



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

3D-skannerin mahdollisuudet

Tuomas Sallinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

SALLINEN, TUOMAS:
3D-skannerin mahdollisuudet

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 26 sivua
Toukokuu 2017

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli jatkaa TAMK:n 3D-skanneriin, Creaform HandySCAN 700, liittyviä opinnäytetöitä. Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin skannatun datan viemiseen ja työstämiseen SolidWorks-ohjelmassa. Työssä keskityttiin erityisesti ScanTo3D-liitännäiseen, jonka avulla skannerilla taltioitu data saadaan muutettua 3D-mallinnusohjelmalla muokattavaan muotoon. Osana opinnäytetyötä oli myös tutustua 3D-skannerin käyttöön aikaisempien opinnäytetöiden pohjalta ja luoda uusi pikakäyttö-ohje sille sekä ScanTo3D-liitännäiselle.

ScanTo3D-liitännäiseen saatiin onnistuneesti tutustuttua sen tärkeimpien ominaisuuksien osalta. Tähän raporttiin kirjattiin ja kuvailtiin sen tärkeimmät työkalut sekä niiden toiminta ja käyttäminen. Liitännäinen on kuitenkin niin laaja kokonaisuus, että kaikkia siinä olleita toimintoja ei tähän opinnäytetyöhön sisällytetty. Työhön liitetystä pikakäyttöohjeesta saatiin tiivis kokonaisuus, jonka avulla opiskelijoiden on helpompi aloittaa laitteen tutustuminen.

Opinnäytetyön aikana saatiin jatkettua TAMK:n 3D-skannerin käyttömahdollisuuksien tutkimista, mutta sen ympärillä on vielä paljon potentiaalia uusille tutkimuksille. 3D-ympäristön tutkiminen ja siitä opinnäytetöiden teettäminen on tulevaisuuden kannalta todella hyödyllistä sekä opiskelijoille että oppilaitokselle.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

SALLINEN, TUOMAS:
Potential of 3D Scanner

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 26 pages
May 2017

The aim of this thesis was to continue the series of theses related to TAMK's 3D scanner, Creaform HandyScan 700. This thesis familiarised in importing the scanned data and how to edit that data in SolidWorks. The thesis concentrated especially on ScanTo3D add-in, which is used to convert the scanned data into a 3D CAD model. Part of the thesis was to explore the use of the 3D scanner based on the previous theses and create a new quick manual for it and for ScanTo3D add-in.

The most relevant features of ScanTo3D add-in were successfully researched. The add-in was too large to be included in this study in its entirety, but the most important tools can be found documented and described as well as how they work and how to use them. The attached quick manual is a very compact package, which makes it easier for students to get familiar with the device.

During the thesis, possible applications of the TAMK 3D scanner were explored, but there is still a lot of potential for new research. Studying the 3D environment and making theses of it is beneficial for the future, both for students and for the educational institution.

Key words: handyscan 700, scanto3d, 3d scanner, solidworks

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	3D-SKANNAUS	7
2.1	3D-skannauksen perusteet	7
3	CREAFORM HANDYSCAN 700	9
3.1	HandySCAN 700	9
3.2	VXelements	10
4	SOLIDWORKS	13
4.1	SolidWorks	13
5	SCANTO3D	14
5.1	Kappaleen tuominen SolidWorksiin	14
5.2	Mesh Prep Wizard	15
5.2.1	Mesh Orientation	15
5.2.2	Noise Removal	17
5.2.3	Extraneous Data Removal	18
5.2.4	Simplification	19
5.2.5	Smoothing	21
5.2.6	Fill Holes	23
5.2.7	Mesh Completion	24
5.3	Surface Prep Wizard	24
5.3.1	Solid/Surface Creation	25
5.3.2	Automatic Surface Creation	26
5.3.3	Mesh Split	28
5.3.4	Face Identification	28
5.3.5	Surface Extraction	30
5.4	Curve Wizard	32
6	KÄYTTÖKOHTEITA	34
7	POHDINTA	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	39
	Liite 1. Creaform HandySCAN 700 -pikakäyttöohje	39
	Liite 2. ScanTo3D -pikakäyttöohje	48

LYHENTEET JA TERMIT

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
Skanneri	laite, joka luo digitaalista dataa mitattavan kohteen muodoista tai väreistä
CAD	Computer-aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CARE	Computer-aided Reverse Engineering, tietokoneavusteinen takaisinmallinnus
Mesh-verkko	3D-skannauksesta monikulmioverkko
Point cloud	3D-skannauksesta pisteverkko
Sketch	Luonnos, kappaleen ääriviivat joko 2D- tai 3D-ympäristössä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli jatkaa aikaisempien opinnäytetöiden pohjalta Tampereen ammattikorkeakoulun 3D-skannerin, Creaform HandySCAN 700, käyttömahdollisuuksien tutkimista. Tässä työssä tutkimuksen kohteena oli skannatun kappaleen siirtäminen skannerin omasta ohjelmasta, VXelementsistä, SolidWorks-ohjelmistoon ja siellä jatkojalostaminen. Erityisesti tutkimuksen kohteena oli SolidWorksin ScanTo3D-toiminto, jonka avulla kappale saadaan muokattavaksi CAD ympäristössä. Tavoitteena oli myös luoda pikakäyttöohje ohjelmalle.

Skannerin käyttöön tutustuminen tehtiin aikaisempien opinnäytetöiden ja niiden yhteyteen tehtyjen oppaiden pohjalta. Tehtäväkseni sainkin skannausten jatkojalostamisen tutkimisen lomassa koeponnistaa aikaisemmat käyttöohjeet ja koostaa uuden pikaohjeen skannerille.

Tähän opinnäytetyöhön kuului lisäksi useampia oheistehtäviä, kuten TAMKin skannerin käytön opastaminen Tampereen teknillisen yliopiston opiskelijalle, joka tarvitsi mittauksia omaa kandintyötään varten. Lisäksi työhön kuului noin tunnin mittaisen demon pitäminen skannerista Pikamallinnuksen perusteet -kurssille. Lopuksi työn ollessa valmis, piti siitä kirjoittaa lehtiartikkeli ja raportti TAMKin blogiin.

2 3D-SKANNAUS

2.1 3D-skannauksen perusteet

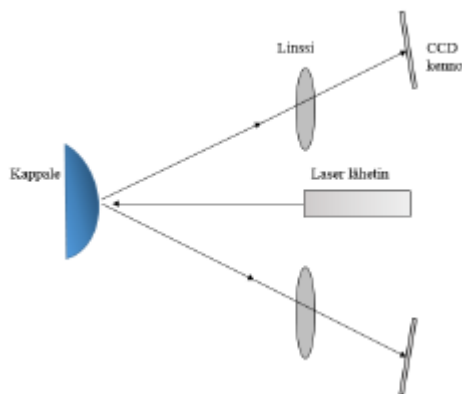
3D-skannaus on nopeasti yleistynyt menetelmä, jolla saadaan nopeasti, tarkasti ja luotettavasti tallennettua kappaleita tai tiloja. Skannattuja tietoja ovat esimerkiksi kappaleen koko, muoto, väri ja pinnanmuoto. Skannattu tieto saadaan digitaaliseen muotoon tietokoneelle, josta sitä on helppo tarkastella ja jatkojalostaa, jos niin halutaan. Skannattua dataa voidaan käyttää esimerkiksi suoraan 3D-tulostamiseen.

Skannauksen suorittamiseen on useita eri vaihtoehtoja, jotka voidaan karkeasti jakaa koskettaviin mittauksiin ja ei-koskettaviin mittauksiin. Koskettavissa menetelmissä mekaaninen mittakäsivarsi (kuva 1) tai koordinaatiomittakone fyysisesti koskettaa kappaletta mittapäällä ja luo sen avulla pisteitä koordinaatistoon. Ei-koskettavat skannerit sen sijaan käyttävät esimerkiksi ääntä, valoa tai muuta säteilyä, ja mittaavat sen takaisin heijastumista kappaleesta. (Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014, 164–171)



KUVA 1. FARO Prime mekaaninen mittakäsivarsi (Faro 2017)

Eri menetelmillä on tietysti omat hyvät ja huonot puolensa. Kosketukseen perustuvilla skannereilla hyötyjä ovat tarkkuus, etenkin erilaisissa koloissa ja rei'issä mistä esimerkiksi valon on haasteellista heijastua takaisin. Mitattavan kappaleen materiaalin suhteen koskettavassa mittauksessa on sekä etuja että heikkouksia. Toisin kuin ei-koskettavilla mittalaitteilla, fyysiseen kosketukseen perustuvilla skannereilla pystytään helpommin mittaamaan läpinäkyviä pintoja, sekä todella heijastavia pintoja. Heikkoudeksi muodostuu kappaleen vaatimukset pinnan kovuudesta, koska materiaalin on oltava joustamatonta tarkan mittatuloksen saamiseksi. Toisena heikkoutena voidaan pitää mittauksen kestoa, joka on ei-koskettavia menetelmiä huomattavasti pidempi. (Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014, 164)



KUVA 2. Kahden kameran kolmiomittauslaitteen toimintaperiaate (Lindroos 2016)

Ei-koskettavien menetelmien hyviä puolia ovat todella hyvä mittatarkkuus, resoluutio ja nopea mittausaika. Esimerkiksi valoon perustuvalla kolmiomittauksella (kuva 2) saadaan tehtyä satoja tuhansia mittauksia sekunnissa. Suuresta mittausten määrästä aiheutuu myöskin haittapuolia. Suuri määrä mittauksia aiheuttaa valtavan määrän skannausdataa, mikä vaatii muulta laitteistolta, eli tietokoneelta, paljon tehoa ja muistia. Ei-koskettavilla skannereilla pystytään skannaamaan myös monimutkaisia kappaleita, jotka saattavat olla haaste koskettavaan mittaukseen perustuville skannereille. Muina heikkouksina voidaan pitää läpinäkyvien ja paljon valoa heijastavien pintojen huonoa skannattavuutta ja mitaustulosten vääristymistä. Myöskin kappaleet joissa on paljon reikiä ja koloja, joista lähetetty signaali ei pääse heijastumaan takaisin kunnolla, ovat haasteellisia.

3 CREAFORM HANDYSCAN 700

3.1 HandySCAN 700

HandySCAN 700 (kuva 3) on Creaformin valmistama laserskanneri. Creaform on kanadalainen yritys, jonka tuotteita ja palveluita ovat erilaiset 3D-skannaus- ja analysointimenetelmät ympäri maailmaa (Creaform 2017d). HandySCAN 700 on edistyneempi Creaformin kahdesta käsikäyttöisestä 3D-skannerista, ja maksaa uutena noin 60 000 dollaria. Fyysisiltä mitoiltaan skanneri on suhteellisen pieni, koon ollessa vain hieman litran maitopurkkia isompi ja paino alle kilon. Laitteen käyttö onnistuu vaivattomasti yhdelläkin kädellä.



KUVA 3. Creaform HandySCAN 700 (Kuva: Tuomas Sallinen 2017)

Creaform HandySCAN 700 -3D-skannerin toimintatapa on valon heijastumiseen perustuva ei-koskettava kolmiomittaus. Skannerissa on kolme laservaloa heijastavaa lähetintä, kaksi kameraa ja kaksi LED-valoa. Skanneri heijastaa seitsemän laserin muodostaman ruudukon kappaleeseen tai vaihtoehtoisesti yhden laserviivan haasteellisempien kohteiden tarkempaan skannaamiseen. Laitteen tarkemmat tekniset tiedot löytyvät taulukosta 1.

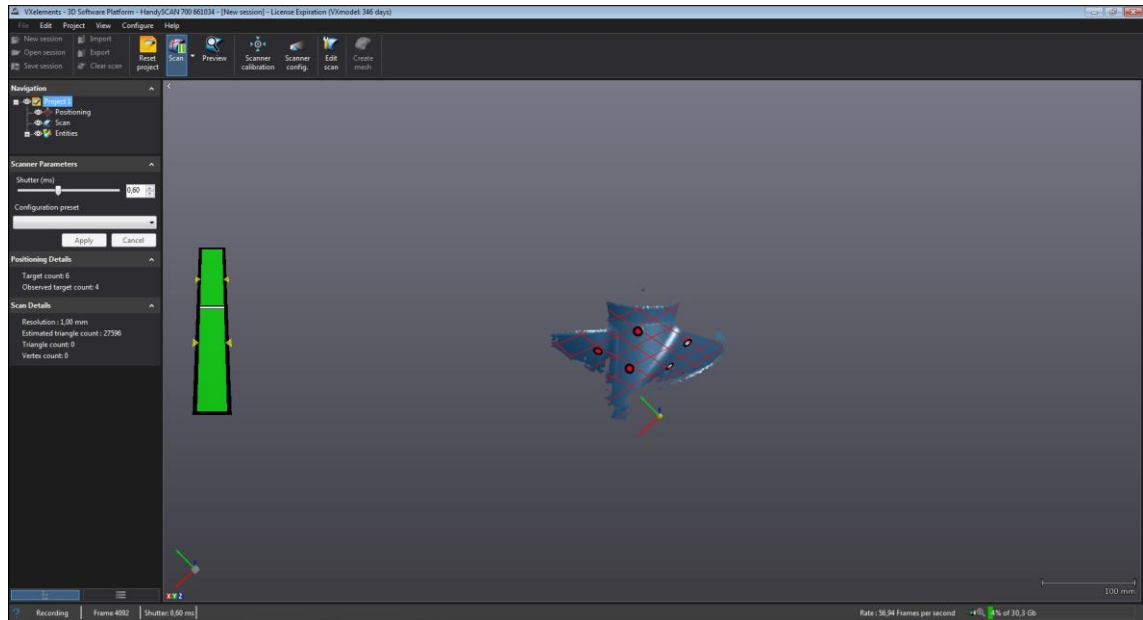
TAULUKKO 1. Creafom HandySCAN 700 -skannerin tekniset ominaisuudet
(Creafom: Portable 3D scanners 2017)

Tarkkuus	0,030 mm asti
Volumetrinen tarkkuus	0,020 mm + 0,060 mm/m
Resoluutio	0,050 mm
Mittausnopeus	480 000 mittausta/s
Valonlähde	7 laserin ristikko + 1 extra laser
Valon tyyppi	2M (silmille turvallinen)
Skannausalue	275 x 250 mm
Skannausetäisyys	300 mm
Syväterävyys	250 mm
Kappaleen koko (suositus)	0,1–4 m
Ohjelmisto	VXelements
Tiedostomuodot	.dae, .fbx, .ma, .obj, .ply, .stl, .txt, .wrl, .x3d, .x3dz, .zpr
Yhteensopivuus	3D Systems (Geomagic® Solutions), InnovMetric Software (PolyWorks), Dassault (CATIA V5 and SolidWorks), PTC (Pro/ENGINEER), Siemens (NX and Solid Edge), Autodesk (Inventor, Alias, 3ds Max, Maya, Softimage).
Paino	0,85 kg
Mitat	77 x 122 x 294 mm
Liitännät	1 x USB 3.0
Käyttölämpötila	5–40 °C
Käyttökosteusalue	10–90 %

3.2 VXelements

Toimiakseen HandySCAN 700 vaatii mukanaan tullutta ohjelmistoa VXelementsia. Ilman yhteyttä VXelementsiin, HandySCAN 700 ei käynnisty, ja sen skannaustoimintoja ei pystytä käyttämään. Ohjelmiston saa ladattua Creafomin internetsivuilta.

VXelements on Creaformin monipuolinen ja kohtalaisen helppokäyttöinen ohjelmisto 3D-skannaamiseen sekä skannatun kappaleen jälkikäsitteilyyn ja muuhun tarkasteluun. Ohjelmisto muodostuu useista erilaisista moduuleista, joista laitteen mukana tulleita ovat VXscan, VXmodel ja VXinspect.



KUVA 4. Käynnissä oleva skannaus VXscan moduulissa

VXscan on skannerin käyttämiseen ja kappaleiden skannaamiseen tarkoitettu moduuli (kuva 4). Tästä osiosta löytyy kaikki skannausprosessiin liittyvät työkalut, kuten skannerin kalibrointi, konfigurointi ja skannaus. VXscan moduulista löytyy myös jonkin verran työkaluja, joilla skannattua kappaletta voidaan muokata. Näitä työkaluja ovat muun muassa reikien täyttäminen, ylimääräisen datan poistaminen ja pinnan tasoittaminen. Nämä työkalut ovat kuitenkin automaatteja ja niiden käyttäminen ei ole yhtä monipuolista kuin VXmodelin puolella. VXscanista löytyy myös työkalu, jolla kappaleesta pystytään luomaan mesh-verkko, jota pystytään jatkokäsittelemään VXmodelin tai jonkin ulkopuolisen ohjelman, kuten SolidWorksin puolella.

VXmodel on Creaformin moduuli, jossa pystytään skannatulle kappaleelle tekemään lukuisia erilaisia muokkauksia, esimerkiksi ennen kuin se 3D-tulostetaan tai siirretään jatkokäsiteltäväksi muualle. Moduulista löytyy erilaisia työkaluja esimerkiksi pintojen siistimiseen ja ylimääräisten partikkelien poistamiseen. Sillä voidaan myös korjata kappaleesta löytyviä reikiä, joihin VXscanilla ei ole välttämättä pystytty. (Creaform 2017b)

VXinspect moduuli on tarkoitettu suoraan laadunvalvonnan suorittamiseen. Sen avulla voidaan vertailla skannattua dataa suoraan alkuperäiseen 3D-malliin. Näin kappaleesta pystytään helposti etsimään valmistusvirheitä tai muita poikkeamia. Moduulista löytyy myös työkaluja erilaisten mittausten suorittamiseen, kuten esimerkiksi lujuuslaskuihin. (Creaform 2017c)

4 SOLIDWORKS

4.1 SolidWorks

SolidWorks on ranskalaisen Dassault Systèmesin valmistama ja yksi maailman eniten käytössä olevista 3D-mallinnus ohjelmistoista. Sillä on yli kolme miljoonaa käyttäjää kahdeksassakymmenessä eri maassa. SolidWorks on käytössä myös lukuisissa oppilaitoksissa, ja noin kaksi miljoonaa opiskelijaa valmistuu vuosittain SolidWorks osana heidän koulutustaan (SolidWorks 2017b). SolidWorks on myöskin Suomessa eniten käytössä oleva 3D-mallinnus ohjelmisto (PLM Group 2017).

SolidWorks on todella laaja CAD-ohjelmisto, joka kattaa tuotekehityksen koko elinkaarren aina suunnittelusta prototyyppien laaduntarkastukseen asti. Ohjelman päällimmäinen käyttötarkoitus on kuitenkin 3D-mallintaminen. Mallintamisessa pystytään luomaan yksittäisiä osia tai useiden osien muodostamia kokoonpanoja. Lisäksi näistä pystytään tekemään valmistuspiirroksia. SolidWorksilla ja sen lisäosilla pystytään perinteisen mallintamisen lisäksi tutkimaan esimerkiksi lujuuksia ja virtauksia.

5 SCANTO3D

ScanTo3D on SolidWorksin ohjelmistossa oleva CARE-työkalu, joka löytyi alun perin vain SolidWorksin premium ohjelmistosta. Nykyään tämä työkalu on saatavilla jo professional ohjelmistosta saakka. ScanTo3D on työkalu, jolla on mahdollista tuoda mesh-verkkoja ja pistepilviä käsiteltäväksi ohjelmaan. Näistä tiedostoista voidaan luoda kätevästi pintamalli (surface) tai kiinteä kappale (solid body). ScanTo3D on liitännäinen (add-in), joka pitää käydä erikseen laittamassa päälle SolidWorksin add-in välilehdeltä. Tämän jälkeen avatun kappaleen muokkaamiseen aukeaa ScanTo3D työkalun omat työkaluvaihtoehdot.

Seuraavissa alaotsikoissa käydään läpi kappaleen tuomista SolidWorksiin, Mesh Prep Wizardin, Surface Prep Wizardin sekä Curve Wizardin käyttöä ja toimintoja niiden ohjelmassa olevassa järjestyksessä. SolidWorksin ollessa valtavan laaja kokonaisuus, ja sen työkaluilla lukuisia eri käyttömahdollisuuksia, ei tässä opinnäytetyössä käsitellä kaikkia sen käytön mahdollisuuksia. Ideana on saada aihe käsiteltyä pääpiirteittäin ja antaa TAM-Kille ja sen opiskelijoille käsitys mitä työkalulla voidaan tehdä, ja mistä opiskelijoiden on hyvä lähteä liikkeelle.

