. Tämän vuoksi voi olla mahdotonta erottaa kappaleen eri osia säätämällä kyseisiä parametreja. Ratkaisu tähän on manuaalinen tai automaattinen menettely, jossa halutut rakenteet kuvasta voidaan poistaa. (Wikipedia 2014.)

Image-based meshing

Käytettäessä 3D -kuvadataa laskennallisiin analyyseihin datan segmentointi ja meshaus käyttäen tietokoneavusteista suunnittelua voi olla aikaavievää ja käytännössä hankalaa johtuen kuvadatan monimutkaisuudesta. Meshauksella tarkoitetaan kappaleen muuttamista tietokoneella kokoelmaksi pisteitä, viivoja sekä pintoja, joiden avulla muodostetaan 3D-malli. Image-based meshing on automatisoitu tapa luoda tarkka ja realistinen geometrinen kuvaus skannatusta datasta. (Wikipedia 2014).

3 3D-SKANNAUKSEN MENETELMIÄ

3.1 Koskettavat menetelmät

Koskettavat menetelmät skannaavat kappaleen nimensä mukaisesti fyysisesti koskettamalla. Koneen mittapää asetetaan halutulle kohdalle kappaletta, josta se tallentaa halutun pisteen koordinaatistoon. Näitä koneita käytetäänkin yleisimmin laaduntarkkailuun niiden korkean tarkkuuden takia. Pehmeiden kappaleiden skannaaminen ei välttämättä onnistu tarkasti, sillä mittapään kosketus saattaa muuttaa kappaleen kosketuspaikan muotoa. Yksi koskettavien skannereiden heikoista puolia onkin juuri sen vaatima kosketus. Esimerkiksi historiallisten tai muuten vain herkkien esineiden skannaaminen saattaa vaurioittaa kappaletta. Koordinaattimittauskone ja mittausvarsi ovat tällaisia skannereita. (Wikipedia 2014.)

3.1.1 Koordinaattimittauskone

Koordinaattimittauskoneen (kuva 2) mittapää liikkuu kolmella tarkasti toisiaan kohtisuorassa olevalla akselilla. Nämä akselit vastaavat koordinaatiston x , y ja z -akseleita. Laitteella voidaan käyttää laitteen omaa tai työkappaleen koordinaatistoa. Koordinaatiston valitseminen onkin tärkeää mittaustulosten oikeellisuuden kannalta. Koordinaatisto luodaan yleensä kulkemaan kappaleen peruselementtien kautta. Näitä elementtejä ovat tasot, lieriöt, suorat, ympyrät ja pisteet. Koordinaattimittakone tuottaa ainoastaan koordinaattipisteitä, joten varsinainen kappaleen geometria tehdään koneeseen liitetyn tietokoneen avulla käyttäen erilaisia matemaattisia algoritmeja ja suodatustapoja. (Wikipedia 2014.)



Kuva 2. Koordinaattimittauskone.

3.1.2 Mittausvarsi

Perinteisten koordinaattimittauskoneiden mittausetäisyys on rajoittunut johtuen niiden omasta rakenteesta. Laitteet ovat kalliita, ja skannattavan kappaleen on oltava laitteen omalla mittauspöydällä. Nämä ominaisuudet eivät aina riitä, joten näitä asioita silmälläpitäen on kehitetty kannettava koordinaattimittauskone eli toisinsanoen mittausvarsi (kuva 3). Mittausvarsi koostuu kuudesta tai seitsemästä pyörivästä nivelestä, kolmesta varresta sekä yhdestä mittapäätä. Jokaisessa nivelessä on anturi, joka mittaa tarkasti varsien rotaatiot sekä asennot. Mittausvarsi muistuttaakin hyvin paljon ihmisen kättä. Verrattaessa normaaliin koordinaattimittauskoneeseen, mittausvarren hyötyjä ovat yksinkertaisempi rakenne, pieni koko, tehokkuus, pieni paino, pidempi mittausetäisyys sekä joustavuus. (Jun Guo, YueZong Wang 2011.)



Kuva 3. Mittausvarsi

Markkinoilla on myös olemassa mittausvarsia, joihin on yhdistetty laserskanneri. Näiden avulla voidaan skannata alueita, jonne normaalilla mittausvarrella pääseminen on vaikeaa. Näitä ovat esim. kappaleessa olevat välit ja raot. (Desktop Engineering 2009.)

3.2 Ei-koskettavat menetelmät

Ei-koskettavia menetelmiä ovat passiivinen skannaus sekä aktiivinen skannaus. Nämä tekniikat eroavat toisistaan käytettävän säteilyn toiminnassa. Passiivisessa skannauksessa skannerit havaitsevat muiden lähteiden säteilyä, kuten auringonvalon tai infrapunavalon heijastuksia. Aktiivisessa skannauksessa skanneri lähettää itse säteilyä, kuten ultraääntä, valo- tai röntgensäteitä. (Wikipedia 2014.)

3.2.1 Aktiiviset menetelmät

TOF (Time-of-Flight) laserskanneri

TOF (Time-of-Flight) laser eli pulssilaser tuottaa monia lyhyitä infrapuna tai laserpulsseja, jotka lähetetään kohti skannattavaa kappaletta. Nämä pulssit heijastuvat takaisin skanneriin, joissa elektroniikka laskee valopulssin kulkeman ajan skannerista kappaleeseen ja takaisin. Koska valon nopeus on tiedossa, voidaan etäisyys skannerista kappaleeseen laskea valopulssin kulkuajan avulla. Kolmiulot-

teinen näkymä saadaan aikaan lähettämällä pulsseja eri suuntiin. Pulssilaseriin perustuvalla skannauksella mittausetäisyydet ovat paljon pidempiä kuin vaihe-erolla toimivat skannerit. (Höglund & Large 2005.)

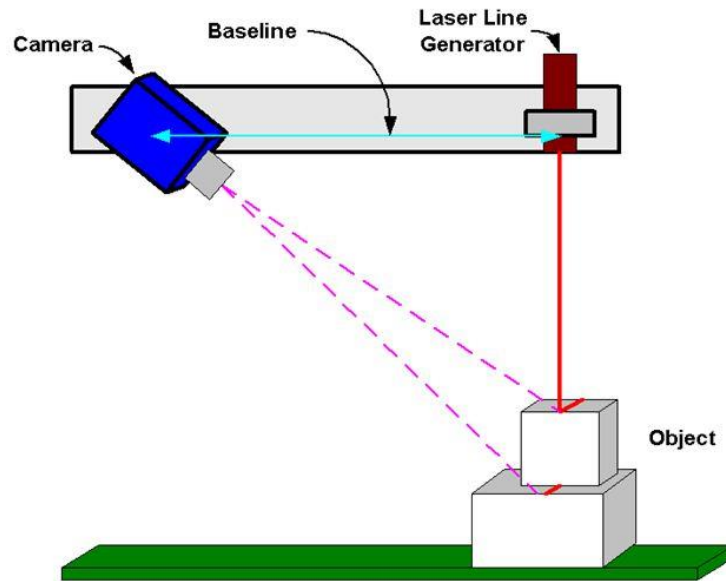
Vaihe-ero laserskanneri

Vaihe-erolla toimivat laserskannerit ovat toiminnaltaan hyvin samankaltaisia kuin pulssilaserilla toimivat. Ne eroavat kuitenkin toiminnaltaan laserin toiminnassa. Vaihe-erolaser lähettää jatkuvaa signaalia, jonka intensiteettiä moduloidaan sini-aalloilla tai useampia eri kantaallonpituuksia sisältävällä signaalilla. Skanneri määrittää vaihe-eron lähetetyn ja kohteesta takaisin heijastuneen signaalin vaihe-eron. Kun käytetään usean eri aallonpituuden moduloitua, saadaan kantaallon kokonaislukutuntematon ratkaistua luotettavasti. Etäisyys skannerista kappaleeseen saadaan selvitettyä kokonaislukutuntemattoman ja vaihe-eron avulla. (Siivola 2013.)

Näiden skannaustapojen ero ilmenee laitteiden maksimimittausmatkoissa, joka TOF-skannerissa voi olla jopa useita kilometrejä, kun taas vaihe-eroa mittaavissa laitteissa se on tyypillisesti alle 100 metriä. Lähietäisyyksillä mitatessa vaihe-eroskannerit ovat pulssilaserskannereita tarkempia. (Heiska 2010.)

Kolmiomittaus

Kolmiomittaus hyödyntävä skanneri lähettää kappaleeseen lasersäteen tai –pisteen, joka heijastuu kappaleesta takaisin skannerissa sijaitsevaan sensoriin. Tämä heijastunut valo muodostaa kolmion, joka on havainnollistettu kuvassa 4. Koska sensorin ja laserlähteen etäisyys toisistaan on tiedossa, voidaan pisteen etäisyys skannerista laskea. (Tao, Jianwei & Lang 2011.)

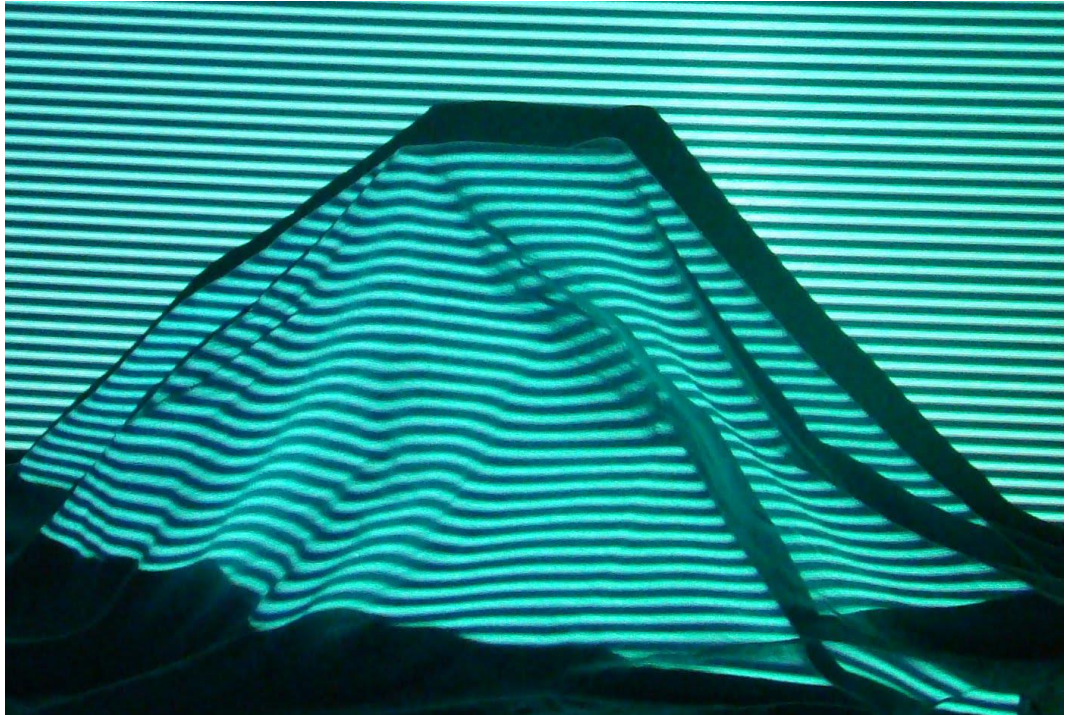


Kuva 4. Kolmiomittauksen periaate.

Strukturoitu valo

Vaihtoehto laserskannereille ovat skannerit, jotka käyttävät hyväkseen strukturoitua valoa. Tällaiset skannerit projisoivat kappaleelle valokuvion (kuva 5), jonka avulla ne huomaavat kappaleen muodostumat. Kuvio on joko yksi –tai kaksiulotteinen. Yksi esimerkki yksiulotteisesta kuvioista on viiva. Viiva projisoidaan kappaleelle projektorilla tai käytetään laseria. Viiva keilaa kappaleen, ja skanneri tallentaa datan viiva kerrallaan. Kamera, joka on hiukan sivussa, tallentaa viivan muodot tietyssä kulmassa ja laskee etäisyydet käyttäen samanlaista tekniikkaa kuin kolmiomittauksessa. (Georgopoulos, Ioannidis & Valanis 2010.)

Kaksiulotteisessa kuviossa viivoja on peräkkäin, tai ristikon muodossa. Kamera tallentaa kuvion epämuodostumat, kun se on heijastettu kappaleeseen. Monimutkainen algoritmi laskee etäisyydet jokaisessa kuvion pisteessä. Strukturoitua valoa käyttävien skannerien vahvuus on niiden nopeus. Sen sijaan, että skannattaisiin jokainen piste erikseen, nämä skannerit skannaavat monia pisteitä, tai jopa koko näkökentän kerralla. Tämä mahdollistaa sen, että joillain systeemeillä on mahdollista skannata liikkuvia kohteita reaaliajassa. Näissä systeemeissä näkökenttä on usein muutamasta senttimetristä pariin metriin. (Georgopoulos, Ioannidis & Valanis 2010.)



