

Liina Rajala

Ruoka-annosten 3D-mallintaminen valokuvamenetelmällä

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Ruoka

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Yleinen elintarviketeknologia

Tekijä: Liina Rajala

Työn nimi: Ruoka-annosten 3D-mallintaminen valokuvamenetelmällä

Ohjaaja: Jarmo Alarinta

Vuosi: 2018 Sivumäärä: 51 Liitteiden lukumäärä: 1

Opinnäytetyön tavoitteena oli ruoka-annosten 3D-mallintaminen valokuvamenetelmää käyttäen. Lisäksi tavoitteena oli dokumentoida menetelmä. Työ tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoululle ja työssä käytettiin SeAMK:n digikameraa valokuvaamiseen sekä Autodesk ReMake -ohjelmaa 3D-mallien luomiseen.

Työssä käytettiin kokeellista tutkimusmenetelmää. Työn toteutuksessa kahta erilaista ruoka-annosta sekä omenoita ja porkkanaa kuvattiin erilaisilla kuvausasetelmilla ja -asetuksilla. Valokuvasarjat ladattiin Autodesk ReMake -ohjelmaan, joka muodosti valokuvista 3D-mallit. Valokuvamenetelmään perustuvassa mallinnusprosessissa ohjelma vertaa ja sovittaa koko kuvan pikseleitä ja yhdistää visuaalisia ominaisuuksia. ReMake-ohjelmassa 3D-malleja voidaan tarkastella erilaisissa muodoissa, kuten textured tai polygon-muodossa. Menetelmän toteutuksessa käytetyt asetukset kirjattiin taulukkoon, jossa myös vertailtiin valokuvia ja saatuja 3D-malleja. Mallit on esitetty kuvina ja kuvakollaaseina tässä työssä. Yhteensä työssä tehtiin kymmenen 3D-mallia, joista kuusi oli ruoka-annosten malleja ja loput neljä yksittäisten elintarvikkeiden 3D-malleja.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua ruoka-annoksista 3D-malleja ja valmistettua dokumentti valokuvausmenetelmästä. Tavoite täyttyi ja 3D-mallintamisessa valokuvamenetelmällä onnistuttiin. Työssä käytetyillä menetelmillä saatiin ruoka-annoksesta hyvä kolmiulotteinen malli. Erinomaisen mallin saamiseksi tarvitaan lisää toistoa erityisesti valokuvaamisessa sekä lisää kokeiluja parhaan kuvausasetelman löytämiseksi.

Valokuvamenetelmällä tuotettujen 3D-mallien hyödyntämiskohteita voisivat olla esimerkiksi elintarvikkeiden internetmyynti, ravintoloiden ruokalistat ja ruokamäärien arviointi. Erilaisissa sovelluksissa, jotka tunnistavat eri komponentteja, määrittävät ruoan tilavuutta ja ravintoarvoja, voitaisiin myös hyödyntää 3D-malleja.

Avainsanat: ruoka, kolmiulotteisuus, 3D-mallinnus, valokuvaus, mallintaminen, tietokoneohjelmat

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Food and Agriculture

Degree programme: Bachelor of Engineering, Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food Technology

Author/s: Liina Rajala

Title of thesis: 3D Modeling of Food Portions from Photographs

Supervisor(s): Jarmo Alarinta

Year: 2018 Number of pages: 51 Number of appendices: 1

The aim of this thesis was to model food portions by using the photograph method and to document the process. The subject was studied because 3D modeling will be increasingly topical in food industry in the future.

The portions were photographed with different still lives and settings. The photographs were uploaded in the Autodesk ReMake software which created 3D models from the photos. In the software 3D models can be viewed in different modes. The modes are textured, solid with a wireframe, textured with a wireframe, solid and x-ray.

As the result of this thesis 3D models of the food portions and documentation of the photograph method were produced. In this thesis altogether ten 3D models were produced. The quality of the best 3D models of the portions was very good. To get excellent models, more practice in photographing and more tests to find the best sets are still needed. 3D models could be utilized for example in digital marketing of food stuff, on restaurant menus and for estimation of portion sizes.

Keywords: food, three-dimensional, 3D modeling, image based modeling, photogrammetry

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Työn lähtökohta.....	8
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rakenne.....	8
2 3D-TEKNOLOGIA.....	10
2.1 3D-mallintaminen.....	10
2.2 3D-skannaaminen.....	11
2.3 3D-tulostaminen.....	12
2.4 Ruoka-alan sovelluksia.....	14
2.5 Elintarvikkeiden 3D-mallintaminen Seinäjoen ammattikorkeakoulussa.....	16
3 MENETELMÄT JA TYÖN TOTEUTUS.....	18
3.1 Elintarvikkeiden 3D-mallintaminen.....	18
3.2 Ruoka-annosten 3D-mallintaminen.....	22
3.3 Autodesk ReMake -ohjelma.....	27
4 TULOKSET.....	28
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	43
6 POHDINTA.....	45
LÄHTEET.....	48
LIITTEET.....	51

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Kuvausasetelmat (a) Omena1, (b) Omena2, (c) Porkkana ja (d) Omena3.	19
Kuva 2. Esimerkkivalokuvat valokuvasarjoista (a) Omena1, (b) Omena2, (c) Porkkana ja (d) Omena3.	21
Kuva 3. Esimerkkivalokuvat ruoka-annosten (a) 1A (yläviisto kuvakulma), (b) 1B (vaakataso) ja (c) 1C (ylempi yläviisto) valokuvasarjoista.	23
Kuva 4. Esimerkkivalokuvat ruoka-annosten 2A (yläviisto) ja 2B (ylempi yläviisto) valokuvasarjoista.	24
Kuva 5. Esimerkkivalokuvasarja ruoka-annoksen 2C (alaviisto, vaakataso, yläviisto, ylempi yläviisto ja lähes ylhäältä päin) kuvasarjasta.	26
Kuva 6. Ruoka-annos 2C, textured.	31
Kuva 7. Ruoka-annos 2C, solid with a wireframe.	31
Kuva 8. Ruoka-annos 2C, textured with a wireframe.	32
Kuva 9. Ruoka-annos 2C, solid.	33
Kuva 10. Ruoka-annos 2C, x-ray.	34
Kuva 11. Ruoka-annos 1A.	35
Kuva 12. Ruoka-annos 1B.	36
Kuva 13. Ruoka-annos 1C.	36
Kuva 14. Ruoka-annos 2A.	37
Kuva 15. Ruoka-annos 2B.	38
Kuva 16. Omena 1.	40
Kuva 17. Omena 2.	41

Kuva 18. Omena 3.	41
Kuva 19. Porkkana.....	42
Taulukko 1. Kameran asetukset elintarvikkeiden valokuvasarjoissa.....	20
Taulukko 2. Kameran asetukset ruoka-annosten valokuvasarjoissa.....	22
Taulukko 3. Ruoka-annosten kuvausasetelmien vertailu.	29
Taulukko 4. Ruoka-annosten valokuvien ja 3D-mallien vertailu.....	30
Taulukko 5. Elintarvikkeiden kuvausasetelmien vertailu.	39
Taulukko 6. Elintarvikkeiden valokuvien ja 3D-mallien vertailu.	39

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D	three-dimensional, kolmiulotteinen kappale
F-arvo	kameran aukkoarvo
fotogrammetria	kuvapohjainen mallintaminen
pikseli	kuvan muodostava piste

1 JOHDANTO

1.1 Työn lähtökohta

3D-tekniikan hyödyntäminen elintarvikealalla on maailmanlaajuinen trendi. Tulevaisuudessa ilmiö voi kasvaa kaikkia kuluttajia koskevaksi, jolloin esimerkiksi ruokien 3D-tulostin tulee joka kotitalouteen, nykyisten mikroaaltouunien tai kahvinkeitimien tapaan. Vaihtoehtoisesti ruokien 3D-tulostaminen voi jäädä marginaaliryhmien toiminnaksi.

Tutkimukseen ryhdytään, koska 3D-mallintaminen on tullut ja tulee yhä enemmän elintarvikealalle. Tällä tutkimuksella halutaan lisätä ruoka-annosten 3D-mallintamismenetelmän toistettavuutta valokuvamenetelmällä.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli varmentaa ruoka-annosten 3D-mallintamismenetelmää valokuvamenetelmää käyttäen. Työn tutkimuskysymyksinä ovat: miten menetelmä tulisi dokumentoida luotettavan ja hyvän 3D-mallin aikaansaamiseksi sekä miten tuotettuja ruoka-annosten 3D-malleja voidaan hyödyntää? Työn tavoitteena oli testata valokuvamenetelmällä mallintamisen toimivuutta ja menetelmän luotettavaa toistettavuutta.

1.3 Työn rakenne

Työ koostuu kirjallisuusselvityksestä, kokeellisesta tutkimuksesta sekä tuloksista ja johtopäätöksistä. Kirjallisuusselvityksessä on perehdytty julkaisuihin 3D-tekniikasta ja ruoan 3D-mallintamisesta sekä markkinoilla oleviin laitteisiin ja menetelmiin. Kokeellisessa tutkimuksessa on suoritettu yksittäisten elintarvikkeiden ja ruoka-annosten 3D-mallintamista valokuvamenetelmällä. Tuloksissa esitellään valokuvame-

netelmällä tuotetut 3D-mallit kuvina ja kuvakollaaseina sekä malleista koottu taulukko. Johtopäätöksissä ja pohdinnassa pohditaan tutkimuksen tuloksia ja esitetään ruoan 3D-mallien hyödyntämiskohteita.

