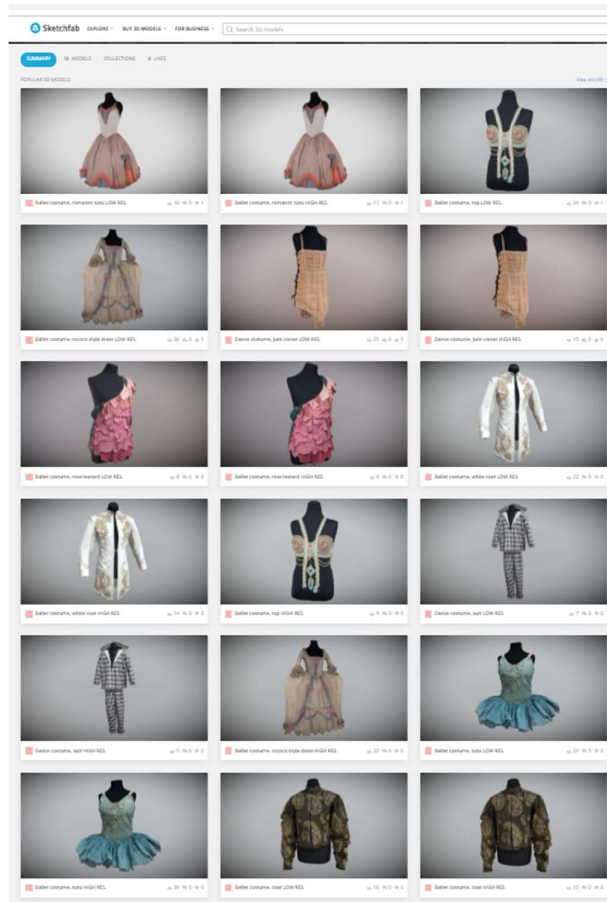


Tanssipukujen 3D-digitointihanke Teatterimuseossa



Sisällys

Johdanto	3
Kysely käyttäjille hankkeen alussa.....	4
Pukuvalinnat ja esivalmistelut	5
Tekniikoiden esiselvittely	5
Fotogrammetrian testaaminen	8
Tekniikoiden testaus Aalto-yliopiston MeMo:ssa	8
Kokemuksia pukujen fotogrammetriamalleista	11
3D-mallintamista täydentävät keinot ja palautekyselyn tulokset.....	17
Aineistojen oikeudet, julkaisu ja arkistointi	19
Lopuksi.....	20
Liite 1 Teatterimuseon hankkeessa 3D-mallinnetut puvut	22

Johdanto

Teatterimuseo oli yksi joulukuussa 2018 Opetus- ja kulttuuriministeriöltä 3D-digitointihankkeeseen erityisavustusta saaneista museoista. Hanke toteutettiin Teatterimuseossa pääosin vuoden 2020 aikana. Kohteeksi oli valittu otos kokoelmiin kuuluvia tanssipukuja. 3D-digitoinnin avulla haluttiin suojella pukuja liialta kulutukselta ja toisaalta nostaa niiden mallinnuksia esille ja monipuoliseen käyttöön. Samalla selvitettiin erityisesti näyttämöpukujen mallintamiseen sopivaa menetelmää.

Suomessa 3D-mallintamista on tehty kulttuuriperintöaineistolle jo vuosia, mutta esimerkkejä nimenomaisesti esiintymispuvuista ei löytynyt. Teatterimuseon 3D-hankkeessa lähtökohtana oli tuottaa Teatterimuseolle sekä laajemmin museokentälle tietoa sellaisesta pukuaineiston 3D-digitoinnista, joka mahdollistaisi riittävän laadukkaita mallinnuksia monipuoliseen opetus-, tutkimus- ja näyttelykäyttöön sekä erilaisiin sovelluksiin. Mukaan hankkeeseen valittiin 14 tanssipukua 1900-luvun alkupuolen balettiasuista aina 2000-luvun nykytanssin asuihin.

Jo hakemusvaiheessa oli päätetty, että digitoiminen teetetään ulkopuolisena työnä. Museolta hankkeessa työskentelivät osa-aikaisesti yksi määräaikainen kokoelma-assistentti sekä kolme museon kokoelmatiimin jäsentä. Kokoelmapukujen digitoiminen ja mallintaminen ostettiin Ninma Oy:ltä. Syventävää tietoa eri tekniikoiden mahdollisuuksista museo sai Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti MeMo:lla teetetystä yhden opetuskokoelmaan kuuluvan balettipuvun testimallintamisesta.

Näyttämöpukujen 3D-mallintaminen tiedettiin haasteelliseksi jo esiselvittelyiden tuloksena. Tällaisissa puvuissa voi olla paljon erilaisia mallintamistekniikoille ongelmallisia elementtejä, kuten kiiltoa ja läpinäkyviä materiaaleja. Tutkimuskäytön mahdollistava laadukas digitointi lähtökohtana toi hankkeeseen omia vaatimuksiaan esimerkiksi sopivan mallinnustekniikan ja tuotettavien 3D-mallien sopivan koon selvittämisessä sekä tehtäessä päätöstä säilytettävistä aineistoista. Näyttämöpukujen tekstuurien tarkka visuaalinen toistuminen kankaan rakenteen ja koristeiden yksityiskohtien tasolla koettiin tärkeäksi, samoin muodon tarkka toistuminen. Lisäksi toiveena oli, että mallinnoista saisi selvitettyä pukujen mittoja. Kokoelmapuvut haluttiin mallintaa nämä lähtökohdat parhaiten huomioivalla tekniikalla. Haasteiden vuoksi etsittiin myös keinoja täydentää tuotettuja mallinnoita.

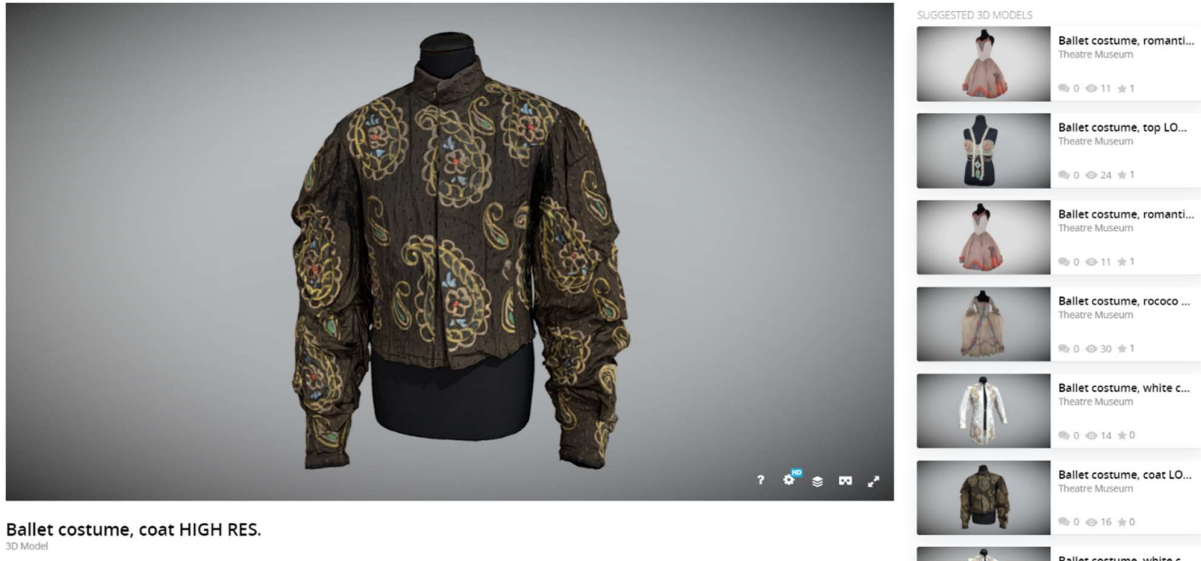
Kokeiluun haettiin näkökulmia erilaisille kohderyhmille suunnatuilla alku- ja loppuvaiheen kyselyillä. Oman tasonsa hankkeeseen toi myös tavoite julkaista tanssipukujen 3D-mallit Sketchfab-palvelussa annotoituina ja mahdollisuuksien mukaan myös avoimesti omaan käyttöön ladattavina.

Hankkeen alkuvaiheessa havaittiin, että 3D-rintamalla tapahtuu tällä hetkellä paljon eri tahoilla. Hankkeen aikana kysyttiin apua ja neuvoja eri tahoilta, muun muassa muilta OKM-avustuksen saajilta, ja auliisti tietoja ja kokemuksia jaettiin. Teatterimuseo osallistui myös tällä ryhmällä pidettyihin tapaamisiin, joista viimeisimmät toteutuivat koronapandemian vuoksi etäyhteyksillä.

Hankkeen aikana oltiin kuulolla EU-tasolla käynnissä olleesta työstä 3D-digitoinnin ohjeistuksiksi. Valmisteilla olleesta ohjeistuksesta saatiin nähtäväksi alustava versio kesällä 2020, ja syksyllä 2020 Euroopan komissio julkaisi raportin *Basic principles and tips for 3D digitisation of cultural heritage*¹.