Kuva 5. Strukturoitua valoa.

3.2.2 Passiiviset menetelmät

Fotogrammetria

Fotogrammetriassa kappaleesta muodostetaan kolmiulotteinen malli pala palalta valokuvista. Mitat otetaan tarkasti valokuvista CAD-ohjelmaan, ja näin voidaan muodostaa tai mallintaa kyseinen kappale otetuista mitoista. Fotogrammetria on paljon nopeampi ja tarkempi tapa mallintaa kappale kuin vanha tapa, jossa manuaalisesti mitattiin kappaleen mitat.

Nykyään laserskannaus on syrjäyttänyt fotogrammetrian, mutta sillä on kuitenkin tiettyjä vahvuuksia, jotka tekevät siitä kannattavan ratkaisun kolmiulotteiseen skannaamiseen. Esimerkiksi fotogrammetriaan riittää pelkkä järjestelmäkamera, laadukas laajakulmaobjektiivi sekä tietokone keskimääräisellä laskentakyvyllä.

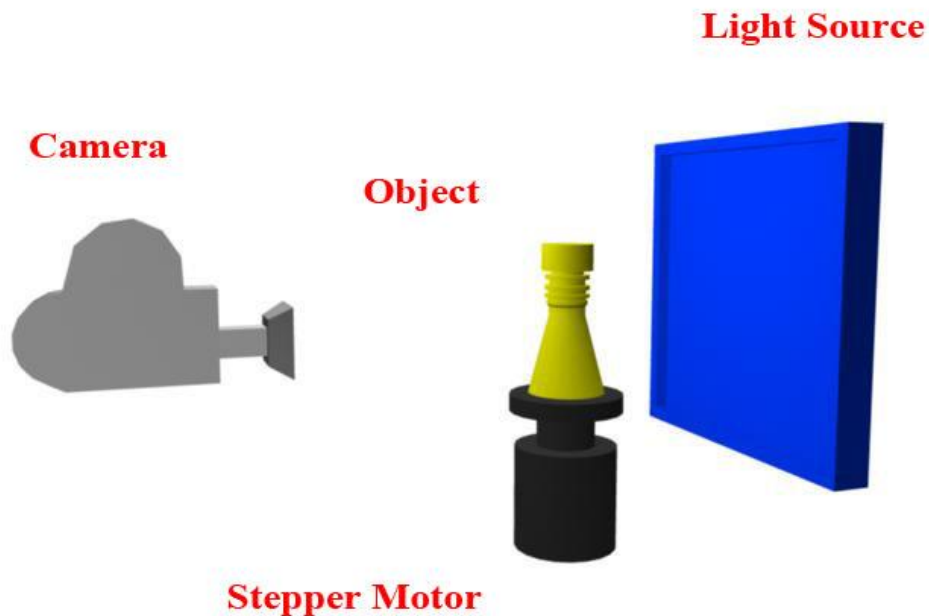
Fotogrammetria perustuu kolmiomittauksen ja parallaksien konsepteihin. Pisteiden kolmiulotteinen paikka voidaan määrittää, jos piste on mitattu vähintään kahdesta eri paikasta. (Markley, Stutzman & Harris. 2008.)

Stereoskooppinen skannaus

Stereoskooppiseen skannaukseen vaaditaan kaksi kameraa, toisin kuin fotogrammetriassa, johon riittää yksi kamera. Stereoskooppiset järjestelmät pyrkivät jäljittelemään ihmisen näköä. Tällaisiin systeemeihin kuuluu kaksi kameraa, jotka ovat hieman erillään toisistaan ja ovat kohdistettuna samaan suuntaan. Analysoimalla kameran saamien kuvien eroja, on mahdollista määrittää pisteiden etäisyyksiä kuvista. (ProductDesignDoday 2012.)

Siluettiskannaus

Siluettiskannauksessa skannattavaa kolmiulotteista kappaletta kuvataan kameralla erottuvaa taustaa vasten (kuva 6). Kappaleesta otetaan kuvasarjoja eri asennoista ja saaduista siluettikuvista voidaan muodostaa kolmiulotteinen malli yhdistelemällä kuvista saatuja siluetteja. Tämän tyyllisillä tekniikoilla joitakin kappaleen muotoja ei voida havaita. Esimerkiksi kulhon sisusta. (Georgopoulos, Ioannidis & Valanis. 2010.)



Kuva 6. Siluettiskannaus.

4 KÄYTTÖKOHTTEET

4.1 Teollisuus

3D-skannausta voidaan hyödyntää teollisuudessa jo idea-asteella. Uudesta ideasta tehdään käsin tehty malli, joka skannataan. Skannauksesta saadusta mallista voidaan tehdä konseptikuvia.

Suunnittelussa 3D-skannausta voidaan käyttää hyväksi skannaamalla fyysinen kappale ja käyttää sitä avuksi CAD-mallin suunnittelussa. Usein suunnittelijoiden on suunniteltava tai sovitettava malli jo olemassa olevaan kappaleeseen. Nämä toisiinsa sopivat osat voidaan myös skannata ja sisällyttää suunnitelmaan. Hyödyntämällä tätä toimintatapaa jota kutsutaan nimellä reverse engineering, kappaleita voidaan paremmin sisällyttää ja optimoida jo olemassa oleviin suunnitelmiin. (3dscanco 2012.)

Prototyypisteella 3D-skannausta voidaan hyödyntää siten, että prototyyppiin vaadittavien prosessien määrää voidaan vähentää. Kappale, joka on suunniteltu käyttäen apuna 3D-skannausta, usein tarvitsee vain yhden tai jopa ei yhtäkään prototyyppiä, sillä suunnittelussa on käytetty hyväksi tarkkoja fyysisen maailman mittoja. (3dscanco 2012.)

Mikäli kappaleesta ei ole olemassa ajan tasalla olevia piirustuksia tai vanhasta osasta tarvitaan uusi kappale, voidaan 3D-skannausta käyttää hyväksi. Kappale skannataan, minkä jälkeen siitä voidaan tehdä 3D-tulostuksen avulla mallikappale. Mallikappaleen avulla voidaan tehdä muotti, jonka avulla tarvittava kappale voidaan valmistaa halutusta materiaalista. Vaihtoehtoisesti skannaus voidaan käsitellä tietokoneella ja tuottaa kappale suoraan CNC-koneella. (Popularmechanics 2009.)

4.2 Laaduntarkkailu

3D-skannausta voidaan käyttää kappaleiden laaduntarkkailuun sen jälkeen kun ne on valmistettu. Tyypillisesti laaduntarkkailuun käytetään ei-koskettavia skannausmenetelmiä, joilla saadaan nopeasti selville kappaleen muoto ja koko. Näin

voidaan myös nopeasti havaita, jos kappale on vääntynyt tai väärän kokoinen. Koskettavilla menetelmillä saadaan nopeasti selville pulttien reikien paikat, reikien halkaisijat, kohoumat ja muut kappaleeseen liittyvät geometriat. 3D-skannausta käytetään yhdessä tilastollisten analyysiohjelmien kanssa, jotta voidaan ylläpitää sekä ennustaa tuotannon laatua. (3dscanco 2012.)

4.3 Historiantutkimus

Joitakin historiallisia esineitä voi olla vaikea tutkia, koska ne saattavat olla erittäin hauraita ja vaurioitua kosketuksesta. Ei-koskettavilla menetelmillä esine voidaan skannata tietokoneelle, jossa sitä voidaan tutkia koskettamatta itse esineeseen ja näin välttyä vaurioittamasta alkuperäistä esinettä. (Wachowiak & Karas 2009.)

Historiallisista esineistä voidaan tehdä kopioita skannauksen avulla. Esine skannataan ja sen jälkeen tuotetaan kopio esimerkiksi 3D-tulostamalla. Näin voidaan tehdä, jos esine on tuhoutumassa itsestään ajan myötä. On myös mahdollista tuottaa osia vaurioituneeseen esineeseen 3D-skannauksen avulla, ilman että esinettä vaurioitetaan lisää. Kopioidut esineet ovatkin tärkeitä museoille tutkimuksen, näyttelyiden sekä entisöinnin kannalta. (Wachowiak & Karas 2009.)

Skannatun datan avulla voidaan myös suunnitella parempia kuljetuspakkauksia esineille. Datan avulla voidaan kustomoida pakkausmateriaalit, sekä suunnitella esineen mahdolliset siirtelyt sekä pakkauksen tilan hyötykäyttö. (Wachowiak & Karas 2009.)

4.4 Lääketiede

Lääketieteessä ultraääni, tietokonetomografia, röntgen- ja magneettikuvaukset ovat auttaneet tutkimaan ihmisen kehon fysiologiaa ja anatomiaa. Näistä on apua tautien tilojen seurannassa. Ulkoisista 3D-skannauksista on myös paljon hyötyä. Lääketieteen ammattilaiset käyttävät laajasti tietoja ihmisen koosta ja muodoista arvioidakseen ravitsemustiloja ja normaalia ihmisen kehitystä. Sen avulla voidaan myös laskea annettavia lääkemääriä. 3D-skannaus on myös suuri apu suunnitellussa ihmiselle proteeseja. (Treleaven & Wells 2007.)

4.5 Viihde- ja peliteollisuus

Suurten ja monimutkaisten mallien tekeminen käsin voi olla ikävää ja aikaa vievää. Reaalimaailman malleissa voi olla vaikeaa luoda tarkka kuvaus, ilman että otetaan paljon fyysisiä mittoja. 3D-skannauksen avulla reaalimaailman kappaleiden digitointi on nopeampaa. Kappale voidaan nopeasti muuttaa digitaaliseen muotoon, joka on valmis animaattoreiden käyttöön. (Leok 2013.)

Animaattorit hyötyvät 3D-skannauksesta kolmella tavalla: Skannauksen avulla kolmiulotteiset mallit voidaan tehdä nopeammin, tarkemmin sekä joustavammin. Kappaleista voidaan tehdä tarkkoja. Esim, joissakin tapauksissa voidaan skannata jopa maalipinnan paksuuksia. Tällä tavalla voidaan mallintaa ja tehdä luonnonmukaisia kappaleita, kuten patsaita ja rakennuksia. (Leok 2013.)

Vaikka skannauksesta saatua dataa joudutaankin jälkikäsittelemään, on se silti nopeampaa, kuin se että, kappale tehtäisiin alusta asti käsin. Näin tuotannossa säästetään sekä aikaa että rahaa. (Leok 2013.)

Skannattua kappaletta voidaan käsitellä, jotta se saadaan sopimaan pelin tai elokuvan tarinaan ja estetiikkaan. Yksi esimerkki tästä ovat vaikkapa patsaat rakennuksen ulkopuolella. Vaikka ne olisivatkin aivan alkuperäisen näköisiä, eivät ne välttämättä sovi pelin tai elokuvan estetiikkaan. Niistä voidaan tehdä tarpeen vaatiessa vaurioituneen tai kuluneen näköisiä. (Leok 2013.)

4.6 Onnettomuus- ja rikospaikkatutkimus

Onnettomuus ja rikospaikkatutkinnassa poliisit eri puolilla maailmaa ovat jo usean vuoden ajan käyttäneet 3D-skannausta apunaan tutkinnassa (kuva 7). 3D-skannaus on tehokas keino dokumentoida tapahtumapaikat nopeasti ja luotettavasti. Tästä johtuen raivaustöihin päästään mahdollisimman pian, koska tapahtumapaikka on saatu dokumentoitua sellaisenaan, millaisena se on ollut rikos- tai onnettomuushetkellä ollut. Skannatulla aineistolla on hyvä todistusvoima oikeudenkäynnissä, koska mittauksen aikana ei valikoida mitattavia pisteitä, vaan koko ympäristö tallentuu automaattisesti.

Skannattu pistepilvi analysoidaan eri tavoin toimistotyönä myöhemmin, jolloin selvitetään muun muassa veriroiskeiden suuntia ja alkupisteitä sekä luotien suuntia rikospaikalla. Analyysien lisäksi voidaan tuottaa visualisointeja ja animaatioita aineistoista. (Nordicgeocenter 2011).



Kuva 7. 3D-skannaus onnettomuudessa olleesta autosta.

5 KAPPALEEN SKANNAAMINEN 3D-TULOSTUSTA VARTEN

5.1 Materflow Oy

Kappaleiden skannaukset suoritettiin Materflow Oy:n tiloissa, jossa testattiin NextEngine 3D-skannerin toimivuutta. Tarkoitus oli testata, pystyykö skannattuja kappaleita siirtämään suoraan 3D-tulostimelle tulostettavaksi ja minkälaisella laadulla.

Materflow Oy on lahtelainen vuonna 2013 perustettu yritys, jonka toimialakuvaan kuuluu 3D-pikavalmistus, piensarjatuotanto, graafinen suunnittelu sekä tuotekehitys. Yritys on voittanut liikeidean jalostuskilpailun, jonka järjestäjinä ovat toimineet LADEC Oy, Jalo Paananen sekä Mediatalo ESA. 3D-tulostimena yrityksellä on EOSINT P395 tulostin, jonka raaka-aineena toimivat polyamidit ja niiden johdannaiset. EOSINT P395 on lasersintraustekniikkaan perustuva laite.

