

## 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.

Turun museokeskuksen kokoelmista 3D-digitoitaviksi valittiin esihistoriallisia kiviesineitä eri puolilta Varsinais-Suomea ja erilaisia, mahdollisimman ehjiä löytöjä kattavasti eri puolilta keskiaikaisen ja uuden ajan alun Turkua.

3D-digitoinnit toteutettiin kevään ja kesän 2020 aikana Turun museokeskuksen tiloissa. Menetelmänä käytettiin löydöstä riippuen digitaalista fotogrammetriaa tai rakennevaloon perustuvia Artec space spider ja Artec Leo -rakennevaloskannereita.

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 esikatseluversio .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 värikykyyn.
- Rakennevaloskannauksen tapauksessa Artec studio –skannausohjelman tiedosto sekä Artec space spider 3D-skannerin kalibroitiedosto. Artec Leo –skanneria ei Artecin ohjeiden mukaisesti ole tarpeen erikseen kalibroida.

Turun museokeskus säilyttää löydöistä tehtyjä 3D-digitointeja ja niihin liittyviä aineistoja ulkoisella kovalevyllä kaupunkiarkeologiasta vastaavan tutkijan hallussa. 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, kivikausi; 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, S Artec space spider 3D-skanneriin ja L Artec Leo 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.

Suurikokoiset löydöt (Ark3D\_TMK\_542\_hopeakannu\_R, Ark3D\_TMK\_22518-ME079-075\_keihaankarki\_R, Ark3D\_TMM14893\_miekka\_R) eivät mahtuneet Foldio-kuvausteltaan. Hopeakannu kuvattiin kirkkaassa, epäsuorassa luonnonvalossa valkoista seinää vasten. Keihäänkärki ja miekka kuvattiin Turun museokeskuksen studiossa, valaistuksenaan lämpimän sävyiset studiolamput (värilämpötila ei tiedossa). Studiossa otettujen valokuvien valkotasapaino korjattiin harmaakortin avulla.

*RAWtherapee 5.7* –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* –ohjelman Steam-lisenssiä. 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:

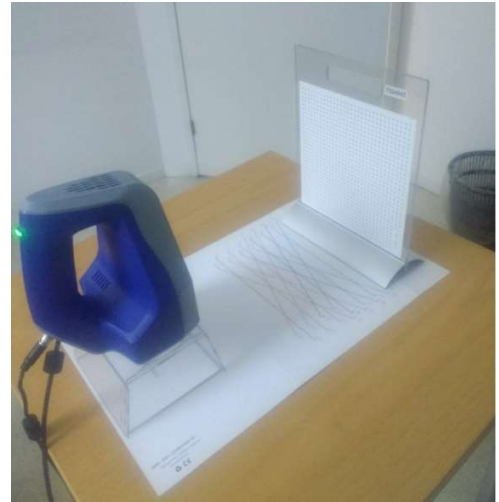
1. Jos digitoinnin pintaan yhdistyi myös osia kuvissa näkyvästä taustasta. Tällöin ylimääräiset osat siivottiin pois *lasso-* ja *filter selection* -työkaluilla. Syntyneet reiät paikattiin *close holes* -työkalulla ja reiän paikkauksesta syntynyt epätasainen pinta silotettiin *smoothing* -työkalulla.
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 arkistoitiin 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 ja Artec Leo –  
rakennevaloskannereilla

Ennen varsinaista skannausprosessia Artec space spider –  
skanneri kalibroitiin Artec studio 14.1.2.39 -  
skannausohjelman omalla *Diagnostic tool* -  
kalibroitustyökalulla. 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.

Pienikokoiset löydöt (yleisesti maksimissaan 20 cm halkaisijaltaan) skannattiin Artec Space Spider –skannerilla, ja suuret löydöt Artec Leo –skannerilla. 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.

Artecin skannereilla tehdyistä 3D-digitoinneista yksinkertaistettiin pienikokoisempi malli jo Artec Studiossa mesh simplification -työkalulla. Yksinkertaistetun polygonimallin koko on 450 000 polygonia. Sekä alkuperäinen että yksinkertaistettu 3D-digitointi väritettiin *Texture* -työkalulla 4096x4096 resoluutiolla. Valmiit, väritetyt 3D-digitoinnit vietiin Artec Studiosta .obj -muodossa.

3D-skannereilla tuotetut 3D-digitoinnit ovat automaattisesti mittakaavassa, hankkeen tapauksessa metrisessä mittakaavassa.

## Jälkikäsittely

Jälkikäsittelyvaiheessa .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 väriä korjattiin *Texture paint* -valikon *clone*-työkalulla. Tällaisia korjauksia tehtiin tilanteissa, joissa fotogrammetrialla digitoidun kapean löydön reunaan syntyi teksturointivaiheessa valkoisesta kuvaustaustasta kevyt, valkoinen viiva. Väriä tehty muutokset tallennettiin .tif -muotoiseen ennen ja jälkeen -kuvasarjaan, joka arkistoiitiin 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:n skannereilla 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:n skannereilla tehdystä 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.