¹ The Expert Group on Digital Cultural Heritage and Europeana 2020. *Basic principles and tips for 3D digitisation of cultural heritage*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/basic-principles-and-tips-3d-digitisation-cultural-heritage> [viitattu 23.4.2021]

Tässä hankeraportissa esitellään Teatterimuseon hankkeen kulku sekä saavutetut tulokset. Käytännön ohjeita tekniikoiden käyttämiseen tai 3D-mallintamisen prosessiin ei raportissa anneta. Hankittujen kokemusten toivotaan kuitenkin osoittautuvan hyödyllisiksi myös muille näyttämöpukuja tai yleisemmin tekstiileitä digitoiville.



Kuvakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tililtä. Suuressa kuvassa *Bahtsisarain suihkulähde* -tuotannossa (Suomen kansallisbaletti 1956) Girein roolissa käytetty takki.

Kysely käyttäjille hankkeen alussa

Teatterimuseon hankkeen alkuvaiheessa laadittiin kysely näyttämöpukujen 3D-digitoinnin tarpeesta ja digitointiin kohdistetuista toiveista sekä mallinnuksen laadun että käytön näkökulmista. Kysymme myös mahdollisesta aiemmasta kokemuksesta 3D-aineistojen käytöstä. Kysely lähetettiin sähköpostitse valituille seuraavien alojen asiantuntijoille: teatteritiede, historiantutkimus, käsityötiede, pukusuunnittelu, konservointi, historiallisten asujen harrastajat, 3D-mallintaminen. Kommentteja pyydettiin myös museon omalta henkilökunnalta. Kysely lähetettiin 42:lle henkilölle, ja vastauksia saatiin 11. Vastauksissa esitettyjä toiveita ja tarpeita otettiin mahdollisuuksien mukaan huomioon digitoinnissa sekä mallien julkaisussa.

Vastaajista valtaosalla ei ollut aikaisempaa kokemusta 3D-aineistojen tarkastelusta tai niiden hyödyntämisestä. Pukuaineistojen 3D-malleilta useimmat toivoivat tarkkaa materiaalien, valmistustekniikoiden ja yksityiskohtien näkymistä. Lisäksi toivottiin, että puvut näkyisivät joka puolelta, myös sisältä. Hankkeessa pukuja ei voitu mallintaa sisältä, mutta sisäpuolen esittämiseen etsittiin pieniä täydentäviä keinoja.

Mahdollisiksi näyttämöpukujen 3D-mallien käyttökohteiksi kyselyvastauksissa mainittiin näyttelykäyttö ja teatterikasvatus, tutkimus, tutustuminen aineistoon ennen museovierailua tai tutkimuskäyntiä, opetuskäyttö, pukujen kaavoitus ja mittasuhteiden tarkastelu, digitaaliset näyttelyt ja 3D-animaatiot tai -pelit.

Pukuvalinnat ja esivalmistelut

Teatterimuseon tallennusalueeseen kuuluvat teatteri, tanssi, ooppera, esitystaide ja sirkus. Museon kokoelmissa oli vuoden 2020 tilastojen mukaan 2062 pukukokonaisuutta tai puvun osaa. 3D-hankkeessa pukuaineisto rajattiin koskemaan tanssipukuja, sillä museo valmistelee tanssiaiheista näyttelyä sekä uutta pysyvää näyttelyä, johon laaditaan myös tanssiosuus.

Digitoinnin avulla museon kokoelmista pyrittiin nostamaan esiin sellaisia pukuja, joilla on keskenään erilaista tanssi- tai pukuhistoriallista arvoa. Mukaan valittiin myös pukuja, joita ei kuntonsa vuoksi voida asettaa näyttelyyn esille. Valitut puvut sijoittuvat ajallisesti 1920-luvulta 2000-luvulle. Puvut vaihtelevat suurien ulottuvuuksien balettipuvuista niukkalinjaisempiin nykytanssin pukuihin. Mukaan olisi haluttu myös 1960- ja 1970-luvun modernin tanssin ikonisia trikooasuja, mutta näitä ei kuntonsa vuoksi voinut pukea mallinukelle, eikä niiden 3D-mallintaminen tasossa olisi tuonut lisäarvoa.

Pukuvalinnoissa konsultoitiin FT, tutkija ja pukusuunnittelija Joanna Weckmania sekä FT, tanssin tutkija, toimittaja Aino Kukkosta, jotka ovat kirjoittajina FT, yliopistonlehtori Johanna Laakkosen johtamassa, Suomen kansallisbaletin historiaa käsittelevässä tietokirjahankkeessa.²

Joitakin mallinnettavaksi ehdolla olleita pukuja, esimerkiksi hyvin ohuista ja liehuvista materiaaleista muodostuvia asuja tai niiden osia, karsiutui Ninma Oy:n kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen. Päätökset valittavista puvuista tehtiin Teatterimuseon kokoelmatyöntekijöiden kesken, ja lopullisesti tanssipukuja valikoitui 3D-mallintamiseen 14.

Puvuista viisi konservoitiin digitointia varten Arvotekstiilipalvelu Tupulatäkissä. Digitointiprojektia varten hankittuja ja aiemmin näyttelykäytössä olleita mallinukkeja muokattiin sopiviksi, jotta puvut voitiin digitoida mallinukkien päälle puettuina.

Tekniikoiden esiselvittely

3D-mallintamisen tekniikoita oli museolla selvitelty jo ennen hankkeen varsinaista alkua. Museon esiselvityksissä tarkasteltiin aiemmin Suomessa eri projekteissa tehtyjä mallinnuksia³ ja hankereportteja.⁴ Koska erityisesti pukuaineistoa näissä on vähän, tutustuimme ulkomailla tehtyihin pukumallinnuksiin Sketchfab-alustan välityksellä⁵.

Valtaosa Suomessa 3D-mallintamista kokeilleista ja tuottaneista museoista tai tutkimuslaitoksista on lähtenyt tekemään mallintamista itse museon oman henkilökunnan työnä. Teatterimuseon hankkeessa mallintaminen tehtiin ostopalveluna. Teatterimuseon henkilökuntaan ei kuulu esimerkiksi valokuvaajaa tai media-assistenttia, joten pukujen kaltainen suhteellisen kookas ja monimuotoinen aineisto sekä hankkeen laatutavoitteet ohjasivat tarvittavan osaamisen hakemiseen museon

² Kirja julkaistaan syksyllä 2021. Kansallisbaletti 100 -tietokirjahankkeen verkkosivu. <http://kansallisbaletti100.fi/> [viitattu 23.4.2021].

³ Ks. esim. Museoviraston Sketchfab-tili <https://sketchfab.com/Museovirasto> [viitattu 23.4.2021]; Turun Museokeskuk- sen Sketchfab-tili <https://sketchfab.com/turunmuseokeskus> [viitattu 23.4.2021].

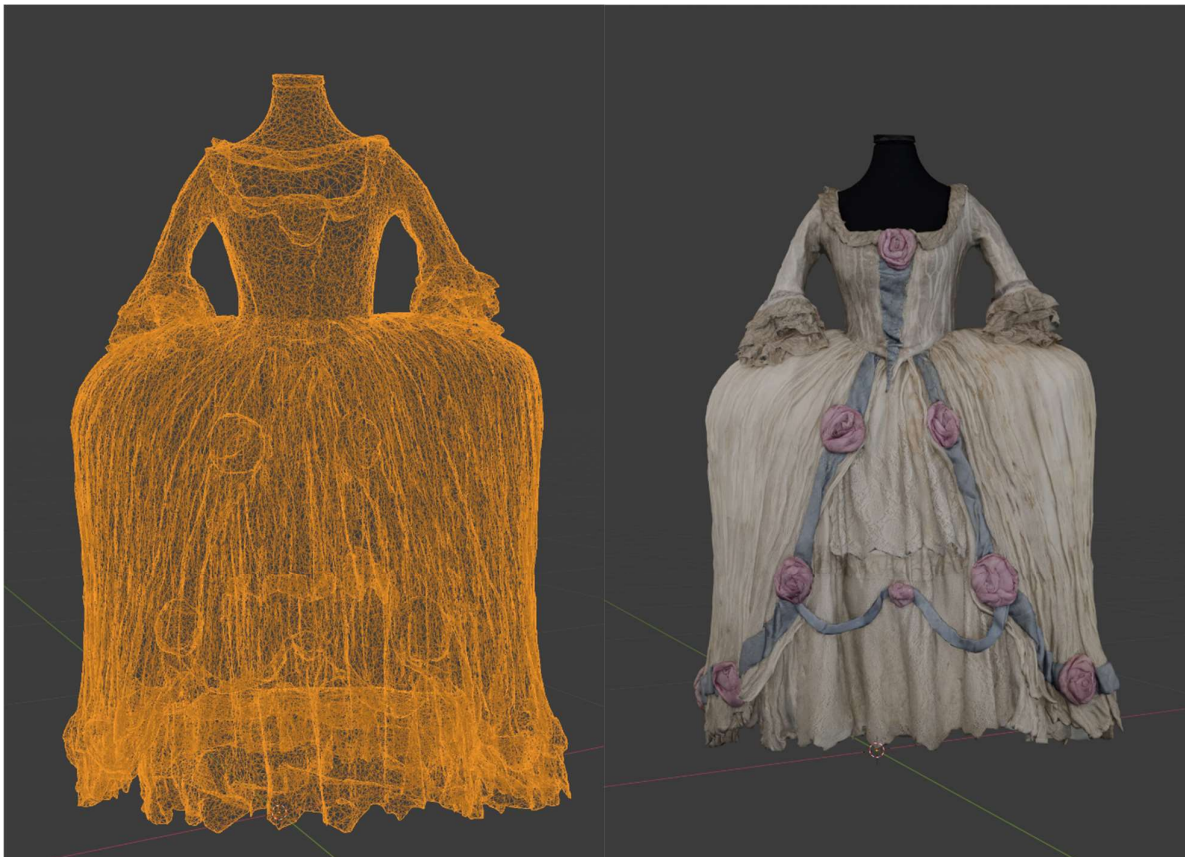
⁴ Pekkarinen, Heta 2019, "Museoesineestä virtuaaliseksi. 3D-digitoinnin kautta lisättyä todellisuutta hyödyntävään sovellukseen." Elävä ympäristö -hankkeen julkaisematon loppuraportti, Kuopion kulttuurihistoriallinen museo.