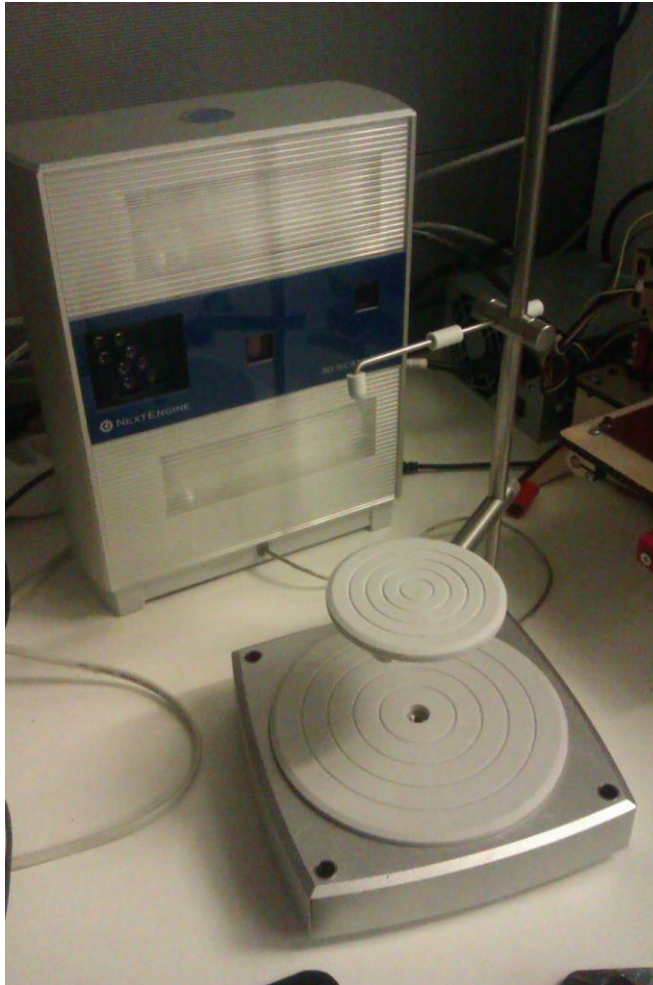
5.2 NextEngine 3D -skanneri

Työssä käytettiin NextEnginen 3D-skanneria (kuva 8). Skanneri käyttää hyväksien kolmiomittausta kappaleiden skannauksessa. Laite lähettää neljä lasersädettä, jotka keilaavat kappaleen. Takaisin heijastuneet säteet osuvat laitteen sensoriin, minkä jälkeen laite pystyy laskemaan pisteitä kappaleen pinnanmuodoista ja näin muodostamaan kolmiulotteisen mallin tietokoneelle.

Laite koostuu kolmesta osasta, jotka ovat AutoDrive, PartGripper sekä itse skanneri. AutoDrive on alusta, jolle skannattava kappale asetetaan. Alusta pyörii 360 astetta ja sitä voidaan ohjata ScanStudio HD -ohjelman avulla. Testauksessa käytetyssä laitteessa AutoDrive -alusta on kuitenkin rikkoutunut siten, että ScanStudio HD -ohjelma ei tunnista kyseistä laitetta, joten kappaleita jouduttiin kääntelemään käsin haluttuihin asentoihin. AutoDrive -alustaa ei ole pakko käyttää skannauksessa, mutta se helpottaa työtä, vaikkei sitä voidakaan ohjata tietokoneelta käsin.

PartGripper on apuväline, jonka avulla kappale voidaan kiinnittää haluttuun asentoon skannauksen helpottamiseksi. PartGripper ruuvataan alustaan kiinni, jonka

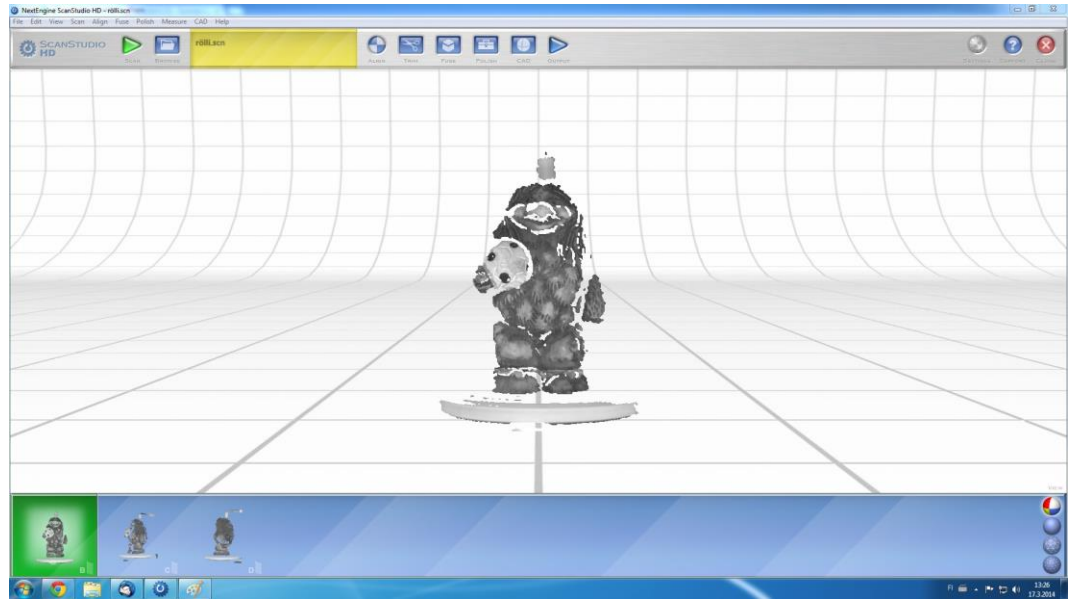
jälkeen siihen kuuluvaa telinettä voidaan säätää korkeussuunnassa haluttuun korkeuteen.



Kuva 8. NextEngine 3D-skanneri.

5.3 ScanStudio HD

NextEngine –skannerin mukana tulevalla ScanStudio HD –ohjelmalla (kuva 9) käsitellään skannattua dataa. ScanStudio HD sisältää työkalut, joiden avulla skannauksia voidaan yhdistellä, täyttää skannauksessa meshiin jääneitä reikiä tai tasoittaa ja yksinkertaistaa pintoja. Mesh on kokoelma pisteitä, reunoja ja pintoja, jotka muodostavat 3D-mallin.



Kuva 9. ScanStudio HD –käyttöliittymä.

5.4 Skannattavat kappaleet

Skannattaviksi kappaleiksi pyrittiin valitsemaan pinnoiltaan erilaisia esineitä, jotta saataisiin erilaisia tuloksia skannauksista. Kappaleiksi valittiin langaton hiiri, kosteusanturin alusta sekä pieni patsas (kuva 10). Hiiressä on kiiltävä, musta pinta. Alustassa on myös samantapainen pinta, mutta siinä on keskellä myös reikä. Patsaassa on paljon erilaisia pieniä yksityiskohtia. Kappaleiden valinnalla pyrittiin tuomaan esille, miten erilaiset pinnat vaikuttavat skannaustuloksiin ja minkälaisia ongelmia niiden kanssa saattaa tulla.



Kuva 10. Skannattavat kappaleet.

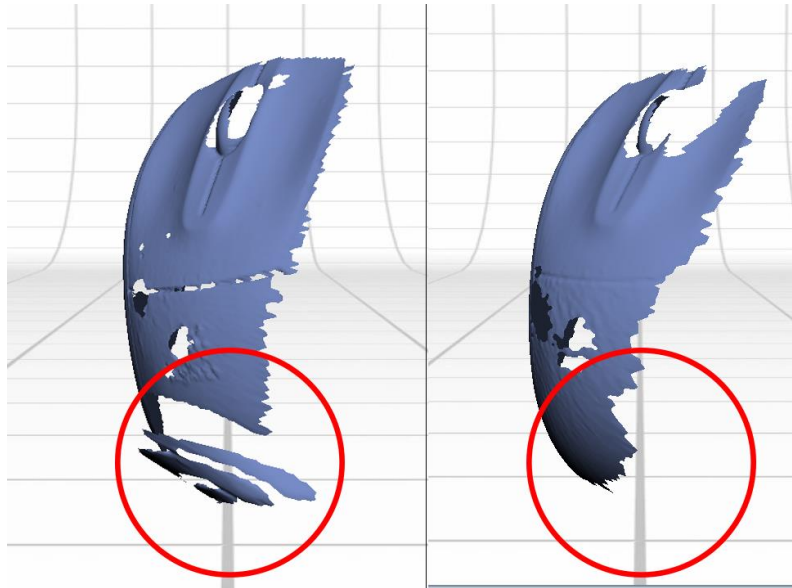
5.5 Kappaleiden valmistelu skannausta varten

Ennen skannausta esineet pitää valmistella skannausta varten (kuva 11). Jos kappaleessa ei ole itsessään paljoa yksityiskohtia esimerkiksi väritykseltään, kannattaa kappaleen pinnalle piirtää kynällä pisteitä kappaleen jokaiselle pinnalle. Nämä helpottavat huomattavasti skannausten yhdistelyä myöhemmin. Ilman näitä piirrettyjä pisteitä voi skannausten yhdisteleminen olla jopa mahdotonta. Jos kappaleessa on läpinäkyviä tai kiiltäviä pintoja, ne olisi hyvä koittaa peittää. Tämä onnistuu puuteromalla esine valkoisella jauheella tai maalaamalla esine valkoisella mattavärillä. Tässä työssä esineisiin käytettiin valkoista puuteria.



Kuva 11. Osittain valmisteltu hiiri skannausta varten.

Koska skanneri käyttää hyväkseen laservaloa, joka heijastuu kappaleesta takaisin skannerissa olevaan sensoriin, voivat kiiltävät kappaleet aiheuttaa vääristymiä skannauksiin. Kiiltävä pinta heijastaa valoa erilailla kuin valkoisella puuterilla käsitelty pinta. Vääristymää on havainnollistettu kuvassa 12.



Kuva 12. Vasemmalla puuterioimaton skannaus, oikealla puuterilla käsitelty skannaus.

5.6 Skannaus

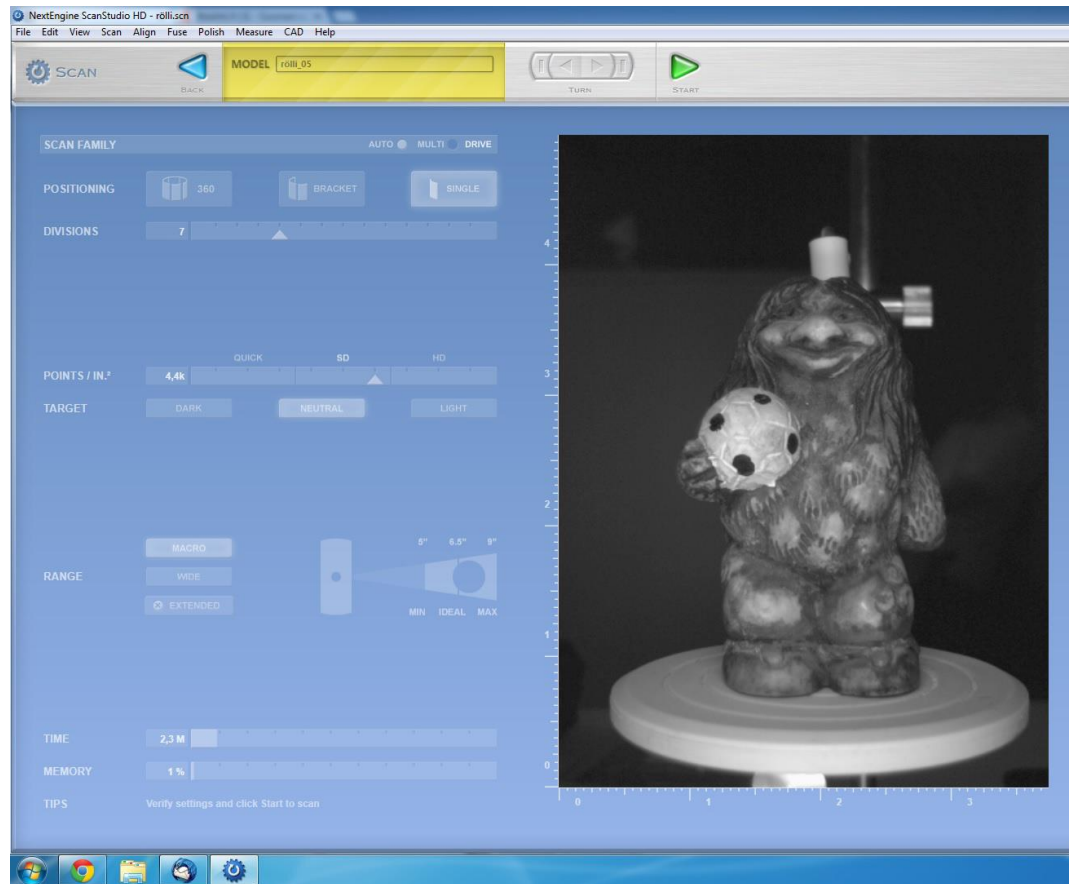
Skannaus aloitetaan painamalla vihreää scan nuolta ScanStudio HD:n työkalupalkista. Tämän jälkeen avautuu kuvan 13 mukainen ikkuna, jossa voidaan valita asetuksia skannaukselle. Keltaisella pohjalla olevaan kohtaan kirjoitetaan kappaleen tiedostonimi. Ensimmäisenä valitaan se, minkälaisella skannaustavalla kappale skannataan. Vaihtoehtoina ovat 360, bracket sekä single. 360 vaihtoehto pyörittää alustaa 360 astetta skannaten koko kappaleen automaattisesti kerralla. Division kohdan avulla määritellään, kuinka monella skannauksella tämä suoritetaan. Esim. jos on valittu division kohdasta kohta 6, skanneri tekee kuusi skannausta, jolloin alusta pyörii 60 astetta joka skannauksen jälkeen. Bracket -vaihtoehto ottaa kappaleesta kolme skannausta. Tässäkin division kohdan avulla määritetään, kuinka paljon alusta pyörii skannausten välissä. Single vaihtoehto tekee yhden skannauksen, eikä alusta pyörii laisinkaan. Koska AutoDrive -alusta on rikkoutunut, ei ollut mahdollista käyttää vaihtoehtoja 360 sekä bracket. Kaikki skannaukset suoritettiin single vaihtoehdolla.

