

Arkeologisten kokoelmien 3D-digitointihanke 2019-2020

Turun yliopiston arkeologian oppiaine

3D-digitointi on toteutettu osana Turun yliopiston arkeologian oppiaineen, Aboa Vetus & Ars Nova-museon sekä Turun museokeskuksen yhteistä, vuosina 2019-2020 toteutettua arkeologisten kokoelmien 3D-digitointihanketta. Hankkeen tavoitteena oli tutkia ja testata tieteelliseen käyttöön soveltuvien 3D-digitointien tuottamista arkeologisesta löytöaineistosta. Hanketta johti FT Visa Immonen ja projektitutkijana toimi FM Annukka Debenjak-Ijäs.

Digitoitavaksi valittiin Aboa Vetus & Ars Nova –museon kokoelmista historiallisen ajan löytöjä. Löydöt valittiin sillä perusteella, että ne ovat mahdollisimman edustavia esimerkkejä kaupunkiarkeologisista löydöistä, sopivat museon näyttely- ja yleisötyön tavoitteisiin ja esittelevät kokoelman ajallista kattavuutta aina keskiajan alusta nuorempiin vuosisatoihin.

3D-digitoinnit toteutettiin kevään 2020 aikana, poikkeuksellisesta COVID –viruksen aiheuttamasta tilanteesta johtuen väistötiloissa Sigillum Oy:n tiloissa Turussa. Menetelmänä käytettiin löydöstä riippuen digitaalista fotogrammetriaa tai rakennevaloon perustuvaa Artec space spider –rakennevaloskanneria.

Kuva: 3D-digitoinnissa käytetty fotogrammetrinen kuvauskalusto.



Tallennus ja julkaisu:

Valmiista 3D-digitoinneista talletettiin alkuperäinen versio .glTF ja .obj-muodossa, lisäksi talletettiin myöhempää Finna-yhteensopivuutta ajatellen yksinkertaistettu esikatseloversio .glTF-muodossa. 3D-digitointien lisäksi tallennettiin 3D-digitointiin käytetty aineisto ja 3D-digitointiohjelman tiedosto.

- Digitaalisen fotogrammetrian tapauksessa *RealityCapture* -fotogrammetriaohjelman tiedosto, käytetyt valokuvat .tif ja .dng -muodossa sekä .png -muotoiset valokuvat jos niitä oli käytetty digitoinnin värikyseen.
- Rakennevaloskannauksen tapauksessa Artec studio –skannausohjelman tiedosto sekä 3D-skannerin kalibroitiedosto.

Aboa Vetus & Ars Nova säilyttää löydöistä tehtyjä 3D-digitointeja ja niihin liittyviä aineistoja ulkoisella kovalevyllä sekä museon ulkopuolisessa palvelinsalissa. Lisäksi 3D-digitointien yksinkertaistetut versiot julkaistiin verkossa Turun museokeskuksen tilillä *Sketchfab* –palvelussa. Tiedostoista säilytetään kopiot myös Turun yliopiston arkeologian oppiaineessa ulkoisella kovalevyllä.

3D-digitoinnit ovat avoimessa käytössä CC BY-NC-SA 4.0 -lisenssillä.

Hakusanat: arkeologia, 3D, digitointi, keskiaika, historiallinen aika

Työkuvaus:

Ennen digitointiprosessia löydön perustiedot kirjattiin metatietolomakkeeseen ja aineiston hallinnoimiseksi luotiin löytökohtainen ID, joka rakentuu seuraavasti:

Projektitunnus_Kokoelmatunnus_Kokoelmanumero_Löytötyyppi_Digitointimenetelmä.
Esimerkiksi: Ark3D_AV_2017-287_noppa_R.

R viittaa fotogrammetriaohjelma RealityCaptureen ja S Artec space spider 3D-skanneriin. Kaikki löydön 3D-digitointiin liittyvät tiedostot lukuun ottamatta yksittäisiä valokuvatiedostoja nimettiin tällä löytökohtaisella ID:llä.

Fotogrammetrinen 3D-digitointiprosessi

Löydöt kuvattiin Foldio 360 –ministudiossa pyörivällä kuvaustasolla kahdesta neljään asennossa. Kustakin asennosta otettiin kolmesta neljään kuvakehää eri korkeuksilta. Geometrisesti monimutkaisista löydöistä otettiin lisäksi yksityiskohtakuvia. Kuvaamiseen käytettiin Nikon D750 –kameraa ja Nikkor 60 mm micro –objektiivia. Kiiltäväpintaisille löydöille käytettiin lisäksi pyöröpolarisaatiosuodinta. Yhdessä kuvauspositioista löydön viereen asetettiin paperinen mittakaava, jotta 3D-digitointi voitiin tuoda metriseen koordinaatistoon.