⁵ Ks. esim. Santa Cruz Museum of Art and History -museon Sketchfab-tili <https://sketchfab.com/santacruzmah> [viitattu 23.4.2021]; Victoria & Albert Museum -museon Sketchfab-tili <https://sketchfab.com/vamuseum> [viitattu 23.4.2021]

ulkupuolelta. Lisäksi hankerahoitusta oli alun perin tarkoitus kohdentaa eri menetelmien testaamiseen, mikä olisi vaatinut useammanlaista välineistöä ja osaamista.

Monissa museoiden hankkeissa tekniikaksi on valikoitunut fotogrammetria. Strukturoidun valon skannereita ja laserkeilaimia on käytetty esimerkiksi arkeologisten aineistojen ja kohteiden sekä rakennusten ja tilojen mallintamisessa.⁶

Fotogrammetriamallintamisen edut olivat Teatterimuseolle selvät jo useiden esimerkkien myötä. Fotogrammetriassa kohde valokuvataan eri puolilta niin, että lähekkäin otetuissa kuvissa on päällekkäisyyttä (vastinpisteitä). Esineen koosta riippuen kuvia tarvitaan suuri määrä. Kuvasarjoista fotogrammetriaohjelma laskee ja muodostaa kolmiulotteiseen koordinaatistoon kolmioverkon, ja tähän yhdistetään valokuvien tekstuuri. Mitä enemmän kuvia on, sitä tarkemman geometrian (muodon) ohjelma osaa laskea, ja mitä korkeampaa resoluutiota kuvat ovat, sitä tarkemmin tekstuuri toistuu.



Mary Paischeffin käyttämän tanssipuvun kolmioverkko ja teksturoitu malli. Kuvakaappaukset Blender-ohjelmasta.

⁶ Tietoa fotogrammetriatekniikasta saatiin hankkeen aikana Ninma Oy:ltä. 3D-digitoinnin tekniikoista tietoa esimerkiksi Debenjak-Ijäs, A. 2020. *Arkeologisten kokoelmien 3D-digitointi*. Karhunhammas 20. Turun yliopiston arkeologian oppiaine; Terttula, J. 2019. *3D-mallin tuottaminen fotogrammetriaa hyödyntäen*. Toteutettu Suomen Metsästysmuseolle. Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu.; Geffert, S., W. Santiago, J. Ng ja D. Paulus 2019. "3D Digitization Overview". The MET. 2and3D Photography – Practice and Prophecies -konferenssiesitys 10.5.2019. https://cdn.foleon.com/upload/109/w10_wilson_santiago_rijks_workshop_powerpoint_final.85bf93509acb.pdf [viitattu 28.5.2021]

Strukturoidun valon skanneri lähettää valosta muodostuvaa kuviota esineen pintaan ja laskee laitteen kameraan takaisin kimpoavan säteen etäisyydestä kolmiulotteisen mallin, pistepilven. Strukturoidun valon skannereissa voi olla mukana myös toinen kamera, joka ottaa kuvaa esineen pinnasta. Tällaisessa tapauksessa lopputuloksena on muotoa ja tekstuuria yhdistävä malli. Laserskanneri puolestaan lähettää kohteeseen laserpisteen ja laskee takaisin kimpoavasta säteestä kohteen etäisyyden muodostaen samalla pistepilveä. Laserskannerit ottavat valokuvat laitteeseen integroidulla kameralla tai erillisellä kameralla.

Teatterimuseolta oltiin yhteydessä näitä laitteita ja tekniikoita käyttäviin ja palvelua tarjoaviin yrityksiin, ja koronapandemian vuoksi ne esittelivät tekniikoita etäyhteydellä. Museolta oli lähetetty esittelytilaisuuksia varten kuvia hankkeeseen ehdolla olevista puvuista ja niiden yksityiskohdista sekä kerrottu tavoitteista ja laatuvaatimuksista.

Strukturoidun valon menetelmää tarjoavat yritykset toimivat pääasiallisesti teollisuuden alalla, joten kulttuurihistorialliset aineistot ovat niille usein uusi alue. Monet olivat toimittaneet laitteita jälleenmyyjinä myös museoille, mutta eivät olleet itse käyttäneet niitä tällaiseen aineistoon tai tuottaneet malleja sellaisilla kriteereillä kuin museolla oli toiveena. Esittelyiden kohteina oli joitakin esinuskannauksia ja jopa ihmisen skannaus. Vaikka nämä olivat sinänsä kiinnostavia ja laadukkaita, esittelyiden perusteella arvioimme, että laitteet eivät erityisesti tekstuurin osalta vastanneet hankkeen tavoitteisiin.

Laserskannauksella tehtyjen esinemallinnusten esimerkkejä ei esitelty. Laseria käytetään usein esimerkiksi laserkeilaimella suurempien kohteiden kuten rakennusten tai maastokohteiden mallintamiseen. Laserskannerilla pinnan muodot voivat toistua tarkasti. Laserskannerit voivat toistaa myös tekstuuria, mutta selvittelyissä esiin tulleissa laitteissa ei ollut tällaista ominaisuutta. Tietyn lupaa-valta vaikuttaneen käsilaserskannerin käyttämistä selvitetessä kävi ilmi, että kohteeseen olisi tullut kiinnittää tiheästi referenssimarkkereita. Kokoelmaesineiden osalta tällainen ei ollut varten-otettava vaihtoehto.

Laittevalmistajien ja skannauspalveluita tarjoavien yritysten mukaan esiselvityksen kohteena olleiden skannereiden mittatarkkuus on 0,1 mm:n luokkaa. Fotogrammetrialla pääsi yritysten mukaan noin 0,3 mm:n tarkkuuteen. On kuitenkin otettava huomioon, että kussakin tapauksessa esineen koko ja muoto, laitteen käyttäjä, otettujen kuvien laatu sekä käytetty mallinnusohjelmisto vaikuttavat lopputulokseen niin, ettei tehdasoletusten mittatarkkuuksiin välttämättä päästä tai etteivät tarkkuudet ole vertailukelpoisia.

Koska hankkeen puvuissa korostuu visuaalisuus ja monimateriaalisuus, tekstuurin toistamisessa vahva fotogrammetria vaikutti lähtökohtaisesti vartenotettavimmalta vaihtoehdolta. Pohdittavana oli myös, oliko fotogrammetrian ja skannauksen ero mittatarkkuudessa sen verran pieni, että sillä ei olisi varsinaista merkitystä pukujen kaltaisen aineiston mallinnuksessa. Hankkeen alkuvaiheessa pohdittiin myös, tuottaisiko fotogrammetrian ja jonkun muun menetelmän yhdistäminen pukujen mallinnuksessa tarkemman muodon. Menetelmien vertaamiseen palattiin myöhemmin Memo-instituutin suorittamissa testimallinnuksissa.

Fotogrammetrian testaaminen

Esiselvityksen jälkeen hankkeessa tultiin siihen tulokseen, että fotogrammetria olisi pukujen mallintamiseen lupaavin vaihtoehto. Jotta menetelmää saatiin testattua nimenomaan näyttämöpukuaineistolla, yhden Teatterimuseon kokoelmapuvun fotogrammetriamallinnus teetettiin Ninma Oy:llä. Tarkoitukseen valittiin tutumallinen balettipuku Suomen kansallisbaletin⁷ *Coppelia*-tuotannosta vuodelta 1956⁸. Tutu muodostuu useista kerroksista tylliä ja tarlatania, molemmat verkkomaista ohutta kangasta, ja yläosassa on satiinille maalattuja kukkia sekä koristeena paljetteja ja röhhelöä. Etukäteen tiedettiin läpinäkyvien, ohuiden, röhhelöisten ja kiiltävien materiaalien muodostavan haasteen kaikille 3D-mallintamistekniikoille, mutta koska balettipuvut usein muodostuvat nimenomaisesti tällaisista aineksista, oli tutun mallintaminen hyvä keino selvittää tekniikan mahdollisuuksia.