Skannaustarkkuus valitaan kohdasta points / in². Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka monta pistettä skannaus tekee neliötuumalle. Target kohdassa on vaihtoehdot dark, neutral ja light. Näistä valitaan yksi sen mukaan, onko kappale värityksel-

tään tumma, neutraali vai vaalea. Skannaustarkkuudeksi valittiin kaikissa kappaleissa 4,4k eli 4400 pistettä per neliötuuma.

Range -kohdasta valitaan skannerin mittausetäisyys. Macro -vaihtoehdolla mittausetäisyys on viidestä tuumasta yhdeksään tuumaan, jossa parhain mittaustulos saavutetaan kuuden ja puolen tuuman kohdalla. Senttimetreissä nämä luvut ovat n. 13 senttimetristä 23 senttimetriin, jossa parhain mittaustulos on n. 16,5 senttimetrin kohdalla. Wide vaihtoehdossa mittausetäisyydet ovat 15 tuumasta 22 tuumaan (38 – 56cm), jossa parhain mittaustulos saadaan 17 tuuman (43 cm) kohdalla. Extended vaihtoehdolla saadaan suurimmaksi mittausetäisyydeksi 30 tuumaa eli n.76 senttimetriä, mutta se on saatavilla vain ScanStudio HD PRO –versiossa.

Asetusten vieressä oikealla puolella ikkunaa on kuva skannattavasta kohteesta. Tämän ikkunan avulla voidaan varmistaa, että kappale mahtuu kokonaisuudessaan skannattavalle alueelle. Kappaletta pyöritetään alustalla ja samalla katsotaan asetusikkunasta, että mitään osia kappaleesta ei käy alueen ulkopuolella. Tämän voi tehdä käyttämällä ylhäällä työkalupalkissa olevia nuolia käyttämällä, jolloin AutoDrive –alusta pyörisi itsestään. Koska alusta ei toiminut, jouduttiin alustaa pyörittämään käsin ja siten varmistamaan, että kappale mahtuu skannausalueelle. Loppussa on kohdat time sekä memory. Nämä kertovat vain skannaukseen kestävän ajan ja sen, kuinka paljon muistia varataan tietokoneelta skannausta varten. Ennen varsinaista kappaleen skannaamista kannattaa tehdä muutamia testiskannauksia erilaisilla asetuksilla. Näin voidaan löytää asetukset, joilla saadaan parhain haluttu laatu.



Kuva 13. Skannausasetukset.

Asetusten asettamisen jälkeen skannaus aloitetaan painamalla vihreää nuolta työkalupalkista. Skanneri ottaa kappaleesta kuvan, josta saadaan kappaleelle tekstuurit. Kuvan voi määrittää joko mustavalkoiseksi tai värikuvaksi ScanStudion asetuksista. Tämän jälkeen neljä laseria keilaavat kappaleen (kuva 14). Yhdessä skannauksessa menee asetuksista riippuen minuutista pariin minuuttiin.



Kuva 14. Neljä lasersädettä keilaavat kappaleen.

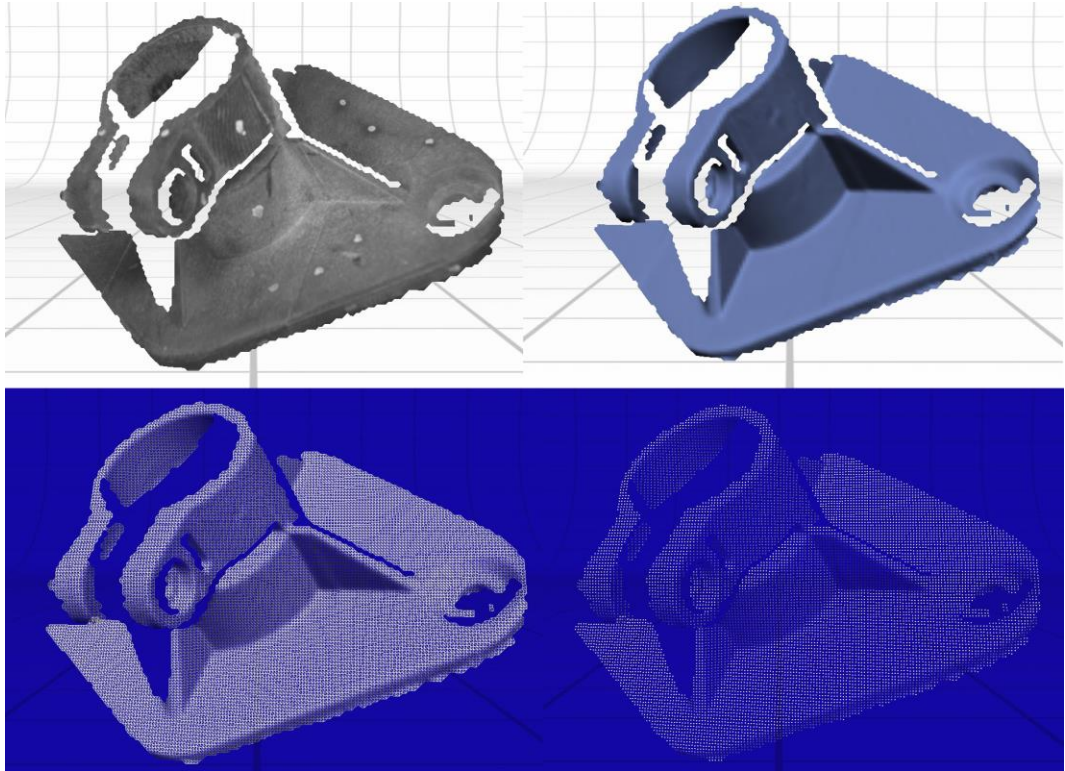
5.7 Työkalut

ScanStudio HD:n mukana on työkaluja (kuva 15), joilla skannauksista tehdään 3D-malli. Skannauksia käsitellään työkaluilla, joita ovat align, trim, fuse, polish, sekä CAD. CAD -työkalua ei voinut tässä työssä käyttää, koska siihen vaadittavaa lisenssiä ei ollut.



Kuva 15. ScanStudio HD:n työkalut.

ScanStudio HD:ssa on neljä eri vaihtoehtoa kappaleen tarkastelulle (kuva 16). Vaihtoehtoina ovat teksturoitu kappale, pinnat näyttävä solid, kolmioverkko, sekä pisteet. Näkymiä voi vaihdella ScanStudion alapalkista oikealla puolella olevilla pienillä palloilla. Vaihtoehtoisesti näkymää voi vaihtaa View -välilehden kautta.

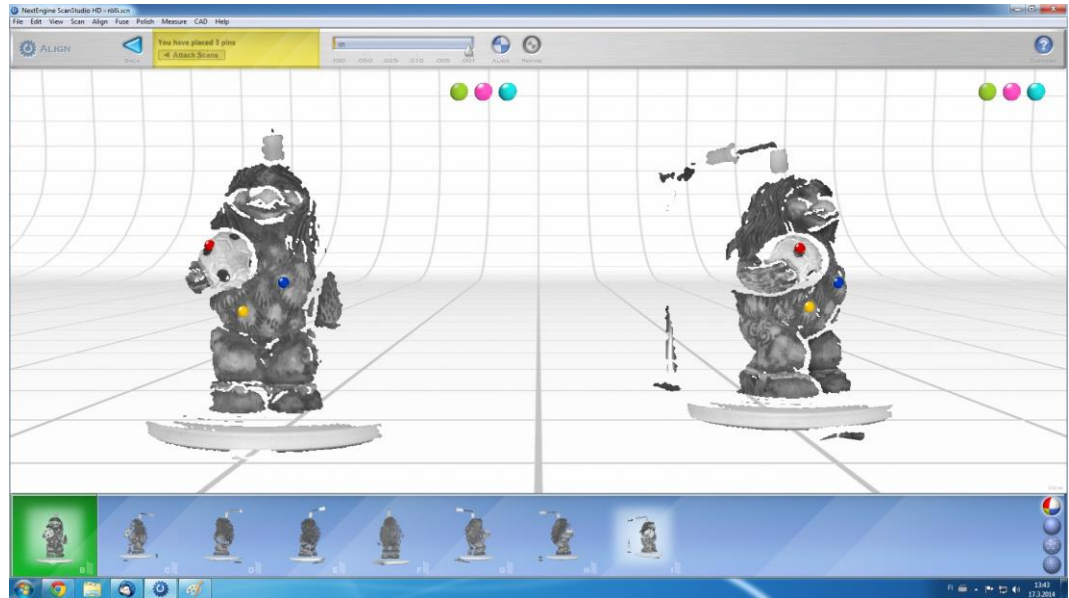


Kuva 16. Teksturoitu kappale, solid, kolmioverkko sekä pistepilvi.

5.7.1 Align -työkalu

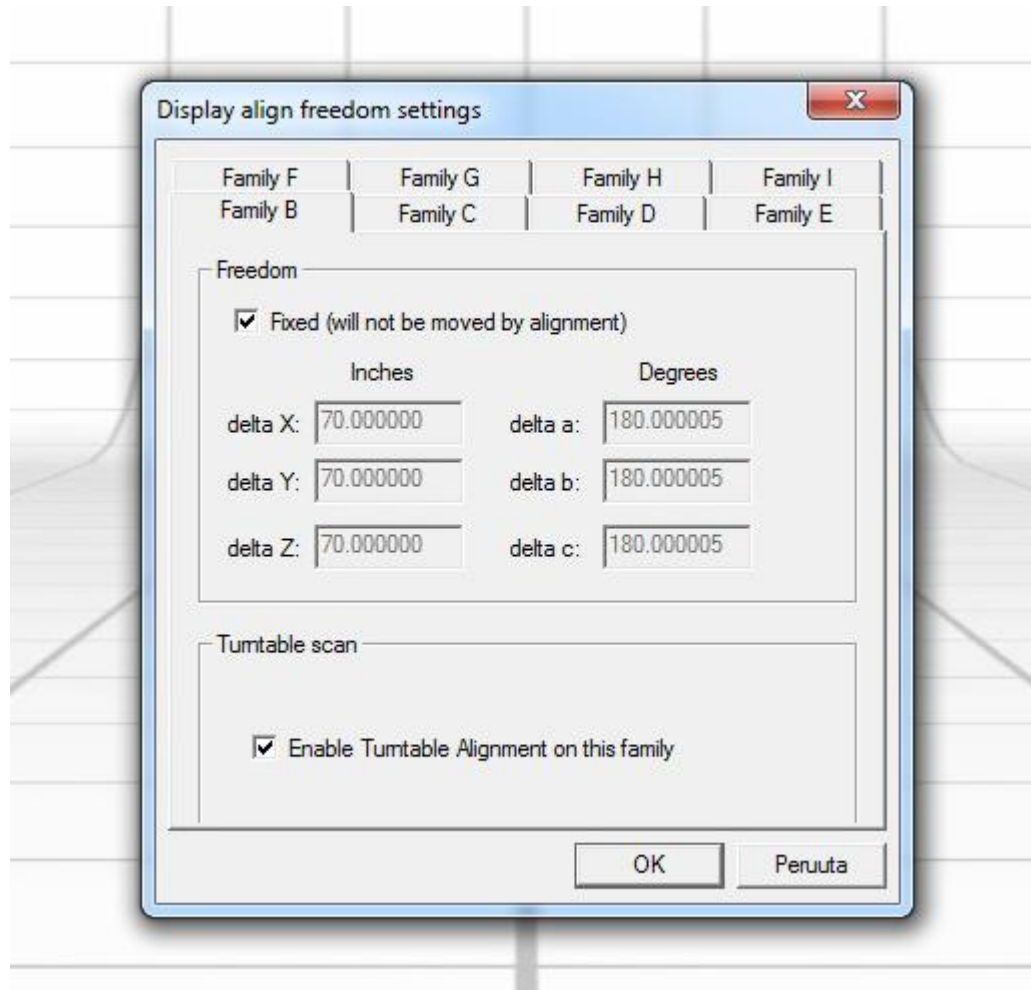
Align-työkalulla erilliset skannaukset yhdistellään yhdeksi kokonaisuudeksi. Skannaukset yhdistellään samaksi käyttämällä alignment pinnejä. Kun Alignment-työkalun laittaa päälle, kuvassa vasemmalla on ScanStudio HD:n alapalkissa oleva vihreällä taustalla oleva skannaus. Tätä kutsutaan scan familyksi, johon muut skannaukset yhdistetään. Kuvassa oikealla on liitettävä skannaus, jonka voi valita alapalkista. Skannauksista etsitään kohtia, jotka ovat samoja molemmissa skannauksissa. Näihin kohtiin asetellaan pinnejä, jotka voi vetää paikalleen, tai vaihtoehtoisesti tuplaklikkaamalla haluttua kohtaa. Mikäli kappaleeseen on piirretty pisteitä, on niillä helppo yhdistellä skannauksia. Skannaukset voi myös yhdistellä käyttämällä itse kappaleessa olevia yksityiskohtia, kuten kappaleen väritys. Yh-

distämiseen vaaditaan aina kolme eri pinniä (kuva 17). On mahdollista myös käyttää useampaa, kuin kolmea pinniä, mutta niistä ei juuri ole mitään hyötyä.