5.1 Kappaleen tuominen SolidWorksiin

SolidWorksin ScanTo3D tukee useita tiedostomuotoja, joihin kuuluu .xyz, .wrl, .stl, .3ds ja .obj. Suorittamissani skannauksissa käytin .stl tiedostomuotoa mesh-verkon tallentamiseen, koska se on yhteensopiva myös 3D-tulostimien kanssa ja näin ollen monikäyttöinen.

Kun ScanTo3D-toiminto on käyty laittamassa päälle, voidaan tallennettu mesh- tai pistepilvitiedosto avata. Avaaminen tapahtuu SolidWorksin *File*-pudotusvalikon *open* kohdasta. Täällä käyttäjä voi pudotusvalikosta *All Files* valita haluamansa tiedostomuodon, mesh tai point cloud, missä kappale avataan. Enää tarvitsee etsiä haluttu tiedosto avauslistasta ja painaa *Open*.

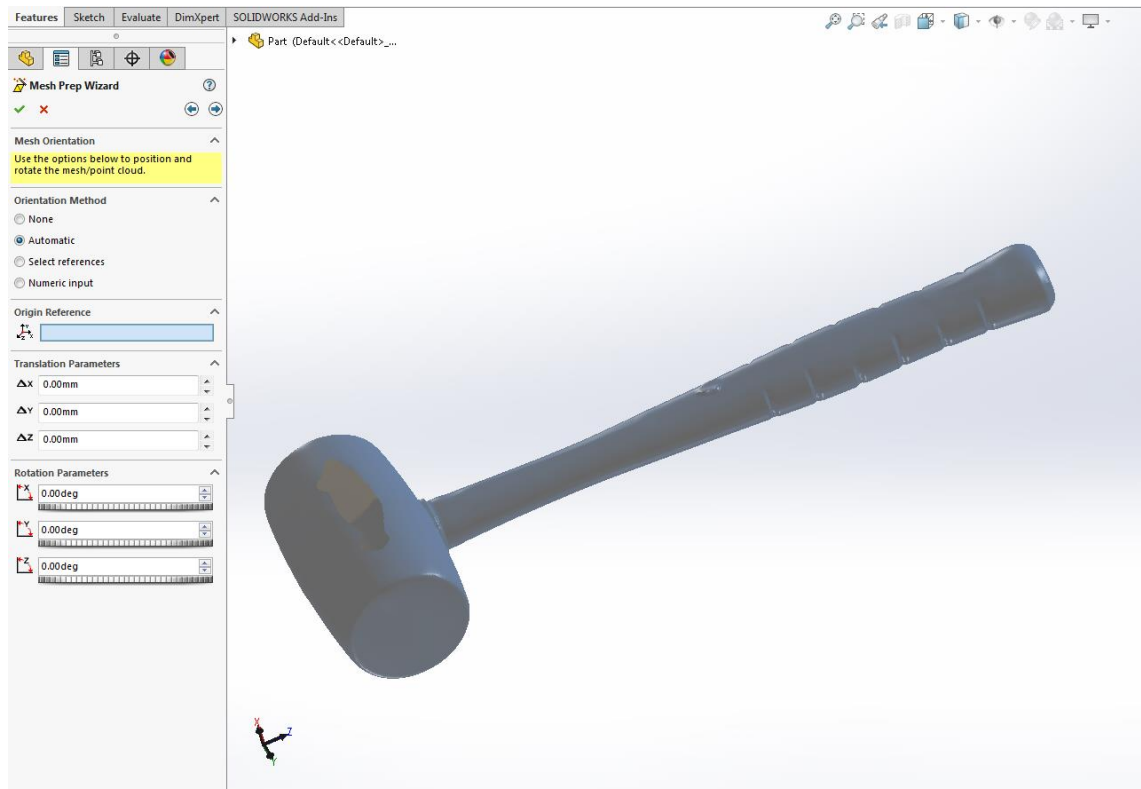
5.2 Mesh Prep Wizard

Mesh Prep Wizard -työkalu on se mistä SolidWorksiin avatun pistepilven tai mesh-verkon työstäminen aloitetaan. Mesh Prep Wizardin avulla avattua tiedostoa pystytään valmistelemaan ja siistimään jatkoa varten. Pistepilvestä Mesh Prep Wizard luo työkalun käytön aikana mesh-verkon, jotta sitä voidaan työstää seuraavissa vaiheissa. Kuten työkalun nimi kertoo, kyseessä on ”velho” (wizard), mikä tässä tapauksessa tarkoittaa hyvin automatisoitua työkalua. Mesh Prep Wizard tekee käyttäjän valintojen perusteella halutut toimenpiteet ja pyrkii saamaan aikaan parhaan lopputuloksen, ilman että käyttäjän tarvitsee itse työstää meshiä kokonaan itse.

5.2.1 Mesh Orientation

Kun mesh-tiedosto avataan SolidWorksiin, ei siinä olevan kappaleen suunta välttämättä ole kaikkein paras työskentelyn kannalta. Monessa tapauksessa paras tapa työskennellä on, kun kappaleen suunta on ohjelmiston koordinaatiston kanssa samansuuntainen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kappaleen yläpinta on y-akselin suuntaan ja kappale on kohtisuorassa tai myötäsuuntainen z- tai x-akselien kanssa. Koordinaattiakselien tunnuksen riippuen tietenkin siitä, miten käyttäjä haluaa kappaleen koordinaatistoon asettaa. Kappaleen suunnan ollessa tämän tyylinen, on sitä helpompi muokata jälkikäteen. Esimerkiksi kappaleen korottaminen voidaan toteuttaa muuttamalla mittoja yhden tietyn akselin suuntaan, eikä useamman koordinaattiakselin väliin, jolloin mitoitus saattaa olla haasteellisempaa.

Mesh Prep Wizardissa ensimmäinen tehtävä onkin kappaleen suunnan määrittäminen. Tässä vaiheessa avautuu käyttäjälle mahdollisuus valita neljästä eri säätövaihtoehdosta. Ensimmäinen säätö on, ettei mitään säätöjä tehdä. Tässä tapauksessa kappale jää siihen asentoon, kuin se skannatessa on oman ohjelmansa koordinaatistoon tallentunut.



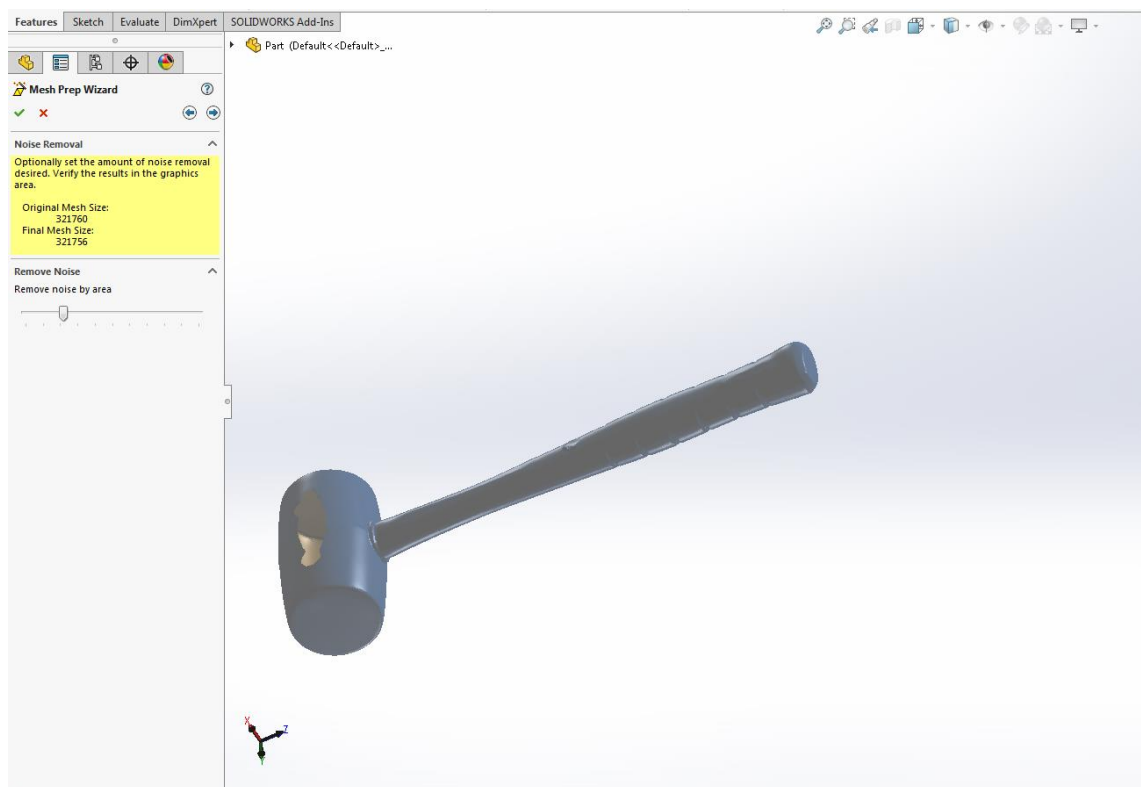
KUVA 5. Mesh Orientation työkalun automaattitoiminto ja säätötyökalut.

Toisena valintana käyttäjällä on mahdollisuus valita automaatti (kuva 5). Tässä tapauksessa Mesh Prep Wizard asettaa kappaleen mielestään parhaaseen mahdolliseen asentoon koordinaatistoon. Automaatin tehtyä työnsä, jää käyttäjälle mahdollisuus pyörittää kappaletta haluamiensa akselien suunnassa, sekä liikutella kappaletta koordinaatistossa. Näin ollen, vaikka automaatti ei aivan onnistuisikaan saamaan aikaan parasta tulosta, on käyttäjän nopea tehdä tarvittavat muutokset itse.

Kolmas vaihtoehto on referenssivalinta, jossa käyttäjä valitsee itse origon ja kolme pistettä kappaleesta ja koordinaatisto muodostuu näiden pisteiden perusteella. Neljäs vaihtoehto on käytännössä sama kuin automaatti, mutta ilman automaatiota. Tässä vaihtoehdossa käyttäjä kääntää ja sijoittelee kappaleen alusta alkaen itse, samoilla säätimillä kuin automaattisessa säädössäkin. Näiden neljän vaihtoehdon joukosta automaatti on monessa tapauksessa kätevin ja sen arvaus on tarpeeksi hyvä, jolloin käyttäjälle ei jää paljon säätettävää.

5.2.2 Noise Removal

Noise Removal on työkalu (kuva 6), jolla skannatusta kappaleesta voidaan poistaa kohinaa. Tässä tapauksessa kohinalla tarkoitetaan skannauspisteitä, jotka poikkeavat ja ovat erillään skannattujen pisteiden pääjoukosta. Myöskin pienet erillään olevat alueet voidaan laskea kohinaksi. Tässä työkalussa on käytettävissä vain yksi liukusäädin, jolla vaikutetaan erillisten pisteiden tai pienten alueiden väliseen etäisyyteen. Mitä enemmän kohinan poistoa tehdään, sitä pienempi poistettavan osan välimatka pääjoukosta tarvitsee olla.

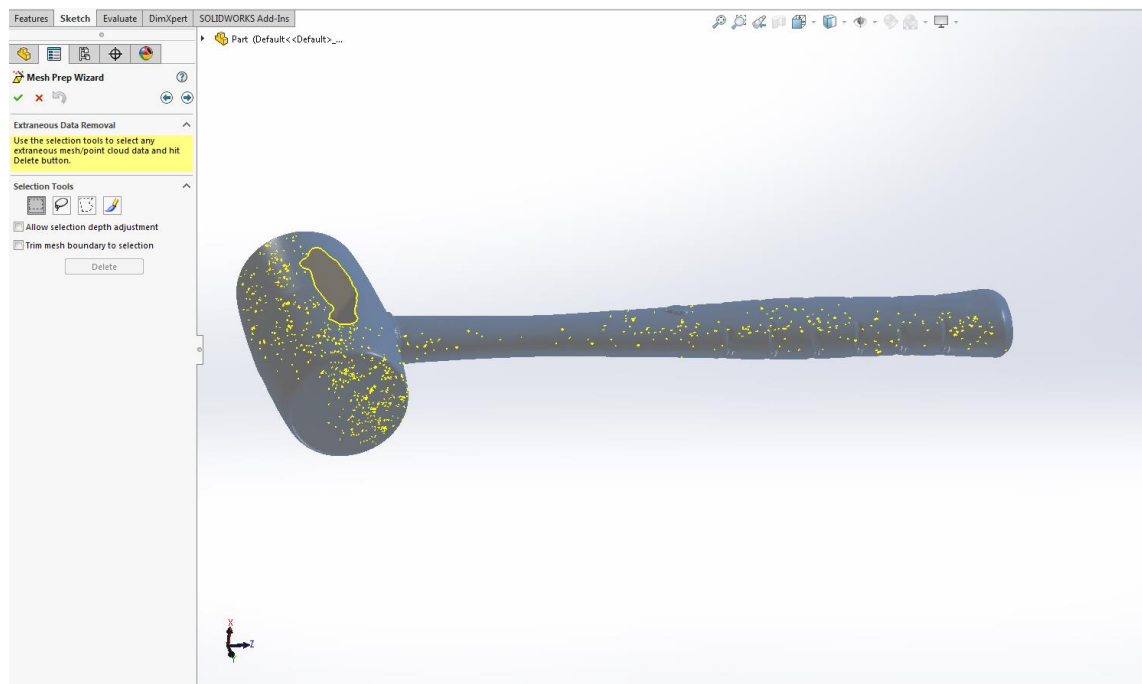


KUVA 6. Noise Removal työkalu.

Työkalussa on myös nähtävissä kappaleen alkuperäinen tiedostokoko ja nykyinen tiedostokoko. Tähän syynä on se, että säätö vaikuttaa meshin tai pistepilven tiedostokokoon. Tätä työkalua voidaankin käyttää myös tiedostokoon pienentämiseen, jos sille on tarvetta. Tähän tarkoitukseen löytyy myöhemmässä vaiheessa aivan oma työkalu, joten mikäli kappale on valmiiksi siisti ja tietokone jaksaa käsitellä kappaletta hyvin, ei kohinan poistoa tarvitsi välttämättä tehdä lainkaan.

5.2.3 Extraneous Data Removal

Mesh Prep Wizardin seuraavassa osiossa suoritetaan ylimääräisen datan karsimista. Tässä osiossa työkalua voidaan poistaa skannauksen jäljiltä tiedostoon mahdollisesti jääneitä ylimääräisiä hiukkasia ja partikkeleita. Työkalu soveltuu myös kokonaisten osioiden poistamiseen kappaleesta, esimerkiksi 3D-skannauksessa käytettyjen tukien poistamiseen.



KUVA 7. Extraneous Data Removal työkalu. Kappaleessa olevat keltaiset alueet eivät ole ylimääräisiä partikkeleita, vaan skannauksesta jääneitä reikiä.

Käyttäjälle on jälleen annettu neljä erilaista työkalua joilla työskennellä (kuva 7). Näillä neljällä työkalulla ja niiden toiminnoilla ei ole valtavaa eroa toisiinsa nähden. Kaikki neljä ovat työkaluja, joilla pistepilvestä tai meshistä rajataan osio, joka halutaan poistaa. Valintatyökalut ovat nelikulmainen valitsin, lasso, monikulmiovalitsin ja sivellin. Nelikulmiovalitsin toimii kuten mikä tahansa valintatyökalu. Käyttäjä asettaa pisteen ja vetää kursorilla haluamassa suuntaan, jolloin työkalu luo aloitus- ja lopetuspisteen välille nelikulmion. Tämän nelikulmion sisäpuolelle jäävä alue on valinta-alue, joka poistetaan. Lasso työkalulla käyttäjä ”piirtää” hiirellä ääriiviivat osion ympärille, jonka haluaa poistaa. Monikulmiovalitsimella käyttäjä valitsee pisteitä, jotka muodostavat monikulmion kärjet. Tässäkin alueen sisäpuolelle jäävä data poistetaan. Siveltimellä voidaan maalata suoraan kohdat, jotka halutaan poistaa.

Rajaustyökalujen lisäksi tästä osiosta löytyy muitakin säätömahdollisuuksia. Aikaisemmassa kappaleessa mainitut työkalut valitsevat pisteitä vain yhdessä tasossa, jolloin esimerkiksi suurempien osioiden poistaminen on työlästä. Tätä varten rajaustyökalujen alta löytyy mahdollisuus aktivoida *Allow selection depth adjustment* -valinta. Valittuna tämä työkalu antaa mahdollisuuden venyttää valintatyökaluilla tehtyjä rajauksia syvyys suunnassa. Tässä kohdassa on hyvä muistaa, että kappaleeseen poiston yhteydessä jäävät reiät pystytään jälkikäteen paikkaamaan helposti, joten dataa voidaan poistaa kohtalaisen huolelta. Tietenkin pitää olla tarkka valinnoistaan, sillä esimerkiksi pistepilvestä valitun alueen hahmottaminen voi olla haastavaa.

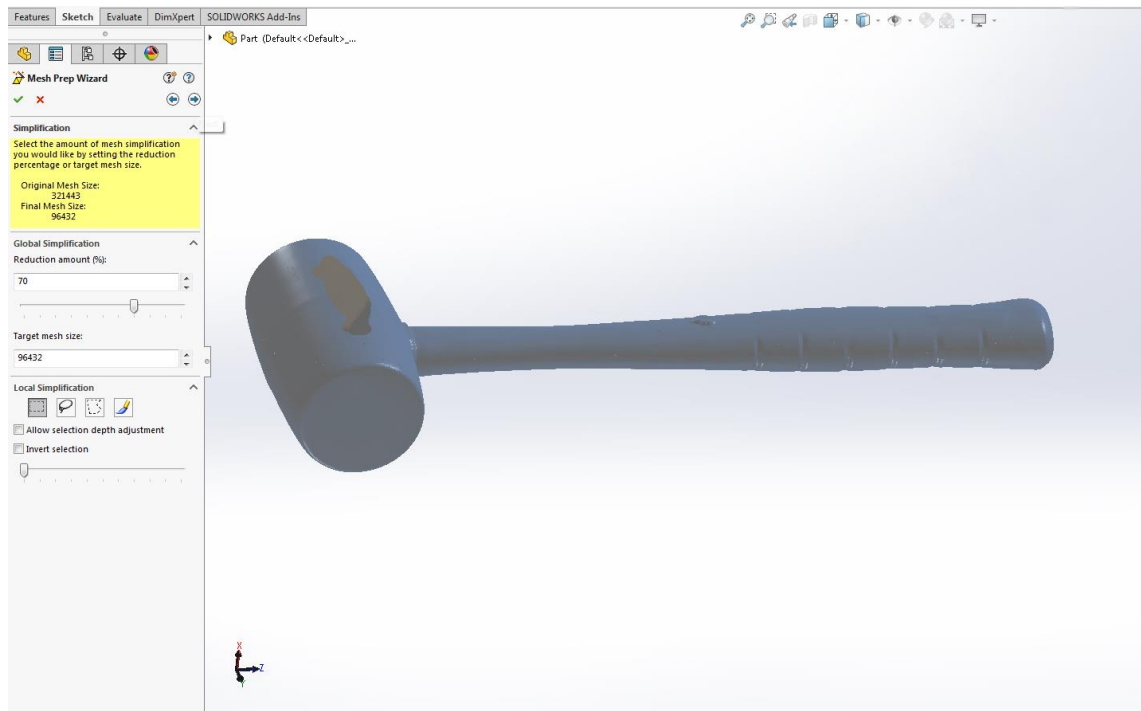
Osasta rajaustyökaluista löytyy vielä lisäksi lisäsäätö. *Trim mesh boundary to selection* -valinta pyrkii siistimään jäljelle jääneen ja poistetun datan välistä pintaa. Esimerkiksi lasotyökalulla tehty rajausta voi olla hyvin rosoinen riippuen käyttäjän taidoista. Tällä työkalulla pyritään pyöristämään ja suoristamaan näitä rajauksia.