Svanhildan tutua vuoden 1956 *Coppelia*-tuotannosta digitoidaan.
Kuva: Ilona Kempainen / Teatterimuseo.

Valmiissa mallissa havaittiin odotusten mukaisesti, että fotogrammetria ei toistanut verkkomaisten kankaiden kerroksellisuutta. Helman poimut aiheuttivat mallinnuksessa katvealueita, mutta paikoittain tyllin ja tarlatanin erilaisia tekstuurireita kuitenkin näki hyvin. Yläosan maalauskoristelut, paljetit, kirjontakoristelut ja myös kankaan satiinisidos toistuivat hyvin, joskin näiden materiaalien kiilto jäi puuttumaan. Kiillon haasteellisuuteen palattiin hankkeessa useamman kerran.

Tekniikoiden testaus Aalto-yliopiston MeMo:ssa

Vertailua eri tekniikoiden eroista nimenomaisesti pukuaineistolla ei löytynyt aiemmin tehtynä. Hankkeessa haluttiin kokeilla tällaista vertailua ja päädyttiin siihen, että testausta varten yksi ja sama puku tulisi mallintaa eri tekniikoilla.

Lähestyimme Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti MeMo:a tällä tekniikoiden vertailun kysymyksellä. MeMo:n tutkijat olivat tehneet muun muassa Kansallismuseon rakennusten, sisätilojen ja kokoelmaesineiden mallintamista keväällä 2020. MeMo:ssa kiinnostuttiin, ja museossa valittiin testattavaksi opetuskokoelmaan kuuluva tutu

⁷ Organisaation virallinen nimi on Suomen kansallisooppera ja -baletti. Aiemmat nimimuodot ovat Kotimainen ooppera (1911–1914), Suomalainen Ooppera Oy (1914–1956) ja Suomen kansallisooppera (1956–2014).

⁸ *Coppelia*, Suomen kansallisooppera 1956 (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti). Pukusuunnittelu Janos Horváth.

Suomen kansallisbaletin *Prinsessa Ruusunen* -tuotannosta vuodelta 1999⁹. Museokokoelmiin kuuluvia pukuja ei haluttu altistaa moninkertaiselle käsittelylle ja valon altistukselle. Puvun yläosa muodostuu erilaisista tekstuureista ja materiaaleista, sen hihat ovat tylliä ja hameosa muodostuu useasta tyllikerroksesta.



Suomen kansallisbaletin *Prinsessa Ruusunen* -tuotannossa (1999) käytetty Erika Turusen suunnittelema tutu. Teatterimuseon opetuskoelma. Kuvat: Sanna Brander / Teatterimuseo.

MeMo:n tutkijat¹⁰ kokeilivat puvun mallintamista Otaniemessä kolmella eri tekniikalla: fotogrammetrialla, strukturoidun valon käsiskannerilla (Artec Leo) ja maalaserkeilaimella (Leica RTC360). Malleissa havaittiin, että maalaserkeilaimen kohteeseen lähettämä valo läpäisi puvun kankaan, eikä tuottanut selvää pintaa tai tekstuuria. Joissain keilaimissa voidaan säätää täyden aallonmuodon signaalia jälkiprosessoinnissa, jolloin laserpisteen tulkittu etäisyys ei uppoaisi niin syvälle kankaaseen, mutta datan käsittely olisi aikaa vievää ja täyden aallonmuodon keilaimet ovat kalliita.¹¹



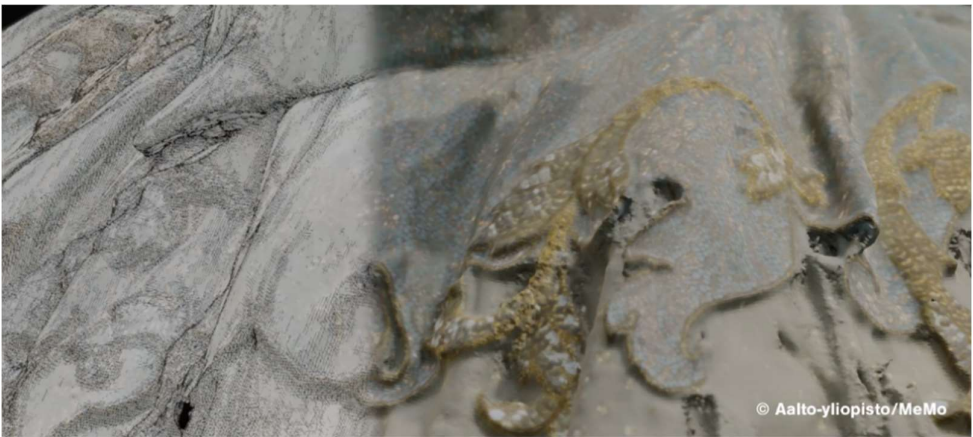
Leica RTC360 -maalaserkeilaimen kokeilu. Kuvassa on värillinen, yksittäinen pistepilvi keilaimen suunnasta ja sama pilvi edestä katsottuna. Pisteet "uppoutuvat" kankaan läpi. Kuvat: Aalto-yliopisto/MeMo.

⁹ *Prinsessa Ruusunen*, Suomen kansallisooppera 1999 (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti). Pukusuunnittelu Erika Turunen.

¹⁰ Marika Ahlavo, Sebastian Aho, Hannu Handolin, Hannu Hyyppä, Matti Kurkela, Toni Rantanen, Juho-Pekka Virtanen.

¹¹ Matti Kurkela, MeMo, sähköpostitiedonanto 27.4.2021.

Artec Leo -skanneri lähettää valoa kohteeseen, ja riippuen kangasmateriaalista valo läpäisee pukuja jonkin verran. Pukujen kaltaisessa monimuotoisessa ja -materiaalisessa esineessä tämä voi vaikuttaa muodon toistumiseen. Artec Leo ottaa myös valokuvia kohteesta, mutta testissä näiden kuvien tuottama tekstuuri ei ollut tarkkaa. Laite sopii pinnoiltaan selkeämpien kohteiden mallintamiseen.



Kuvat yllä ja alla:
Artec Leo -skannerin kokeilu. Yläkuvassa miehusta ja alakuvassa puvun hameosaa. Tekstuuri ei toistunut tarkasti. Kuvat: Aalto-yliopisto/MeMo.



Puvun miehusta fotogrammetriamallissa. Paljetit eivät kiillä, mutta muuten tekstuuri toistuu hyvin. Kuva: Aalto-yliopisto/MeMo.

Fotogrammetrialla toteutetussa mallissa tekstuuri toistui hyvin verrattuna yllä mainittuihin skanneihin. Tylliverkon läpinäkyvyys ja kiilto olivat kuitenkin haaste myös fotogrammetrialle.

Tässä kokeilussa laitteiden tuottamien mallien tekstuurin ja muodon toistumisen eroja tarkasteltiin silmämääräisesti. MeMo:n tutkijan Matti Kurkelan kanssa käytiin keskustelua myös siitä, olisiko pukuaineistosta tehdyistä mallinnuksista ylipäättään mahdollista tarkastella myös niiden mittatarkkuutta. Tällaiseen tarkasteluun tarvittaisiin referenssi, joka on stabiili ja muodoltaan tunnettu. Puvut eivät tällaisia, vaan niiden muoto on materiaalien vuoksi alati muuttuva. Referenssimalli olisi mahdollista tuottaa esimerkiksi fotogrammetrialla, mutta tällöin puvun materiaalit tulisi ennen digitointia käsitellä liikkumattomiksi ja kiiltävät kohteet mattapintaisiksi. Lopputulokseksi saatua mallia olisi mahdollista verrata muihin mallinnuksiin. Muistiorganisaatiolle puvun käsitteleminen esimerkiksi liikkumattomaksi ei kuitenkaan tule kyseeseen.

Puvuissa esiintyvien erilaisten materiaalien toistumista eri laitteilla voisi periaatteessa luotettavasti testata myös vaikkapa pingottamalla kappale materiaalia kehikkoon. Tällä tavoin materiaali ei pääsisi mittauskertojen välillä muuttumaan, ja laitteiden ominaisuuksiin liittyvät erot voitaisiin todentaa.¹² Tällaistaakaan ei hankkeessa lähdetty kokeilemaan.

Hankkeen aikana pohdittiin sitä, tuottaisiko fotogrammetrian ja jonkin tosien menetelmän yhdistäminen sekä tekstuurin että muodon puolesta parhaan mallin. Hankkeessa testatuilla välineillä saatujen mallintamiskokemusten perusteella menetelmien yhdistäminen ei pukujen digitoimisessa välttämättä toisi lisäarvoa verrattuna pelkkään fotogrammetriamallinnukseen. Menetelmien yhdistämistä ei hankkeessa kokeiltu, eikä markkinoilla olevien muiden kuin testattujen laitteiden mahdollisuuksia tällaiseen selvitetty.