2 3D-TEKNOLOGIA

2.1 3D-mallintaminen

3D-mallintaminen on tapa luoda kolmiulotteisia kappaleita. Se on prosessi luoda kolmiulotteinen kappale käyttämällä 3D-mallintamisohjelmaa. (Sculpteo, [viitattu 13.3.2017].) Mallintamista kolmiulotteisesti voidaan toteuttaa eri tavoin. Mallintamismenetelmiä ovat muun muassa CAD-mallinnus, 3D-skannaus. CAD-mallinnuksessa 3D-mallit tehdään erilaisilla piirtotyökaluilla CAD-ohjelmassa. Tässä teoriaosuudessa keskitytään 3D-mallintamiseen valokuvausmenetelmällä.

Autodesk ReMake -ohjelmalla voidaan luoda kolmiulotteisia malleja valokuvista, tuoda mikä tahansa jo kehitetty polygon-verkko toisesta skannausohjelmistosta tai mallinnussovelluksesta, valmistella ja optimoida malleja tulevaa käyttöä varten sekä julkaista malleja ja siirtää erilaisia tiedostomuotoja jatkoa varten muihin ohjelmiin. Menetelmää kolmiulotteisten mallien luomiseksi valokuvista kutsutaan myös nimellä fotogrammetria tai kuvapohjainen mallintaminen. Valokuvamenetelmään perustuvassa mallinnusprosessissa valokuvista selvitetään laskemalla kameran paikka, orientaatio, linssityyppi ja linssivääristymä. Tämä tapahtuu vertaamalla ja sovittamalla koko kuvan pikseleitä ja yhdistämällä visuaaliset ominaisuudet. Tällöin korostuu ympäristöön, laitteistoon ja kuvaustekniikkaan liittyvät seikat. (Autodesk Inc., 2016.)

Kuvausympäristössä valon tulee olla tasaista eikä salamavaloa tule käyttää. Valo ei saa luoda kuvattavaan kohteeseen voimakkaita kontrasteja tai varjoja. Kohteen ollessa yksivärinen, tai jollei kohteessa ole paljon pinta- tai muoto-ominaisuuksia, yksityiskohtainen ympäristö on paras. Ympäröivät kappaleet eivät saa kuitenkaan liikua tai niitä ei saa liikuttaa kuvauksen aikana. Valokuvissa tapahtuvat liikkeet luovat epävarmuutta kuvan uudelleen muodostukseen. Kaikilla kameroilla pääsee hyvään tulokseen. Kuitenkin parempaan tulokseen päästään käyttämällä lasista linssiä muovisen linssin sijaan. Käyttämällä suurta aukkoarvoa, eli F-arvoa, kuvasta saadaan sekä etu- että taka-alalta terävä. Aukkoarvon ollessa suuri kameraan tulee vähän valoa, joten valotusajan tulee olla pitkä. Valotusajan ollessa pitkä kuvanlaatu

kärsii herkästi pienestäkin tärähdyksestä. Kameran kolmijalkainen jalusta ja automaattilaukaisin auttavat saamaan kuvista kauttaaltaan teräviä. Kuvaustekniikassa on kaksi tapaa asettaa kamera ja kohde paikoilleen. Joko kamera liikkuu kohteen ympäri tai kohdetta pyöritetään kameran pysyessä paikoillaan. Huolimatta valitusta kuvaustekniikasta kohteen tulee olla sijoitettuna valokuvan keskelle ja sen on täytettävä suurin osa kuvan pinta-alasta. Kohdetta tulee kuvata joka puolelta, niin että syntyy useita osittain päällekkäisiä kuvia. Onnistuneen 3D-mallin luominen konkreettisesta kohteesta vaatii suuren määrän kuvia. Valokuvien täytyy olla teräviä kauttaaltaan. Autodesk ReMake -käyttöohjeen mukaan yleisin syy epäonnistuneeseen 3D-malliin ovat huonolaatuiset valokuvat. Malli saattaa epäonnistua myös, jos kuvia ei ole tarpeeksi, jolloin kuvien päällekkäisyys on riittämätön, tai valaistus on riittämätön. Kuvien päällekkäisyys on tärkeää hyvän 3D-mallin kannalta. Vähäinen päällekkäisyys tai päällekkäisyyden puuttuminen voi johtaa osan kuvasarjan kuvien huomiotta jättämiseen ja näin olla haitaksi 3D-mallin muodostamiselle. Käyttöohjeen mukaan yksityiskohtaisen kohteen mallintamiseen olisi hyvä olla ainakin tuhat valokuvaa. Valokuvamenetelmään perustuvalla mallintamisella on myös joitain perusrajoituksia, joista huonot mallit saattavat johtua. Tekniikka ei toimi, jos kuvattava kohde on kiiltävä, läpinäkyvä tai liikkuva. (Autodesk Inc., 2016.)

2.2 3D-skannaaminen

3D-skannausteknologialla kappaleen pinnan geometria muutetaan digitaaliseen muotoon. Skannausmenetelmiä ovat muun muassa laserskannaus ja infrapunas-kannaus. Markkinoilla on saatavilla useita erilaisia ja eri kokoisia 3D-skannereita.

Markkinoilla olevia älypuhelimeen yhdistettäviä 3D-skannereita ovat Bevel, EORA 3D ja Pixelio (Matter and Form Inc., [viitattu 3.4.2017]; EORA 3D, [viitattu 3.4.2017]; Smart 3D Ltd, [viitattu 3.4.2017]). Bevel 3D -skanneri kytketään älypuhelimien tai tabletin kuulokeliitäntään. Bevel-skanneri on kooltaan todella pieni. Laitteen mitat ovat 74 mm x 25 mm x 17 mm. Bevel mahdollistaa 3D-mallien jakamisen samalla tavalla kuin valokuvien. Bevel-skanneri maksaa noin 83 euroa. (Matter and Form Inc., [viitattu 3.4.2017].) EORA 3D -skannerissa älypuhelin asetetaan säädettävään kiinnikkeeseen. Skannaukseen käytetään vihreää laservaloa. EORA 3D -skanneriin

voidaan Bluetooth-tekniikalla yhdistää pyörivä objektipöytä, jolle skannattava kappale asetetaan. Skanneri ja objektipöytä maksavat noin 299 euroa. (EORA 3D, [viitattu 3.4.2017].) Smart 3D -yrityksen kehittämässä Pixelio-skannerissa älypuhelin kiinnitetään pyörivään käsivarteeseen ja skannattava kappale asetetaan paikallaan pysyvälle alustalle. Käsivarsi pyörii koko alustan ympäri skannaten kappaleen. Pixelio-skanneri maksaa noin 187 euroa. (Smart 3D Ltd, [viitattu 4.3.2017].)

Riftek-yritys myy 3D-skanneria elintarvikkeiden tilavuusmittauksia varten. Laite on suunniteltu selvittämään kappaleen mitat ilman kosketusta. Skannauksen tuloksena saadaan jokaisen kappaleen, esimerkiksi auringonkukan siemenien, mitat ja niiden kokonaismäärä. (Riftek, [viitattu 5.4.2017].)

Suomalaisyritys Neofit Oy on kehittänyt ihmiskehon mallintavan 3D-skannerin. Neofit-skanneri skannaa 30 sekunnissa ihmisen koko kehon, jonka jälkeen se muodostaa skannauksesta 3D-kuvan ja analysoi ihmisen rakenteen. Kuvattava seisoo paikoillaan levyllä, joka pyörähtää hitaasti ympäri 360 astetta. Skannaukseen käytetään infrapunavaloa. Kehon analyysistä saadaan 27 kehon osan mittaustulosta. Mittaustulokset kertovat esimerkiksi reisilihaksen tai muiden kehon osien ympärysmitat sekä lihasmassan, rasvaprocentin, BMI-arvon ja perusaineenvaihdunnan energiantarpeen. Neofit-skannaus on suunnattu muutoksen tueksi ja tavoitteiden saavuttamiseksi. Neofit-yrityksen mukaan laitteen antamat analyysit tukevat kunnonkohotusta, treenausta, ryhdin korjausta, kuntoutusta ja painonhallintaa. Tulevaisuudessa kehon 3D-kuvaa voitaisiin hyödyntää muun muassa vaatteiden sovitukseen vaate-myynnissä kaupoissa sekä internetissä. (Neofit Oy, [viitattu 9.5.2017].)

2.3 3D-tulostaminen

Materiaalia lisäävä valmistus (Additive Manufacturing, AM) on yleisnimitys erilaisille valmistusmenetelmille, joissa 3D-mallin pohjalta valmistetaan fyysinen kappale liittämällä materiaalia yhteen kerros kerrokselta täysin automaattisesti (Stockmann-Juvala ym., 2016). Materiaalia lisäävästä valmistuksesta käytetään myös nimityksiä pikavalmistus ja 3D-tulostus. Tulostusmateriaaleina 3D-tulostimissa voidaan käyttää muun muassa muoveja, metalleja, kipsiä, hiekkaa ja keramiikkaa (Stockmann-

Juvala ym., 2016). Lisäksi voidaan tulostaa erilaisia elintarvikkeita (Routledge, 2016). Suomessa ja ulkomailla on lukuisia 3D-tulostimien valmistajia.