5.2.4 Simplification

Simplification osiossa (kuva 8) työstettävää pistepilveä tai mesh-verkkoa pyritään yksinkertaistamaan ja tiedoston kokoa pienentämään. Tarve tälle tulee, jos työstettävän kappaleen tiedosto on suuri. Syy suureen tiedostoon voi olla muun muassa siinä olevan kappaleen taltiointiin käytetty menetelmä, kappaleen koko ja monimutkaisuus. Tässä työssä käytettiin TAMKin 3D-skanneria Creaform HandySCAN 700. Tämä skanneri tekee 480 000 mittauskohtaa sekunnissa, ja datamäärät mitattavasta kappaleesta riippuen voivat olla todella suuria.

Käsiteltävän tiedoston pienentämisellä pyritään helpottamaan tietokoneen taakkaa ja nopeuttamaan työstämistä ja muokkaukseen liittyviä prosesseja. Suuria tiedostoja käsitellessä ohjelmalta kuluu suurempi aika tehdä haluttuja muutoksia, sekä yleisestikään tietokoneen hitaus ei ole tuottavuudelle hyväksi. Lisäksi aina on vaara, että liian raskaan tiedoston kanssa ohjelma kaatuu, jolloin työt joudutaan pahimmassa tapauksessa aloittamaan alusta.

Kun simplification työkalu aukeaa, näyttää se käyttäjälle alkuperäisen tiedoston koon sekä tiedostokoon käsittelyjen päätyttyä. Tiedoston yksinkertaistaminen on hyvin helppo toimenpide. Ensimmäinen vaihtoehto käyttäjällä on valita pelkästään liukusäätimen avulla prosenttimäärä, jonka verran ohjelma karsii pistepilveä tai mesh-verkkoa. Toisena vaihtoehtona on määrittää haluttu tavoite tiedostokoko, jonka työkalu luo. Molemmat näistä vaihtoehdoista vaikuttavat koko tiedoston alueelle tasaisesti.



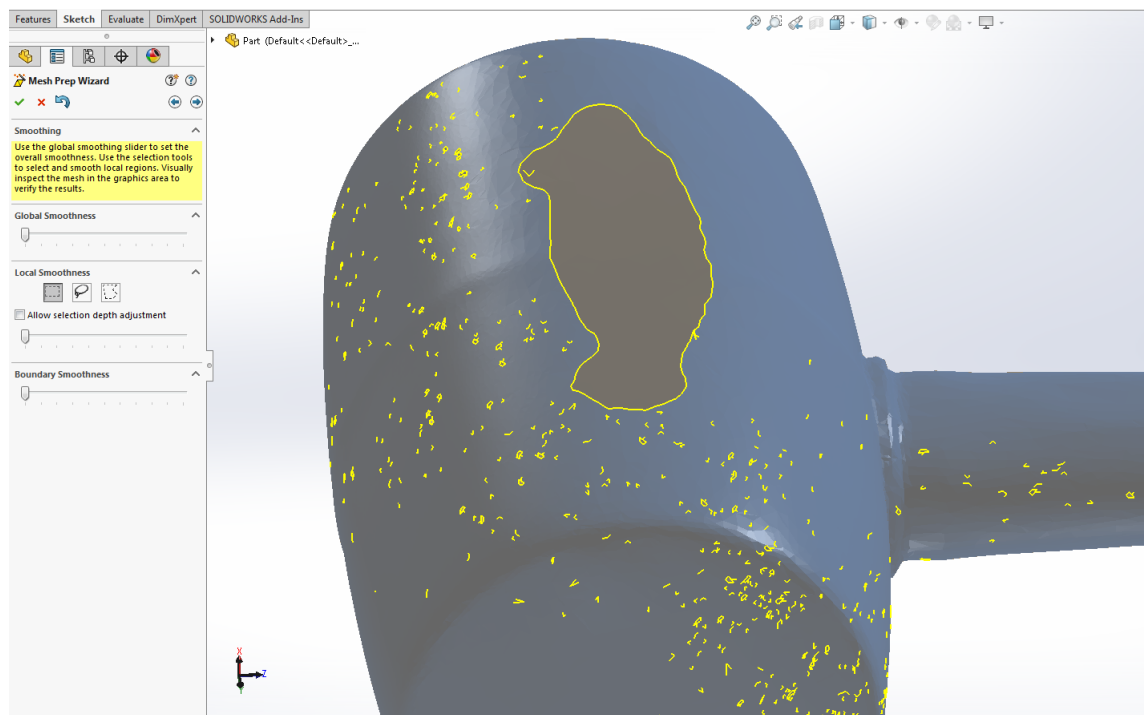
KUVA 8. Simplification työkalu ja siitä löytyvät säätöominaisuudet.

Jos käyttäjä haluaa yksinkertaistaa vain jotain tiettyä aluetta kappaleesta, onnistuu sekin. Käytettävissä on samat neljä työkalua, kun aikaisemmassa Extraneous Data Removal -kohdassa ja niiden käyttäminen toimii tismalleen samalla tavalla. Työkalulla rajataan haluttu alue, jonka jälkeen voidaan aktivoida alueen syvyydensäätöominaisuus ja yksinkertaistaa tämä rajattu osa. Käytettävissä on myös *Invert selection* -ominaisuus, jolla pystytään valitsemaan ja yksinkertaistamaan kaikki muu, paitsi rajattu osio.

Mikäli käyttäjällä on pistepilvi työstettävänä, Simplification osiosta siirryttäessä eteenpäin, ohjelma luo siitä mesh-verkon automaattisesti.

5.2.5 Smoothing

Smoothing eli pehmennys, on Mesh Prep Wizardin seuraava työkalu. Tällä työkalulla pystytään pehmentämään ja tasoittamaan kappaleen pintoja ja reunoja, jos niissä on epätasaisuuksia joita ei valmiiseen kappaleeseen haluta. Virheitä, joita tällä työkalulla halutaan korjata, voi olla esimerkiksi huonon skannauksen jäljiltä tullut röpelöisyys kappaleen pinnalla. Skannattavassa kappaleessa on myös saattanut alun perinkin olla jotain epätäydellisyyksiä tai virheitä materiaalissa, mitkä halutaan siistiä pois.

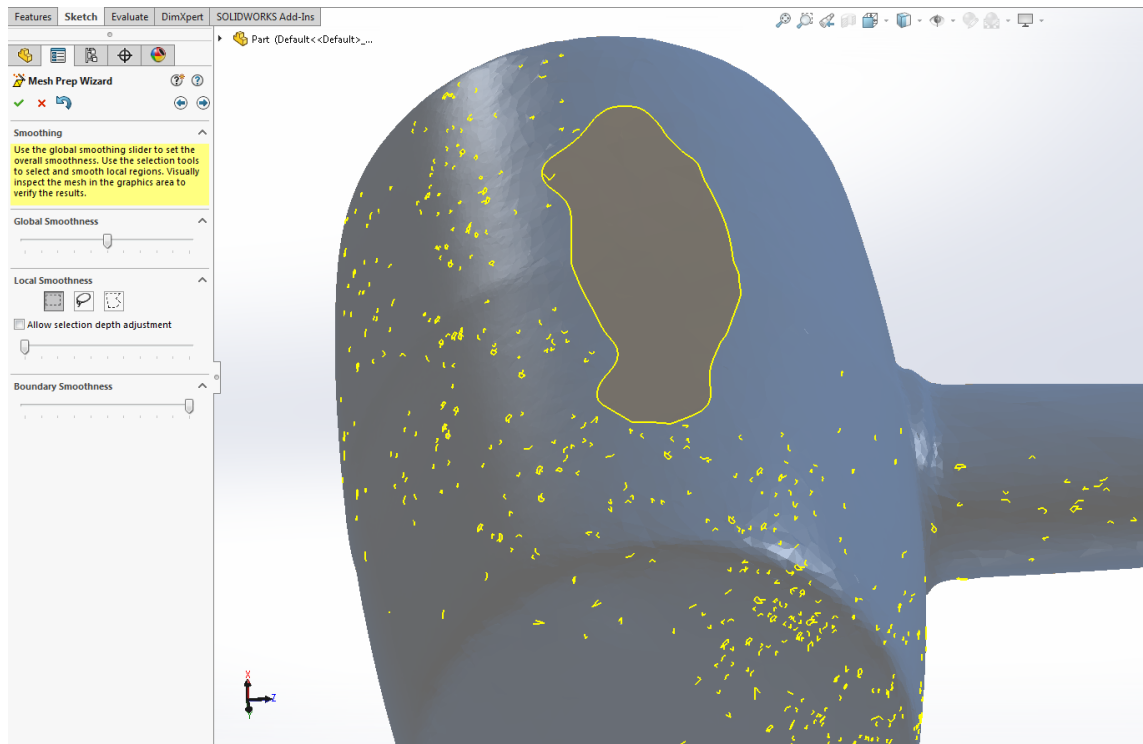


KUVA 9. Kappaleen pinta ennen smoothing työkalun käyttämistä.

Vaihtoehtoina käyttäjällä on jälleen koko kappaleen pehmennys tai tietyn alueen pehmennys. *Global smoothness* -liikusäädintä käyttämällä vaikutetaan koko kappaleeseen, ja pehmennys on tasaista ympäri kappaletta (kuva 9; kuva 10). Tämä työkalu toimii hyvin, jos kappaleessa ei ole mitään suurempia virheitä, mutta sitä halutaan kuitenkin hieman tasoitella ja reunoja pehmentää.

Jos kappaleessa kuitenkin on joitain erityisen huonoja kohtia, on käyttäjällä mahdollisuus valita *Local smoothness* -työkalut käyttöön. Näistä työkaluista löytyy samoja rajaustyökaluja kuin aikaisemminkin. Käytettävissä on nelikulmiovalitsin, lasso ja monikulmiova-

litsin. Kuten aikaisemminkin, käytettävissä on myös mahdollisuus venyttää rajattua aluetta. Käyttäjän rajattua haluamansa alue, pehmenys tapahtuu samanlaista liukusäädintä käyttämällä, kuin koko kappaleen pehmenyksessäkin.

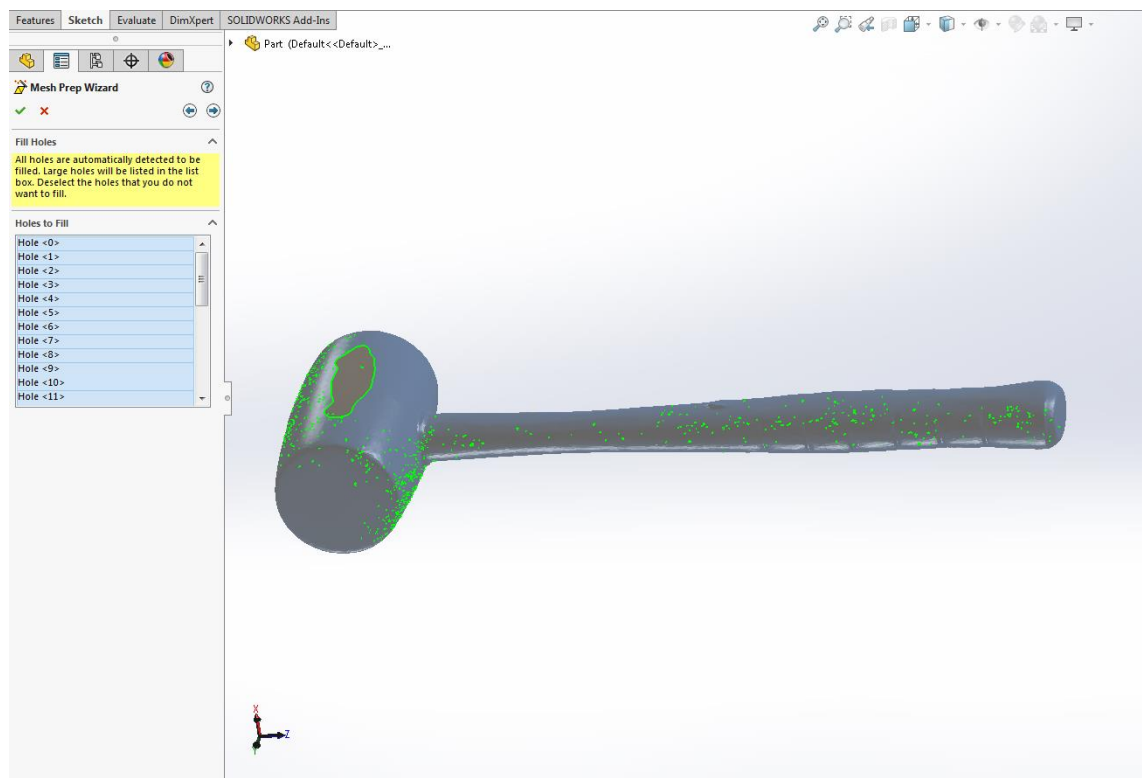


KUVA 10. Kappale *Global smoothness* -työkalun ja reunojen pehmennyksen jälkeen. Kappaleen pinta oli valmiiksi kohtalaisen hyvä, joten siinä ei suurta muutosta ole havaittavissa. Reunojen pehmenys sen sijaan on selvästi havaittavissa.

Kolmas työkalu smoothing osion alla on liukusäädin reunojen pehmenykselle. Tällä työkalulla pystytään keskittymään pelkästään kappaleessa oleviin reunoihin (kuva 9; kuva 10), koska ne voivat monesti olla epätasaisempia kuin muu kappale. Tällä työkalulla pystytään välttymään muun kappaleen turhalta pehmentämiseltä ja toisaalta taas nopeuttaa työskentelyä, kun käyttäjän ei tarvitse itse rajata reunoja *Local smoothness* -työkalun avulla. Tämä työkalu on erittäin kätevä esimerkiksi, jos sylinterin suuaukko on jäänyt rosoiseksi tai aaltoilevaksi. Työkalu pyrkiikin rauhoittamaan ja suoristamaan aaltoilevaa sylinterin reunaa.

5.2.6 Fill Holes

Fill Holes osiossa (kuva 11) käyttäjä pystyy täyttämään kappaleessa olevat reiät ja kolot. Erilaisia ei haluttuja reikiä voi syntyä 3D-skannaus vaiheessa, jossa esimerkiksi valo ei pääse tarpeeksi syvälle tai se ei pääse heijastumaan takaisin skannerin sensoriin. Tällaisessa tilanteessa jokin reikä saattaa jäädä epätäydellisesti skannatuksi ja se on hyvä täyttää, jotta kappaleen jatkojalostaminen tai mahdollinen 3D-tulostus onnistuu. Reikiä saattaa syntyä myös, kun kappaletta siistitään Mesh Prep Wizardilla, kuten aiemmin todettiin. Tietenkin kappaleessa voi olla alun perinkin erilaisia reikiä tai muita aukkoja. Reikien haittapuoli on se, ettei kappaleesta voida luoda solid bodya, jos sen pinta ei ole yhtenäinen. Tästä syystä voi olla helpompi täyttää läpimenevät reiät tässä vaiheessa työskentelyä ja tehdä ne uudelleen myöhemmin.

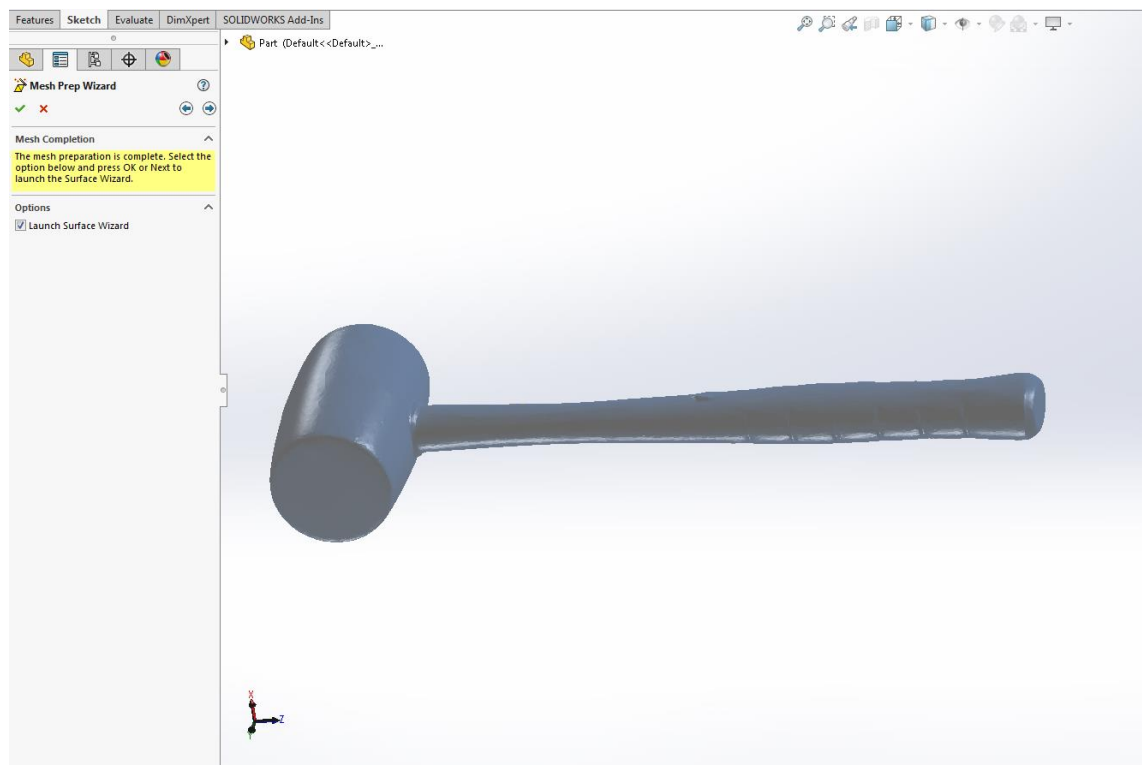


KUVA 11. Fill Holes työkalu. Vasemmalla listattuna kappaleesta löydetty reiät. Kappaleessa ne ovat merkitty vihreällä.

Reikien täyttämiseen käyttäjälle ei ole annettu kovin paljon vaihtoehtoja. Fill Holes -työkalu löytää automaattisesti kappaleessa olevat reiät ja kolot sekä listaa ne (kuva 11). Käyttäjälle jääkin vaihtoehtoiksi vain täyttää kaikki reiät, tai valita listasta ne reiät, joita ei halua täytettävän.

5.2.7 Mesh Completion

Viimeinen Mesh Prep Wizardin osio on Mesh Completion osuus (kuva 12). Tässä osiossa ei ole enää mitään työkaluja jolla kappaleeseen voidaan tehdä muutoksia. Nyt mesh on valmis ja se on valmisteltu jatkotoimenpiteitä varten. Käyttäjälle jääkin tässä osiossa enää päätettäväksi, avaaako hän Surface Prep Wizardin suoraan jatkamalla eteenpäin, vai jättääkö meshin työstämisen tähän.



KUVA 12. Mesh Prep Wizardin lopetusikkuna.