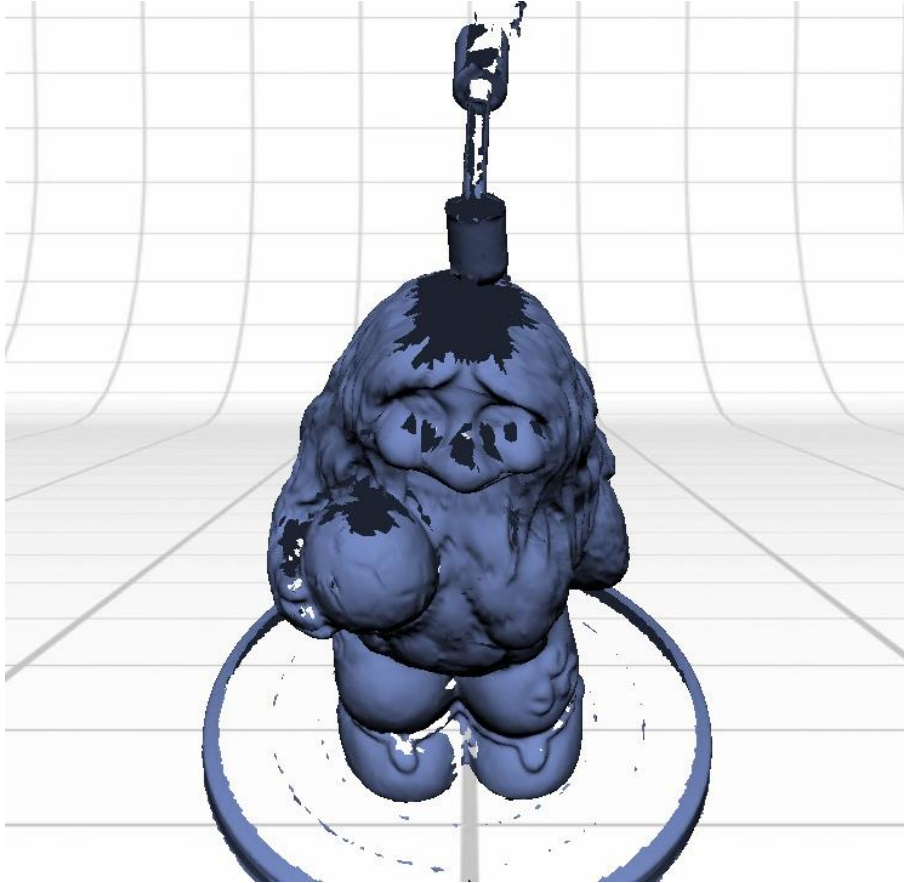
Kuva 17. Align pisteitä.

Yhdistämisen jälkeen saatu uusi scan family lukitaan, jotta uudet yhdistämiset eivät liikuttaisi jo yhdistettyjä skannauksia. Asetuksiin päästään Align-välilehdeltä, josta valitaan Alignment settings. Aukeaa kuvan 18. mukainen asetussikkuna. Ikkunasta valitaan haluttu scan family, ja sen jälkeen painetaan Freedom -kohdasta Fixed -vaihtoehto päälle. Tämä lukitsee scan familyn, eikä uusien skannausten yhdistäminen pitäisi vaikuttaa jo yhdistettyihin skannauksiin.



Kuva 18. Alignment settings.

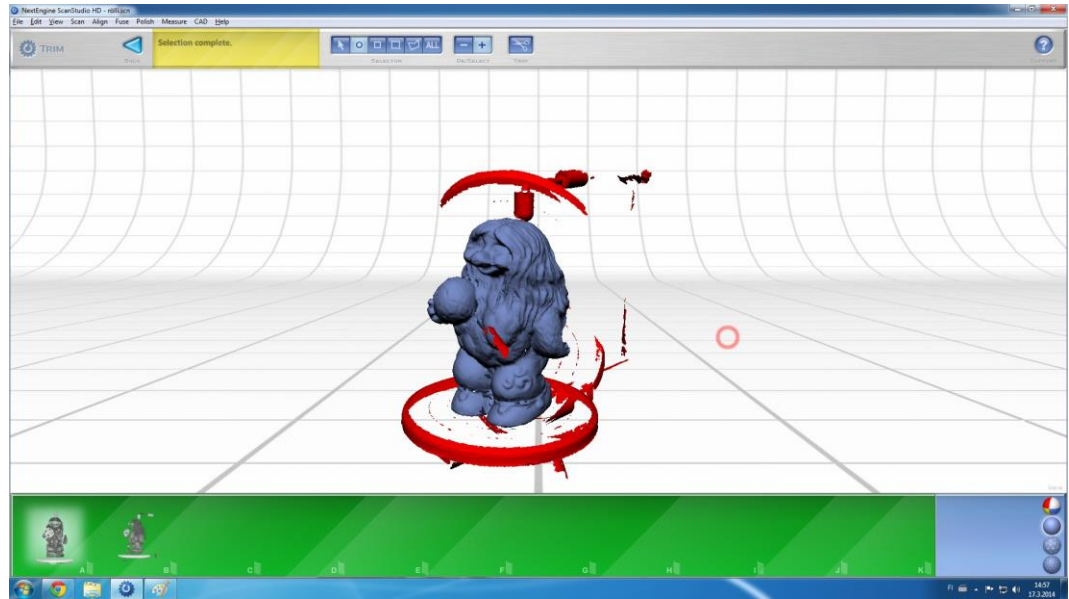
Näin jatketaan, kunnes kaikki halutut skannaukset on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämän jälkeen tarkastetaan, että kaikki tarvittavat osat ovat mukana (kuva 19). Mikäli näin ei ole, skannauksia otetaan lisää vaadittavista kulmista ja yhdistetään uudet skannaukset, jotta saadaan kokonainen malli skannatusta kappaleesta.



Kuva 19. Lisäskannauksia tarvitaan, jotta päälaki saadaan malliin mukaan.

5.7.2 Trim -työkalu

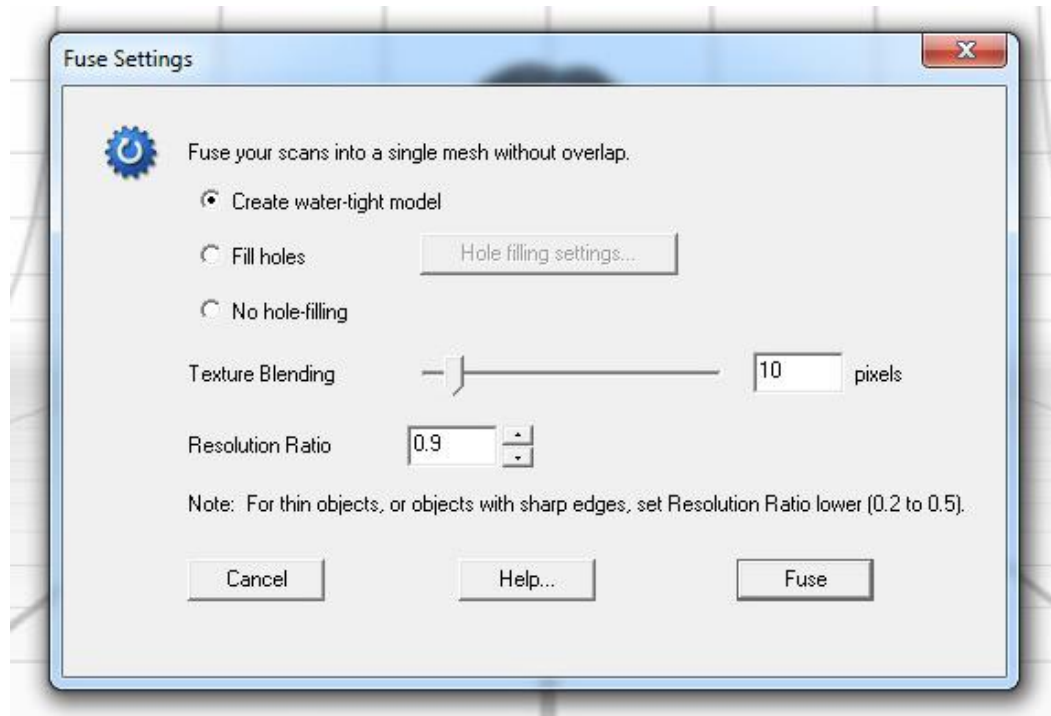
Kun skannaukset on saatu yhdisteltyä yhdeksi kokonaisuudeksi, trimmataan pois ylimääräiset osat skannauksista. Näitä ovat yleensä PartGripperin teline sekä AutoDriven alusta. Valittavina on eri työkaluja, joiden avulla valitaan trimmattavat alueet. Työkalut ovat erimuotoisia hiiren kursoreja, joilla halutut alueet maalataan. Trimmattavat alueet näkyvät kuvassa punaisina alueina (kuva 20). Valitut alueet poistetaan painamalla tämän jälkeen trim -nappia.



Kuva 20. Trimmattavat alueet näkyvät punaisina.

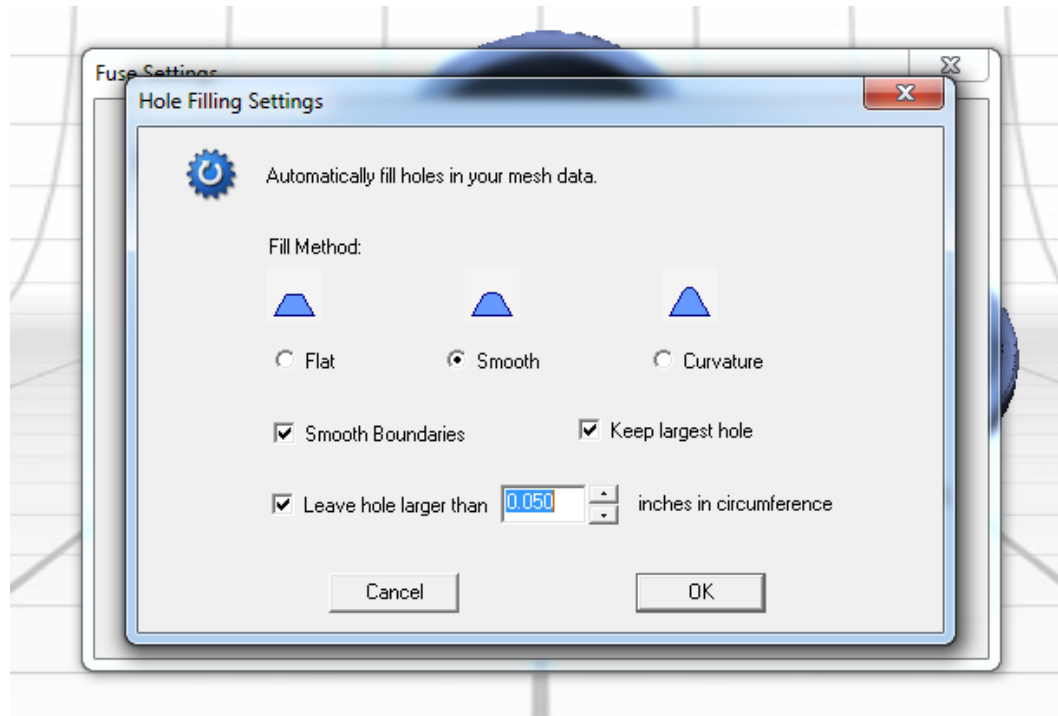
5.7.3 Fuse -työkalu

Ennen Fuse -työkalun käyttämistä kappale muodostuu monesta eri meshistä, jotka ovat osittain päällekkäin. Fuse -työkalu sulauttaa kaikki nämä yhteen ja tekee yhden yhtenäisen meshin. Ennen fusen käyttämistä tulisi kaikkien skannausten yhdistämiset ja trimmaamiset olla tehtynä. Asetuksissa on kolme vaihtoehtoa mahdollisten jääneiden reikien täytölle (kuva 21). Create water-tight model tekee nimensä mukaisesti mallista vesitiiviin. Kyseinen vaihtoehto täyttää kaikki löydettyt reiät tehden mallista täysin reiättömän. Fill holes-kohdasta voidaan itse säätää reikien täytön asetuksia. No hole-filling ei täytä reikiä ollenkaan. Texture blending kohtaan ei koskettu, sillä haluttuun malliin ei tarvita tekstuureja. Resolution Ratio voidaan säätää pienemmäksi, jos kappale on hyvin ohut tai teräväreunainen, mutta on suositeltu käytettävän perusarvoa 0,9.