Yritys ByFlow myy 3D-tulostimia ja osallistuu projekteihin liittyen ruoan 3D-tulostamiseen. Alankomaalaiselta ByFlow-yritykseltä voi tilata kolmea erilaista 3D-tulostinta, jotka ovat Focus Paste, Focus Filament ja Focus Multimaterial. Tulostimien hinnat vaihtelevat 2 790–2 990 euroon mallista riippuen. Yrityksen mukaan Focus 3D -tulostimet soveltuvat monille materiaaleille, ne ovat helposti siirrettävissä koontaitettavuuden ansiosta ja helppokäyttöisiä sekä vastaavat tulevaisuuden vaatimuksiin. Kokoontaitettuina tulostimet näyttävät ulospäin salkuilta ja tulostin on suojassa salkun sisällä. (ByFlow, [viitattu 17.3.2017].) Yhteistyössä Food Ink ja 3D Samba -yritysten kanssa ByFlow on avannut ensimmäisen 3D-aterioita tulostavan pop-up-ravintolan. Yleisten tulostusmateriaalien lisäksi Focus-tulostimilla voidaan tulostaa syötäviä materiaaleja kuten suklaata, hummus-tahnaa, lihaa, vuohenjuustoa, pitsataikinaa ja muita ainesosia. (Routledge, 2016.)

Suomalaisia yrityksiä, jotka ovat keskittyneet 3D-tulostimiin sekä 3D-tulostus-, 3D-huolto- ja 3D-koulutuspalveluihin ovat esimerkiksi miniFactory Oy ja Prenta Oy. (miniFactory Oy, [viitattu 9.5.2017]; Prenta Oy, [viitattu 9.5.2017].) Yhdysvaltalainen 3D Printers Online Store myy 3D-tulostimia, tee se itse -tulostimia ja 3D-skannereita. Sivustolla on laaja valikoima eri valmistajien laitteita. 3D Printers Online Store myy 43 eri valmistajan 3D-tulostimia. Ruoan 3D-tulostimia on saatavilla viittä eri mallia. 3D Printers Online Store -nettikaupassa ruokien 3D-tulostimien hinnat vaihtelevat 828 eurosta 4 144 euroon. (3D Printers Online Store, [viitattu 21.3.2017].)

3D Printing.com sekä 3D Printing Industry -sivustoilla julkaistaan artikkeleita ja ajankohtaisia uutisia muun muassa 3D-tulostamisesta, -skannauksesta ja -sovelluksista (3D Printing.com, [viitattu 21.3.2017]; 3D Printing Industry, [viitattu 21.3.2017]).

Sun ym. (2015) tarkastelevat artikkelissaan 3D-tulostamista käyttäjän toiveiden mukaisesti muunnellun ruoan valmistuksessa. Artikkeliki käsittelee ruoantulostamiskäsitteitä, alustan muotoilua ja erilaisia tulostusmateriaaleja. Artikkelissa tutkitaan 3D-tulostusteknologioita ruoan tulostamisen näkökulmasta sekä ruoan 3D-tulostamisen

vaikutuksia. 3D-tulostamisella on vaikutusta toiveidenmukaiseen ruoan suunnitteluun, yksilölliseen ravitsemukseen, tilauskohtaiseen ruuan tulostamiseen sekä elintarvikkeiden käsittelyteknologiaan ja prosessinsuunnitteluun. (Sun ym. 2015.)

2.4 Ruoka-alan sovelluksia

Tässä alaluvussa esitellään 3D-teknologiaan perustuvia ruoka-alan sovelluksia. Tietokoneiden laskentatehot ovat kasvaneet, mikä tarjoaa uusia mahdollisuuksia kolmiulotteisten kuvien tarkasteluun. Uusien mahdollisuuksien myötä myös 3D-sovellukset lisääntyvät. Maailmalla on tehty tutkimuksia muun muassa ruoan tilavuuden määrittämisestä, ruoan tunnistamisesta ja analysoinnista. Saatujen tietojen kautta on pyritty määrittämään esimerkiksi ruoka-annosten ravintoarvoja ja kalorimääriä.

Washingtonin yliopistossa on kehitetty älypuhelinsovellus ruuan skannaamiseen ja kalorien laskemiseen. NutriRay3D yhdistää laserkuvausteknologian ja älypuhelinsovelluksen määrittämään ruoka-annoksen kalorimäärän ja ravintosisällön. (Langston 2016.)

Artikkelissaan Kelkar ym. (2011) kertovat uudentyyppisen 3D-mittaustekniikan ja ennustemetodin kehittamisestä ruoan tiheyden määrittämiseksi. Artikkelissa ruokien tiheyksiä on mitattu seuraavilla tekniikoilla: kaasupyknometri, kiinteän aineen syrjäytysmenetelmä, tietokonetomografia, magneettikuvaus, laserskannaus ja keinotekoinen neuroverkko. (Kelkar ym. 2011.)

SRI-tutkimuslaitos toimii Yhdysvalloissa ja se on kehittänyt ja patentoinut konenäköteknologian ruoan tunnistamiseen ja analysointiin. Teknologia käyttää kuvia ravitsemustietojen tarjoamiseen ja ruoka-annosten arvioimiseen. Tämä teknologia perustuu työhön, joka on tehty the National Institutes of Healthille (NIH). (SRI International, [viitattu 6.4.2017].)

SRI-tutkimuslaitoksen ruoan tunnistamisteknologia yhdistää ruoan tunnistamisen ja tilavuuden arvioinnin. Teknologioiden yhdistelmää käytetään tiedon tuottamiseen ruokakappaleesta, annoskoosta ja sen ravintoarvosta. Kuvanlajittelulaite on kehi-

tetty tunnistamaan ja luokittelemaan eri ruokakomponentit lautasella yhdestä valokuvasta. Teknologian sovelluksia ovat ruoka-aineiden tunnistaminen kuvasta, joka on otettu kuvaamisen mahdollistavalla laitteella sekä ruoka-annosten ja tilavuuden arviointi luomalla 3D-mallin lautasesta yhdistettynä ruuan tunnistetietoihin. Teknologia tarjoaa ravinnon määrään ravintoarvoja. Ravintoarvot perustuvat Yhdysvaltain elintarvike ja lääkeviraston (FDA) tietokantaan. Teknologia hyödyntää myös asiayhteydestä ilmeneviä vihjeitä, kuten ravintolan sijaintia ja ruokalistaa tai käyttäjäprofiilia, myöhempää tiedon kartuttamista ja kalorien arvioinnin parantamista varten. (SRI International, [viitattu 6.4.2017].)

Fangin ym. (2015) artikkelissa käsitellään ruoka-annosten arviointia yhdestä kuvasta perustuen geometrisiin malleihin. Menetelmää käytetään syötävän aterian energiamäärän arviointiin kilokaloreina. Tekniikka pystyy ruoka-annosten arviointiin ilman rajojen käsiviritystä. Fang ym. (2015) saavuttivat tutkimuksissa alle kuuden prosentin virhemarginaalin energian arvioinnissa ateriakuvasta olettaen tarkan jakautumisen ja ruuan luokittelun. (Fang ym. 2015.)

Jia ym. (2012) ovat kehittäneet uudenlaisen menetelmän arvioida kaksiulotteisesta kuvasta ympyränmuotoisen kohteen kolmiulotteinen sijainti. Menetelmää sovelletaan objektiiviseen ruokavalion arviointiin. Kuvat otetaan päälle puettavalla laitteella, joka on pinssin näköinen kamera. Yleisesti käytetyn vertailukohteen, esim. ruudukon, sijaan tutkimuksissa käytetään ympyränmuotoista lautasta tarvittavana vertailukohtana ennen tilavuusmittausta. Kokeet osoittivat, että 240 kuvalla erilaisista säännönmukaisista kappaleista ja ruokakopioista suhteellinen virhe kuvaan perustuvassa tilavuuden arvioinnissa oli alle 10 % 224 kuvalla. (Jia ym. 2012.)

Artikkeli käsittelee malliin perustuvaa ruoka-annoksen tilavuuden mittaamista kuvapohjaista ruokavalioarviointia varten käyttäen 3D ja 2D-rekisteröintiä. Ohjelma tunnistaa kaksiulotteisesta kuvasta kappaleen ja hakee sille kolmiulotteisen mallin kirjastosta. Chenin ym. (2013) mukaan sopivista menetelmistä ruuan tilavuuden mittaamiseen tosielämän ympäristöissä on puutetta. Artikkelissa esitetään laskennallinen menetelmä ruuan tilavuuden arviointiin yksittäisestä valokuvasta. Yksittäinen valokuva on otettu ruoka-annoksesta, joka on tyypillisellä ruokailulautasella. Ruuan sijainti lasketaan 3D-kameran koordinaattisysteemin suhteen käyttämällä lautasta

vertailumittakaavana. 3D-malli, joka esittää ruuan yleisiä muotoja, valitaan etukäteen suunnitelluista muodoista mallikirjastosta. Sijainti, orientaatio ja valitun muodon mittakaava määritetään rekisteröimällä suunniteltu 3D-malli ja ruuan ääriviivat kuvassa, jossa vertailukohdan ominaisuuksia käytetään rajoituksina. (Chen ym., 2013.)

Xu ym. (2013) ovat kirjoittaneet artikkelin aiheesta mallipohjainen ruuan tilavuuden arviointi 3D-mallia käyttäen. Artikkelissa esitellään uudenlainen ruoka-annoksen koon arviointimenetelmä kiinteille elintarvikkeille käyttäen yksittäistä kuvaa. He ovat kehittäneet ruokavalioarviointijärjestelmää, joka automaattisesti tunnistaa kulutettavat ruoat ja juomat sekä ilmaisee niiden määrän analysoimalla ateriakuvia, jotka on otettu mobiililaitteella. Sen jälkeen, kun ruokakomponentit on segmentoitu ja tunnistettu, tarkka ruoan määrän arvioiminen kuvasta on tärkeää ruoan ravinnepitoisuuden määrittämistä varten. Eri vaiheiden jälkeen on luotu graafiset parametrit, joita avuksi käyttäen heijastetaan takaisin valmiiksi rakennettu 3D-malli jokaisesta ruokakomponentista kuvatasolle. (Xu ym., 2013.)