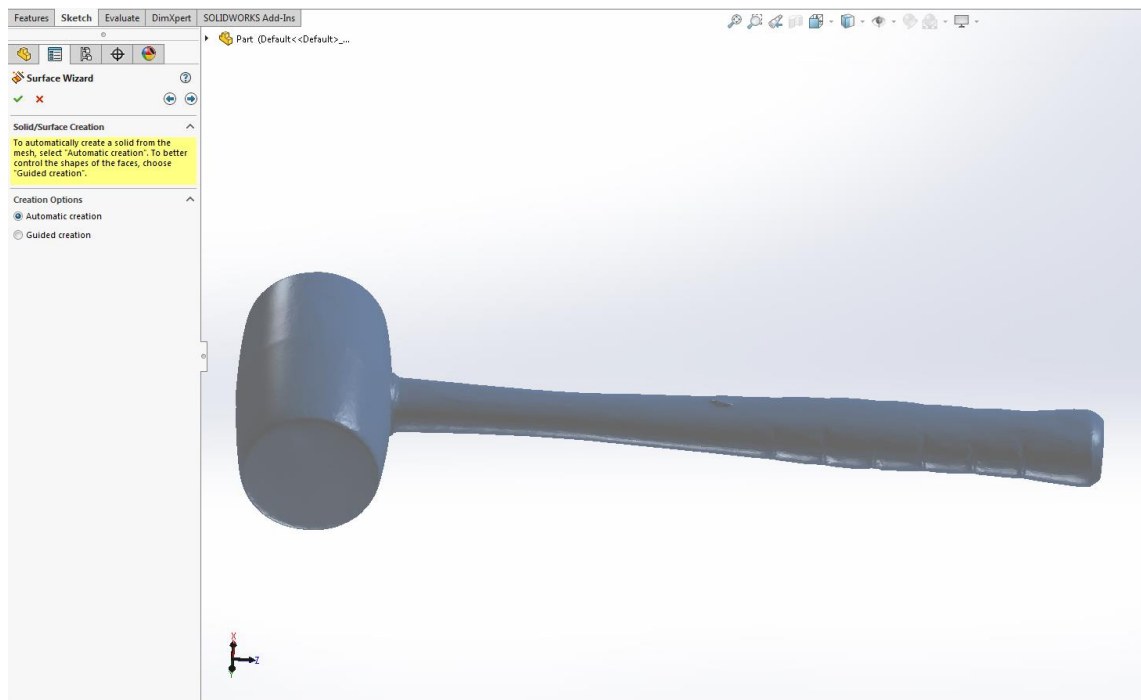
5.3 Surface Prep Wizard

Surface Prep Wizard on ScanTo3D-liitännäisen työkalu, jolla voidaan luoda mesh-verkon pohjalta erilaisia pintoja tai kokonainen solid body. Pintojen luominen tarkoittaa sitä, että työkalu luo mesh-verkon pinnalle kiinteät seinämät mesh-verkon perusteella. Näitä seinämiä voidaan käyttää solid bodyn luomiseen, tai niistä saadaan kappaleen muoto tallentua ja siirrettyä 3D-mallinnusohjelman piirustuspöydälle.

Solid body on yhtenäinen kiinteä kappale, jossa ei ole tyhjää sisällä. Esimerkiksi, mikäli siihen tehdään reikä, siitä tulee tunnelimainen eikä ns. kuoreen puhkaistu aukko. Solid bodyt ovat tiedostoja joita 3D-mallinnusohjelmistoilla käsitellään ja muokataan. Tästä syystä on tärkeä saada mesh-verkosta luotua solid body, ellei 3D-skannatusta kappaleesta haluta vain sketch tyyliä ääriviivoja talteen.

5.3.1 Solid/Surface Creation

Surface Prep Wizard antaa mesh-verkon työstämiseen kaksi hyvin erilaista mahdollisuutta (kuva 13). Ensimmäinen vaihtoehto, joka on hyvin paljon aikaisemman Mesh Prep Wizardin tyyppinen, on *Automatic creation* -työkalu. Tällä työkalulla voidaan käytännössä luoda pinnat ja solid body muutamalla napin painalluksella ohjelman tehdessä kaikkia valinnat ja työt. Kyseessä on kuitenkin automaatti ja kaikki sen tekemät valinnat eivät välttämättä ole parhaita jatkokäsittelyn kannalta, mutta se mahdollistaa työn nopean etenemisen, jos lopputuloksen laadulla ei ole aivan niin suurta merkitystä. Automaatiosta huolimatta käyttäjällä on kuitenkin mahdollista käyttää tässäkin vaihtoehdossa joitain työkaluja pintojen muokkaamiseen.



KUVA 13. Solid/Surface Creation osio, jossa valitaan automaatin ja käsin työskentelyn välillä.

Toinen vaihtoehto meshin työstämiseksi on ohjattu luominen, *Guided creation* -työkalu, joka mahdollistaa paremman kontrollin pintojen luomiseen, niiden määrään ja muotoihin. Kun halutaan paras mahdollinen lopputulos tai jos halutaan työstää jotain tiettyä osa-aluetta, on tämä vaihtoehto huomattavasti parempi. On kuitenkin huomioitava, että tämä työkalu luo vain pinnat, ja lopullinen solid body täytyy koota jälkikäteen.

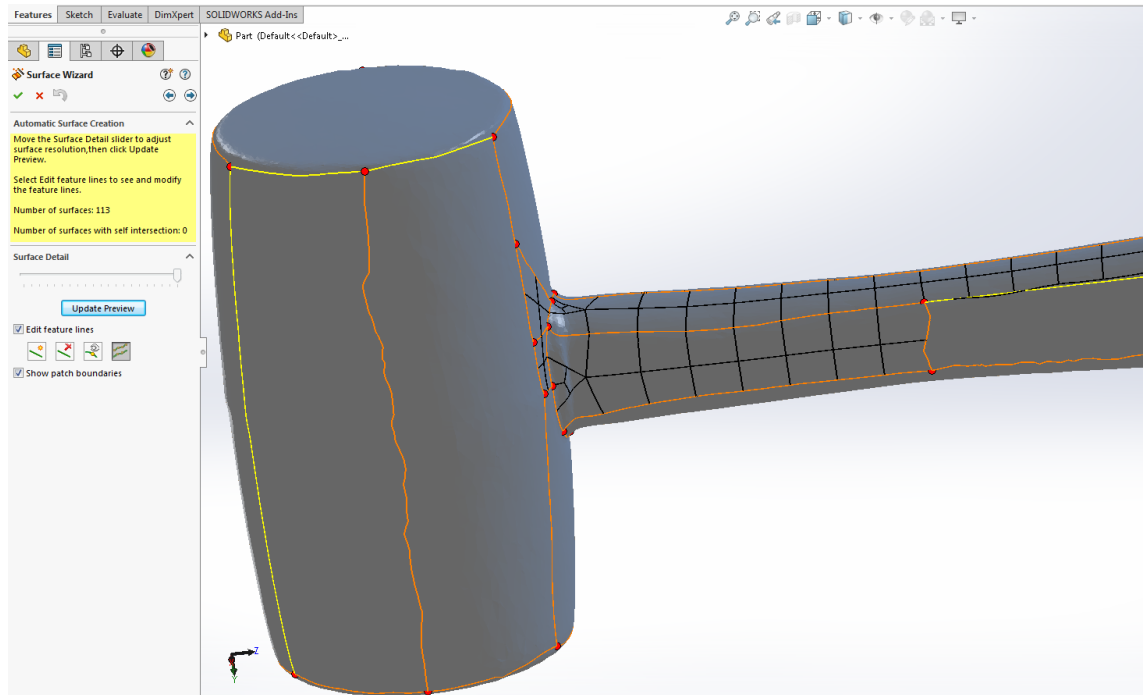
Se kumman vaihtoehdon käyttäjä valitsee, riippuu tehtävän työn tarkkuudesta ja työstettävän kappaleen monimutkaisuudesta. Jos solid bodysta halutaan jonkin tietynlainen, tai sen pinnoille halutaan tehdä joitain muokkauksia, on jälkimmäinen työkalu parempi. *Automatic creation* -työkalua ei sovi kuitenkaan aliarvioida. Monessa tapauksessa sen luomat pinnat ovat hyvät ja kelpaavat sellaisenaan pienen hienosäädön jälkeen. Pitää myös muistaa se, että mikäli kyseessä on jokin haastava ja monimutkainen kappale, voi automaatin käyttö olla huomattavasti mielekkäämpää kuin alkaa itse säätää meshiä ja valitsemaan pintoja *Guided creation* -työkalulla.

5.3.2 Automatic Surface Creation

Automatic Surface Creation -työkalun (kuva 14) käyttö on hyvinkin yksinkertaista, onhan kyseessä kuitenkin hyvin pitkälle automatisoitu työkalu. Kun Automatic Surface Creation -työkalu avataan, kertoo se käyttäjälle kappaleessa olevien pintojen määrän. Ennen kuin mitään muutoksia on tehty, on pintojen määrä nolla. Käyttäjän painaessa *Update preview* -painiketta, saadaan näkyviin meshiin työkalun luomat pinnat ja niiden lukumäärä päivittyy pois nolasta. Mitä suurempi on kappaleessa olevien pintojen lukumäärä, sitä hitaampi on pinnan luomisprosessi, mutta pinnasta tulee yksityiskohtaisempi.

Ensimmäinen säätö mitä käyttäjälle annetaan, on kappaleen pintojen resoluution säätömahdollisuus. Tässä tapauksessa pinnan resoluutiolla tarkoitetaan kappaleeseen muodostuvien pintojen lukumäärää. Yksinkertaisessa kappaleessa, jossa on paljon suoraa pintaa ja suoraa kulmia, voi resoluutio olla kohtalaisen pieni, mutta kasvaa äkkiä, jos kappaleessa on paljon esimerkiksi pyöreitä muotoja. Resoluution säätäminen tapahtuu liukukytkimellä. Muutosta ei voi havainnoida reaaliajassa, vaan säädön jälkeen kappale pitää päivittää *Update preview* -painikkeella. Mikäli kappaleeseen ilmestyy punaisia alueita, tarkoittaa se, että siellä on pinnoissa risteymää tai jotain muuta vikaa meshissä, ja ne olisi

saatava pois. Tätä pystytään korjaamaan suurentamalla resoluutiota, jolloin pinnat jakautuvat pienempiin osiin ja mahdolliset risteyvät poistuvat. Mikäli virheiden poistamista ei voida tällä tavoin suorittaa, voidaan meshiä palata korjailemaan Mesh Prep Wizardiin, tai sitten käyttäjä voi vain hyväksyä, että noilta kohdista data häviää, ja korjata asian myöhemmässä vaiheessa.



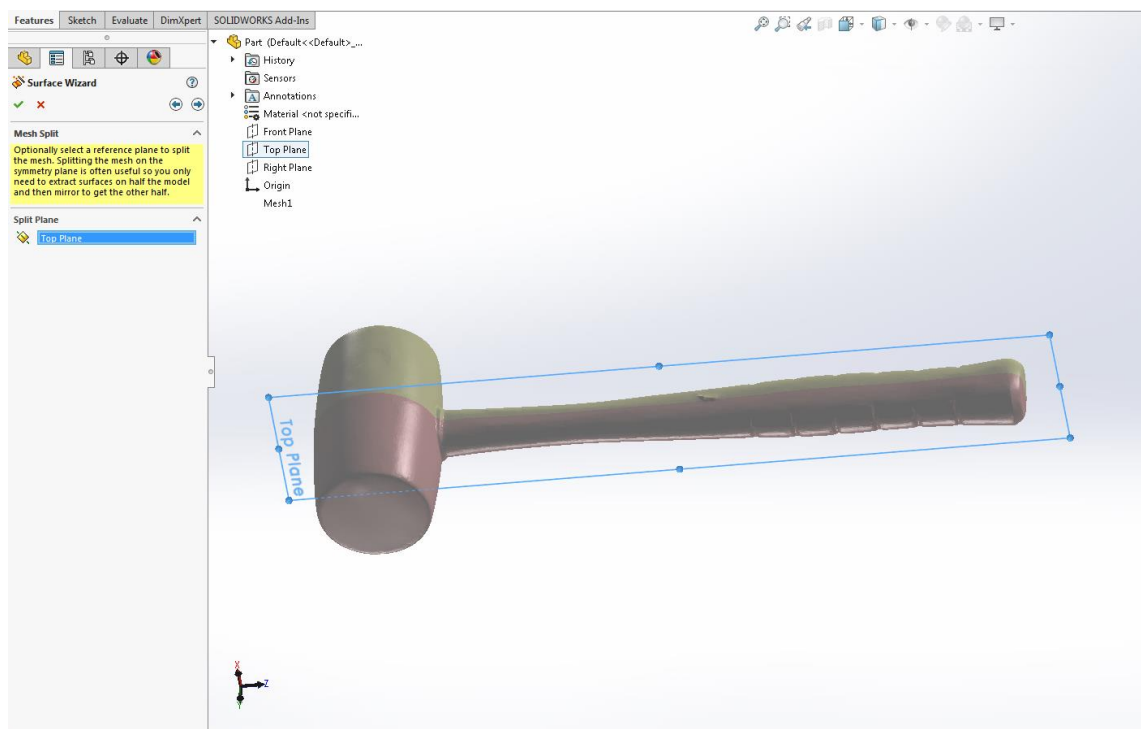
KUVA 14. Mustalla rajatut alueet ovat kappaleessa olevia pintoja. Oranssit viivat ovat alkuperäisiä ominaisuusviivoja ja keltaiset suoristettuja ominaisuusviivoja.

Toinen säätömahdollisuus mikä tästä osiosta löytyy, aukeaa käyttäjän aktivoitessa *Edit feature lines* -valinta päälle. Aktiivisena tämä kohta näyttää kappaleessa olevat ominaisuusviivat, jotka ovat eräänlaisia reunaviivoja kappaleelle. Näitä ominaisuusviivoja käyttäjä pystyy alle ilmestyvillä työkaluilla poistamaan, lisäämään ja siirtämään sekä tarvittaessa suoristamaan aaltoilevia viivoja (kuva 14). Näiden työkalujen alta löytyy myös vaihtoehto piilottaa aikaisemmin luotujen pintojen reunaviivat näkyvistä, jotta ominaisuusviivat erottuisivat paremmin.

Kun käyttäjä on tehnyt haluamansa muutokset pintoihin ja ominaisuusviivoihin, on pinnan mallinnus valmis. Mikäli kappaleen pintoihin ei jäänyt mitään virheitä, on meshistä tullut valmis solid body ja sitä voidaan käyttää 3D-mallinnukseen.

5.3.3 Mesh Split

Käyttäjän valitessa ohjatun pinnan luomisen, ensimmäinen hänelle avautuva työkalu on Mesh Split -työkalu. Tällä toiminolla käyttäjä voi luoda kappaleeseen referenssitasoja (kuva 15), jotka kappaleesta riippuen saattavat helpottaa pintojen luomista huomattavasti. Tällaisia tapauksia ovat kappaleet jotka ovat symmetrisiä, jolloin osa kappaleesta voidaan peilata, tai mahdollisesti pyöräyttää. Näissä tapauksissa riittää, kun kappaleelle luodaan vain osa sen pinnasta, mitä sitten voidaan kopioida. Tämä nopeuttaa työtä ja sen avulla pystytään varmistamaan kappaleen symmetrisyys sekä pinnan yhdenmukaisuus. Mikäli kappale kuitenkin on hyvin epäsäännöllinen, ei tällä toiminolla ole välttämättä käyttöä ja se voidaan jättää välistä ja edetä seuraavaan kohtaan.

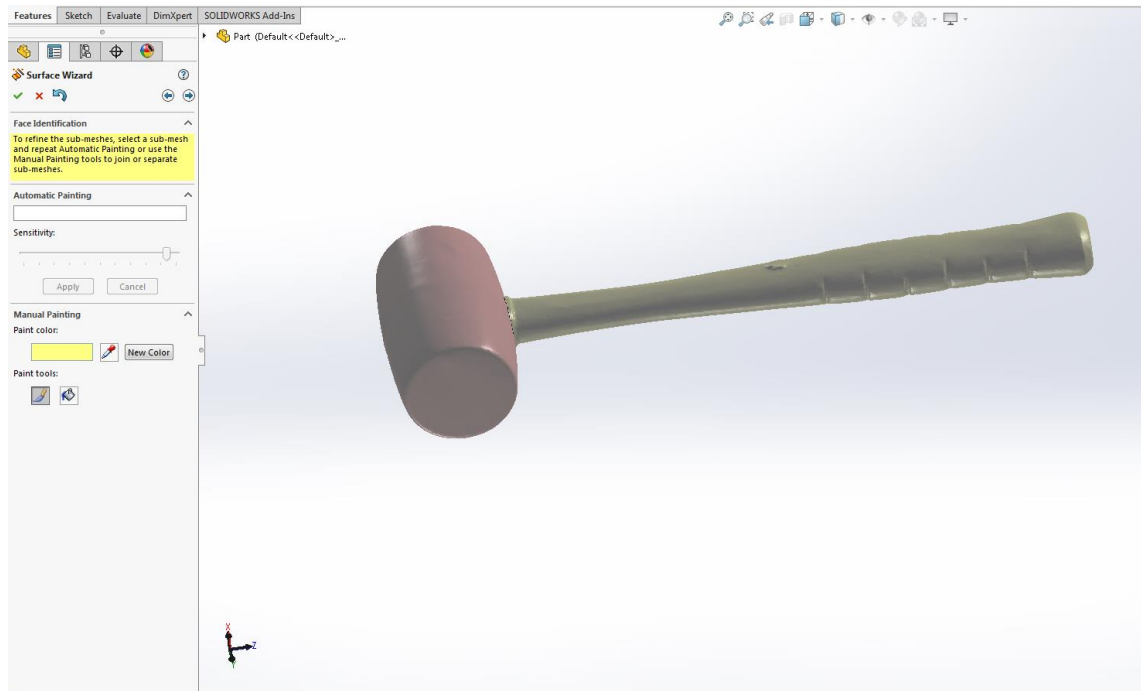


KUVA 15. Kappaleeseen valittu referenssitaso, jonka suhteen kappaleen puolikas voitaisiin peilata.

5.3.4 Face Identification

Face Identification -työkalu jakaa meshin pienempiin osiin (sub-meshes) ja merkitsee niitä eri väreillä. Käyttäjälle on annettu mahdollisuus vaikuttaa jaettujen osien lukumäärään liukusäätimellä, hieman samaan tapaan kuin automaattisen luonnin resoluution sää-

dössä. Liukusäädin muuttaa työkalun herkkyyttä erotella eri sub-meshit erilleen toisistaan. Tällä työkalulla on mahdollisuus säätää kappaleesta riippuen niin, että jäljelle ei jää kuin muutama sub-mesh (kuva 16).



KUVA 16. Kappale jaettu kahteen sub-meshiin säätämällä herkkyyys todella suureksi.

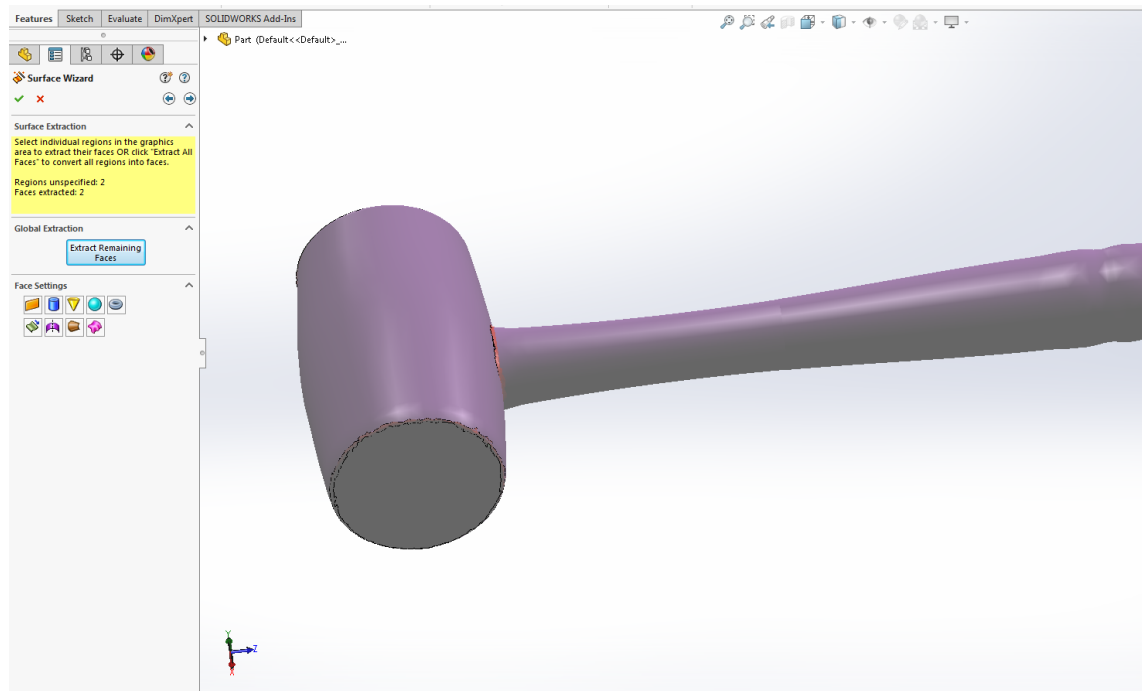
Työkalun toinen säätömahdollisuus on täysin manuaalinen, jossa käyttäjä itse valitsee eri osiot maalaamalla ne eri väreillä. Käytössä on sivellin, jolla saadaan valittua yksittäisiä kohteita sub-mesheistä. Lisäksi käytössä on maaliämpäri-työkalu, jolla koko sub-mesh saadaan maalattua kerralla, ja merkittyä yhdeksi osioksi. Monessa tapauksessa tehokainta on käyttää aluksi maaliämpäriä isojen alueiden valitsemiseen, ja lopuksi siveltimellä paikkaila, jos jokin kohta jäi valitsematta.