RAWtherapee –ohjelmassa .nef –tiedostomuodossa otetut kuvat muunnettiin .tif –muotoisiksi. Samalla pyöröpolarisaatiosuotimella otettujen kuvien kirkkautta nostettiin ja valkotasapainoa korjattiin. Pitkäaikaissäilytystä varten .nef -muotoiset kuvat muunnettiin *Adobe DNG converter* –ohjelmassa .dng -muotoon.

3D-digitointiin käytettiin *RealityCapture* –ohjelmaa. Kuvat tuotiin .tif -muodossa sisään ohjelmaan ja kuvissa näkyvään värilliseen mittakaavajanaan merkittiin *control points* ja *define distance*-työkaluilla mittakaavajana, jonka avulla 3D-digitointi sidottiin metriseen skaalaan. Kuvat

yhdistettiin *align* –toiminnolla ja pistepilvestä laskettiin polygoniverkko *Reconstruction* -> *high detail* –toiminnolla. Joissain tapauksissa polygoniverkkoon tehtiin muutoksia:

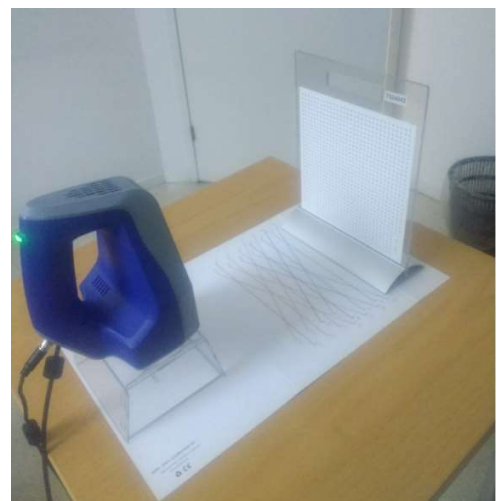
1. Jos digitoinnin pintaan yhdistyi myös osia kuvissa näkyvästä taustasta. Tällöin ylimääräiset osat siivottiin pois *lasso*- ja *filter selection* -työkaluilla. Syntyneet reiät paikattiin *close holes* -työkalulla ja reiän paikkauksesta syntynyt epätasainen pinta silotettiin *smoothing* -työkalulla.
2. Jos polygoniverkon koko oli reilusti yli 12 000 000 polygonia niin polygonien määrä laskettiin 12 000 000:een *simplify tool* -työkalulla (type = absolute, target triangle count = 12 000 000).

Pintaan tehdyt muutokset tallennettiin .tif-muotoiseen ”ennen ja jälkeen” -kuvasarjaan, joka arkistoitii 3D-digitoinnin mukana. 3D-digitointi väritettiin *colorize* -toiminnolla sekä *texture* –toiminnolla 8192x8192 resoluutiolla. Joissain tapauksissa digitoinnin väritys oli paikoin epätarkka tai sumea. Tällöin .tif -muotoisista valokuvista rajattiin pois epäterävät alueet *Metashape* –ohjelman *mask* -työkalulla. Maskatut kuvat vietiin Metashapesta .png -muodossa ja tuotiin sisälle RealityCaptureen muuttamalla RealityCapturen tiedostoon merkitty kuvaformaatti .tif -muodosta .png -muotoon *Notepad* –ohjelmassa (open with Notepad => find & replace). Tällöin 3D-digitointi väritettiin .png-muotoisten kuvien pohjalta.

Valmis, väritetty 3D-digitointi vietiin RealityCapturesta .obj -muodossa. Viedyssä digitoinnissa näkyi löydön lisäksi kuvausvaiheessa löydön viereen asetettu paperinen mittakaava. Digitoinnista riippuen mittakaavan laatu vaihteli, joissain tapauksissa siitä saatiin digitoitua vain osa tai ei mittakaavaa ollenkaan.

3D-digitointiprosessi Artec space spider – rakennevaloskannerilla

Ennen varsinaista skannausprosessia Artec space spider – skanneri kalibroitiin Artec studio 14.1.2.39 - skannausohjelman omalla *Diagnostic tool* - kalibroitityökalulla. Kalibrointi suoritettiin vähintään viikon välein tai jos skanneria oli kuljetettu rakennuksesta toiseen, jolloin se altistui tavallista enemmän liikkeelle. Kunkin 3D-digitoinnin ohjelmatiedoston yhteyteen talletettiin päivämäärätunnuksella merkittynä se kalibroititiedosto, joka oli käytössä kutakin digitointia tehdessä.



Kuva: Artec space spiderin kalibrointi Artecin kalibroitilevyllä.