Erilaisia 3D-sovelluksia varten myydään valmiita ja yksityiskohtaisia 3D-malleja, esimerkiksi leipomotuotteiden, pikaruokien, ruoka-annosten, hedelmien ja vihannesten 3D-malleja. DOSCH DESIGN- yrityksen 3D-mallit ovat saatavissa useissa tiedostomuodoissa ja ne toimitetaan asiakkaalle cd tai dvd -levyillä. (Dosch Design, [viitattu 3.4.2017].)

2.5 Elintarvikkeiden 3D-mallintaminen Seinäjoen ammattikorkeakoulussa

Gun (2016) on tutkinut ruoan 3D-mallintamista valokuvausmenetelmällä käyttäen Autodesk ReMake 2016 -ohjelmaa. Gun kuvasi digikameralla sieniä erilaisilla kapaleen asetteluilla ja taustoilla, etsien parasta tapaa muodostaa hyvä 3D-malli. Aluksi Gun kuvasi sientä pyörivällä pöydällä mustan muovisen alustan päällä. Toiseksi muovinen alusta vaihdettiin mustaan samettikankaaseen. Lisäksi selvityksessä kokeiltiin kuvaamista valkoisella alustalla sekä ripustamalla sieni ilmaan rautalangan avulla. Paras tulos tutkimuksessa saatiin laittamalla sieni tikkuun, jonka kärjessä oli metalli naula. Sienestä otettiin yhteensä 37 valokuvaa, joista muodos-

tettiin 3D-malli. Gun tutki myös ruoka-annosten 3D-mallintamista valokuvausmenetelmällä. Raportin mukaan annokset asetettiin pöydälle, jossa oli musta pöytäliina. Kattovalon lisäksi käytössä oli kohdevalo heijastusten ja varjojen välttämiseksi. Raportissa on neljä ruoka-annosta, joista on tehty myös pyörähdysvideot. (Gun, 2016.)

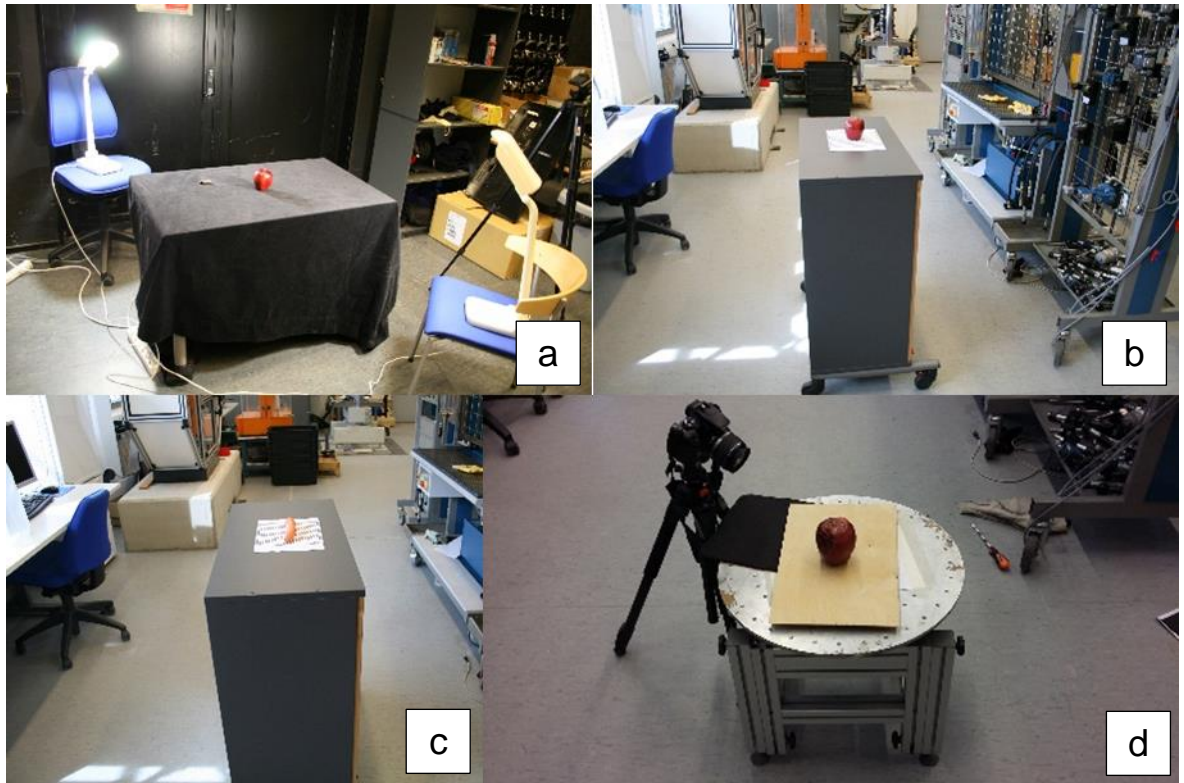
3 MENETELMÄT JA TYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valittiin kokeellinen menetelmä. Työssä haettiin vastausta prosessille, miten kaksiulotteisista valokuvista tuotetaan kolmiulotteinen malli mahdollisimman yksinkertaisella tavalla ja parhaalla mahdollisella tarkkuudella. Opinnäytetyössä otettiin valokuvia kahdesta itse valmistetusta ja kootusta ruoka-annoksesta sekä neljästä yksittäisestä elintarvikkeesta. Kaikista annoksista otettiin valokuvasarja. Yksi valokuvasarja koostui keskimäärin 45 valokuvasta. Työssä tuotettiin annoksista yhteensä kymmenen 3D-mallia. Malleista kuusi olivat ruoka-annoksia ja loput neljä olivat elintarvikkeita.

Valokuvaamiseen käytettiin SeAMK:n omistamaa Canon EOS 400D -digikameraa. Kamera on digitaalinen SLR (Single-Lens Reflex) -kamera, jossa on 10,10 megapikselin kuvakenno. Kuvatut valokuvasarjat ladattiin tietokoneelle ja siitä edelleen Autodesk ReMake -ohjelmaan. Ohjelma loi valokuvista kolmiulotteiset mallit. Tässä työssä käytettiin Autodesk ReMake -ohjelman ilmaista opiskelijaversiota. Tällä ohjelmaversiolla kuvia pystyttiin lataamaan yhtä mallia kohden maksimissaan 50 valokuvaa.

3.1 Elintarvikkeiden 3D-mallintaminen

Harjoituksen vuoksi ja käsityksen saamiseksi kameran käytöstä, mallintamisesta valokuvamenetelmällä ja mallin luomisesta valokuvattiin aluksi yksittäisiä elintarvikkeita. Elintarvikkeista luotiin yhteensä neljä 3D-mallia. Valokuvasarjoista ja myöhemmin 3D-malleista käytettiin nimiä: Omena1, Omena2, Omena3 ja Porkkana. Kuvassa 1 on esitettyinä kuvausasetelmat ja -ympäristöt virtuaalitekniikan laboratoriossa, jossa kuvauskohteena oli Omena1 (a), sekä materiaalitekniikan laboratoriossa, jossa kuvauskohteena olivat Omena2 (b), Porkkana (c) ja Omena3 (d).



Kuva 1. Kuvausasetelmat (a) Omena1, (b) Omena2, (c) Porkkana ja (d) Omena3.

Virtuaalitekniikan laboratoriossa on mustat seinät ja katto heijastusten minimoimiseksi. Valaistuksena käytettiin laboratorion kattovaloja sekä kahta lisävaloa, jotka näkyvät kuvassa 1 (a). Kuvausalustana käytettiin mustaa samettikangasta. Valokuvasarja otettiin kamerajalustaa apuna käyttäen. Kamerajalustaa käytettiin kuitenkin vain tukena, eivätkä kamera sekä jalusta olleet samassa asennossa kaiken aikaa. Esimerkiksi jalustan kaikki jalat eivät olleet kuvatessa aina maassa kuvausympäristön ahtauden takia. Kohde kuvattiin kauttaaltaan kiertämällä pöydän ympäri, ottamalla kuvat silmämääräisesti arvioiden samalta etäisyydeltä ja samasta yläviistosta kuvakulmasta.