Eri tyyppiset osiot on hyvä saada eroteltua ja merkattua eri väreillä tässä vaiheessa. Tavoitteena olisi jättää jäljelle vain sen verran sub-meshejä mitä tarvitsee myöhemmässä vaiheessa, mutta kuitenkin niin, että kappaleen eri osat ovat omia osioitaan. Tämä helpottaa seuraavassa työkalussa niiden muokkaamista.

5.3.5 Surface Extraction

Tämä osio on Surface Prep Wizardin ohjatun luomisen viimeinen vaihe. Tällä työkalulla käyttäjä luo edellisessä vaiheessa valitsemistaan sub-mesheistä valmiita pintoja. Työkalun avautuessa se ilmoittaa käyttäjälle meshien, joita ei ole muutettu pinnoiksi, lukumäärän. Tämän tiedon alta löytyy pinnoiksi muutettujen meshien määrä, joka aloittaessa on tietenkin nolla.

Helppoin tapa luoda pinnat, on käyttää *Extract All Faces* -painiketta. Tätä käyttäessä ohjelma luo kaikille havaitsemilleen mesheille pinnat. Mikäli käyttäjä on tyytyväinen ohjelman tekemiin valintoihin, voi hän painaa työkalun yläreunasta *valmis*-painiketta ja poistua Surface Prep Wizardista.



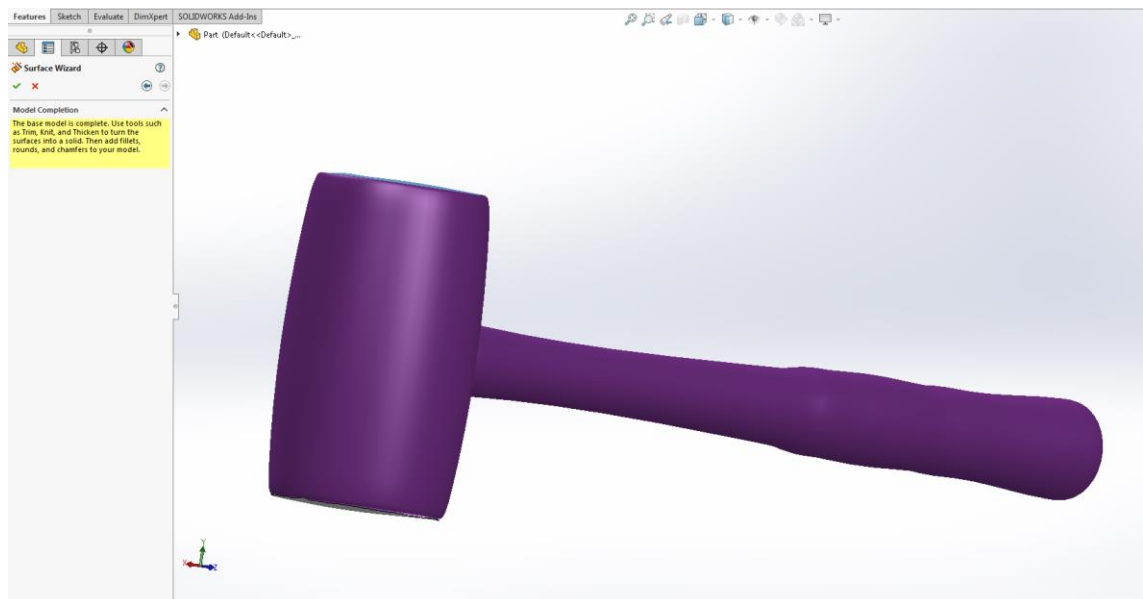
KUVA 17. Kappaleen pinnat luotuna, lukuun ottamatta lyömäosan päätyjä.

Toinen mahdollisuus luoda pinnat, on valita sub-meshit käsin ja määritellä niille haluttu muoto. Valittavana käyttäjällä on suuri joukko erilaisia muotoja. Näitä muotoja ovat taso, lieriö, kartio, pallo ja donitsi. Muita valintoja, jotka eivät ole muotoja, ovat pursotus, pyöräytys, ruled ja BSpline. Jokaisella näistä valinnoista on sen muodolle tyypillisiä säätömahdollisuuksia. Esimerkiksi pallolla on säde ja keskipiste. Näiden muotovalintojen ja

muiden toimintojen avulla saadaan kappaleessa olevat pinnat tasaisiksi, suoriksi ja halutun muotoisiksi, mikäli niissä vielä tässä vaiheessa on jotain virheitä. Käyttäjällä on myös käytössä *Delete surface* -toiminto, jolla voidaan poistaa jo luotu pinta.

Ruled ja BSpline toiminnoille ei ole suomen kielessä kunnollista vastinetta ja niiden toiminta voi olla epäselvää. Ruled on geometriassa käytetty termi suorien muodostamalle s-kirjaimelle. Tällainen muoto on esimerkiksi yksivaippainen hyperboloidi, ja tässä käytettävä työkalu luo eräänlaisen puolikkaan hyperboloidin muotoa.

BSpline on pinta ilman varsinaista muotoa, ja se yrittääkin parhaansa mukaan sopeutua valitun meshin pinnanmuotoon. Tätä valintaa käytetään, mikäli muista vaihtoehdoista ei löydy sopivaa muotoa tai toimintoa. Kun tämä valinta otetaan käyttöön jollekin pinnalle, se luo verkon pinnan päälle. Tätä verkkoa siirtelemällä ja sen muotoa ja korkeutta vaihtelemalla käyttäjä yrittää saada aikaan halutun pinnanmuodon.

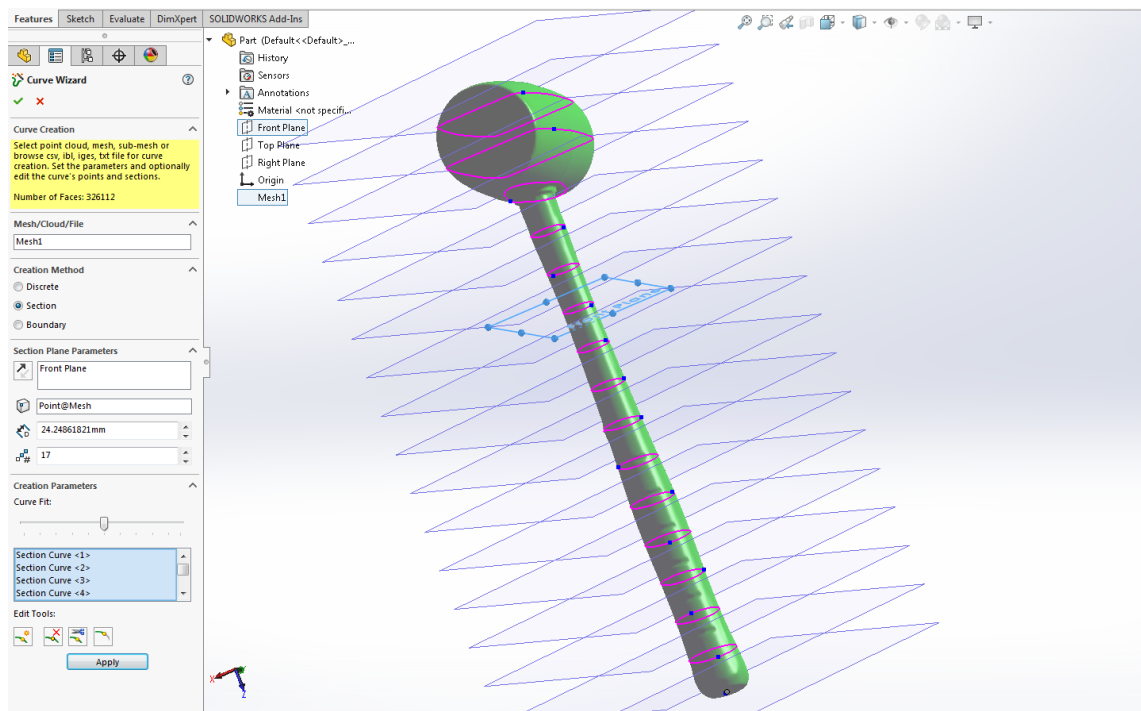


KUVA 18. Valmis kappale, jossa Surface Prep Wizardilla luodut pinnat.

5.4 Curve Wizard

Curve Wizard on työkalu, jolla pistepilvestä tai meshistä saadaan luotua kappaleen muotoa seuraavia käyriä. Nämä käyrät muodostavat joko 3D- tai 2D -sketchejä, joiden avulla pystytään kappaleelle luomaan pintoja ja lopulta siitä voidaan tehdä solid body. Tämän työkalun avulla voidaan myös taltioida kappaleesta ääriviivat ja viedä ne muokattavaksi toisiin SolidWorksin työkaluihin.

Curve Wizardin käyttökelpoisimmat ominaisuudet ovat *Boundary Curve* - ja *Section Curve* -työkalut. *Boundary Curve* -työkalulla voidaan luoda kappaleessa olevaa reunaa seuraava käyrä. Tämä työkalu voi luoda käyriä ainoastaan kappaleessa oleviin reunoihin, joten se ei ole aivan yhtä monikäyttöinen, kuin *Section Curve* -työkalu. Mikäli kappale on selkeäreunainen ja siitä ei tarvitse saada talteen, kuin jokin tietty osa, on tämä työkalu hyvä siihen.



KUVA 19. Section Curve -työkalulla kappaleen pinnalle luodut käyrät.

Section Curve -työkalulla (kuva 19) saadaan huomattavasti edellistä työkalua monipuolisemmin luotua käyriä kappaleesta. Käyrien luominen aloitetaan valitsemalla joko jokin taso tai halutut pisteet, minkä suuntaisesti käyrät muodostetaan. Tässä kohtaa kappaleen oikea sijoittaminen koordinaatistoon Mesh Prep Wizardissa tulee hyödylliseksi. Kun

mesh on kohtisuorassa koordinaatiston akseleita kohtaan, saadaan käyrät helposti muodostettua kappaleeseen suorassa kulmassa. Käyrien luomissuunnan valitsemisen jälkeen käyttäjä valitsee pisteen, mistä niitä aletaan muodostaa, jolloin työkalu luo ensimmäiset käyrät mukaillen kappaleen pintaa. Säättömahdollisuuksia käyttäjällä on käyrien lukumäärän muuttaminen ja niiden välisten etäisyyksien muuttaminen.

Kun käyrät on muodostettu, voidaan niille halutessa tehdä vielä hienosäätöä. Ensimmäinen työkalu on liukusäädin *Curve Fit*, jolla vaikutetaan käyrällä olevien pisteiden määrään. Mitä enemmän käyrälle asetetaan pisteitä, sitä tiukemmin se pyrkii seuraamaan kappaleen pinnanmuotoja. Käyttäjälle annetaan myös käytettäväksi työkalut, joilla voidaan lisätä ja poistaa manuaalisesti pisteitä käyrältä. Tällä tavalla käyttäjä saa muokattua käyriä juuri haluamakseen. Lisäksi valittavana on työkalu, jolla voidaan poistaa vain osa käyrästä, sekä työkalu, jolla voidaan muokata käyrien kohtaamistyyliä pisteessä. Kohtaamistyyli vaikuttaa siihen tuleeko kohtaamispisteestä kulmikas vai pyöristyykö se, jos käyrät tulevat suuressa kulmassa toisiaan kohti.

6 KÄYTTÖKOHTEITA

3D-skannaus on kovaa vauhtia yleistynyt tekniikka ja sen koko potentiaalia ei varmasti-kaan ole vielä edes käsitetty. SolidWorksin ScanTo3D onkin toiminto, jolla 3D-skannauksesta saadaan enemmän irti, kuin pelkästä kappaleen skannauksesta olisi mahdollista saada.

Suurin käyttökohde tällä hetkellä ScanTo3D-työkalulla on CARE-työskentely. CARE, eli tietokoneavusteinen takaisinmallinnus on nopea ja tehokas tapa saada jokin kappale tallentua digitaaliseen muotoon ja sitä kautta joko tuotekehitykseen, tai jopa suoraan tuotantoon. ScanTo3D mahdollistaa yrityksissä prototyyppien ja testikappaleiden tuomisen helposti SolidWorksiin. Mikäli kappale on esimerkiksi tuotannon ensimmäinen koekappale, voidaan sitä SolidWorksissa verrata alkuperäiseen suunnitelmaan. Näin voidaan helposti ja nopeasti havaita tuotannossa tulleita virheitä, mikä on yrityksen kannalta todella hyvä asia. Prototyyppien kohdalla hyödyt muodostuvat siitä, ettei mahdollisesti monimutkaista kappaletta tarvitse mallintaa käsin alusta loppuun. Tämä nopeuttaa kappaleen siirtymistä jatkokehitykseen ja tuotantoon. Mielenkiintoinen käyttökohde ScanTo3D-työkalulle on mahdollisten 3D-skannattujen ihmiskehon osien, kuten käsien, tuominen 3D-mallinnusohjelmaan, esimerkiksi proteesin tekoa varten. Myöskin skannattujen kasvojen 3D-ympäristöön tuominen on erittäin mahdollinen käyttökohde kasvojen vaikeasta mallinnettavuudesta johtuen.

Yritykset eivät ole ainoa ryhmä joka hyötyy ScanTo3D-työkalusta. SolidWorks on ohjelmistona myös tavallisen kuluttajan saatavissa, ja 3D-skannaus- ja 3D-tulostustekniikoiden kehittyessä voi hyvin olla, että kotitalouksista alkaa löytyä näitä laitteita yhä enemmän. Kotioloissa mahdollisia käyttökohteita voivat olla erilaisiin harrastuksiin liittyvät CARE toimet. Esimerkiksi ihminen, joka harrastaa pienoismalleja tai vastaavia, voi skannata käyttämänsä osan pienoismallista, luoda siitä ScanTo3D-työkalulla 3D-mallin ja tulostaa sen itse 3D-skannerilla. Näin hän pystyy itse luomaan kotonaan lisää osia pienoismalliinsa. Tästä syntyykin tekijänoikeuksien ja patenttien kannalta kinkkinen tilanne, kun ihmisten kyky tuottaa omia tavaroitaan lisääntyy merkittävästi (Lipson, H. & Kurman 2013, 226–230).

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua TAMKin 3D-skannerin, Creaform HandySCAN 700, käyttömahdollisuuksiin SolidWorks-ohjelmassa, ja siellä etenkin ScanTo3D-työkalussa. Työ jatkaa skanneriin liittyviä aikaisempien vuosien opinnäytetöitä, joissa käsitellään skannerin ja sen ohjelmiston käyttöä. Näiden opinnäytetöiden yhteydessä oli luotu käyttöohjeet skannerille, joita käyttämällä minun tuli tutustua skannerin toimintaan ja saada aikaiseksi skannattua kappale, jota lähden omassa työssäni käyttämään.

Käyttöohjeet olivat hyvät ja niiden avulla täysin ensikertalaisena käyttäjänä onnistuin skannaamaan ensimmäisen kappaleeni jo ensimmäisellä käyttökerralla. Tämä oli loistava asia, sillä osana opinnäytetyötä minun piti jo viikon sisällä aloittamisesta neuvoa Tampereen teknillisen yliopiston opiskelijaa skannerin käytössä ja mittauksissa. Laitteen käyttö oli kuitenkin sen verran yksinkertaista, että näinkin nopealla aikataululla pystyin itsenäisesti auttamaan TTY:n opiskelijaa saamaan hänen tarvitsemansa mittaukset. Toinen opinnäytetyöhön liitetty tehtävä oli esittelyn pitäminen skannerista *pikamallinnuksen perusteet* -kurssille. Mielestäni sain pidetty kohtalaisen kattavan, reilun tunnin mittaisen esittelyn skannerin perustoiminnoista.

SolidWorks on todella laaja ja monipuolinen ohjelmisto, eikä se ollut minulle entuudestaan tuttu, joten sen toimintoihin ja käyttöön tutustuminen oli haasteellista. Lisäksi työskentelyssä tuli vastaan erilaisia teknisiä ongelmia, aina ohjelmien kaatumisista, tiedostojen toimimattomuuden kanssa ihmettelemiseen. Kaikista ongelmista huolimatta sain mielestäni kohtalaisen hyvin tutustuttua ScanTo3D-työkalun toimintaan. Työssäni pyrin kertomaan mahdollisimman yksityiskohtaisesti työkalun eri toiminnoista ja niiden käytöstä, ja mielestäni lukija pystyy tämän työn ja luodun pikakäyttöohjeen avulla tutustumaan ohjelmaan hyvin ja käyttämään sitä hyödyksi omassa työkalun käytön opettelussaan. Ainoita ongelmia raportointiin liittyen tuli kohtalaisen haastavista englannin kielen sanoista, joiden kääntäminen oli haasteellista. Osan sanoista jouduin jättämään englannin kielelle, koska niille ei yksinkertaisesti löytynyt tarpeeksi kuvaavaa suomennosta. Pikaohjeen tekeminen ScanTo3D-liitännäiselle tuli hieman yllättäen melko myöhäisessä vaiheessa, mutta sekin onnistui ilman suurempia ongelmia.

Tämän työ on vienyt TAMKin skannerin käyttöön tutustumista jälleen pykälän verran pidemmälle. Seuraavana tutustumisen kohteena voisi olla ScanTo3D-työkalulla 3D-malliksi muutetun skannauksen jatkojalostaminen ja muokkaaminen SolidWorksissa ja sen mahdollinen 3D-tulostaminen fyysiseksi kappaleeksi. Tämä luo sitten uusia mahdollisuuksia opinnäytetöihin, kuten alkuperäisen ja tulostetun kappaleen vertailua yms. Mielestäni olisi hyvä, jos TAMK saisi kerättyä kasaan ohjeistuksen, missä käsiteltäisiin kappaleen koko 3D-ympäristön elinkaari aina skannauksesta tulostamiseen. Aihe on kuitenkin vahvasti tulevaisuuden ala, joten tällainen ohjeistus hyödyttäisi varmasti monia.

LÄHTEET

Lindroos, T. 2016. 3D-skannerin käyttöönotto ja käyttömahdollisuuksien kartoittaminen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Kuva 2. Opinnäytetyö.