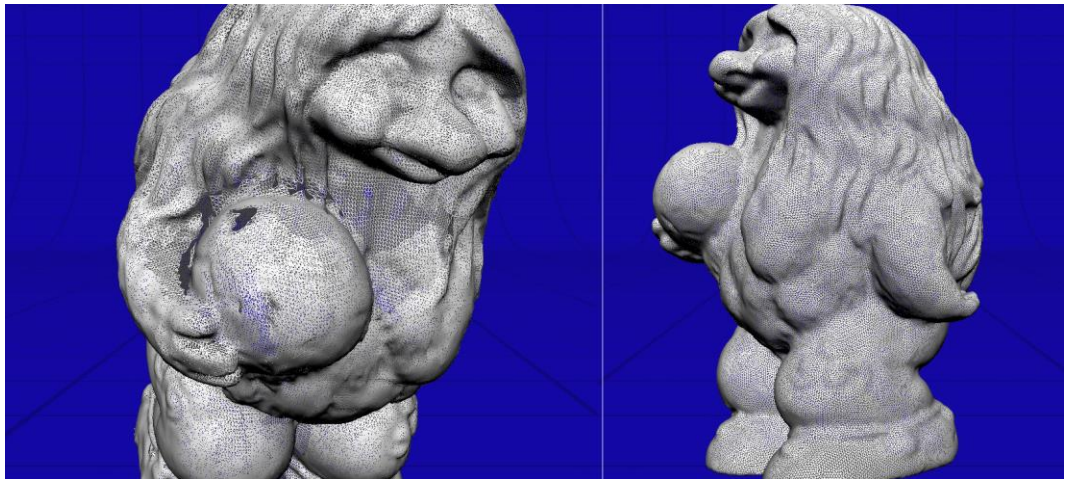
Kuva 21. Fuse -asetukset.

Mikäli ei haluta, että mallista tehdään täysin reiätön, käytetään kohtaa fill holes. Hole filling asetuksista päästään määrittelemään, miten reiät täytetään. Asetuksista voidaan valita kolmen eri reiän täyttötyylin välillä. Flat, smooth ja curvature (kuva 22). Flat -vaihtoehto täyttää reiän tasaisella pinnalla, smooth pyöristää reikien reunoja ja curvature vaihtoehto yrittää analysoida reiän ympärillä olevaa geometriaa ja täyttää reiän tämän mukaan. Asetuksista määritetään myös se, jätetäänkö suurin reikä täyttämättä vai ei. Voidaan myös määrittää rei'ille ympärysmittan arvo. Tätä arvoa ympärysmitaltaan isommat reiät jätetään täyttämättä.



Kuva 22. Fill holes asetukset.

Kun halutut asetukset on asetettu, voidaan aloittaa skannausten sulauttamien toisiinsa ja näin muodostaa yhtenäinen mesh (kuva 23). Skannausten lukumäärästä ja skannaustarkkuudesta riippuen toimenpiteessä voi kestää useita minuutteja.



Kuva 23. Kappale ennen ja jälkeen fuse-toimenpidettä.

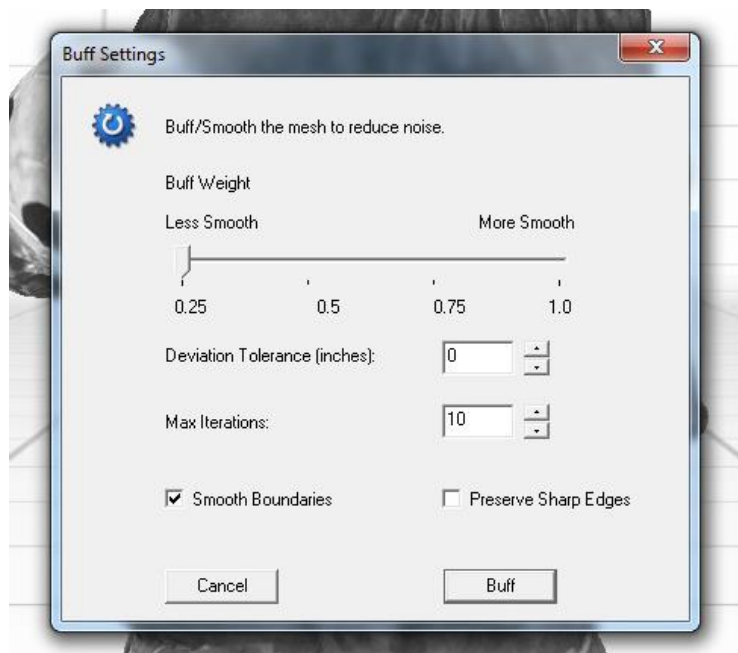
5.7.4 Polish -työkalu

Polish -työkalun avulla parannellaan 3D-mallia. Valittavina työkaluina on fill, buff sekä simplify (kuva 24). Fill –työkalulla voidaan täyttää jääneitä reikiä, mutta kyseistä työkalua ei tässä työssä havaittu tarpeelliseksi, koska fuse toiminnon aikana tehty reikien täyttö täytti kaikki halutut reiät automaattisesti.



Kuva 24. Polish –työkalut.

Buff työkalun avulla mallin pintaa voidaan tasoitella ja poistaa pieniä vikoja. Halutut alueet maalataan, ja sen jälkeen painetaan buff nappia. Tämä avaa kuvan 25. mukaisen asetusikkunan. Buff Weight-asetuksella säädetään, kuinka paljon valittuja alueita tasoitellaan. Tässä työssä kaikissa skannatuissa kappaleissa käytettiin arvoa 0,25. Deviation Tolerance ja Max Iterations-arvoja ei muutettu. Valittavina on vielä vaihtoehdot reunojen pehmennykselle sekä terävien reunojen säästämiseksi.



Kuva 25. Buff työkalun asetukset.

Simplify -työkalulla voidaan ainoastaan vähentää kolmioiden määrää meshissä (kuva 26). Tässäkin työkalussa voidaan tehdä aluevalintoja halutuille alueille, mutta helpompaa on valita koko kappale. Simplify pyrkii säilyttämään kappaleen muodot, joten se vähentää kolmioita sieltä, mistä se pystyy. Työkalussa on säädettävä toleranssi, jonka mukaan se toimii. Mitä suuremmaksi toleranssia säätää, sitä enemmän se pyrkii vähentämään kolmioiden määrää. Tätä arvoa ei kuitenkaan tässä työssä muutettu, sillä kolmioiden määrällä ei juuri ole merkitystä, kun kappale tulostetaan 3D-tulostimella.

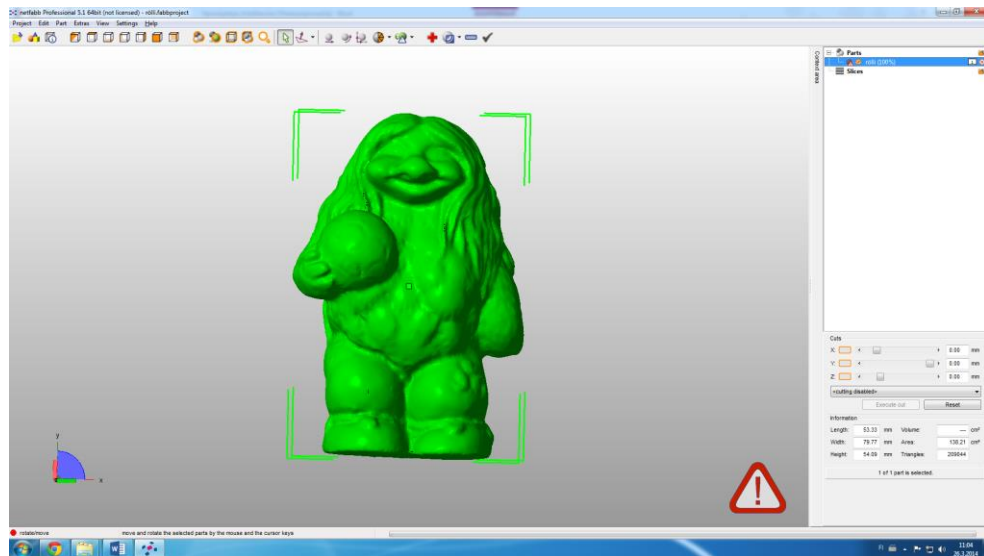


Kuva 26. Kappale simplify työkalun jälkeen.

Kun kappale on saatu valmiiksi, voidaan tilan säästämiseksi poistaa kaikki data, jota ei ole liitetty itse kappaleeseen. Tämä tapahtuu edit välilehdeltä, josta valitaan kohta delete unattached data. Tämä toiminto poistaa kaiken ylimääräisen datan, jota ei tarvita. Tämän jälkeen kappale tallennetaan .stl -muotoon, jotta se voidaan tulostaa 3D-tulostimella. Tallennus voidaan tehdä file välilehden kautta tai painamalla ScanStudio HD:n työkalupalkissa olevaa output -nappia, josta löytyy tallennus .stl -muotoon. Kolmesta skannatusta kappaleesta päätettiin tulostaa vain patsas.

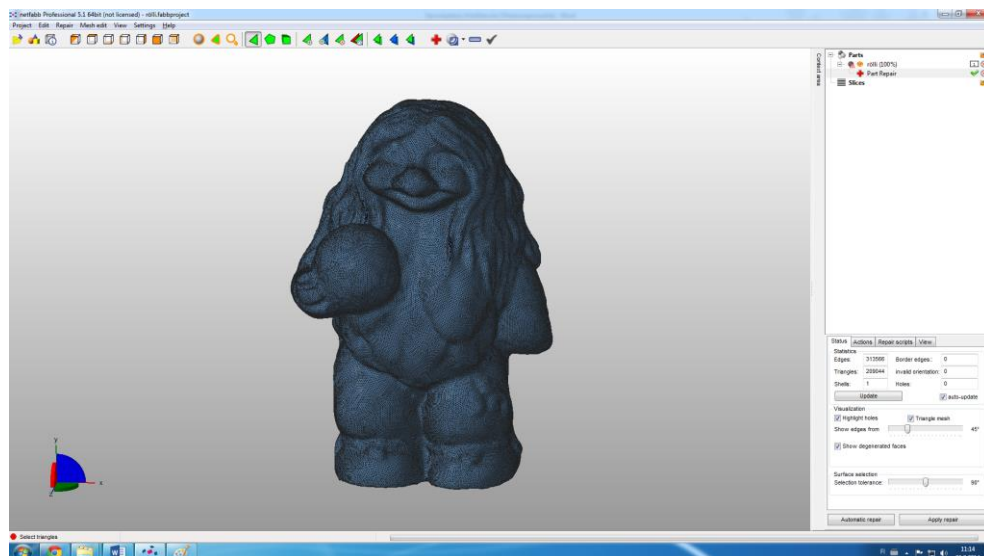
5.8 Kappaleen valmistelu 3D-tulostusta varten

Jotta kappale voidaan tulostaa ongelmitta, pitää se tarkistaa vielä mahdollisten virheiden varalta. Tämä tehtiin Netfabb -ohjelmalla. Kappale tuotiin .stl tiedostona Netfabbiin, jossa Netfabb ilmoitti varoituskolmiolla, että kappaleesta löytyy virheitä. (kuva 27)



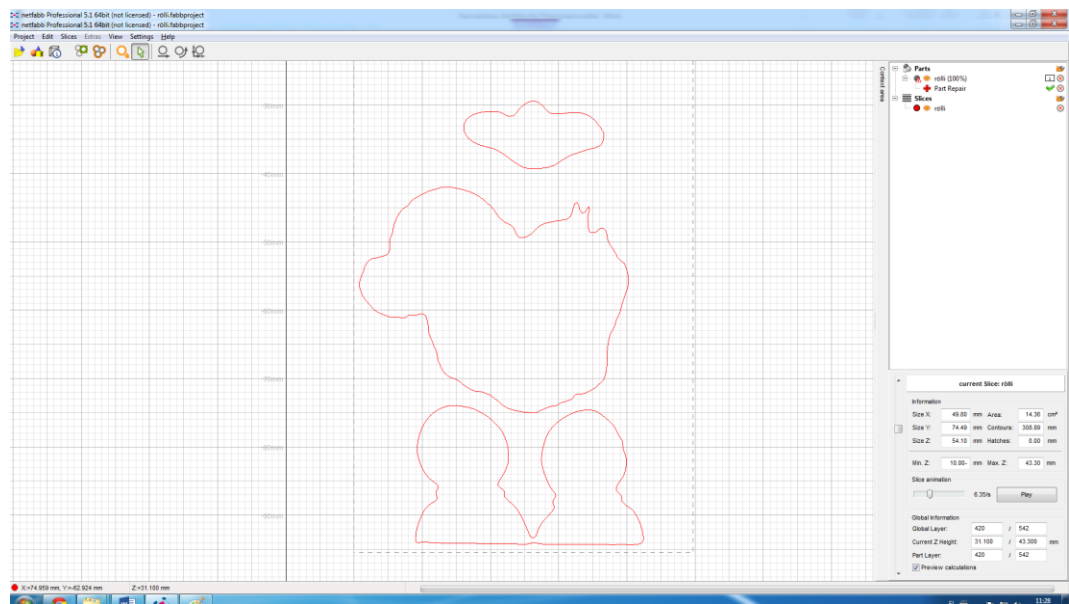
Kuva 27. Kappaleessa on virheitä.