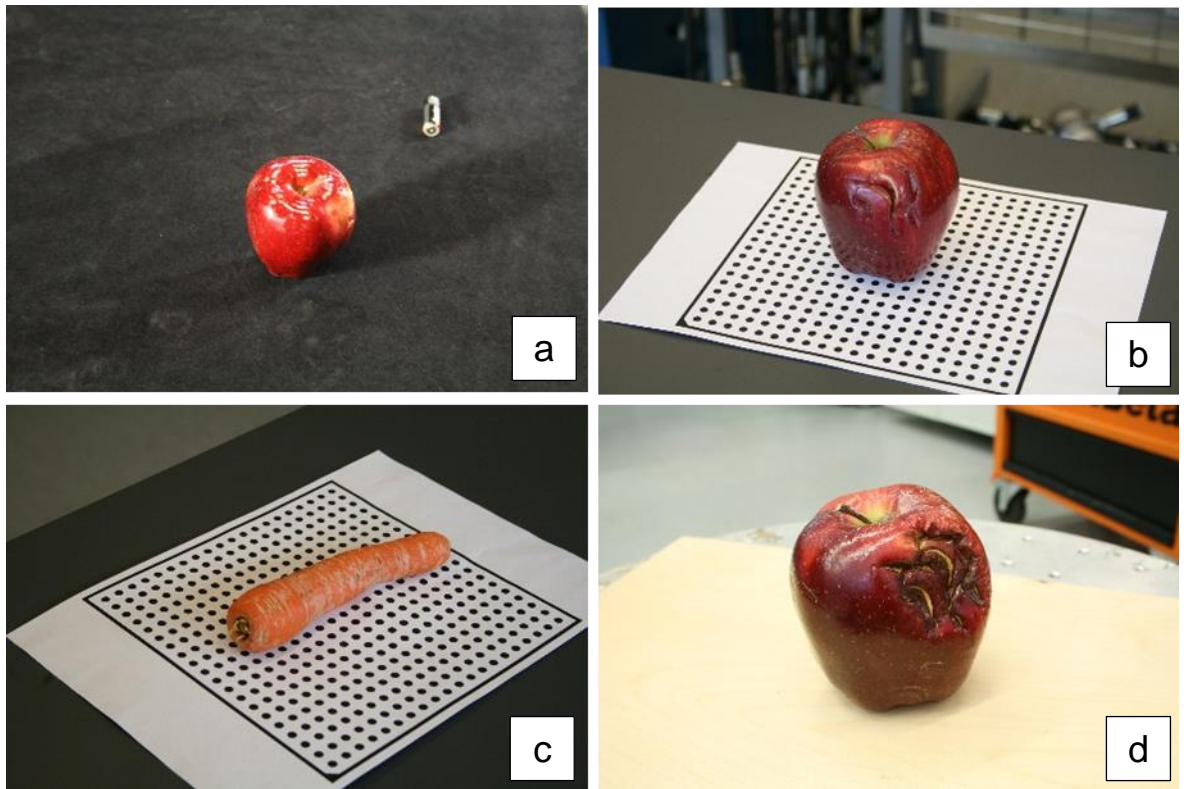
Materiaalitekniikan laboratoriossa valaistuksena olivat kattovalot sekä ikkunoista tuleva luonnonvalo. Kuvien 1 (b) ja (c) asetelmien mukaiset kuvasarjat otettiin kuvaamalla käsivaralta pöytää ympäri kiertäen. Käsivarsia tuettiin vartaloon tärähdysten välttämiseksi. Kuvat pyrittiin ottamaan tasaisin välein siirtyen aina askeleen sivuun ja yläviistosta kuvakulmasta kuvaten. Kuvausalustana kuvissa 1 (b) ja (c) käytettiin valkoista paperia, johon oli tulostettuna pieniä mustia ympyröitä sekä musta reunus. Valkoisella paperilla, jossa oli ympyröitä, pyrittiin siihen, että kuvissa olisi tarpeeksi yksityiskohtia ja näin ohjelma tunnistaisi paremmin kohteen ja alustan toisistaan.

Kuvassa 1 (d) valaistuksena olivat kattovalot sekä ikkunoista tuleva luonnonvalo. Lähellä olevien ikkunoiden sälekaihtimet olivat kiinni heijastusten vähentämiseksi. Kuvausasetelmassa 1 (d) Omena3 on puisella pyörivällä alustalla. Vanerin alla on metallinen kuulalaakeri, jolloin alusta pyörii saumattomasti akselinsa ympäri. Musta hiirimatto kameran edessä on vähentämässä heijastusta. Kamera aseteltiin jalustalle ja haluttuun asentoon. Valokuvat otettiin kameran pysyessä koko ajan paikoillaan ja vain vanerialustaa pyöritettiin laakerin päällä. Kuvien välissä vanerialustaa pyöräytettiin käsin aina pöydän reunassa olevien reikien välin verran, jolloin pyörähdysten suuruus pysyi aina yhtä suurena ja kuvia saatiin tasaisin välein. Omena oli asetettu alustalle mahdollisimman huolellisesti keskelle alustan alla olevaa laakeria. Tällöin omena kiersi mahdollisimman hyvin akselinsa ympäri ja liikkui mahdollisimman vähän sivuttaissuunnassa. Kameran asetukset asetettiin manuaalisesti.

Taulukosta 1 nähdään tarkemmin kameran asetukset erikseen jokaisessa kuvaussarjassa. Kaikissa muissa kohteissa, lukuun ottamatta Omena3-kuvauskohdetta, asetuksina käytettiin automaattiasetuksia. Useimmat luvut soluissa tarkoittavat arvojen, esimerkiksi valotusajan, vaihtelua eri valokuvien välillä. Elintarvikkeita kuvaessa ei käytetty salamavaloa.

Taulukko 1. Kameran asetukset elintarvikkeiden valokuvasarjoissa.

Kuvauskohde	Aukkoarvo (F)	ISO-nopeus	Valkotasapaino	Valotusaika (s)
Omena1	5,6	ISO-400	automaattinen	1/2, 1/3, 0,6 ja 0,8
Omena2	5,6	ISO-400	automaattinen	1/50, 1/40 ja 1/60,
Omena3	8	ISO-100	manuaalinen	0,6
Porkkana	6,3 ja 7,1	ISO-400	automaattinen	1/100 ja 1/80



Kuva 2. Esimerkkivalokuvat valokuvasarjoista (a) Omena1, (b) Omena2, (c) Porkkana ja (d) Omena3.

Kuvassa 2 on esimerkkivalokuvat valokuvasarjoista Omena1, Omena2, Porkkana ja Omena3. Esimerkkivalokuvissa on yksi esimerkkikuva jokaisesta valokuvasarjasta, joista 3D-mallit on luotu. Kuvista voidaan nähdä muun muassa kuvan laatu, kuvan tarkkuus, kuvausalusta, kuvakulma ja kappaleeseen syntyvät heijastukset.

Kuvassa 2 (a) omenan pinta kiiltää voimakkaasti ja Omena1-sarjan valokuvista monet olivat epätarkkoja tai tärähtäneitä. Tämän takia valokuvat ovat huonolaatuisia. Kuvia otettiin yhteensä 37, joista malliin käytettiin 37 kuvaa. Kuvan 2 (b) valokuva on suhteellisen hyvä ja Omena2 on huomattavasti tarkempi kuin Omena1. Kuvassa 2 (b) omenan puolesta välistä alaspäin omenan pintaan heijastuu kuvausalusta ja omenan pinta kiiltää. Omena2-sarjan valokuvat ovat laadultaan suhteellisen hyviä. Kuvia otettiin yhteensä 78, joista malliin käytettiin 49 kuvaa. Kuvan 2 (c) porkkanan pinta on mattapintainen eikä kiillä. Kuva on epätarkka porkkanan kärjestä ja porkkanan vasemmalle puolelle muodostuu varjoa. Porkkanasta otettiin valokuvia yhteensä 75, joista malliin käytettiin 49 kuvaa. Porkkana-sarjan valokuvat ovat laadultaan hyvän ja tyydyttävän väliltä. Kuvassa 2 (d) esitetty, kameran manuaaliasetuk-

silla otettu kuva on todella tarkka, valoisa ja omenan pinnassa on vain vähän heijastusta. Omenan pinnan puolestavälistä alaspäin näkyy vähän varjostumaa, kuten kuvasta 2 (d) voidaan nähdä. Laadultaan Omena3-valokuvasarjan kuvat ovat erinomaisia. Valokuvia otettiin yhteensä 35, joista Omena3-mallin luontiin käytettiin 35 kuvaa.