Korolev, I. 2016. 3D-skannerin käyttöönotto ja takaisinmallinnuksen ohjeistus. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

SolidWorks. 2017a. Company information. Luettu 8.4.2017
http://www.solidworks.com/sw/183_ENU_HTML.htm

SolidWorks. 2017b. Company history. Luettu 8.4.2017
http://www.solidworks.com/sw/656_ENU_HTML.htm

Creaform. 2017. Portable 3D scanners. Taulukko 1. Luettu 15.3.2017
<https://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/portable-3d-scanner-handyscan-3d>

Creaform. 2017b. VXmodel. Luettu 15.3.2017
<https://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/vxinspect-dimensional-inspection-software-module>

Creaform. 2017c. VXinspect. Luettu 15.3.2017
<https://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/3d-applications-software-platforms/vxmodel-scan-cad-software-module>

Creaform. 2017d. The company. Luettu 15.3.2017
<https://www.creaform3d.com/en/corporate>

PLM Group. 2017. SolidWorks 3D CAD. Luettu 8.4.2017
<https://plmgroup.fi/tuotteet/ohjelmistot/solidworks-3d-cad>

SolidWorks. 2017c. ScanTo3D. Luettu 8.4.2017
<http://www.solidworks.com/sw/products/3d-cad/scanto3d.htm>

SolidWorks. 2017d. SolidWorks web help: ScanTo3D. Luettu 27.2.2017
http://help.solidworks.com/2016/English/SolidWorks/SWHelp_List.html?id=ce1b4fb1357840f0b08d2b9547421c43#Pg0&Product-Type=&ProductName=

SOLIDWORKS – ScanTo3D Add-In Overview. YouTube 2013. Katsottu 27.2.2017
<https://www.youtube.com/watch?v=ZjzqWCfNfmQ>

SOLIDWORKS Add-In - ScanTo3D for STL - July 2016. YouTube 2016. Katsottu 27.2.2017
<https://www.youtube.com/watch?v=7G7dapOxjUI>

Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014. Mittaustekniikka. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Lipson, H. & Kurman, M. 2013. The New World of 3D Printing. New Jersey: John Wiley & Sons

Faro. 2017. FaroArm overview. Kuva 1. Luettu 27.4.2017

<http://www.faro.com/products/metrology/faroarm-measuring-arm/overview>

LIITTEET

Liite 1. Creaform HandySCAN 700 -pikakäyttöohje

1(9)

Creaform HandySCAN 700 - pika- käyttöohje



Tuomas Sallinen 2017

Sisällys

1 Laitteisto.....	3
2 Käyttöönotto.....	6
2.1 Asennus.....	6
2.2 Kalibrointi.....	6
3 Skannaus.....	7
3.1 Asemointimerkit.....	7
3.2 Skanneri konfigurointi.....	8
3.3 Skannaus.....	9

1 Laitteisto

HandySCAN 700 -skanneri



1. Kamera
2. Laserit
3. LED-valot



4. Valintapainike

- Muuttaa valintaa zoom- ja suljinaika-tilojen välillä

5. (+) -painike

- Zoom-tila
 - Yksi painallus, tarkentaa
 - Kaksoispainallus, sovittaa skannauksen ruudulle
- Suljinaika-tila
 - Yksi painallus, suurentaa suljinaikaa

6. (-) -painike

- Zoom-tila
 - Yksi painallus, loitontaa
 - Kaksoispainallus, vapauttaa ja lukitsee kuvakulman
- Suljinaika-tila
 - Yksi painallus, pienentää suljinaikaa

7. Skannauspainike

- Nopea painallus, skannauksen aloitus ja lopetus
- Pitkä painallus, skannaustilaan siirtyminen ja poistuminen
- Kaksoispainallus, vaihtaa skannausta laserristikon ja yhden laserviivan välillä

8. USB 3.0/Virtapistoke

5(9)



Kalibrointilevy.

Huom. toimiakseen skanneri tarvitsee Creaform VXelements -ohjelman asennettuna tietokoneelle

2 Käyttöönotto

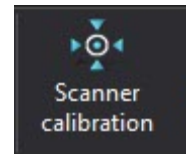
2.1 Asennus

1. Liitä USB- ja virtajohto toisiinsa
2. Liitä virtakaapeli pistorasiaan
3. Liitä USB-kaapeli tietokoneeseen
4. Liitä skanneri USB-/virtajohtoon

2.2 Kalibrointi

Skanneri on kalibroitava joka kerta, kun se otetaan uudelleen käyttöön. Kalibrointi tulisi suorittaa samassa paikassa ja tilassa, missä itse skannaus tapahtuu.

1. Aseta kalibrointilevy tasaiselle pinnalle mahdollisimman lähelle paikkaa, jossa meinaat suorittaa skannaukset.
2. Avaa *Scanner Calibration VXelements* -ohjelmassa.
3. Pidä skanneria kalibrointilevyn yläpuolella noin 15–20 cm etäisyydellä.
4. Aloita kalibrointi painamalla skannauspainiketta.
5. Kalibroinnissa tarkoituksena on pitää skanneri keskellä kalibrointilevyä ja siirtää sitä ohjelman ohjeiden mukaisesti. Kalibrointiohjeet ovat vihreitä palkkeja ohjelman reunoilla, joista näkee pitääkö skanneria liikuttaa ylös, alas tai kiertää johonkin suuntaan.
6. Kalibrointi on valmis, kun ohjelman alareunassa oleva kalibrointipalkki on täynnä.
7. Valmis kalibrointi päätetään painamalla *OK*-painiketta.



3 Skannaus

3.1 Asemointimerkit

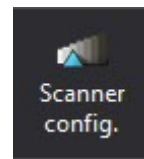
Asemointimerkit eli markkerit ovat pyöreitä tarroja, joita kiinnitetään joko skannattavaan kappaleeseen, skannausalustalle, tai niihin molempiin. Markkerit ovat pisteitä, joiden perusteella skanneri paikantaa itsensä ja skannattavan kappaleen. Tästä syystä markkerit on kiinnitettävä mahdollisimman satunnaisesti, jotta ei synny symmetrisiä tai lineaarisia kuvioita, jotka sekoittavat skannerin paikannusta. Jotta skanneri pystyy skannaamaan, on sen nähtävä vähintään neljä markkeria jatkuvasti.



Skannattavaan kappaleeseen kiinnitetyt asemointimerkit.

3.2 Skannerin konfigurointi

Kalibroinnin jälkeen, ennen skannauksen aloittamista, on skanneri vielä konfiguroitava, eli määrittää sen asetukset skannattavalle kappaleelle sopiviksi. Koska skannaus perustuu valon heijastumiseen, on kaikilla materiaaleilla ja eri skannaustiloilla vaikutusta skannaukseen. Parhaaseen tulokseen pääsee, kun konfiguroinnin suorittaa sillä kappaleella, jolla skannaus suoritetaan, sillä paikalla, missä skannaus tehdään.

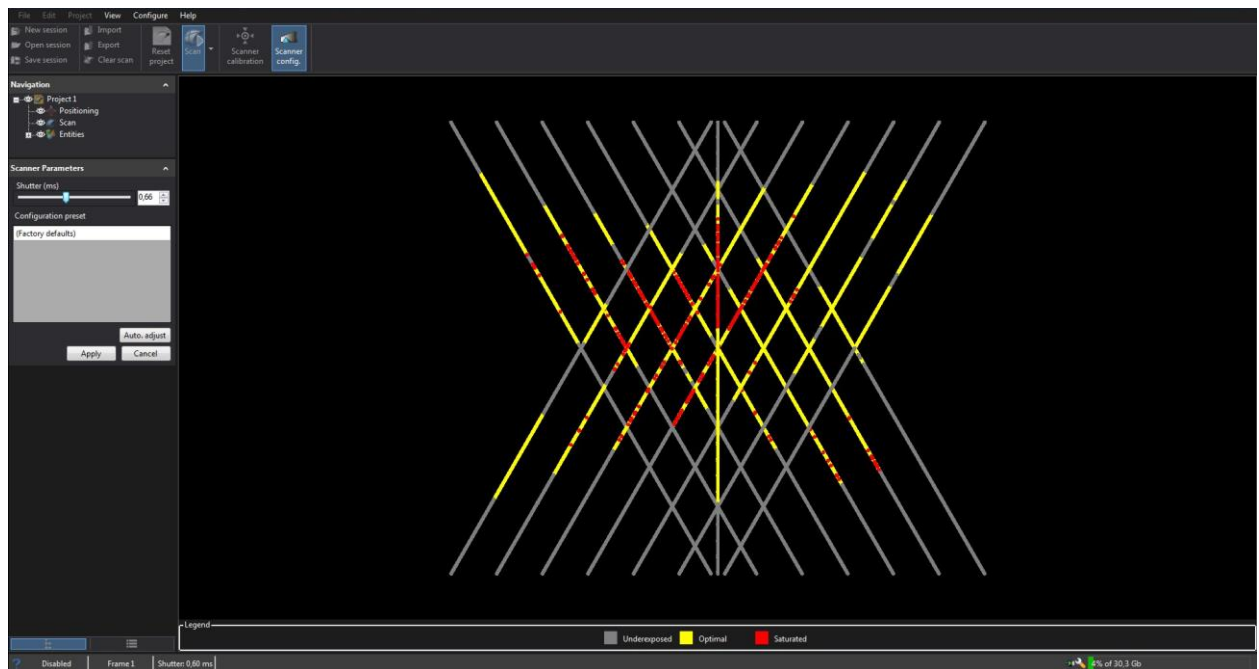


1. Avaa *Scanner Config* VXElements-ohjelmassa

2. Pidä skanneria noin 15-20 cm päässä

skannattavasta kappaleesta ja paina skannauspainiketta

3. Suljinaikaa voidaan säätää käsin, tai painamalla *Auto Adjust* -painiketta ohjelmassa.



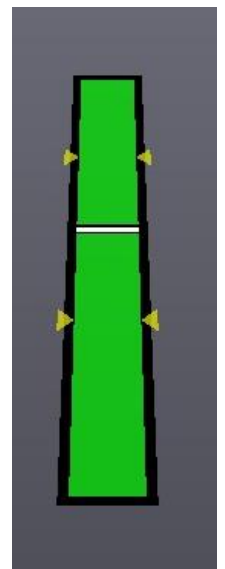
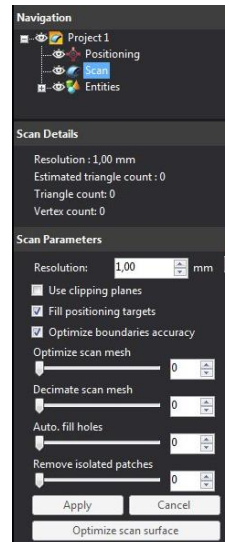
Tavoitteena on saada mahdollisimmin paljon keltaista näkyviin, jolloin valon heijastuminen on optimaalinen. Harmaa tarkoittaa alivalotusta, eli valon heijastuminen on heikkoa. Punainen on ylivalotus, jolloin valo heijastuu liikaa takaisin ja se saattaa vääristää skannaustulosta.

3.3 Skannaus

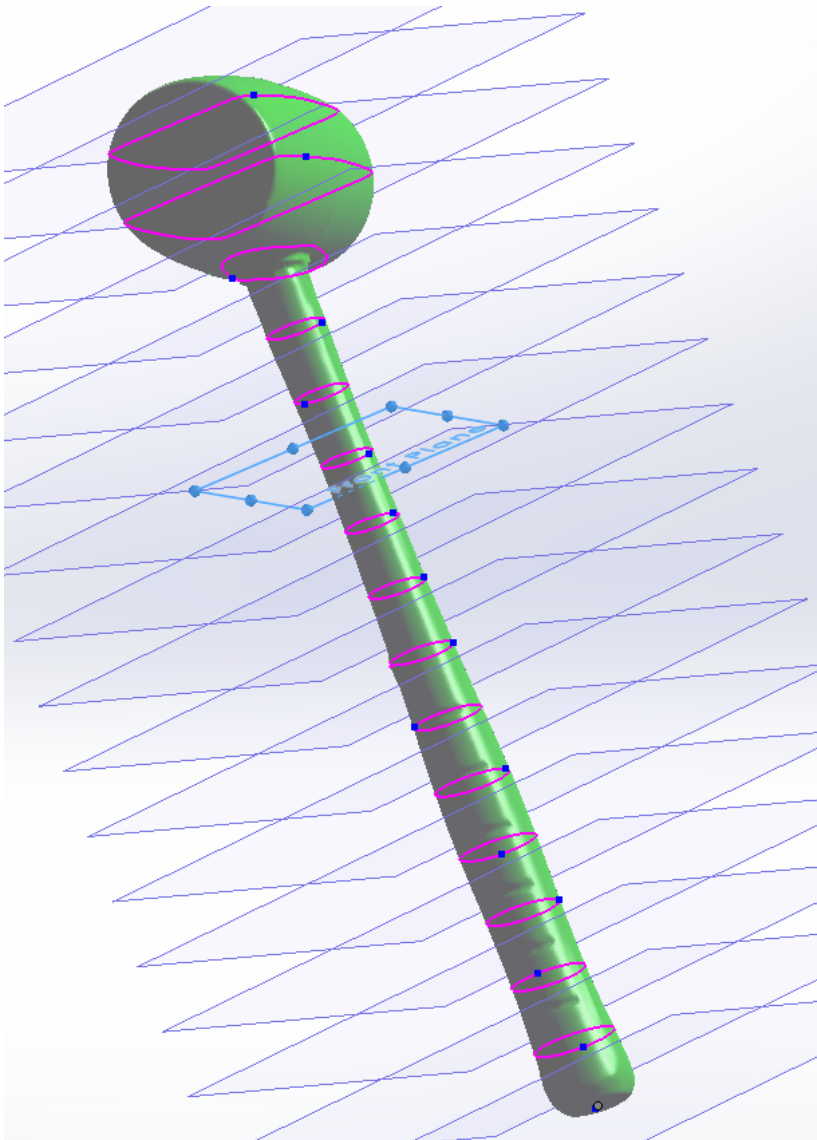
Ennen skannauksen aloittamista kannattaa skannausresoluutio käydä tarkastamassa. Resoluution säätö ja muita lisäasetuksia löytyy VXelementsin puunäkymän *scan*-kohdasta. Mitä pienempi eli tarkempi resoluutio on valittu, sitä enemmän se vaatii tehoa ja muistia tietokoneelta ja voi aiheuttaa hitautta ja jopa ohjelman kaatumisen. Muut asetukset voidaan jättää vakioarvoille.

Skannaus aloitetaan painamalla *Scan*-nappia (tai skannerin skannauspainiketta pitkään), josta päästään skannaustilaan. Varsinainen skannaaminen aloitetaan skannerin skannauspainikkeella. Skannauksen aikana suljinai-kaa voidaan säätää ohjelmasta tai skannerista. Skannattua kuvaa voidaan hiirellä kääntää ja pyörittää ohjelmassa skannauksen aikanakin.

Skannaustilassa ohjelman vasemmassa reunassa näkyy etäisyysmittari, joka kertoo, onko skanneri oikealla etäisyydellä skannattavasta kappaleesta. Vihreä on oikea skannusetäisyys, sininen tarkoittaa, että skanneri on liian kaukana kappaleesta ja punainen, että se on liian lähellä.



ScanTo3D- pikakäyttöohje



Sisällys	2(17)
<u>1</u> <u>Tiedoston avaaminen</u>	50
<u>2</u> <u>Mesh Prep Wizard</u>	51
<u>2.1</u> <u>Mesh Orientation</u>	52
<u>2.2</u> <u>Noise removal</u>	53
<u>2.3</u> <u>Extraneous Data Removal</u>	54
<u>2.4</u> <u>Simplification</u>	55
<u>2.5</u> <u>Smoothing</u>	56
<u>2.6</u> <u>Fill Holes</u>	57
<u>3</u> <u>Surface Prep Wizard</u>	58
<u>3.1</u> <u>Solid/Surface Creation</u>	58
<u>3.2</u> <u>Automatic Surface Creation</u>	59
<u>3.3</u> <u>Guided Creation</u>	60
<u>3.3.1</u> <u>Mesh Split</u>	60
<u>3.3.2</u> <u>Face identification</u>	61
<u>3.3.3</u> <u>Surface Extraction</u>	62
<u>4</u> <u>Curve Wizard</u>	63

1 Tiedoston avaaminen

Kappaleen tuominen SolidWorksiin aloitetaan tarkistamalla, onko ScanTo3D-liitännäinen päällä. Tämä tapahtuu menemällä välilehdelle

TOOLS ⇒ ADD-INS

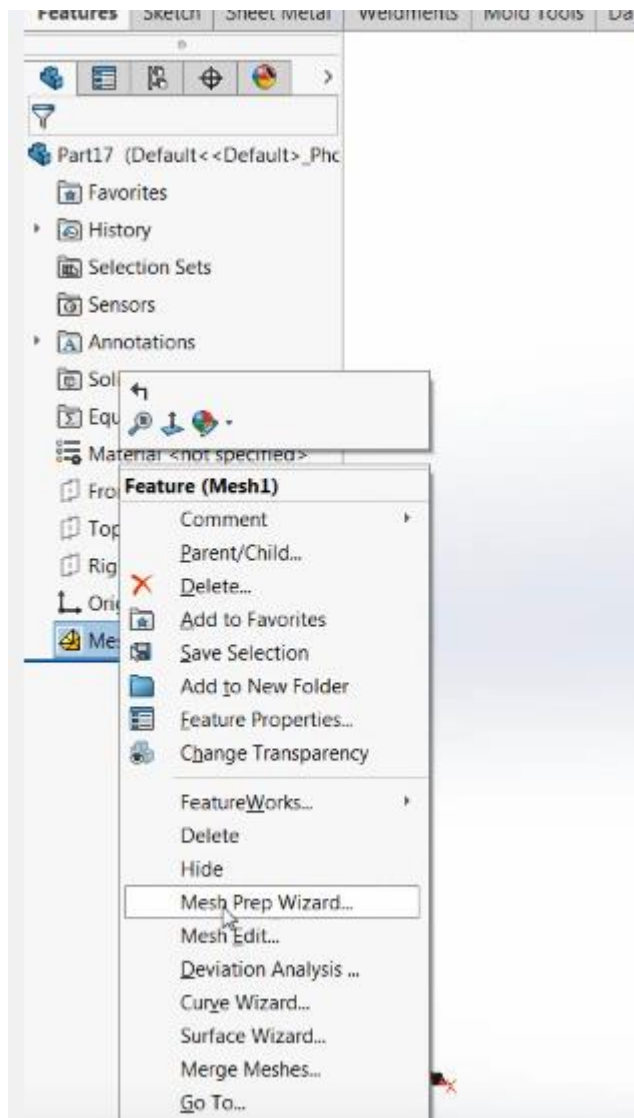
Kun liitännäinen on päällä, avataan kappale normaalisti **FILE OPEN** kohdasta. Avattavaksi tiedostomuodoksi oikeasta alareunasta pitää valita **MESH FILES** tai **POINTCLOUD** riippuen mitä avataan.



2 Mesh Prep Wizard

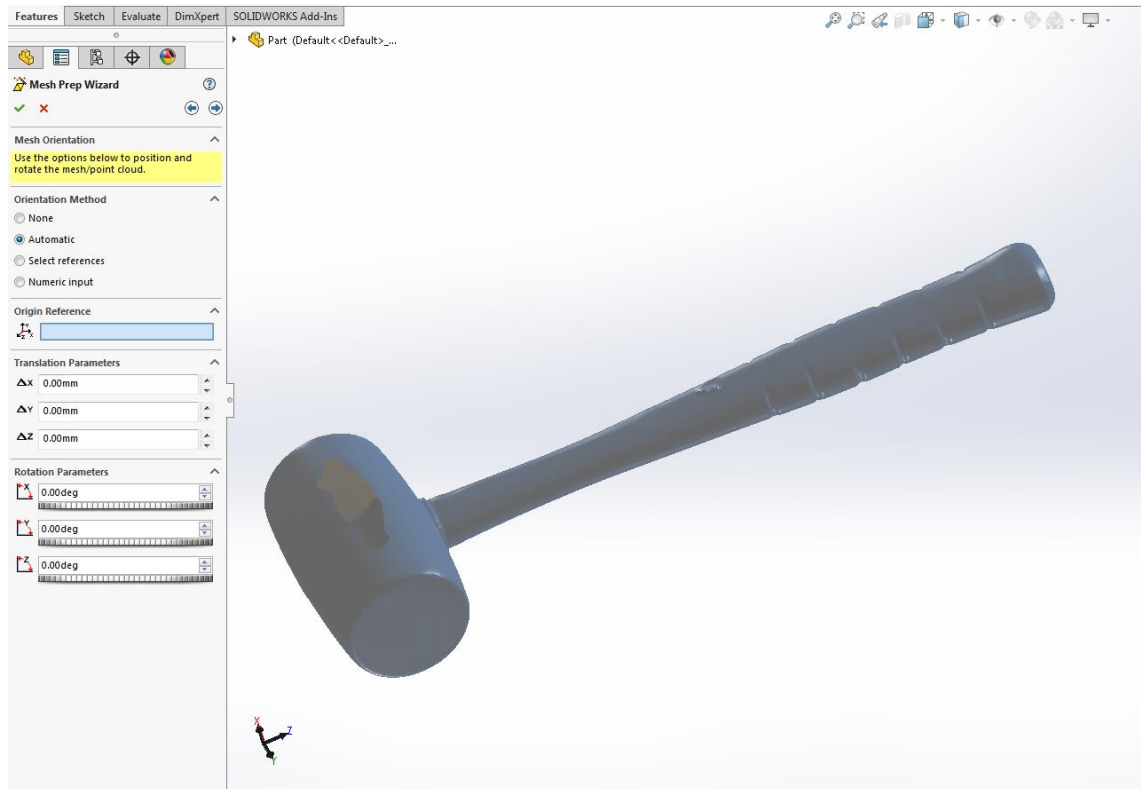
Mesh Prep Wizardilla pistepilveä tai mesh-verkkoa siistitään jatkotoimenpiteitä varten. Tällä työkalulla pistepilvestä luodaan mesh-verkko.