Virheet saatiin korjattua valitsemalla Extras -välilehdeltä toiminto repair part. Netfabb ohjelman oikeaan alalaitaan avautui asetussikkuna, josta valittiin automatic repair. Ohjelma korjasi kappaleessa olleet virheet automaattisesti. (kuva 28)



Kuva 28. Virheet korjattu.

Valmistusta varten kappaleesta tehtiin vielä kerrostiedosto, jotta tulostin osaa tulostaa kappaleen (kuva 29). Yhden kerroksen paksuudeksi valittiin 0,1 mm. Tämän jälkeen kerrostiedosto voidaan viedä tulostimelle tulostettavaksi. 3D-tulostin perustuu laser-sintraus –tekniikkaan, jossa laser polttaa yhden kerroksen kappaleesta kerrallaan. Tulostin levittää alustalle ohuen kerroksen polyamidijauhetta, joka on kuumennettu lähelle sen sulamispistettä. Tämän jälkeen laser sintraa kohdat, joista muodostuu tulostettava kappale. Yhden kerroksen sintraamisen jälkeen levitetään uusi kerros jauhetta ja laser sintraa taas vaaditut kohdat. Näin jatketaan niin kauan, kunnes kappale on valmis.

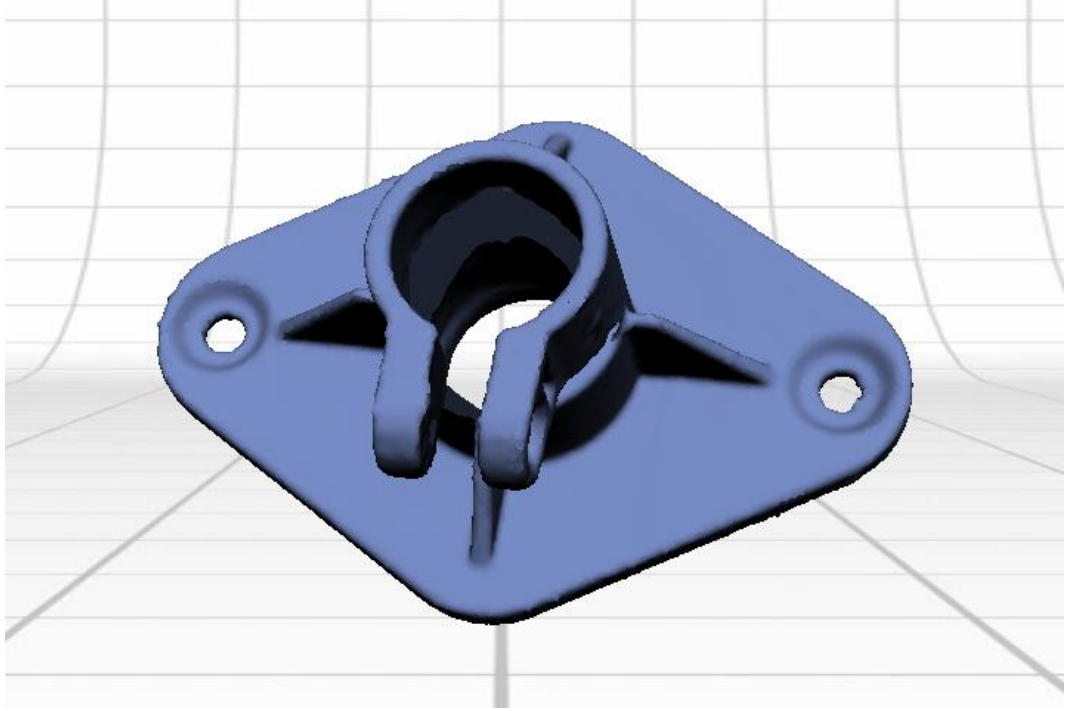


Kuva 29. Yksi tulostettavista kerroksista.

5.9 Skannauksissa vastaan tulleita ongelmia.

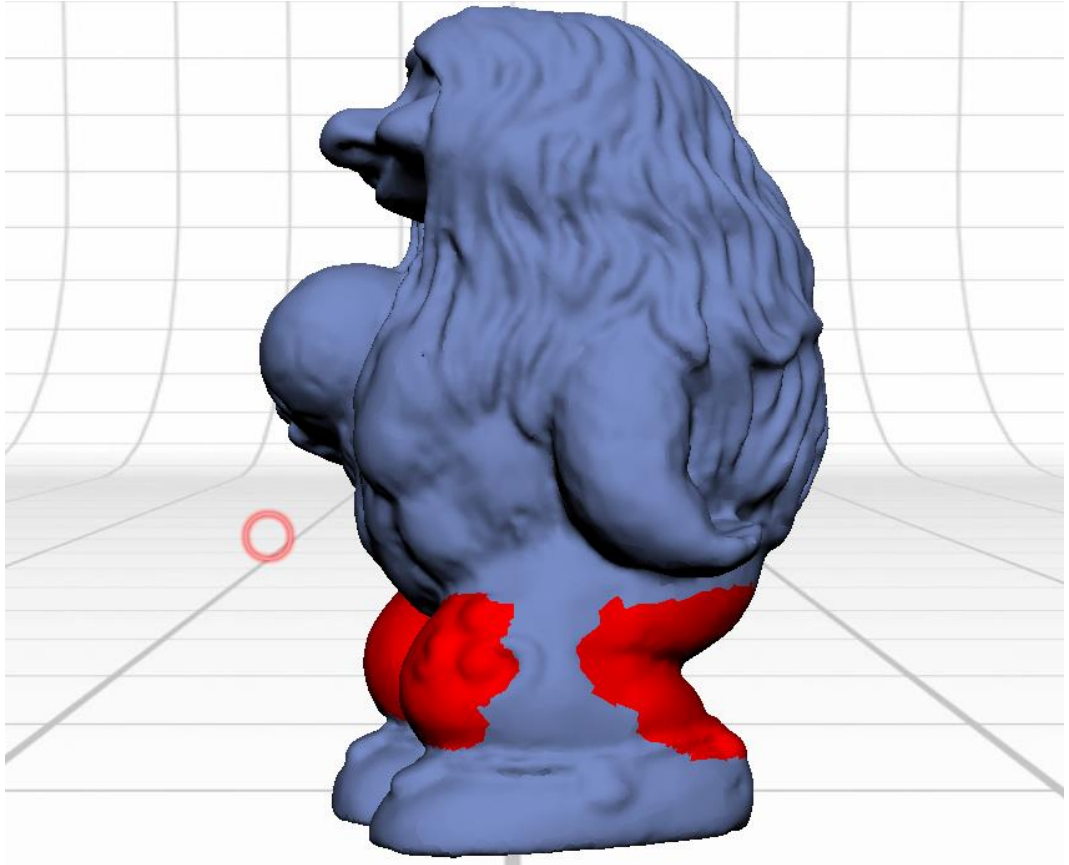
Kappaleissa olevien mahdollisten putkimaisten muotojen sisäpinnat on äärimmäisen haastavaa tai jopa mahdotonta skannata. Samoin kappaleessa olevat raot tuottavat myös suuria hankaluuksia taltioida. Tämä johtuu siitä, että NextEngine 3D-skanneri käyttää hyväkseen kolmiomittausta. Laservalo voi päästä putken sisälle, mutta sillä ei ole enää tilaa palata takaisin skannerin sensoriin, joka taltioisi kappaleen muodot tietokoneelle. Hyvä esimerkki tästä on skannattu kosteusanturin alusta (kuva 30). Keskellä olevan putken sisäpinnan osia on jäänyt ilman pintaa, koska laservalo ei ole päässyt sinne asti tai se ei ole päässyt heijastumaan takaisin skannerin sensoriin. Tällaista kappaletta ei ole mahdollista siirtää suoraan 3D-

tulostimeen tulostettavaksi. Skannattu kappale ei kuitenkaan ole hyödytön. Sen avulla voidaan mallinnusohjelman avulla tehdä ehjä malli käyttäen skannattua kappaletta referenssinä. Näin ei tarvita ottaa mittoja käsin kappaleesta, koska skannattu kappale on jo valmiiksi oikeassa mittakaavassa.



Kuva 30. Kosteusanturin alusta.

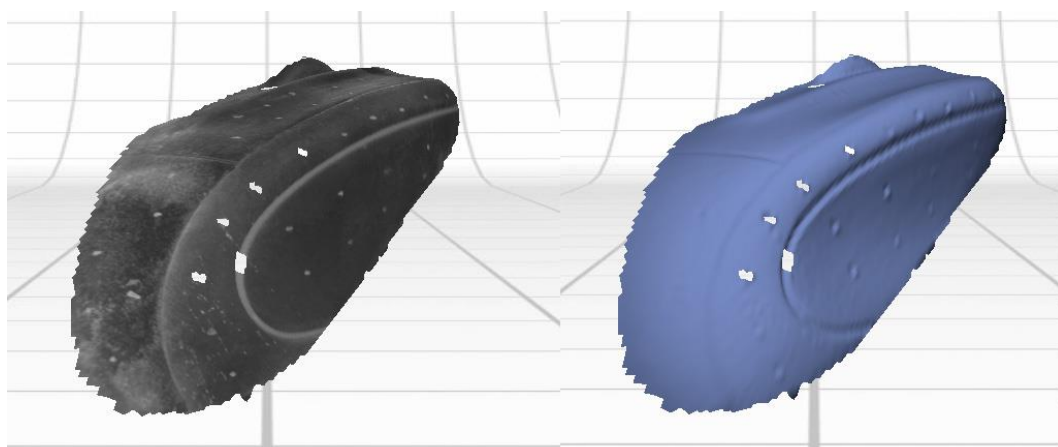
Tehtäessä aluevalintaa ScanStudio HD:n trim tai polish työkalussa tulee myös valitun alueen takana olevat alueet valittua. Esim. jos suoraan kappaleen edestä valitaan jokin alue, on se myös valittuna kappaleen selkäpuolelta (kuva 31). Tämä johtaa siihen, että kappaletta joudutaan pyörittelemään eri asentoihin ja tämän jälkeen poistamaan ylimääräisiä valintoja. Tästä johtuen jouduttiin tekemään paljon samoja toimintoja yksitellen, koska ei ollut mahdollista saada kaikkia haluttuja alueita kerralla valittua järkevästi.



Kuva 31. Kappaleeseen valittu kohtisuoraan etupuolelta vain patsaan polvet, mutta valinta on tullut myös takapuolelle.

Patsasta koitettiin myös skannata suurimmalla mahdollisella tarkkuudella, joka oli 40 000 pistettä neliötuumalle. Kappaleeseen tallentui paljon yksityiskohtia, mutta pinta oli paikka paikoin erittäin epätasainen ja joihinkin paikkoihin skannausten sulauttamisen jälkeen ilmaantui reikiä, joita ei saanut järkevästi poistettua. Epätasainen pinta johti myös siihen, että fuse -työkalu teki jonkin verran päällekkäisiä pintoja. Näistä päällekkäisistä pinnoista voi tulla ongelmia, joista johtuen kappale ei ole tulostettavissa ilman korjauksia. Ongelmat voivat jopa olla niin vakavia, että kappale ei ole edes tulostettavissa järkevästi. Tämä siksi että ohjelma, jota käytetään 3D-tulostimen kanssa, ei osaa kunnolla korjata mahdollisia virheitä. Skannauksesta olisi luultavasti tullut hyväkin, jos AutoDrive alusta olisi toiminut. Sen avulla olisi voitu tehdä kappaleen skannaus täysin automaattisesti. Tällöin oltaisiin voitu välttää mahdolliset virheet, joita skannausten käsin yhdistämisessä saattaa tapahtua.