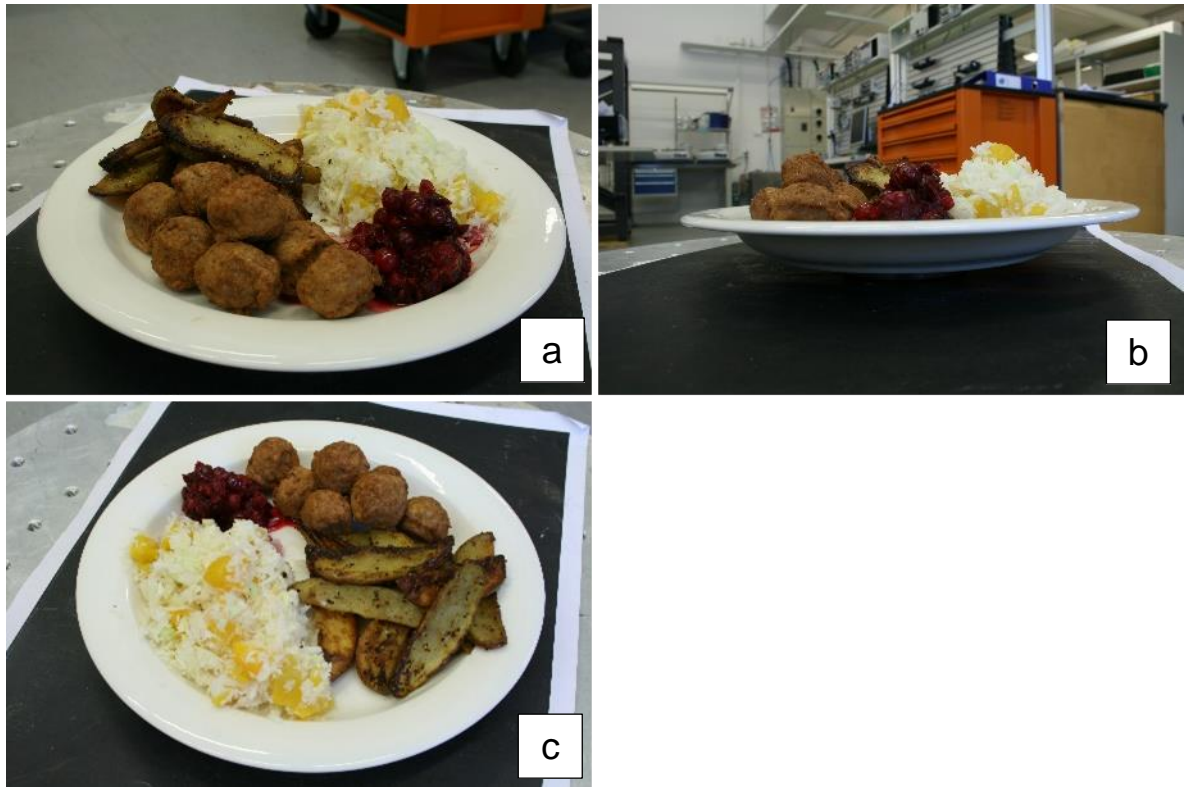
3.2 Ruoka-annosten 3D-mallintaminen

Ruoka-annosten 3D-mallintamisen työvaiheita valokuvausmenetelmällä olivat kuvausasetelman ja kuvauspaikan järjestäminen, ruoka-annosten kuvaus digikameralla, valokuvien lataus tietokoneelle ja 3D-mallien luonti valokuvista Autodesk ReMake -ohjelmalla. Ruoka-annosten 3D-malleja luotiin yhteensä kuusi. Valokuvasarjoista ja 3D-malleista käytettiin nimiä: Ruoka-annos 1A, Ruoka-annos 1B ja Ruoka-annos 1C sekä Ruoka-annos 2A, Ruoka-annos 2B ja Ruoka-annos 2C.

Kaksi lautasmallin mukaista ruoka-annosta koottiin ruokalautasille. Ensimmäinen ruoka-annos laitettiin valkoiselle ruokalautaselle ja toinen vaaleanvihreälle ruokalautaselle. Annokset muodostuivat suunnilleen puolesta lautasellisesta kasviksia sekä yhdestä neljäsosa lautasellisesta lisäkettä ja yhdestä neljäsosasta lihakomponenttia. Ensimmäisen ruoka-annoksen (1) komponentit olivat persikka-kaaliraaste, puolukkasurvos, lohkopoperunat ja lihapullat. Toisen ruoka-annoksen (2) komponentit olivat vihreäsalaatti kirsikkatomaateilla, kurkku- ja perunasalaatti, porkkanaraaste sekä keitetty peruna ja jauhelihakastike. Kuvat otettiin materiaalitekniikan laboratoriossa. Valaistuksena olivat kattovalot sekä avonaisten sälekaihtimien välistä tuleva luonnonvalo. Kameran asetukset säädettiin manuaalisesti, eikä salamavaloa käytetty ruoka-annoksia kuvatessa. Kuvatessa käytetyt kameran asetukset on esitetty tarkemmin taulukossa 2.

Taulukko 2. Kameran asetukset ruoka-annosten valokuvasarjoissa.

Kuvauskohde	Aukkoarvo (F)	ISO-nopeus	Valkotasapaino	Valotusaika (s)
Ruoka-annos 1A	10	ISO-100	manuaalinen	1/3
Ruoka-annos 1B	10	ISO-100	manuaalinen	1/2
Ruoka-annos 1C	10	ISO-100	manuaalinen	1/3 ja 1/2
Ruoka-annos 2A	10	ISO-100	manuaalinen	1/2
Ruoka-annos 2B	10	ISO-100	manuaalinen	1/2
Ruoka-annos 2C	8	ISO-400	manuaalinen	1/25



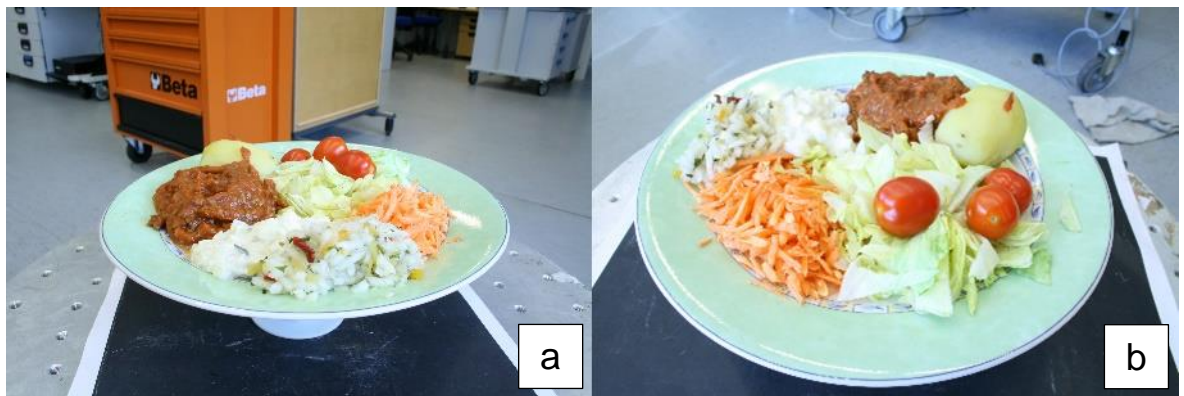
Kuva 3. Esimerkkivalokuvat ruoka-annosten (a) 1A (yläviisto kuvakulma), (b) 1B (vaakataso) ja (c) 1C (ylempi yläviisto) valokuvasarjoista.

Kuvassa 3 on esimerkkivalokuvat kuvasarjoista, joista ruoka-annosten 1A, 1B ja 1C 3D-mallit tehtiin. Ensimmäisessä kuvausasetelmassa pöydällä oli valkoreunainen musta paperi, kuten kuvasta 3 nähdään. Paperin päällä oli laakeri, jonka päälle lautanen asetettiin. Lautasta pystyttiin pyörittämään akselinsa ympäri laakerin avulla. Ruoka-annosta 1A kuvattiin ainoastaan yläviistosta. Yläviisto kuvakulma tarkoittaa kuvassa 3 (a) olevaa kuvausnäkömää. Kamera oli asetettu jalustalle ja se pysyi koko ajan paikoillaan. Lautasta pyrittiin pyöryttämään kuvien välissä arviolta noin seitsemän astetta, jolloin kuvia olisi tullut yhteensä viisikymmentä. Valokuvia otettiin yhteensä 59 kuvaa, joista tasaisin välein poistettiin yhdeksän valokuvaa. Ruoka-annoksen 1A 3D-malli luotiin 50 kuvasta. Valokuvat olivat laadultaan hyviä ja tasaisin välein kuvattuja. Kuvaussuunnasta katsottuna lautanen kiiltää oikeasta reunasta, kuten kuvasta 3 (a) voidaan nähdä. Valokuvista voidaan huomata, että perunalohkojen ja lihapullien alla on varjoa.

Kuvassa 3 (b) olevaa ruoka-annosta 1B kuvattiin alaviistosta, vaakatasosta ja yläviistosta. Kuva 3 (b) on esimerkki vaakatasosta otetuista valokuvista. Kamera oli jalustalla ja lautasta pyöritettiin akselinsa ympäri laakerin päällä. Alaviistosta ote-

tuissa kuvissa lautasen alle laitettiin muovinen kartio korokepalaksi lautasen ”nostamiseksi ilmaan”. Ruoka-annoksen 1B 3D-mallin luomiseen valittiin alaviistosta 12 kuvaa, vaakatasosta 19 kuvaa ja yläviistosta 19 kuvaa eli yhteensä 50 valokuvaa. Laadultaan ruoka-annos 1B -valokuvasarjan kuvat ovat hyviä. Kuvasarjassa on yksi heilahtanut kuva. Heilahdus johtuu ilmeisesti siitä, ettei lautanen ollut paikoillaan kuvanottohetkellä. Lautanen hieman kiiltelee. Vaakatasosta ja alhaalta kuvatuissa kuvissa taustalla näkyy kohtuullisen kirkkaan värinen oranssi työkaluvaunu, joka näkyy myös esimerkkikuvassa kuvassa 3 (b).

Ruoka-annosten 1A ja 1B kuvia käytettiin erilaisena kokoonpanona myös ruoka-annoksen 1C 3D-mallin luomiseen. Kuvassa 3 (c) on esimerkkikuva, jonka kuvakulmana on ylempi yläviisto. Yläviistosta kuvatuista 59 valokuvasta valittiin suunnilleen joka toinen kuva, jolloin kuvia tuli 30. Lisäksi valittiin kaikki 19 ylempää yläviistosta otetut kuvat. Kokonaisvalokuvamääräksi tuli 49 kuvaa, joista luotiin 1C ruoka-annoksen 3D-malli. Myös ruoka-annoksen 1C malliin käytetyissä valokuvissa esiintyy lautasen kiiltämistä, valon heijastumista sekä tummia varjoja perunalohkojen ja lihapullien alla, kuten kuvasta 3 (c) voidaan nähdä.