Kokemuksia pukujen fotogrammetriamalleista

Syyskauden 2020 aikana Ninma Oy 3D-mallinsi fotogrammetrialla 12 pukua. 360-kuvausta kokeiltiin verrokkina ja täydennykseksi niissä tapauksissa, kun puku tai sen osa tiedettiin ennakkoon erityisen haasteelliseksi.

Pukujen kuvausta varten rakennettiin museon tiloihin studio, jossa puvut kuvattiin vaaleaa taustaa vasten ja LED-valopaneeleilla valaisten. Studiovalaistuksen puvuille aiheuttamaa kuormitusta vähennettiin himmentämällä valot aina, kun kameraa tai laitteita säädettiin. Puvut kuvattiin mallinukeille puettuina pyörivällä alustalla, ja näin pukuun kokonaisuudessaan ei kohdistunut jatkuvaa kohdevalaistusta vaan valot kohdentuivat vain kuvattavana olevaan puoleen pukua.

On tärkeää, että mallintamistilanteessa pyritään mahdollisimman neutraaliin valaistukseen ja välttämään varjoja. Tällaisessa tasaisessa valossa ja varjottomassa tilassa erityisesti esiintymispukuja ei tavallisesti niiden luonnollisessa ympäristössä nähdä. Näyttämöllä pukujen ulkonäköön vaikuttavat paitsi niiden kantajien asennot, myös ympäröivä lavastus ja näyttämölle luotu valomaailma, joka vaihtelee tunnelmien ja tilanteiden mukaan. Pukujen materiaalien valinnassa on otettu huomioon niiden luoma vaikutelma tällaisessa ympäristössä. Museonäyttelyssäkin pukua ei yleensä valais-
taisi tasaisin studiovaloin.

¹² Eri mallinnusmenetelmien tulosten vertailussa lähteenä ovat puhelin- ja sähköpostikeskustelut Matti Kurkelan kanssa syksyllä 2020 ja keväällä 2021.

Varjot ja korkeat kontrastit jättävät kuitenkin yksityiskohtia piiloon, ja se, mitä kamera ei pysty tallentamaan, ei myöskään tule esiin itse mallissa. Tasaisesta valaistuksesta huolimatta katvealueita voi syntyä. Mallinnuksen laatu riippuu otettujen valokuvien laadusta. Ninma Oy otti kustakin puvusta huomattavan suuren määrän valokuvia, mutta määrä vaihteli yksittäisen puvun koon ja luonteen mukaan.

Teatterimuseon tanssipuvuista tuotetuissa 3D-malleissa erilaisten kangaslaatuojen rakenteita, ompeluita ja esimerkiksi pukujen kiinnityksiä sekä tekstuurien väri vaihteluita pääsee tarkastelemaan hyvin. Julkaistussa korkearesoluutiomallissa yksityiskohdat erottuvat paremmin kuin matalaresoluutiomallissa. Esimerkiksi Kari Karnakosken *Ruusu-unelma*-baletissa¹³ käyttämän asun mallinnuksessa voi nähdä puvun muodostuvan lukuisista eri laatuista kangastilkuista ja ompelut erottuvat.



Kari Karnakosken suunnitteleman ja käyttämän *Ruusu-unelman* asun terälehtiä. Kuvakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tilin korkearesoluutiomallista.

Kansallisbaletin toteuttaman *Ronja Ryövärintytär*-baletin¹⁴ Kakkiaisen asussa on paljon yksityiskohtia ja erilaisia ulkonevia muotoja. Puvussa käytettyjen pussihousujen vyötäröllä on rengas, jonka myötä housujen ja vartalon väliin muodostuu paljon tyhjää tilaa. Housujen polvissa on repaleista kangasta, ja puvun päähine muodostuu paperinarusta tehdystä pehkosta. Pukua on myös patinoitu värittään hyvin vaihtelevaksi. Kaikki nämä haasteelliseksi ajatellut seikat onnistuivat mallissa kuitenkin hyvin. Päähine mallinnettiin erikseen ja liitettiin osaksi puvun kokonaisuutta jälkityöstönä.

¹³ Puku on mahdollisesti Kari Karnakosken ja Lucia Nifontovan yhteiseltä balettikiertueelta vuodelta 1947.

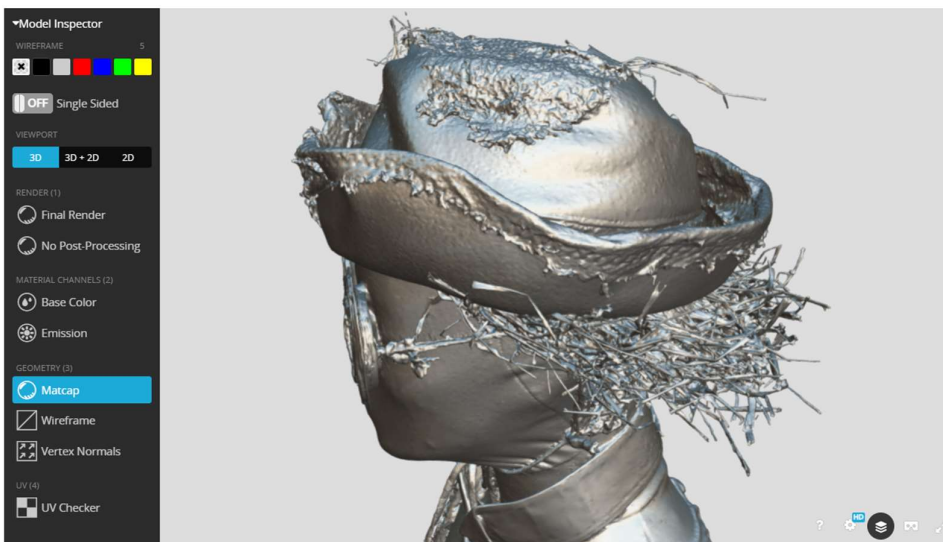
¹⁴ *Ronja Ryövärintytär*, Suomen kansallisooppera 1989 (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti). Pukusuunnittelija Seppo Nurmimaa.



Kakkiaisen hahmon päähineen yksityiskohtia 3D-mallissa. Kuvaakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tilin korkearesoluutiomallista.



Matalaresoluutiomallissa (kuvassa) voi tarkastella Kakkiaisen päähineen materiaaleja ja ompeleita, mutta ei yhtä yksityiskohtaisesti kuin korkearesoluutiomallissa. Kuvaakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tililtä.



Teksturoimattomassa korkearesoluutiomallissa voi nähdä mallin toistaman muodon. Kakkiaisen päähineessä voi havaita huopakankaan pinnan epätasaisuuden, ompeleiden jättämät painamat sekä yksittäiset paperinarusuikalet. Kuvaakaappaus Sketchfabista.

Dance costume, rump-gnome suit HIGH RES.
3D Model

Pukujen monista materiaaleista haasteellisiksi nousivat kiiltävät materiaalit (kuten silkki, helmet ja paljetit), läpinäkyvät materiaalit (kuten tylliharso) sekä ohuet ilmavirran mukana liikkuvat elementit (kuten höyhenet tai keveät kankaat).

Tanssija Mary Paicheffin 1920-luvulla käyttämä rokokoottylinen puku¹⁵ muodostuu metallilangalla



ja puuvillalla kudotusta harso-
maisesta kankaasta, ja sen ko-
risteena on metalli- ja silkkikan-
kaisia ruusukkeita. Puvun kan-
gas kimaltelee valon osuessa
siihen. 3D-ohjelmisto ei onnis-
tunut tuomaan puvun kiiltoa
mallinnukseen, eikä sitä läh-
detty lisäämään jälkityöstönä.
Tämä olisi ollut mahdollista
vain lisäämällä kiiltoa jokaiseen
yksittäiseen lankaan. Puvun
tekstuuria ja esimerkiksi pitsisiä
yksityiskohtia pääsee kuitenkin
katsomaan kiitettävästi.



Yläkuva: Valokuva Mary Paischeffin
tanssipuvun ruusukkeesta. Kuva:
Ninma Oy / Teatterimuseon arkisto.

Alakuva: Mary Paischeffin puvun
ruusuke 3D-mallinnuksessa. Kuva-
kaappaus Teatterimuseon Sketch-
fab-tilin korkearesoluutiomallista.

¹⁵ Pukua on käytetty ainakin *Le bon vieux temps* -esityksessä Suomen Punaisen Ristin hyväntekeväisyysnäytännössä Suomalaisessa Oopperassa 13.12.1926 (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti).



Kiiltonsa vuoksi haasteellisia olivat myös helmet. 3D-mallinnuksessa helmien kiilto voi johtaa epäselviin muotoihin ja itse kiilto himmenee. *Bahtshisarain suihkulähde* -baletin¹⁶ Zareman puvun yläosassa valkoiset helmet eivät tästä syystä toteutuneet aivan pyöreinä. Ennako-odotuksista huolimatta valkoisissa helmissä voi havaita kiiltoa, vaikka toisista helmistä kiilto onkin himmennyt. Pääosin helmikoristelu toistui hyvin, paremmin kuin aluksi osattiin odottaa.