Työkalun avaaminen tapahtuu klikkaamalla työkalupuusta meshiä hiiren oikealla painikkeella ja valitsemalla Mesh Prep Wizardin.



2.1 Mesh Orientation

Tällä työkalulla asemoidaan kappale haluttuun suuntaan koordinaatistossa. Käyttäjälle on annettu muutamia eri vaihtoehtoja tämän tekemiseen.



NONE: Kappaleelle ei tehdä mitään.

AUTOMATIC: Työkalu valitsee automaattisesti mielestään parhaan asennon kappaleelle.

SELECT REFERENCES: Käyttäjä valitsee origon ja kolme pistettä joiden mukaan kappale asemoidaan.

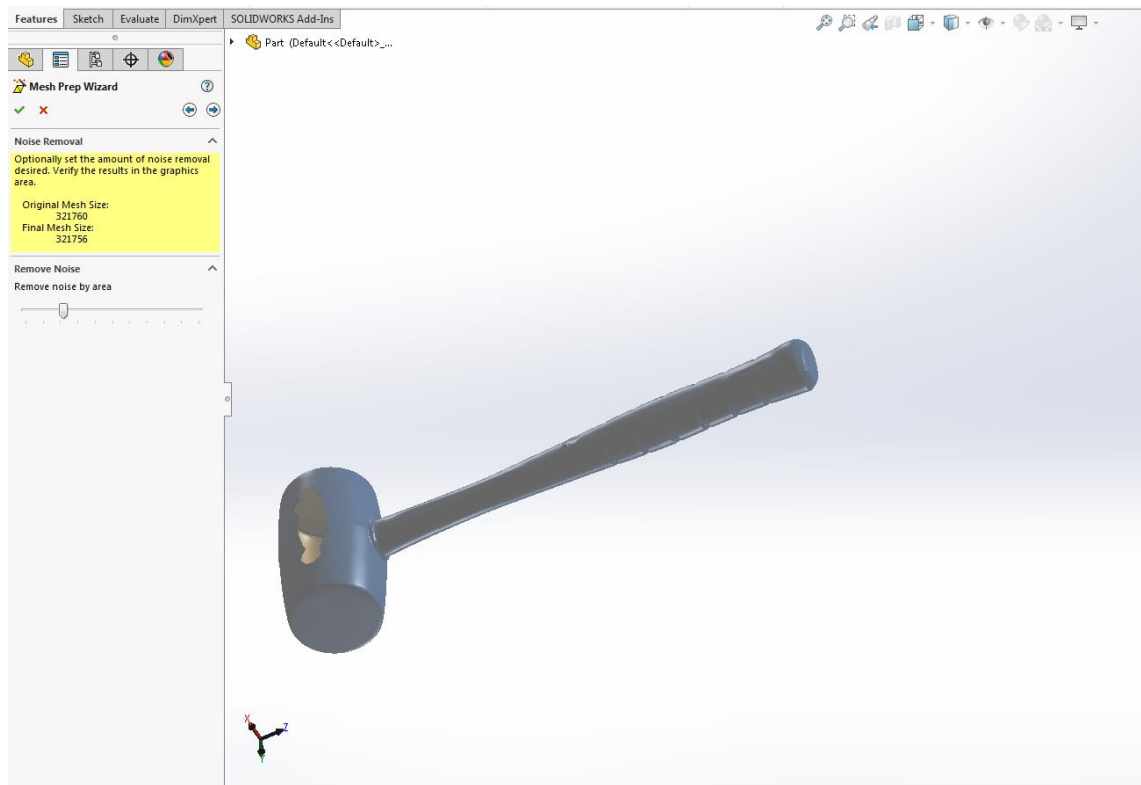
NUMERIC INPUT: Käyttäjä antaa arvot joiden mukaan kappale asemoidaan.

TRANSITION PARAMETERS: Kappaleen sijainti koordinaatistossa.

ROTATION PARAMETERS: Kappaleen kääntäminen koordinaatistossa.

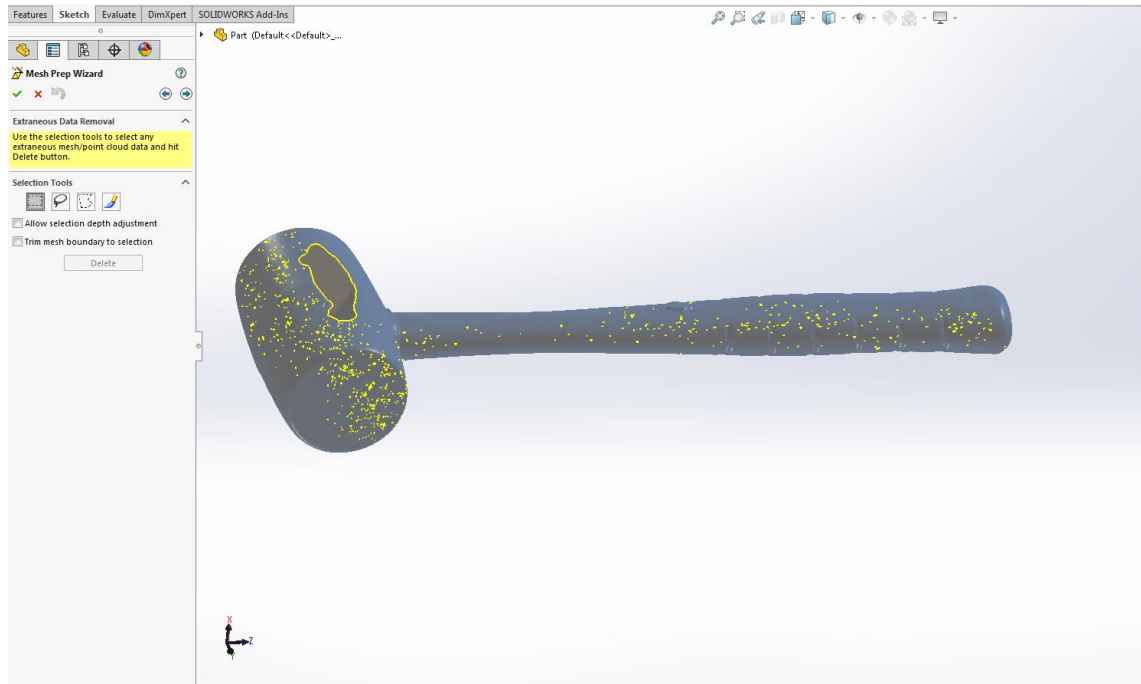
2.2 Noise removal

Työkalulla poistetaan kappaleesta kohinaa eli irrallisia partikkeleita tai pieniä alueita. Poistaminen tapahtuu käyttämällä liukusäädintä. Tällä työkalulla voi myös jossain määrin pienentää kappaleen tiedostokokoa.



2.3 Extraneous Data Removal

Tällä työkalulla kappaleesta poistetaan ylimääräistä dataa, joka voi olla esimerkiksi skannauksessa käytetty tuki. Poistettavan datan valinta tehdään rajaustyökaluilla.



Box selection: Suorakulmainen valintatyökalu.

Lasso selection: Lasso valintatyökalu.

Polygon selection: Monikulmio valintatyökalu.

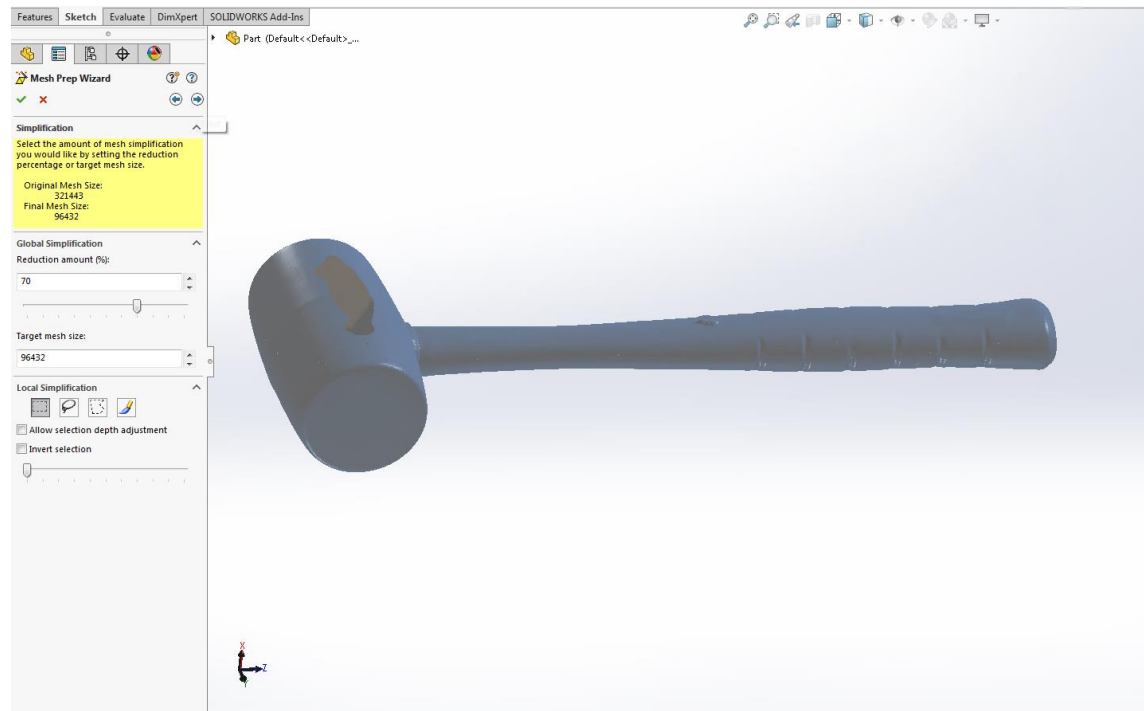
Brush selection: Sivellin valintatyökalu.

Allow selection depth adjustment: Avaa mahdollisuuden valitun alueen syvyysäättöön.

Trim mesh boundary to selection: Siistii poistetuista kappaleista jääviä reunoja.

2.4 Simplification

Simplification työkalulla voidaan avattua kappaletta yksinkertaistaa ja tiedostokokoa pienentää. Vaihtoehtoina on joko koko kappaleeseen vaikuttava *Global Simplification* tai käyttäjän valitsema paikallinen *Local Simplification*.



Reduction amount (%): Kuinka monta prosenttia kappaletta pienennetään.

Target mesh size: Tavoiteltu meshin koko.

Box selection: Suorakulmainen valintatyökalu.

Lasso selection: Lasso valintatyökalu.

Polygon selection: Monikulmio valintatyökalu.

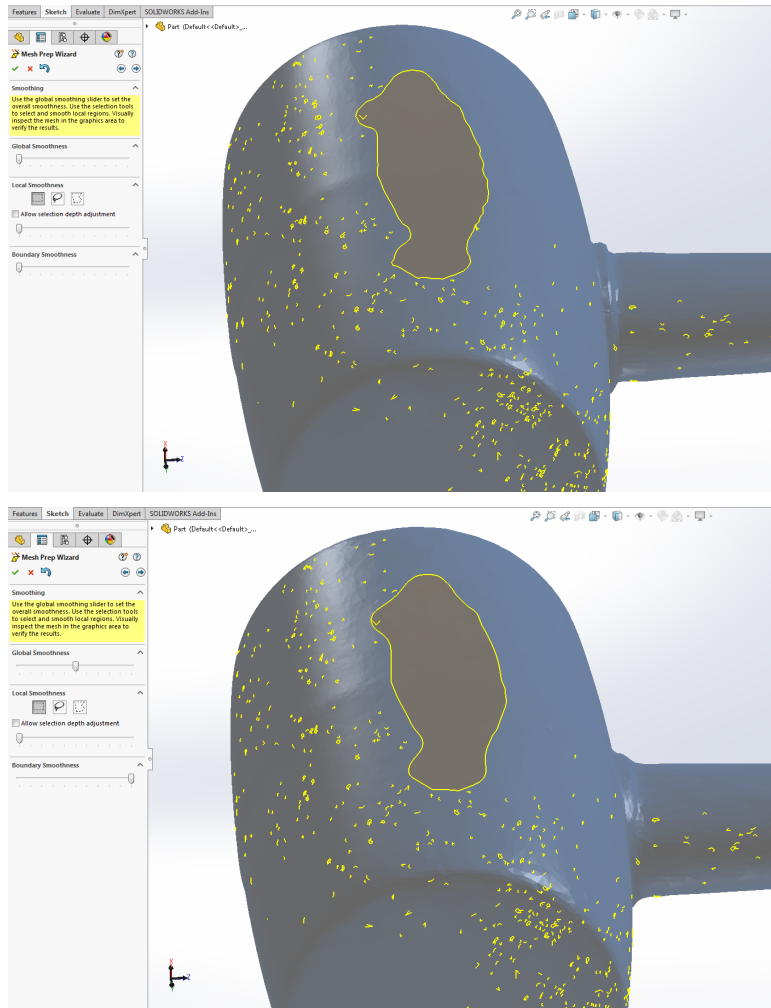
Brush selection: Sivellin valintatyökalu.

Allow selection depth adjustment: Avaa mahdollisuuden valitun alueen syvyyssäätöön.

Invert selection: Käänteinen valinta.

2.5 Smoothing

Tällä työkalulla voidaan pehmentää kappaleen pintoja ja reunoja. Valittavissa on koko kappaleeseen vaikuttava *Global Smoothness* tai käyttäjän rajaama alue *Local Smoothness*.



Kuvissa reunapehmennyksen vaikutus kappaleessa olevan reiän reunoihin.

Box selection: Suorakulmainen valintatyökalu.

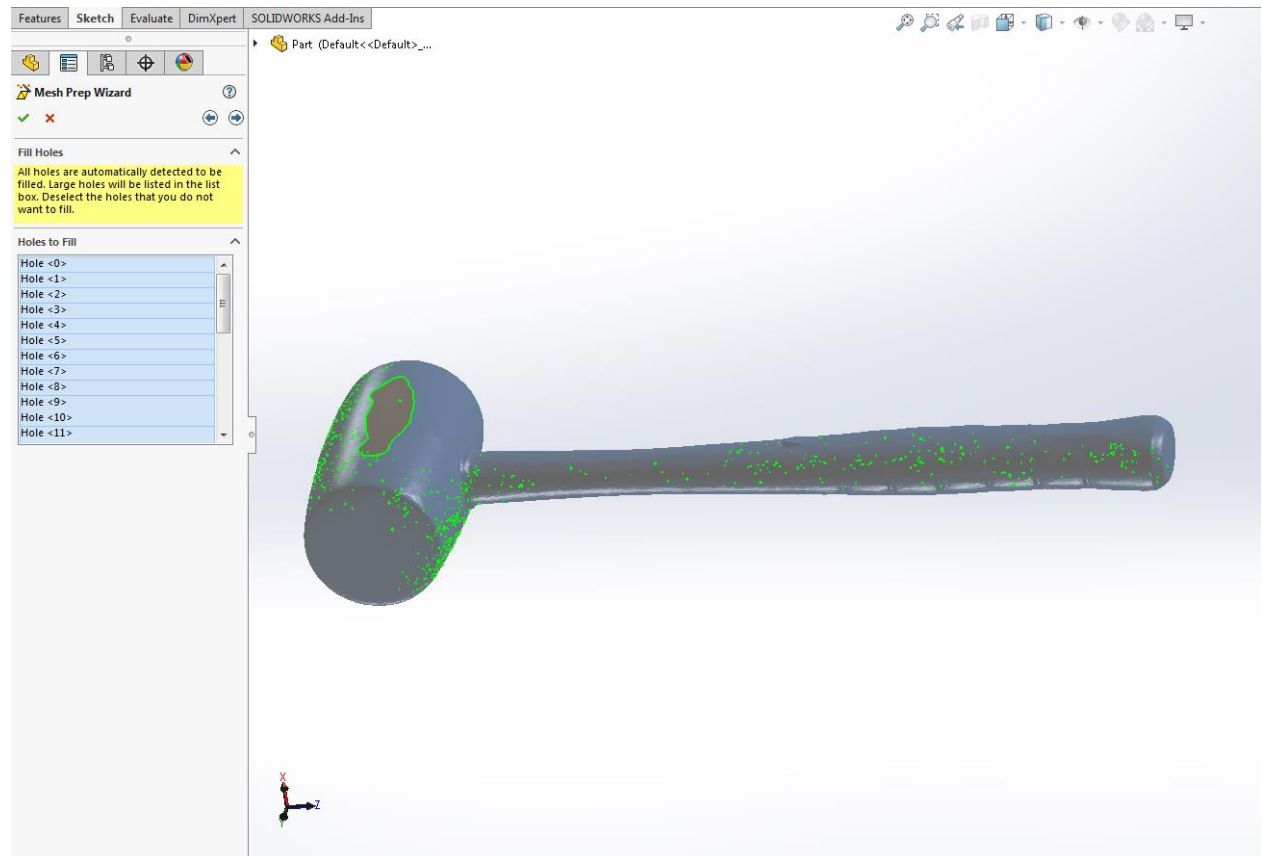
Lasso selection: Lasso valintatyökalu.

Polygon selection: Monikulmio valintatyökalu.

Boundary smoothness: Pehmentää ja tasoittaa kappaleessa olevia reunoja.

2.6 Fill Holes

Tällä työkalulla voidaan täyttää kappaleessa olevat reiät ja kolot.



Kuvassa vasemmalla on listattuna kappaleesta löydetty reiät. Reiät on merkitty vihreällä kappaleeseen. Tässä vaiheessa listasta voidaan poistaa reikä, mikäli sitä ei tahdota täyttää.

3 Surface Prep Wizard

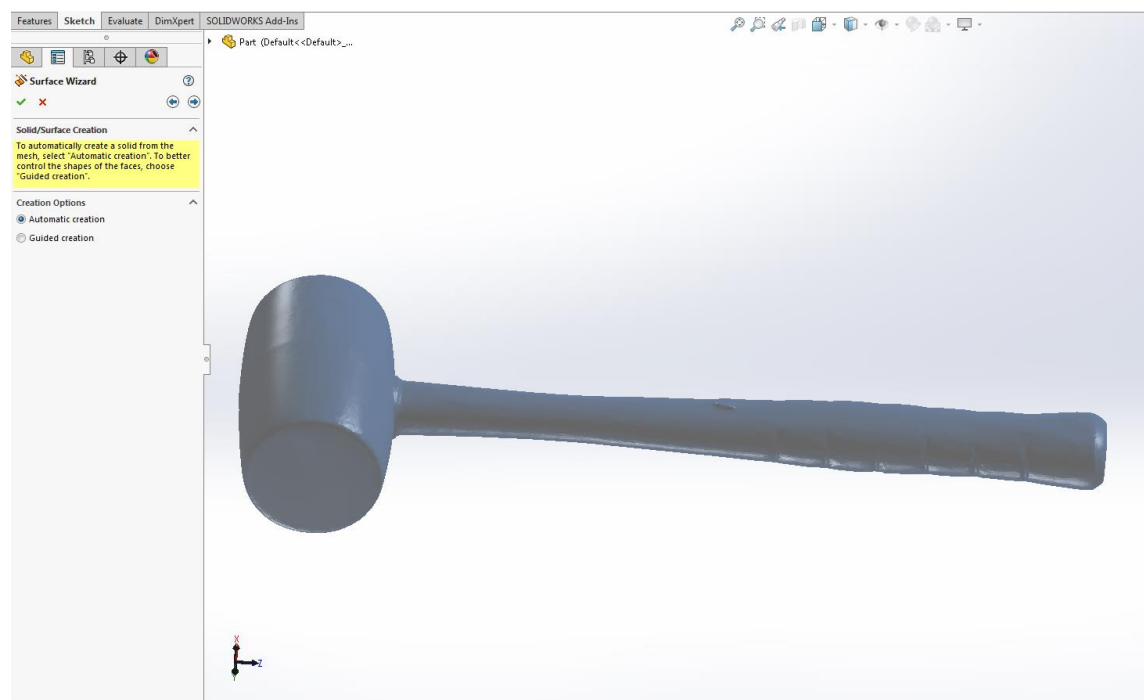
Tällä työkalulla luodaan mesh-verkon pohjalta erilaisia pintoja tai kokonainen solid body.