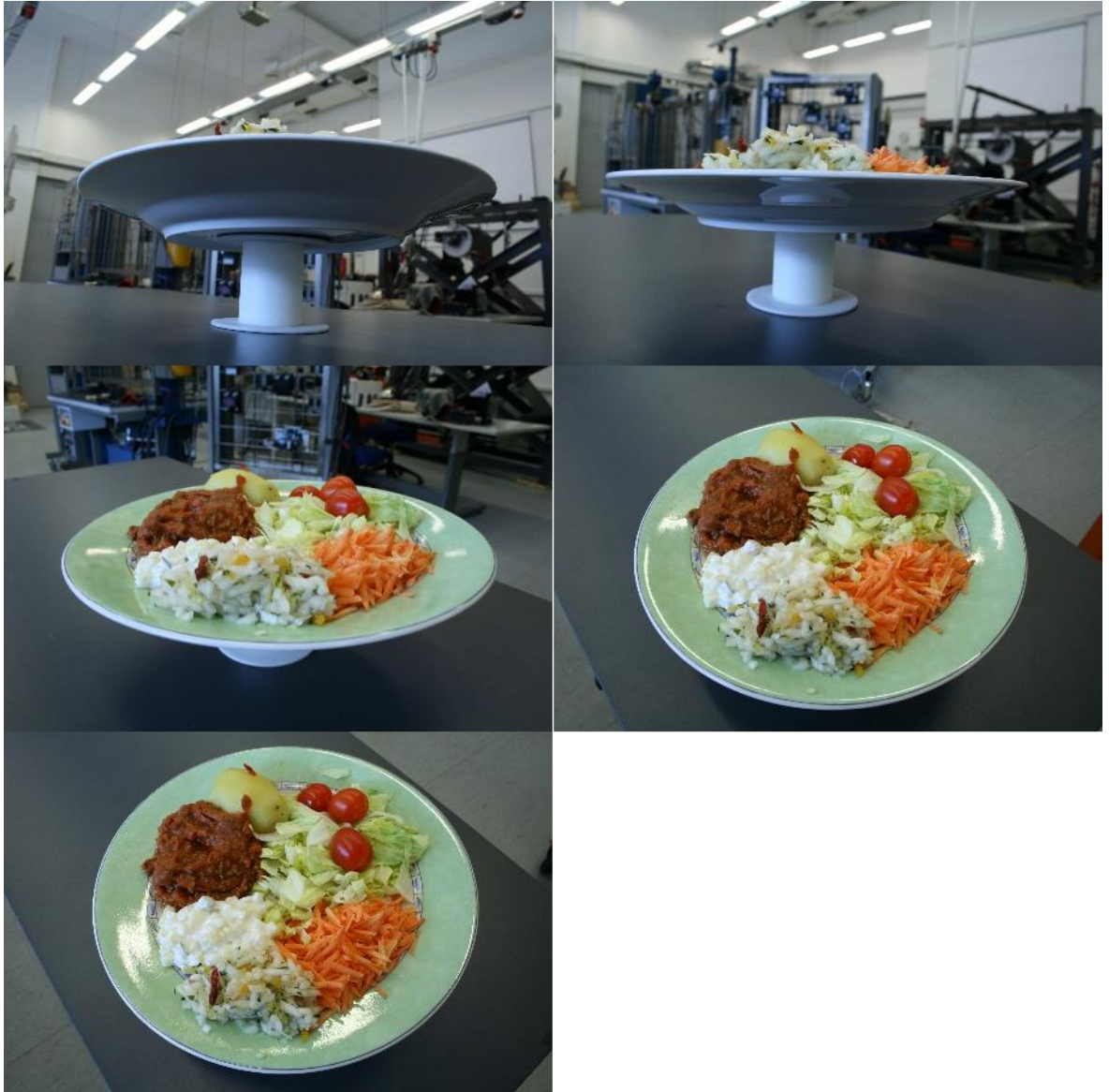
Kuva 4. Esimerkkivalokuvat ruoka-annosten 2A (yläviisto) ja 2B (ylempi yläviisto) valokuvasarjoista.

Toisen ruoka-annoksen kuvausasetelmassa, kuvassa 4, kuvausalustana käytettiin samaa mustaa paperia ja pöytää kuin ensimmäisessä kuvausasetelmassa. Lautasen alla on laakeri ja muovinen kartio korokkeena. Toisessa asetelmassa annos pysyi paikallaan ja kameralla kierrettiin annoksen ympäri.

Ruoka-annos 2A:n valokuvasarjan esimerkkikuva on kuvassa 4 (a). 2A-ruoka-annoksen 3D-malliin valittiin kahdeksan valokuvaa alaviistosta, 20 valokuvaa yläviis-

tosta ja 19 valokuvaa vielä ylempää yläviistosta otetuista kuvista. Malli luotiin yhteensä 47 valokuvasta. Ruoka-annoksen 2A valokuvasarjan kuvat ovat suhteellisen hyviä laadultaan. Osassa kuvista on ikkuna taustalla, jolloin ikkuna näkyy kuvassa kirkkaana. Lisäksi lautanen ja kirsikkatomaatit kiiltävät voimakkaasti ja kastike on ylivalottunut.

Ruoka-annoksen 2B malli tehtiin samoista kuvista kuin 2A:n 3D-malli, mutta valittiin käytettäväksi 20 kuvaa yläviistosta ja 19 kuvaa ylempää yläviistosta otettua valokuvaa eli alaviistosta otetut kahdeksan kuvaa jätettiin pois. Kuvassa 4 (b) on esimerkiksi ylempi yläviisto -kuvakulmasta otetusta kuvasta. Yhteensä 3D-malli luotiin 39 kuvasta.



Kuva 5. Esimerkkivalokuvasarja ruoka-annoksen 2C (alaviisto, vaakataso, yläviisto, ylempi yläviisto ja lähes ylhäältä päin) kuvasarjasta.

Ruoka-annosta 2C kuvattiin käsivaralta kahdeksasta eri kohdasta lautasen ympäriltä viidestä eri kuvakulmasta. Kuvasta 5 voidaan nähdä kuvakulmat, jotka olivat alaviisto, vaakataso, yläviisto, ylempi yläviisto ja lähes ylhäältä päin. Annos pysyi paikoillaan ja kuvaaja liikkui kohteen ympäri ja eri kuvakulmiin. Muista valokuvasarjoista poiketen 2C-ruoka-annos kuvattiin ensin eri kuvakulmista, jonka jälkeen vaihdettiin kuvauskohtaa. Muissa annoksissa kuvauskohta vaihtui ja kuvakulmaa vaihdettiin vasta täyden kierroksen jälkeen. Kuvausalustana oli harmaa pöytä ja lautanen oli nostettu ilmaan muovisen kartion päälle. Ruoka-annos 2C:n 3D-malliin käytettiin yhteensä 40 valokuvaa. Valokuvasarjan kuvat ovat laadultaan tyydyttäviä tai hyviä. Osa valokuvasarjan kuvista on tärähtäneitä ja kuvat ovat tummempia kuin

mallien 2A ja 2B. Lautasen alapinta on tumma, kuten kuvasta 5 nähdään. Lautanen, tomaatit ja myös alusta kiiltävät joissain kuvissa.

3.3 Autodesk ReMake -ohjelma

3D-mallin luominen Autodesk ReMake -ohjelmalla on suhteellisen helppoa, sen vuoksi ohjelma valittiinkin ohjaajan suosituksesta käytettäväksi tässä työssä. Käytettävässä ohjelmassa mallit tehdään kolmessa vaiheessa. Vaiheet ovat mallin luominen, kuvien selaaminen pilvessä ja mallin lataaminen. Tässä työssä ensimmäisessä vaiheessa painetaan Create 3D -painiketta, valitaan mallin luomistavaksi online-tila, valitaan kuvien lähteeksi paikallinen tietokone, jonka kansioista valitaan haluttavat kuvat ja avataan ne. Ohjelmassa voidaan vielä tämän jälkeen tarkastella ja valita mallin luomiseen käytettävät kuvat. Tässä työssä Autodesk ReMake -ohjelmasta käytettiin ilmaista opiskelijalisenssiä, joka sallii valita enintään 50 valokuvaa yhtä mallia kohden. Kuvien valinnan jälkeen painetaan Create Model -painiketta, nimetään malli ja painetaan Start-painiketta. Toisessa vaiheessa ei tarvitse itse tehdä mitään. ReMake lähettää kuvat pilveen ja uudelleen muodostaa 3D-mallin valokuvista. Tämä prosessi näkyy My Cloud Drive -osiossa seuraavina ilmoituksina: lataa mallia, malli odottaa jonossa sekä ohjelma käsittelee mallia. Kun tietokone ilmoittaa: "ready to download", painetaan nuoli-symbolia, jonka selitetekstinä lukee: "download the project from cloud", ja valitaan tallennuspaikka tietokoneelta. Kolmannessa vaiheessa ohjelma lataa mallin pilvestä tietokoneelle, jonka jälkeen valmis 3D-malli voidaan avata My Computer -kohdasta. Nyt 3D-mallia voidaan tarkastella ja käsitellä ohjelmassa.

4 TULOKSET

Tuloksissa esitellään valokuvamenetelmällä tuotetut 3D-mallit. Parhaan ruoka-annoksen 3D-malli on esitetty isoina kuvina eri esitysmuodoissa kuvissa 6–10. Muut mallit on koottu kuvakollaaseihin ja ne esitetään kuvissa 11–19. Ohjelmassa malleja voidaan tarkastella textured, solid with a wireframe, textured with a wireframe, solid ja x-ray -muodoissa. Ohjelmassa mallia voidaan pyörittää ja käännellä, eli tarkastella kolmiulotteisesti, toisinkuin tässä työssä esitettyjä kaksiulotteisia kuvia. Tässä luvussa esitetyt kuvat on otettu kuvakaappaustyökalulla ReMake-ohjelmasta. Liitteessä 1 on taulukoituna kuvausmenetelmiin ja -asetelmiin liittyviä asioita sekä esitettyinä saatujen 3D-mallien vertailua. Lisäksi esitetään havainnollisesti kuvien määriä ja kuvakulmia sekä vertaillaan valokuvia ja valmiita malleja. Liitteenä olevan koko taulukon osia esitellään tässä luvussa neljänä pienempänä taulukkona.