Yläkuva: Valokuva Zareman puvun yläosan helmikoristelusta. Kuva: Ninma Oy / Teatterimuseon arkisto.

Alakuva: Zareman puvun yläosan helmikoristelua korkearesoluutioisessa 3D-mallinnuksessa. Kuvakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tililtä.

Pukuun kuuluvia housuja ei mallinnettu fotogrammetrialla. Housut ovat läpikuultavaa ohutta kangasta, ja niiden pukeminen mallinukelle ei ollut mahdollista asun kunnan vuoksi. Kankaan läpinäkyvyys olisi ollut merkittävä haaste mallintamiselle.

Anna Kontekin Suomen kansallisbaletille suunnittelema *Joutsenlammen*¹⁷ Odetten tutu muodostuu kokonaan valkoisesta yläosasta ja valkoisesta tyllistä valmistetusta hameosasta. Yläosan miehistassa on puvun myötäisesti somisteena pitkiä valkoisia sulkia ja koristekiviä. Pienempiä sulkia ja samoja koristekiviä on sijoitettu myös tutun hameosan päälle. Lisäksi pukuun kuuluu sulista muotoiltu päähine, jonka edessä keskellä on korkea höyhenkoriste. Valmiissa mallissa hameosan päällimmäisen kerroksen tylliverkon havaitsee hyvin, mutta hameen alaosassa tyllikerrokset ovat sulautuneet toisiinsa. Ennakkoon oli tiedossa, että sulat, höyhenet ja esimerkiksi turkis saattavat mallissa näyttää ”märältä”, sillä ohjelmisto liittää ohuita karvoja ja töyhtöjä toisiinsa saadakseen aikaan tarvittavan polygoniverkon. Valmiissa 3D-mallissa puvun myötäiset suuremmat sulat ovat toistuneet melko hyvin, mutta untuvaiset kohdat ovat sulautuneet toisiinsa. Päähineen untuvainen koriste ja korkea höyhen olivat mallinnusohjelmille ongelmallisia, eivätkä ne onnistuneet toivotulla tavalla. Untuvan

¹⁶ *Bahtshisarain suihkulähde*, Suomen kansallisooppera 1958-1961 (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti). Puvustuksen suunnittelivat Mimmi Grönroos ja Paul Suominen Bolshoi-teatterin tuotannon (1934) pukujen mukaan.

¹⁷ *Joutsenlampi*, Suomen kansallisooppera 1993 (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti).

keveys tekee siitä helposti pienessäkin ilmapirrassa liikahtelevan, ja kuvaustilanteessa tällaisen kohteen pysyminen paikallaan on käytännössä mahdotonta.



Tylliä ja höyhen Odetten tutussa. Kuvakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tilin korkearesoluutiomallista.

Museoesineistön digitoimisessa tavoitellaan tavallisesti alkuperäisen objektin kaltaisuutta, mutta 3D-mallintamisen haasteiden vuoksi ”alkuperäinen” mallinnus on voinut eri tavoin etäännyä itse objektin piirteistä. Harkitun jälkikäsitellyn avulla selkeitä virhevaikutelmia voidaan osin korjata. Teatterimuseon malleista on jälkityöstönä poistettu ohjelman tekemiä virhepolygoneja ja korjailtu katvealueisiin tulleita reikiä esimerkiksi hihojen kainaloiden kohdalla tai kankaan laskosten ja röyhelöiden kohdilla sekä korjailtu tekstuurivirheitä. Mallinukkien tanko ja jalusta on poistettu malleista. Puvuissa olevia tahroja, ryppyjä, repeämiä tai konservattorin työn jälkiä ei korjailtu.

3D-ohjelmistot ja julkaisualustat antavat mahdollisuuksia luoda malleille myös erilaisia valaistuksia tai esimerkiksi kiiltoja jälkikäteen. Teatterimuseon mallien julkaisun yhteydessä kunkin puvun kohdalla Sketchfab-julkaisualustan tarjoamia valaistusasetuksia kokeiltiin. Joidenkin pukujen kohdalla valaistus toi lähemmäksi alkuperäisen esineen tunnelmaa, joidenkin kohdalla se loi epäaidon tunnelman. Voimakkailta valaistuksilla olisi voitu tuoda malleja lähemmäs sitä mielikuvaa, miltä puvut olisivat voineet näyttää näyttämöllä, mutta tällöin mallin yksityiskohtien erottamisen tarkkuus olisi huomattavasti kärsinyt. Puvuista julkaistiin mallit, joissa valaistukset ovat hillittyjä tai niitä ei ole lainkaan.

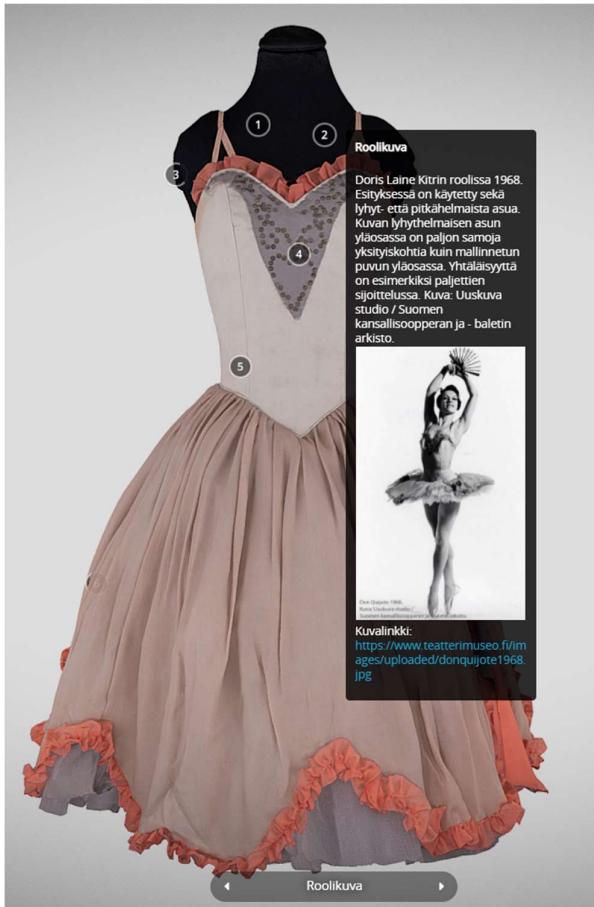
Sketchfab-alustalla tehdyt asetukset ilmenevät vain alustalla, eivätkä muuta mallia lopullisesti. Mallintamisen yhteydessä 3D-ohjelmistolla tehty jälkikäsitely on Teatterimuseossa kirjattu kunkin mallin metatietoihin.

Hankkeen aluksi tehdyssä kyselyssä nostettiin esille toive tarkastella pukumallinnuksista eri yksityiskohtien mittoja vapaamuotoisesti. Tämä ei osoittautunut mahdolliseksi tässä vaiheessa

Sketchfabissa eikä Blender-ohjelmassa, mutta ohjelmistojen mahdolliseen kehittymiseen yritettiin varautua ennalta. Tämän vuoksi mallit on skaalattu puvuista otettujen mittojen mukaan oikeaan kokoonsa.

3D-mallintamista täydentävät keinot ja palautekyselyn tulokset

Teatterimuseon hankkeessa tuotettuja pukumalleja on julkaistu museoiden yleisesti käyttämällä Sketchfab-alustalla.¹⁸ Kunkin mallin alle liitettiin puvun esitys- ja tekijätiedot sekä usein myös pukuun tai produktion liittyvää lisätietoa. Sketchfabin kuvailutietojen kenttä ei salli kovin pitkiä tekstejä, siksi tällä hetkellä vain esitys- ja tekijätiedot on voitu kääntää myös englanniksi.



Jo varhaisesta vaiheesta lähtien hankkeessa oli ajatus lisätä julkaistuihin malleihin annotaatioita eli lisätietoja, jotka Sketchfabissa näkyvät mallissa auki klikattavina linkkeinä. Annotaatioiden paikan voi itse valikoida, ja ne näyttävät mallin päällä olevina numeroituina ympyröinä. Annotaatioita lisättiin julkaistuihin matalaresoluutiomalleihin. Annotaatioissa on tietoa esimerkiksi puvun materiaaleista ja sen osista. Lähes kaikkiin pukuihin lisättiin esityskuva tai kuvan puvun käyttäjästä, osaan myös kuva pukuluonnoksesta. Hankkeessa pukuja ei voitu mallintaa sisältä, mutta puvun sisäpuolen näkyminen ratkaistiin lisäämällä annotaatioihin myös kuvia kiinnostavista sisäpuolen yksityiskohdista.

Suomen kansallisbaletin *Don Quijoten* (1958) Kitrin rooli-asun annotoitu matalaresoluutiomalli. Annotaatioihin lisätyt valokuvat näkyvät hyvin pienikokoisina, mutta valokuvat saa avattua katseltavaksi suurempana kuvan alle lisätyistä linkistä. Kuvakaappaus Teatterimuseon Sketchfab-tiiltä.