Työkalun avaaminen tapahtuu klikkaamalla työkalupuusta meshiä hiiren oikealla painikkeella ja valitsemalla Surface Prep Wizardin.

3.1 Solid/Surface Creation

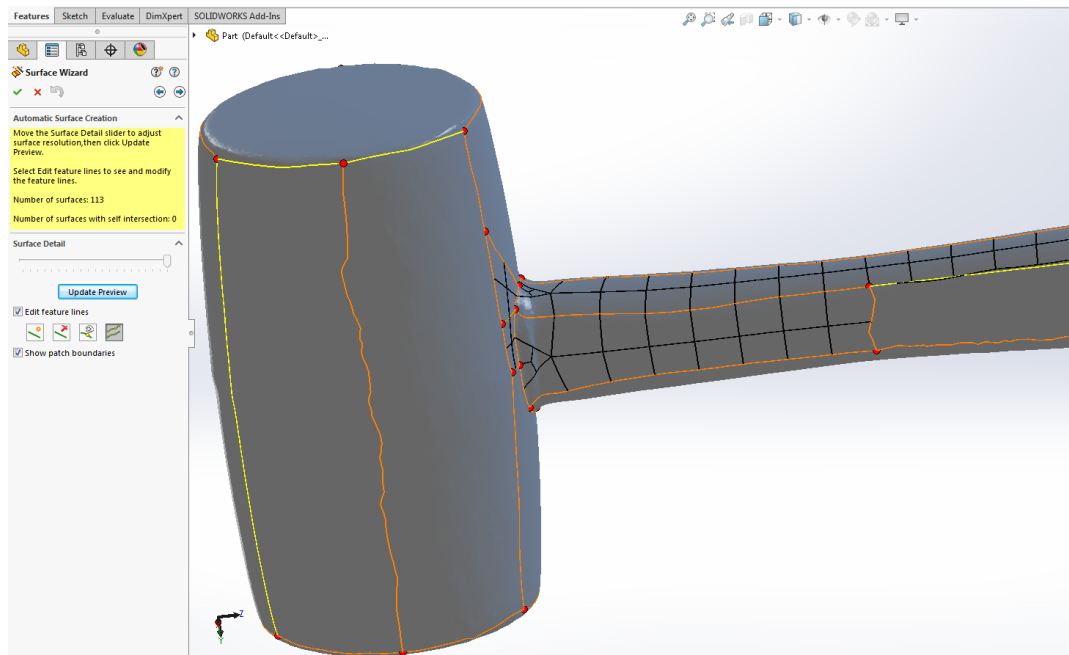
Tässä osiossa valitaan käytettäväksi joko **Automatic creation** -työkalu tai **Guided creation** -työkalu.

Automatic creation on automatisoidumpi ja sillä voidaan luoda lopuksi solid body, kun taas Guided creationissa on enemmän työkaluja käyttäjälle, mutta sillä voidaan luoda vain pinnat kappaleelle.



3.2 Automatic Surface Creation

Tällä työkalulla kappaleen pinta jaetaan osiin muuttamalla resoluutiota. Mitä enemmän pintoja kappaleessa on, sitä yksityiskohtaisempi se on. Työkalussa on myös mahdollisuus säätää kappaleen ominaisuusviivoja, jotka ovat eräänlaisia ääri viivoja kappaleelle.



Mustalla rajatut alueet ovat kappaleessa olevia pintoja. Oranssit viivat ovat alkuperäisiä ominaisuusviivoja ja keltaiset suoristettuja ominaisuusviivoja.

Surface detail: Säätää pinnan resoluutiota eli muodostuvien pintojen määrää.

Update preview: Päivittää kappaleen pinnat vastaamaan säädettyä resoluutiota.

Edit Feature lines: Avaa mahdollisuuden muokata kappaleen ominaisuusviivoja.

Add Feature Lines: Työkalu jolla kappaleeseen voidaan lisätä ominaisuusviivoja.

Delete Feature Lines: Työkalu jolla kappaleesta voidaan poistaa ominaisuusviivoja.

Move Feature Lines By Ends: Työkalu jolla kappaleessa olevia ominaisuusviivoja voidaan siirtää.

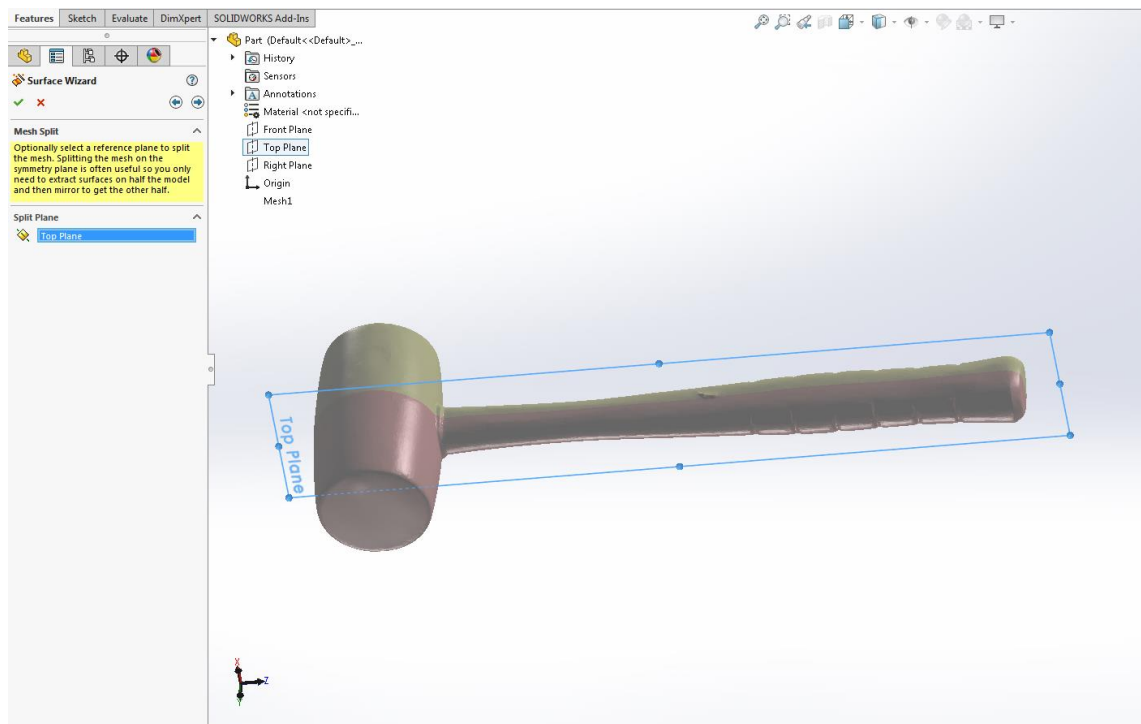
Relax Feature Lines: Työkalu jolla voidaan suoristaa ja tasoittaa ominaisuusviivoja.

Show patch boundaries: Näyttää/piilottaa pintojen väliset rajat.

3.3 Guided Creation

3.3.1 Mesh Split

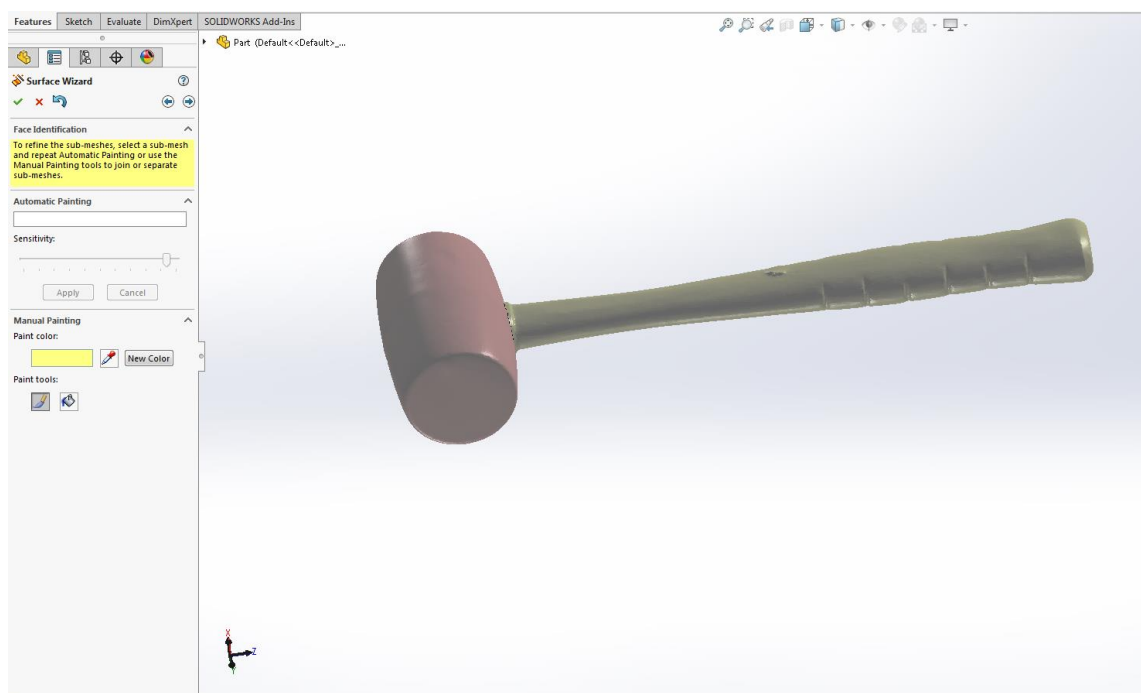
Tällä työkalulla voidaan kappaleeseen luoda referenssitasoja, joiden avulla voidaan kappaleen pinnanluontia helpottaa. Tällaisia tapauksia on esimerkiksi sellaiset kappaleet, joissa on symmetrisiä kohtia, joita voidaan peilata tai pyöräyttää.



Kappaleeseen valittu referenssitaso, jonka suhteen kappaleen puolikas voitaisiin peilata. Tason valitseminen tapahtuu työkalupuusta, joka on kuvassa kappaleen yläpuolella vasemmassa nurkassa.

3.3.2 Face identification

Tällä työkalulla kappale jaetaan pienempiin osiin (sub-mesh), joiden avulla seuraavassa vaiheessa luodaan pinnat. Käytössä on liukusäätimellä toimiva herkkyuden säätö **Sensitivity**. Tällä työkalulla säädetään kuinka herkästi erilliset sub-meshit liittyvät yhdeksi isommaksi sub-meshiksi. Mikäli kappale ei ole monimutkainen ja siinä on paljon suoraa pintaa, voidaan sub-meshien määrä säätää mahdollisimman pieneksi. Tavoitteena olisi kuitenkin saada selvästi eri pinnat erille toisistaan.



Kappale jaettu kahteen sub-meshiin säätämällä herkkyys todella suureksi. Nuijassa voidaan käyttää suurempia alueita, koska seuraavassa osiossa pystytään käyttämään pyöräytystä sekä varrelle, että lyömäosalle.

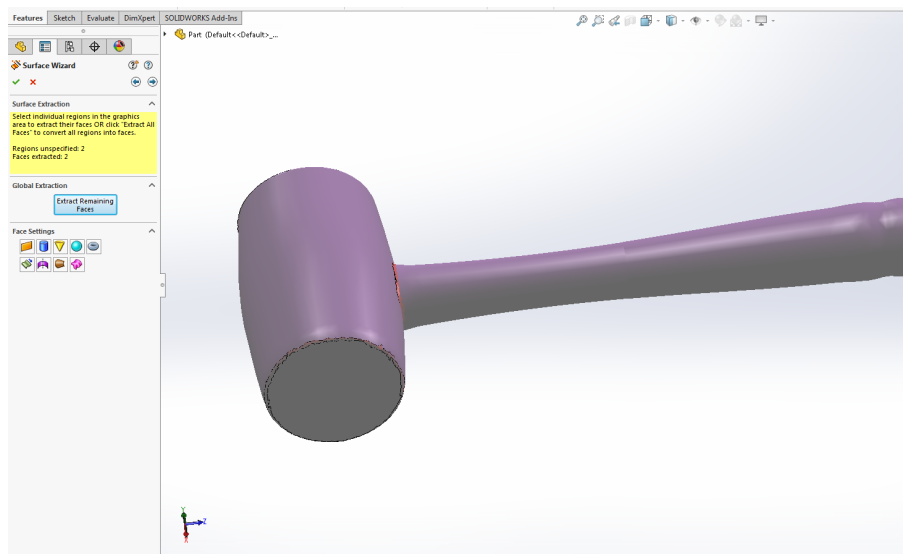
Käytössä on myös manuaalisia työkaluja sub-meshien määrittämiseen.

Paint brush: Maalaa valitun alueen.

Paint can: Maalaa koko sub-meshin kerralla.

3.3.3 Surface Extraction

Tällä työkalulla luodaan kappaleelle lopulliset pinnat. Työkalu luo automaattisesti pinnat **Extract All Faces** -painikkeella. Mikäli ollaan tyytyväisiä luotuihin pintoihin, voidaan jatkaa eteenpäin jolloin kappaleen pinnat ovat valmiit. Jos kuitenkin halutaan tehdä muutoksia, löytyy siihen myös työkaluja. Muokatut pinnat viimeistellään **Extract Remaining Faces** -painikkeella.



Käytettävissä on paljon muotoja, joilla voidaan luoda pintoja kappaleelle. Esimerkiksi nuijan kanssa sekä varrelle, että lyömäosalle on käytetty pyöräytystoimintoa. Jokaiselta muodolta löytyy sille ominaisia säätömahdollisuuksia, kuten esimerkiksi lieriöllä säde.

Plane: Luo tasaisen pinnan kappaleeseen.

Cylinder: Luo lieriön muotoisen pinnan kappaleeseen.

Cone: Luo kartion muotoisen pinnan kappaleeseen.

Sphere: Luo pallon muotoisen pinnan kappaleeseen.

Torus: Luo donitsin muotoisen pinnan kappaleeseen.

Extrude: Luo kappaleen pinnan pursottamalla.

Revolve: Luo kappaleen pinnan pyöräyttämällä.

Ruled: Luo kaarevan pinnan kappaleelle.

BSpline: Työkalu jolla voidaan luoda pintaa alueelle, jolle muilla työkaluilla ei pystytty.

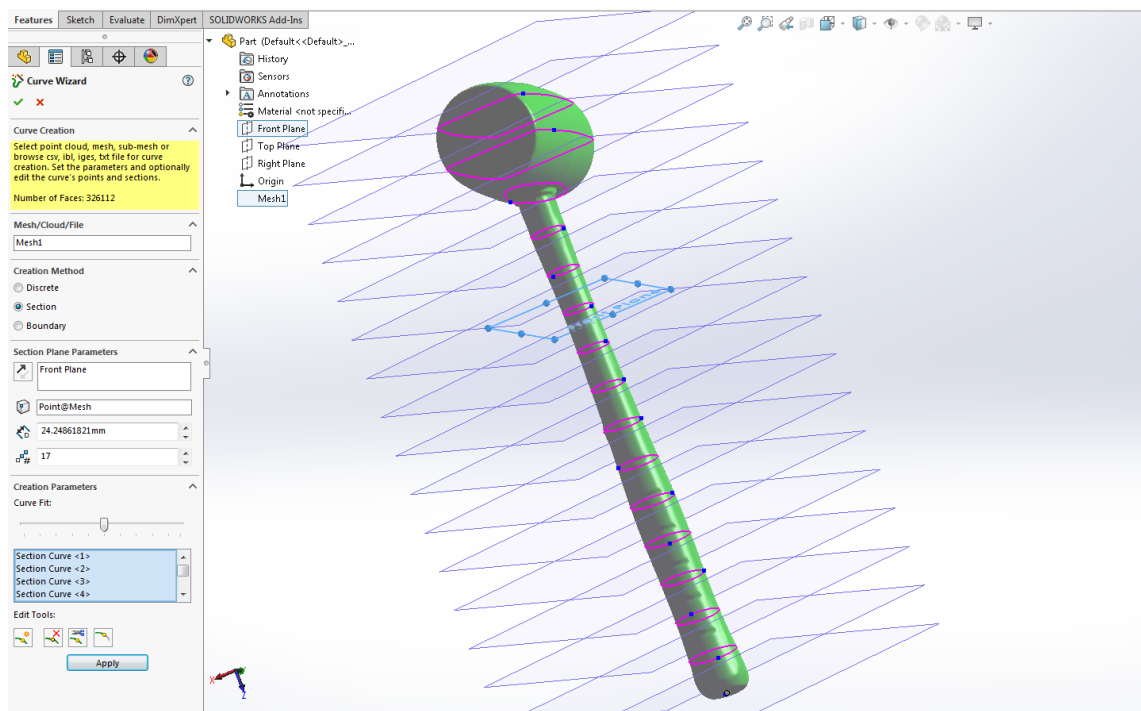
Delete Surface: Poistaa luodun pinnan.

4 Curve Wizard

Tällä työkalulla pistepilvestä tai meshistä saadaan luotua kappaleen muotoa seuraavia käyriä. Nämä käyrät muodostavat joko 2D- tai 3D -sketchejä, joiden avulla pystytään kappaleelle luomaan pintoja ja lopulta siitä voidaan tehdä solid body.

Työkalun avaaminen tapahtuu klikkaamalla työkalupuusta meshiä hiiren oikealla painikkeella ja valitsemalla Curve Wizard.

Työkaluja käyrien luomiseen on **Discrete**, **Section Curve** ja **Boundary Curve**. Discrete -työkalulla voidaan luoda käyrät .ibl, .igs, .txt, ja .csv tiedostomuodoista. Section Curve -työkalulla voidaan luoda käyrät halutulle alueelle. Boundary Curve luo käyrät kappaleessa olevia reunoja pitkin.



Tässä kappaleessa on käytetty Section Curve työkalua, ja käyrät on luotu valitsemalla Front Plane työkalupuusta.

Section Plane: Tässä kohdassa valitaan minkä suuntaisesti käyrät luodaan. Voidaan valita jo olemassa oleva käyrä, työkalupuusta taso tai kaksi pistettä joista muodostuu vektori. Tällä työkalulla voidaan myös kääntää käyrien luomissuunta päinvastaiseksi.

Point on Start Plane: Määrittelee pisteen josta käyriä aletaan muodostaa.

Plane Distance: Määrittelee etäisyyden käyrien välillä.

Intermediate Section Planes: Määrittelee käyrien lukumäärän.

Kun haluttu määrä käyriä on luotu, voidaan niitä vielä hienosäätää halutessa. Käytössä on **Curve Fit** -työkalu, jolla voidaan muuttaa kaikkien käyrien tai listasta valitun käyrän toleranssia pinnan muotoon. Mitä tiukempi toleranssi, sitä enemmän pisteitä käyrällä on ja sitä tarkemmin se pyrkii seuraamaan kappaleen pinnan muotoa.

Lisäksi käytössä on myös muita työkaluja, joilla voidaan tehdä manuaalisia säätöjä.

Add Point: Lisää pisteen käyrälle.

Delete Point: Poistaa pisteen käyrältä.

Break Curve: Muuttaa pisteessä kohtaavien käyrien kohtaamistyyliä. Esimerkiksi jyrkästä pehmeäksi.

Trim Curve: Voidaan poistaa osa käyrästä.