Hiiren skannauksissa pintaan muodostui pieniä kupuja ja kuoppia align pisteiden kohdille. Tässä tultiin siihen johtopäätökseen, että valon heijastukset valkoisista pisteistä ja tummasta taustasta olivat niin erilaisia, että se vaikutti skannaustulokseen (kuva 32). Virheet saatiin korjattua ScanStudio HD:n buff työkalulla, jolla tasoitettiin pinta kumpujen ja kuoppien kohdalta. Parhain skannaustulos olisi saatu maalamalla hiiri kokonaan valkoisella mattavärillä, eikä käyttämällä valkoista puuteria. Puuteri ei tässä tapauksessa ollut tarpeeksi riittävä peittämään mustaa ja kiiltävää pintaa. Maalausta ei suoritettu sen takia, koska hiirestä olisi luultavasti tullut sen jälkeen käyttökelvoton.

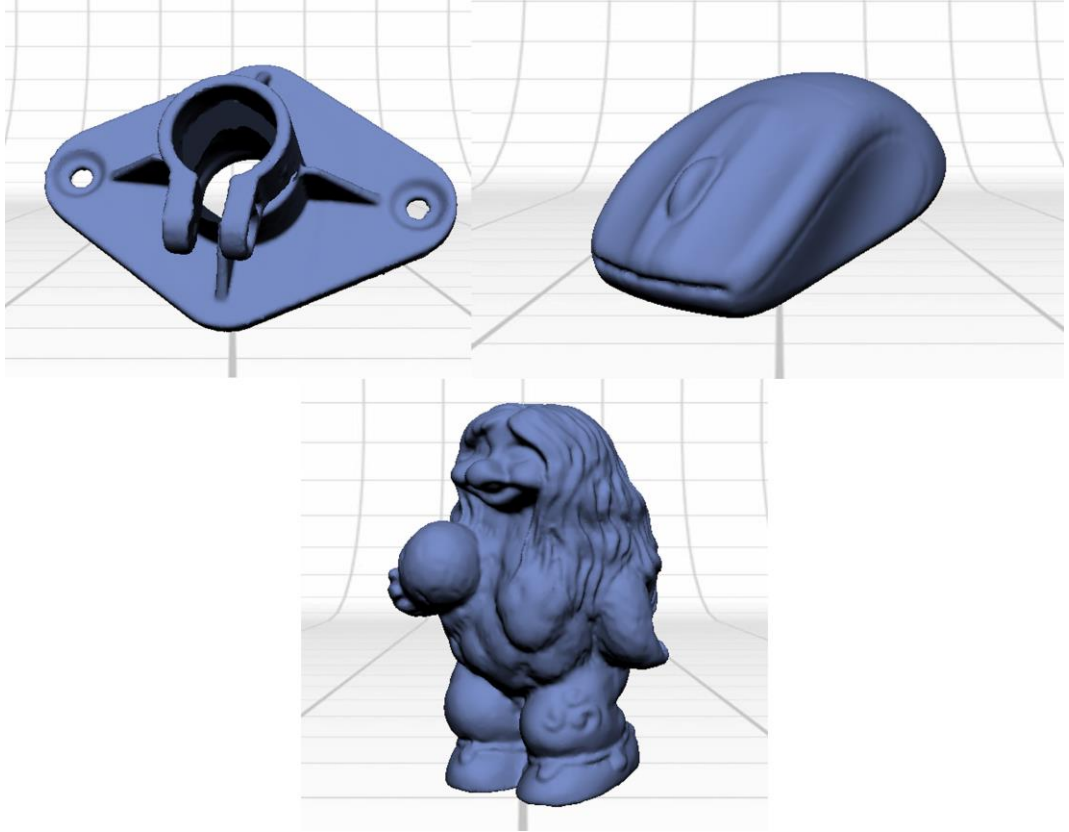


Kuva 32. Epätasaisuudet align pisteiden kohdalla.

5.10 Lopputulos

Työn tavoitteena oli saada skannattua kappaleita, jotka voitaisiin siirtää suoraan 3D-tulostimelle tulostettavaksi (kuva 33). Tavoitteeseen päästiin, vaikkakin vain yksi kolmesta skannatusta kappaleesta tulostettiin. Työn aikana kuitenkin saatiin selville, minkälaisia rajoituksia NextEngine 3D-skannerilla on. Putkien sisäpinnat, pienet reiät sekä ohuet raot tuottivat hankaluuksia tai olivat jopa täysin mahdottomia skannata. Saatiin myös selville, kuinka tärkeää on esivalmistella kappale skannausta varten. Kiiltävät ja tummat pinnat pystyttiin skannaamaan, mutta ilman kunnollista esivalmistelua, jouduttiin tekemään ylimääräistä korjaustyötä ScanStudio HD ohjelmalla virheiden korjaamiseksi. Skannerin täyttä potentiaalia ei päästy täysin testaamaan, koska ei ollut mahdollista käyttää 360 sekä bracket skannaustapoja, koska AutoDrive –alusta oli viallinen. Näillä skannaustavoilla

olisi kappaleiden skannaukset olleet paljon helpompia ja nopeampia tehdä. Laatu-kin olisi luultavasti ollut parempi, koska oltaisiin päästy eroon mahdollisista virheistä, joita kaikkien skannausten käsin yhdistelemisessä voi tulla.



Kuva 33. Skannatut kappaleet.

Tulostettu patsas ei aivan ole identtinen skannatun version kanssa, mutta se on hyvin lähelle sitä. Kaikkein pienimmät yksityiskohdat, joita olivat patsaan pinnalla olevat pienet lovet, eivät ole tallentuneet skannauksissa. Nämä lovet olisi voitu taltioda valitsemalla skannausasetuksista suurempi skannaustarkkuus, mutta koska AutoDrive alusta oli viallinen, ei ollut mahdollista käyttää suurinta mahdollista tarkkuutta. Suurimmalla tarkkuudella yhdistelemällä skannauksia käsin kappaleesta tuli huonolaatuinen 3D-tulostusta varten. Tulostettuun kappaleen laatuun oltiin loppujen lopuksi hyvin tyytyväisiä. (kuva 34)



Kuva 34. Tulostettu kappale kuvassa oikealla.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä 3D-skannaukseen yleisellä tasolla, mutta käytännön osuudessa keskityttiin enemmän yhteen skannerityyppiin. Työssä käytiin läpi eri tapoja skannata kappaleita käyden läpi koskettavia ja eikoskettavia menetelmiä. Selvitettiin myös 3D-skannauksen yleisimpiä käyttökohteita, mutta käyttökohteita on varmasti lukuisia muitakin, sillä 3D-skannausta voidaan varmasti soveltaa monessa eri asiassa.

Yksityisessä käytössä 3D-skannerit eivät ole kovin yleisiä johtuen skannereiden korkeasta hinnasta. Laadukkaat skannerit voivat maksaa kymmenistä tuhansista euroista ylöspäin, ja niihin vielä vaaditaan usein oma ohjelma, joka pystyy käsittelemään skannattua dataa. Skannattua dataa voi olla hyvinkin paljon, mikä vaatii tietokoneelta tehokkuutta ja käyttäjältä paljon aikaa datan käsittelyyn.

Työssä käytetyn NextEngine 3D-skannerin sekä sen mukana tulleen ScanStudio HD:n käyttö vaati ensin hiukan opettelua. Internetistä löytyi tutoriaaleja paljonkin, mutta niissä joitakin asioita oli esitelty hiukan eri tavoilla. Skannerin käyttöä opeltiinkin suurimmaksi osaksi yrityksen ja erehdyksen kautta. Pienen opetteluun jälkeen skanneria oli helppo käyttää.

Skannausmenetelmä pitää aina valita skannattavan kappaleen mukaan. Ei ole järkevää skannata vaikkapa hauraita esineitä kosketukseen perustuvilla skannereilla tai pieniä esineitä pitkän matkan skannaukseen pystyvillä valon kuluaikaan perustuvilla laserskannereilla. Väärällä skannausmenetelmällä kappaleen skannaus voi tuottaa helposti ongelmia ja virheellisiä mittauksia.

LÄHTEET

SÄHKÖISET LÄHTEET

3dscanco. 2012. [viitattu 2.3.2014] Saatavissa:

<http://www.3dscanco.com/about/3d-scanning/benefits.cfm>

Desktop Engineering. 2009. KREON introduces New 3D Measurement Solution.

[viitattu 15.3.2014] Saatavissa: <http://www.deskeng.com/articles/aaapth.htm>

Georgopoulos A, Ioannidis C ja Valanis A. 2010. Assessing the performance of a structured light scanner.

Guo J ja Wang Y. 2011. Study on calibration technology of portable coordinate measuring machines.

Heiska N. 2010. Maankäyttö 4/2010. Maalaserkeilaimet ovat kehittyneet geodeettisiksi mittauslaitteiksi. [viitattu 29.1.2014] Saatavissa:

http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk410/mk410_1415_heiska.pdf

Höglund R ja Large P. 2005. Direct reflex edm technology for the surveyor and civil engineer [viitattu 29.1.2014] Saatavissa:

http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-208582/022543-%20010D_TrimbleS6_DR_WP_1104_lr.pdf

Jun G. 2008. Opinnäytetyö. Using 3D scanning in 3D character modeling and game figure production. Saatavissa:

<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1374/using3ds.pdf?sequence=1>

Leok E. 2013. How 3D Scanners Aid Video Game Makers and Movie Animators by Saving Time. [viitattu 8.3.2014] Saatavissa:

<http://sensing.konicaminolta.asia/2013/07/how-3d-scanners-aid-video-game-makers-and-movie-animators-by-saving-time/>

Markley J, Stutzman J ja Harris E. 2008. Hybridization of Photogrammetry and Laser Scanning Technology for As-Built 3D CAD Models.

Melvin J, Wachowiak ja Karas B. 2009. 3D scanning and replication for museum and cultural heritage applications.

Nordicgeocenter. 2011. [viitattu 3.3.2014] Saatavissa:
<http://nordicgeocenter.wordpress.com/2011/05/23/3d-laserskannaus-forensisessa-rikospaikkatapaturmatutkimuksessa/>

Popularmechnics. 2009. [viitattu 2.3.2014] Saatavissa:
<http://www.popularmechnics.com/cars/jay-leno/technology/4320759>

ProductDesignDoday. 2012. [viitattu 18.2.2014] Saatavissa:
<http://productdesigntoday.com/stereoscopic-photometric-and-silhouette-techniques/>

Prosolve 2014. <Http://www.prosolve.fi> 2014 [viitattu 25.1.2014] Saatavissa:
<http://www.prosolve.fi/digit/>

Siivola M. 2013. Opinnäytetyö. Mobiilikeilaimet ja niiden käyttö ratateknisissä mittauksissa. Saatavissa:
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56817/opinnaytetyo_mikko_siivola_v1.2.pdf?sequence=1

Tao C, Jianwei S ja Lang W. 2011. Test method on precision of the 3d laser scanner.

Treleaven P ja Wells J. 2007. 3D Body Scanning and Healthcare Applications.

Wikipedia 2014. [viitattu 18.2.2014] Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud

Wikipedia 2014. [viitattu 25.2.2014] Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner#Technology

Wikipedia 2014. [viitattu 26.1.2014] Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Koordinaattimittauskone>

KUVALÄHTEET

Kuva 1. Pistepilvi mailan lavasta. Saatavissa: <http://www.prosolve.fi/wp-content/uploads/2011/11/pistepilvi.jpg>

Kuva 2. Koordinaattimittauskone. Saatavissa:
http://www.craftcastco.com/images/optimized/cmm_main.jpg

Kuva 3. Mittausvarsi. Saatavissa: <http://rensi.fi/images/sizes/x400/2091.jpg>

Kuva 4. Kolmiomittauksen periaate. Saatavissa:
<http://blog.teledynedalsa.com/wp-stuff/uploads/2013/02/3D-Triangulation.jpg>

Kuva 5. Strukturoitua valoa. Saatavissa:
http://1.bp.blogspot.com/_nCYOdAkjwJg/TALvFM9Y2QI/AAAAAAAAA24/y0vtfvGcAew/s1600/Phase2.jpg

Kuva 6. Siluettiskannaus. Saatavissa:
<http://www.odec.ca/projects/2008/niel8c2/ShilloetteDisplay%20copy.jpg>

Kuva 7. 3D-skannaus onnettomuudessa olleesta autosta. Saatavissa:
http://www.atlanticlaserscanningservices.com/uploads/3/1/0/9/3109049/6194556_orig.jpg

Kuvat 8 - 34: Arto Mannila

LITTEET