Skannausta varten löytö asetettiin käsin pyöritettävälle kuvaustasolle. Tarvittaessa löydön tukemiseen käytettiin valkoisia vaahtomuovin paloja. Löydöt skannattiin 3-7 skannauksella eri asennoissa, jotta joka puoli saatiin kattavasti taltioitua. Skannaukset käsiteltiin ja yhdistettiin Artec studio –ohjelmassa seuraavasti:

1. Global registration yksitellen kullekin skannaukselle => yli 0.2 virhearvon saaneiden mittausten (frame) poisto
2. Skannausten siivoaminen *Editor* => *Eraser* –työkalulla
3. Skannausten yhdistäminen *Align* => *New pair* –toiminnolla
4. Global registration yhdistetyille skannauksille => yli 0.2 virhearvon saaneiden mittausten poisto
5. Outlier removal (std_dev_mul_threshold = 3, resolution 0.1)
6. Sharp fusion (resolution = 0.1, fill holes = manually)
7. Small objects filter (leave biggest object)

Valmiiseen polygoniverkkoon jääneet reiät paikattiin yksitellen *Fix holes* -työkalulla. Jos reiän paikkauksesta syntynyt pinta jäi epätasaiseksi, esimerkiksi hieman koholle, tasoitettiin se *Editor* => *Smoothing brush* -työkalulla. Pintaan tehdyt muutokset tallennettiin .tif-muotoiseen ”ennen ja jälkeen” -kuvasarjaan, joka arkistoitii 3D-digitoinnin mukana.

Artec space spiderillä tehdyistä 3D-digitoinneista yksinkertaistettiin pienikokoisempi malli jo Artec Studiossa mesh simplification -työkalulla. Yksinkertaistetun polygonimallin koko on 450 000 polyonia. Sekä alkuperäinen että yksinkertaistettu 3D-digitointi väritettiin *Texture* -työkalulla 4096x4096 resoluutiolla. Valmiit, väritetyt 3D-digitoinnit vietiin Artec Studiosta .obj -muodossa. Artec space spiderillä tuotetut 3D-digitoinnit ovat automaattisesti mittakaavassa, hankkeen tapauksessa metrisessä mittakaavassa.

Jälkikäsitely

Jälkikäsitelyvaiheessa .obj -muotoinen 3D-digitointi tuotiin sisään *Blender* –ohjelmaan.

1. 3D-digitointi asetettiin Blenderissä origoon ja käännettiin oikein päin, niin että sen visuaalinen tarkastelu on helpompaa. Samalla tarkistettiin *measure* -työkalulla että digitointi on oikeassa mittakaavassa.
2. Tarvittaessa 3D-digitoinnin väritystä korjattiin *Texture paint* -valikon *clone*-työkalulla. Tällaisia korjauksia tehtiin tilanteissa, joissa fotogrammetrialla digitoidun kapean löydön reunaan syntyi teksturointivaiheessa valkoisesta kuvaustaustasta kevyt, valkoinen viiva. Väritykseen tehdyt muutokset tallennettiin .tif -muotoiseen ennen ja jälkeen -kuvasarjaan, joka arkistoitii 3D-digitoinnin mukana.

3. 3D-digitointi vietiin alkuperäisessä koossaan Blenderistä .obj -muodossa. Tiedostot nimettiin 3D-digitoinnin ID:llä sekä _original -tekstillä.
4. Jos fotogrammetriseen digitointiin kuuluva mittakaava oli mallintunut huonosti tai ei ollenkaan, lisättiin digitointiin Blenderissä digitaalinen 5 cm pituinen mittakaavajana ennen 3D-digitoinnin viemistä Blenderistä .glTF -muodossa. Artec space spiderillä tehtyihin digitointeihin digitaalinen mittakaavajana lisättiin joka tapauksessa.
5. 3D-digitointi vietiin alkuperäisessä koossaan Blenderistä .glTF -muodossa. Tiedosto nimettiin 3D-digitoinnin ID:llä sekä _original -tekstillä.
6. 3D-digitoinnin polygonimäärä (ilman mittakaavajanaa) kirjattiin metatietoihin.
 - Fotogrammetrialla tehdystä 3D-digitoinnista tuotettiin yksinkertaistettu 3D-digitointi Blenderin mesh decimate -työkalulla. Jos yksinkertaistetun digitoinnin pinta jäi keinotekoisesti epätasaiseksi, se silotettiin smoothing -työkalulla. Yksinkertaistetun 3D-digitoinnin polygonimäärä kirjattiin metatietoihin.
 - Artec space spiderillä tehdyistä digitoinneista tuotiin tässä kohden sisään Artec studio –ohjelmassa yksinkertaistettu versio .obj -muodossa.
7. Jos 3D-digitoinnissa ei vielä ollut digitaalista 5 cm mittakaavajanaa mukana, lisättiin se viimeistään tässä vaiheessa digitoinnin yhteyteen.
8. Yksinkertaistettu 3D-digitointi vietiin Blenderistä .glTF -muodossa. Tiedosto nimettiin 3D-digitoinnin ID:llä sekä _simplified –tekstillä.