Annotaatioihin vietiin myös linkkejä toisaalla verkossa julkaistuun, pukuun liittyvään, aineistoon. Tällaisia olivat esimerkiksi linkki Suomen kansallisoopperan ja -baletin esitystietokanta Encoreen, linkki esiintyjän julkaisemaan esitystallenneklippiin ja linkki sanomalehtiartikkeliin Kansalliskirjaston historiallisessa sanomalehtikirjastossa. Annotaatioita on jatkossa mahdollista muokata tai lisätä.

Kolmesta haasteellisia elementtejä sisältävästä puvusta Ninma Oy teki vertailun vuoksi myös 360-kuvan. 360-kuva on nimensä mukaisesti valokuva, jossa kohdetta tai esimerkiksi ympäristöä on

¹⁸ Teatterimuseon Sketchfab-tili https://sketchfab.com/Theatre_Museum/models [viitattu 23.4.2021]

kuvattu 360 asteen näkökulmasta. Puvuista otettiin valokuvat 360-kuvia varten järjestelmäkameralla 3D-digitoimisen yhteydessä. 360-kuvassa puvun näkee kokonaisuudessaan, pukua voi pyörittellä ja myös lähentää hiukan, mutta se ei ole kolmiulotteinen malli.

Esimerkiksi Zareman rooliasun kokonaisuudesta, johon kuuluvat yläosa ja ohuesta kankaasta valmistetut housut, tehtiin 360-kuva. Tästä kokonaisuudesta 3D-mallinnettiin vain yläosa, sillä housujen ohut läpikuultava materiaali ei soveltunut mallintamiselle. Konservattori teki 360-kuvausta varten housuille nauhoista tuet, joilla housujen pussimaisuus saatiin esiin pukematta niitä jalalliselle mallinukelle. Linkki koko puvun 360-kuvaan on liitetty yläosan 3D-mallin yhteyteen Sketchfabissa.

Mary Paischeffin tanssipuvun sekä *Bahtsisarain suihkulähde* -tuotannon (1956) Girein rooliasun taikin pohjakankaassa on kiiltoa, joka ei ilmene 3D-malleissa. Mallinnusten Sketchfab-julkaisuissa kiilto ja sen puute tuotiin esiin selostuksen ja lisäaineistojen avulla. Näistä puvuista tehdyt 360-kuvat, tavanomaiset valokuvat ja esityskuvat toivat kiiltoa esiin hyvin. Annotaatioiden myötä syntyi siis mahdollisuus kommentoida mallinnuksen ja oikean esineen suhdetta.



Mary Paischeffin tanssipuvun 360-kuvassa havaitsee kankaan ja koristeiden kiillon. Kuvakaappaus puvun helmasta 360-kuvassa.

Hankkeen loppuvaiheessa lähetettiin palautekysely ensivaiheen kyselyyn vastanneille. Mallien saama palaute oli hyvin positiivista. Materiaalien toistumista ja yksityiskohtien erottumista arvostettiin. Pohdintaa herätti dokumentaarisen neutraali valaistus, joka poikkeaa näyttämövalaistuksen tunnelmasta. Esitys- ja tekijätietojen näkyminen koettiin tärkeäksi, mutta näihin liittyviä syventäviä tietoja arvostettaisiin. Valikoitujen oheisaineistojen (esimerkiksi esitysvalokuvien) liittämistä mallien yhteyteen pidettiin hyödyllisenä. Syventäviä kontekstityietoja lisätään jatkossa mahdollisuuksien mukaan.

Aineistojen oikeudet, julkaisu ja arkistointi

Näyttämöpuvut ovat tekijänoikeuden alaisia pukusuunnittelijan luovan työn tuloksia. Teatterimuseo kävi neuvotteluja pukujen digitoinnista ja julkaisemisesta tiedossa olevien oikeuksienhaltijoiden kanssa. Malleista kolme julkaistiin ladattavaksi Creative Commons Nimeä -lisenssillä¹⁹. CC-lisenssin malleja avataan lisää sen mukaan kuin oikeudenhaltijat antavat lupia.

Hankkeessa Ninma Oy:n tuottamat 3D-mallit julkaistiin Sketchfab-alustalla. Aalto-yliopiston testauksissa tuotetun aineiston julkaisemisen tapaa selvitetään. Sketchfabissa päätettiin julkaista kaikista puvuista matalaresoluutiomalli (noin 100 000 polygonia ja 2K tai 4 K tekstuurit) ja korkeamman resoluution malli (noin 3 miljoonaa polygonia ja 8 K tekstuurit). Matalaresoluutiomallissa yksityiskohdat eivät näy yhtä tarkasti kuin korkearesoluutioversiossa. Saadun palautteen mukaan korkearesoluutiomallin latautuminen oli hidasta ja osin mahdotonta käyttäjien verkkoyhteyksistä ja laitteista riippuen, ja tämän vuoksi koettiin tärkeäksi tarjota myös nopeammin latautuva matalaresoluutiomalli. Matalaresoluutiomallin yhteyteen liitettiin linkki tarkempaan korkearesoluutioversioon. Annotaatiot lisättiin matalaresoluutiomalliin. 360-kuvia julkaistiin 3D-mallien annotaatioiden kautta.

Hankkeessa 13:n puvun mallinnus toteutettiin ostopalveluna Ninma Oy:ltä ja yhden puvun testimallinnuksia tehtiin osana Aalto-yliopiston MeMo-instituutin tutkimushanketta. Kaupallisen toimijan Ninma Oy:n mallintamistyössä syntyneestä aineistosta laadittiin luovutussopimus, jossa Teatterimuseo sai aineiston oikeudet. Sopimukseen kirjattiin ehto, jonka mukaisesti museo ei luovuta Ninma Oy:n liikesalaisuudeksi luokittelemia yksityiskohtia ulkopuolisille toimijoille ennen kolmen vuoden määräajan umpeutumista.

Euroopan komission raporttien *Basic principles and tips for 3D digitisation of cultural heritage*²⁰ ja *3D content in Europeana task force*²¹ ohjeistusten mukaisesti Teatterimuseon 3D-fotogrammetriamallinnusten lisäksi myös niiden kokonaiset korkearesoluutiokuva-arkistot arkistoitettiin. Strukturoidun valon skannerilla ja laserkeilaimella tehtyjä testiskannauksia ei arkistoitu. Mallit ja erityisesti niiden raakamateriaalit vievät huomattavan paljon säilytystilaa. Teatterimuseossa hankkeen digitaaliset aineistot päätettiin toistaiseksi säilyttää varsinaisen palvelimen sijasta erikseen hankitulla varmentavalla ulkoisella levypalvelimellä. Myöhemmin arkistointi arvioidaan uudelleen.

Mallintamisohjelmistot kehittyvät jatkuvasti, ja hankkeessa otettuja korkearesoluutiokuvia on myöhemmin mahdollista hyödyntää uudelleen ja aikaansaada vielä parempia malleja. Pukujen 3D-kuvaaminen on pienempien esineiden digitoimista työläämpää. Digitointiprosessi myös altistaa aineistoja valolle ja käsittelylle, mikä on huomioitava erityisesti vanhimpien pukujen kohdalla, mutta myös tekstiilien kohdalla ylipäättäen. Kerran tehdyn laadukkaan digitoinnin myötä syntynyt raaka-aineisto on siis järkevää säästää.

¹⁹ Creative Commons Nimeä -lisenssillä (englanniksi CC BY tai CC Attribution) mallia saa muokata, jakaa ja käyttää myös kaupallisesti, kuitenkin aina lähteen mainiten. Ks. Creative Commons Suomi -verkkosivut. <https://creativecommons.fi/lisenssit/> [viitattu 24.4.2021]

²⁰ The Expert Group on Digital Cultural Heritage and Europeana 2020. *Basic principles and tips for 3D digitisation of cultural heritage*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/basic-principles-and-tips-3d-digitisation-cultural-heritage> [viitattu 23.4.2021]

²¹ Europeana Network Association, Members Council 2019. *3D content in Europeana task force*. https://pro.europeana.eu/files/Europeana_Professional/Europeana_Network/Europeana_Network_Task_Forces/Final_reports/3D-TF-final%20report.pdf [viitattu 23.4.2021]

Arkistoon tallennettiin kustakin mallista myös verkossa julkaistua korkearesoluutiomallia suurempi arkistomalli. 3D-tiedostojen arkistoinnille ei ole tällä hetkellä standardia. Teatterimuseossa mallit päätettiin arkistoida yleisesti käytetyissä obj- ja gltf-tiedostomuodoissa. Verkossa julkaistuja malleja voidaan jatkossa viedä Teatterimuseon uuteen kokoelmahallintajärjestelmään sekä Finnaan. Suuret arkistokappaleet ovat tarkasteltavissa vain museolla. Mallien katseluun museolla on käytössä Blender 2.0-ohjelma.

Malleista kerättiin metatietoa soveltuvien osien Smithsonian-instituutin metatietomallin²², Ruotsin Riksantikvarieämbetet-viraston ohjeiden²³ ja EU:n 3D-raporttien²⁴ mukaisesti. Tallennettuja metatietoja ovat esimerkiksi digitointi- ja mallinnusprosessiin liittyvät tiedot, esineen kontekstiedot, hankkeen toimijatiedot ja digitaalisen aineiston tekniset tiedot.

Lopuksi

Hankkeen lopputuloksena syntyneet mallinnukset ylittivät Teatterimuseolla odotukset. Etukäteen haasteelliseksi tiedetyt elementit toistuvat paremmin kuin oli ajateltu, ja pukujen kankaiden materiaaleja ja yksityiskohtia pääsee tarkastelemaan hyvin. Myös pukujen muotojen monet ulottuvuudet toistuvat malleissa hyvin. Menetelmien testaamisen yhteistyö Ninma Oy:n ja MeMo -instituutin kanssa oli hedelmällistä. Itse digitointiprojektissa kaupallisen toimijan tekninen asiantuntemus ja museon muistiorganisaationäkökulma täydensivät toisiaan, ja kokeileva ote yhdisti.

Testatuista menetelmistä fotogrammetriaa voi tietäen varauksin suositella näyttämöpukujen mallintamiseen. Kiillon puute sellaisten pukujen malleissa, joiden pohjakankaana on kiiltävä kangas tai joissa kiilto on oleellinen yksityiskohta, vaikuttaa kuitenkin paljon esineen luonteeseen. Kiillon tuominen myös kankaisiin olisi jälkityöstönä voinut olla mahdollista, mutta tämän kaltainen huomattavan yksityiskohtaista käsityötä vaativa työ ei hankkeen puitteissa ollut mahdollista. Mikäli tällaista haastavaa aineistoa halutaan jatkossa mallintaa ja tuoda esiin kankaiden kiiltoja, on otettava huomioon huomattava satsaus jälkityöstöön.

Testattuja strukturoidun valon skanneria (Artec Leo) tai laserkeilainta (Leica RTC360) ei voida tällä hetkellä suositella näyttämöpukujen mallintamiseen, sillä pukujen materiaalit tuottavat laitteille huomattavia haasteita sekä muodon että yksityiskohtaisen tekstuurin toistamisessa.

Jatkossa Teatterimuseon hankkeessa tehtyjä pukumallinnuksia on mahdollista käyttää esimerkiksi tutkimuksessa, opetuksessa, näyttelymediassa ja AR/VR-sovelluksissa²⁵. 3D-mallinnettuja pukuja voi tarkastella eri puolilta ja varsin läheltä, mikä harvoin toteutuu perinteisessä näyttelyssä. Verkossa Sketchfab-alustalla julkaistut mallit ja niitä täydentävät lisätiedot muodostavat myös ”virtuaalisen tanssinäyttelyn”, joka on avoin kaikille.

Tuotetut 3D-mallit eivät toistaiseksi korvaa aitoa esinettä sellaisessa tutkimuksessa, jossa hyvin tarkka yksityiskohtien tai esineen sisäpuolen tarkastelu on tarpeen. Verkossa julkaistut 3D-mallit ja

²² Smithsonian Digitization Program Office. Smithsonian 3D Metadata Model. Kirjoitus SI Digi Blog -blogissa 11/01/2018. <https://dpo.si.edu/blog/smithsonian-3d-metadata-model> [viitattu 24.4.2021]

²³ Riksantikvarieämbetet. Guide för publicering av 3D-modeller. Metadata – att ge 3D-modeller ett sammanhang, sökbarhet och användbarhet. <https://www.raa.se/museer/publikt-arbete/digital-formedling/publicering-av-3d-modeller/metadata-att-ge-3d-modeller-ett-sammanhang-sokbarhet-och-anvandbarhet/> [viitattu 24.4.2021]

²⁴ Ks. viitteet 20 ja 21.

²⁵ Lyhenne ”AR” tulee sanoista augmented reality (lisätty todellisuus) ja ”VR” sanoista virtual reality (virtuaalitodellisuus).

korkearesoluutioinen arkistomalli tarjoavat kuitenkin tutkimustarpeesta ja -lähtökohdista riippuen mahdollisuuden tarkastella haurasta tai vaikeasti käsiteltävää esinettä ilman, että itse pukua on välttämättä aina tarpeen ottaa esille.

3D-mallintamisen käytännön tekniikoita ei hankkeessa opeteltu museon omana työnä. Tekniikaksi valikoitunut ja hyväksi todettu fotogrammetria ei kuitenkaan vaatisi suuria satsauksia museolla ole-massa olevaan välineistöön ja menetelmää olisi siten mahdollista jatkossa kokeilla pienempimuotoisesti myös oman henkilökunnan voimin. 3D-menetelmän erityispiirteiden lisäksi kokeilussa olisi tarpeen painottaa valokuvaamiseen liittyvää osaamista laadukkaan raakamateriaalin takaamiseksi. Mahdollisissa uusissa hankkeissa huomioidaan tämän hankkeen kartoituskyselyssä sekä palautekyselyssä saadut kommentit.

3D-digitointi tuottaa hyvin suurikokoista aineistoa, joten digitoitavia objekteja valittaessa muistior-ganisaatioiden on tarpeen huomioida sekä säilyttämisen kustannukset että ekologinen näkökulma. EU-ohjeistuksen pohjalta tehtävä kansallinen ohjeistus tai suositus kerättävistä metatiedoista, säilytettävistä aineistoista sekä tiedostomuodoista tulisi eittämättä helpottamaan 3D-digitointia har-kitsevia museoita ja muita kulttuurialan toimijoita, jotka ovat monen uuden asian edessä.

Teatterimuseon pukumallinnukset toimivat muillekin museoille ja kulttuurilaitoksille rohkaisevana esimerkkinä siitä, että haasteellisista esineistä ja teksteilleistä voi saada laadukkaita malleja.

Liite 1 Teatterimuseon hankkeessa 3D-mallinnetut puvut

Kokoelmapuvut:

TeaME1027:3 Mary Paischeffin tanssipuku. Käytetty ainakin Le bon vieux temps -esityksessä Suomen Punaisen Ristin hyväntekeväisyysnäytännössä Suomalaisessa Oopperassa (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 13.12.1926.

TeaME1511:7 Lucia Nifontovan käyttämä puku. Puku on joko 1930-luvun alusta tai vanhempi.

TeaME1337:3 Kari Karnakosken käyttämä Ruusun rooliasu. *Le Spectre de la Rose* (Ruusu-unelma), käytetty mahdollisesti Kari Karnakosken ja Lucia Nifontovan kiertueella 1947. Pukusuunnittelu Kari Karnakoski.

TeaME1203:10 Kalevi Merikallion käyttämä markiisin roolin takki. *Prinsessa Ruusunen*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1955. Pukusuunnittelu Janos Horváth ja Mimmi Grönroos.

TeaMe1020:2 Doris Laineen ja/tai Liisa Taxellin käyttämä Svanhildan rooliasu. *Coppelia*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1956. Pukusuunnittelu Janos Horváth.

TeaME1081:157 Seija Silfverbergin käyttämä Zareman rooliasu. *Bahtshisarain suihkulähde*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1956-1961. Pukusuunnittelu Mimmi Grönroos ja Paul Suominen, Valentina Khodasevichin (Bolshoi-teatteri 1934) alkuperäissuunnittelun mukaan.

TeaME1081:113 Klaus Salinin käyttämä Girein rooliasu. *Bahtshisarain suihkulähde*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1956. Pukusuunnittelu Mimmi Grönroos ja Paul Suominen, Valentina Khodasevichin (Bolshoi-teatteri 1934) alkuperäissuunnittelun mukaan.

TeaME1203:4 Doris Laineen käyttämä Kitrin rooliasu. *Don Quijote*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1958. Pukusuunnittelu Martha Platonoff.

TeaME1146:1 Jorma Uotisen käyttämä Jojon rooliasu. *Jojo*, Théâtre des Bouffes du Nord, 1979. Pukusuunnittelu Jorma Uotinen.

TeaMe1240:57 Heikki Vienolan käyttämä Kakkiaisen rooliasu. *Ronja Ryövärintytär*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1989. Pukusuunnittelu Seppo Nurmimaa.

TeaMe1636 Sanna Kekäläisen käyttämä tanssipuku. *Miekassani on seitsemän terää ja kolme solmua*, Sanna Kekäläinen 1992. Pukusuunnittelu Taina Relander. Vuonna 1998 (Kiasma-teatteri) pukua käytti samassa teoksessa Mika Backlund.

TeaMe1153 Susanna Vironmäen käyttämä Odetten rooliasu. *Joutsenlampi*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1993. Pukusuunnittelu Anna Kontek.

TeaMe1256:1 Jyrki Karttusen käyttämä keijun rooliasu. *Keiju*, Nomadi-tuotanto 2002. Pukusuunnittelu Marja Uusitalo.

Opetuskokoelman puku:

Alexandra Campbellin ja Asta Lindholmin käyttämä tutu. *Prinsessa Ruusunen*, Suomen kansallisooppera (nyk. Suomen kansallisooppera ja -baletti) 1999. Pukusuunnittelu Erika Turunen.