Taulukko 3. Ruoka-annosten kuvausasetelmien vertailu.

Mallin nimi	Kuvausympäristön valaistus			Kuvausalue	Liikkuva kohde kuvatussa		Kameran tuki		Kameran asetukset		Kuvakulmat ja malliin käytettyjen kuvien määrä kuvakulma kohtaisesti					Malliin käytettyjen kuvien määrä
	Kattovalot	Luonnonvalo	Kohdevalo		Kamera	Kappale	Jalusta	Käsivara	Automaatti	Manuaali	Alaviisto	Vaaka-taso	Yläviisto	Ylempi yläviisto	Ylhäältä päin	
											↙	←	↖	↗	↓	
Ruoka-annos 1A	Kyllä	Kyllä	Ei	Valkoinen lautanen, jonka alla musta paperi valkoisilla reunoilla		X	X			M			50			50
Ruoka-annos 1B	Kyllä	Kyllä	Ei	Valkoinen lautanen, jonka alla musta paperi valkoisilla reunoilla		X	X			M	12	19	19			50
Ruoka-annos 1C	Kyllä	Kyllä	Ei	Valkoinen lautanen, jonka alla musta paperi valkoisilla reunoilla		X	X			M			30	19		49
Ruoka-annos 2A	Kyllä	Kyllä	Ei	Vaalean vihreä lautanen, jonka alla musta paperi valkoisilla reunoilla	X		X			M	8		20	19		47
Ruoka-annos 2B	Kyllä	Kyllä	Ei	Vaalean vihreä lautanen, jonka alla musta paperi valkoisilla reunoilla	X		X			M			20	19		39
Ruoka-annos 2C	Kyllä	Kyllä	Ei	Vaalean vihreä lautanen harmaalla pöydällä	X			X		M	8	8	8	8	8	40

Taulukossa 3 on esitetty ruoka-annosten kuvausympäristö ja -alusta, merkattu liikkuva kohde ja kameran asetukset sekä havainnollistettu käytettyjä kuvakulmia ja kirjattu 3D-malliin käytettyjen kuvien määrät.

Taulukko 4. Ruoka-annosten valokuvien ja 3D-mallien vertailu.

Mallin nimi	Kuvattava kohde	Valokuvien laatu, havaitut poikkeamat	Mallin laatu, havaitut poikkeamat
Arviointiasteikko: huono, tyydyttävä, hyvä, erinomainen			
Ruoka-annos 1A	Lohkoperunat, lihapullat, persikkakaaliraaste ja puolukkasurvos	Kuvat hyviä, tasaisin välein otettuja. Lautanen kiiltää oikeasta reunasta kuvaus suunnasta katsottuna. Perunalohkojen ja lihapullien alla varjoa.	Kokonaisuudessaan malli on tyydyttävä . Lautanen on yhdessä alustan kanssa, lautanen kupruilee ja lautasen reunoista puuttuu paloja, erityisesti kaaliraasteessa ja joissain perunoissa on vaaleita, huonosti malintuneita kohtia, annoksen päällä leijuu epämääräinen tumma möykky.
Ruoka-annos 1B	Lohkoperunat, lihapullat, persikkakaaliraaste ja puolukkasurvos	Kuvat hyviä. Yksi heilahtanut kuva (lautanen ei ole ollut paikoillaan). Lautanen hieman kiiltelee. Vaakatasosta ja alhaalta kuvatuissa kuvissa tuastalla näkyy oranssi työkaluvaunu. Varjoja perunoiden ja lihapullien alla.	Malli on huono . Ruoka-annoksessa on reikiä ja useita harmaita kohtia, jotka eivät ole mallintuneet, annos on heilahtanut ja epätarkka. Lautanen on kupruilla, eikä ole ehjä.
Ruoka-annos 1C	Lohkoperunat, lihapullat, persikkakaaliraaste ja puolukkasurvos	Kuvat hyviä. Yläviistosta otetuissa kuvissa lautanen kiiltää oikeasta reunasta ja ylempää yläviistosta otetuissa kuvissa lautanen kiiltää etu- ja takareunasta kuvaus suunnasta katsottuna. Perunalohkojen ja lihapullien alle tulee tummia varjoja.	Huono malli. Mallintunut vain lautasen reunoja ja alustaa. Malli riekaleinen ja pystysuorassa. Miksi malli ei onnistunut? Vaikka mallin luomiseen käytetty samoja kuvia kuin 1A ja 1B, valittu vain eri kuvakulmista eri määrä kuvia. Vaikuttiko ReMake ohjelman päivitys (päivitetty 8.9.)?
Ruoka-annos 2A	Keitetty peruna, jauhelihakastike, vihreäsalaatti kirsikkatomaateilla, kurkku- ja perunasalaatti sekä porkkanaraaste	Kuvat hyviä. Osassa kuvista ikkuna taustalla. Lautanen kiiltää voimakkaasti, myös kastike ylivalottunut. Tomaatit kiiltävät.	Malli on tyydyttävä . Ruoka-annoksessa on noin kuusi reikää. Lautanen on tasainen ja irti alustasta, lautasen alapinnalla on ylimääräistä materiaalia ja kuvausalusta on mallintunut lautasen pohjaan. Ruuassa ei ole rakennetta, Porkkanaraaste sulautuu yhteen muiden salaattien kanssa, ilman värejä niitä ei erota toisistaan.
Ruoka-annos 2B	Keitetty peruna, jauhelihakastike, vihreäsalaatti kirsikkatomaateilla, kurkku- ja perunasalaatti sekä porkkanaraaste	Käytetty samoja kuvia kuin mallissa 2A. Kuvat hyviä.	Malli on hyvä . Lautasessa on muutamia reikiä. Polygon-verkostakin erotettavissa eri komponentit. Tomaattien pinta kiiltää ja tomaattien ympärille tulee hento punainen kehä. Tomaattien muoto ei ole todellinen.
Ruoka-annos 2C	Keitetty peruna, jauhelihakastike, vihreäsalaatti kirsikkatomaateilla, kurkku- ja perunasalaatti sekä porkkanaraaste	Kuvat tyydyttäviä tai hyviä. Valokuvat tummempia kuin mallien 2A ja 2B kuvat. Osa valokuvista on tärhtäneitä. Lautasen alapinta tumma. Lautanen ja myös alusta kiiltää joissain kuvissa. Tomaatit kiiltävät.	Malli on paras saaduista ruoka-annos malleista, arviointiasteikolla se on hyvä . Malli on ehjä, eikä siinä ole yhtään reikää. Malli on tummempi. Tomaatit eivät ole tarpeeksi pyöreitä. Kurkkusalaatti mallintunut tarkemmin kuin mallissa 2B. Lautasen reuna on kiinni alustassa. Polygon-verkko tiheä.

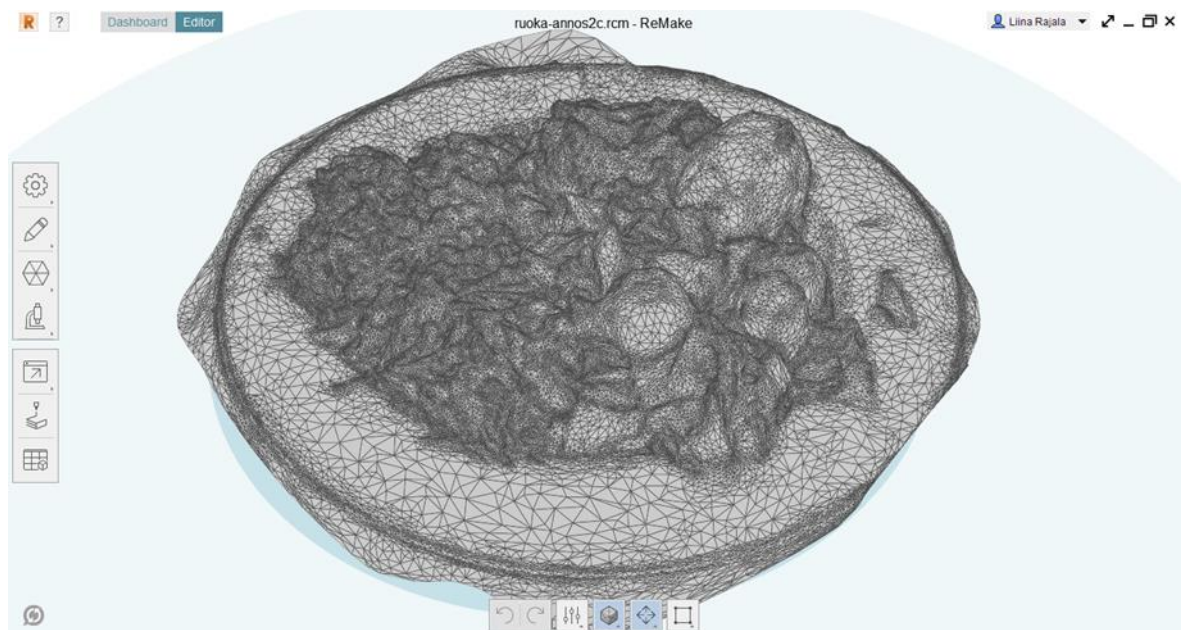
Taulukossa 4 on kirjattuna kuvattava kohde, valokuvien ja 3D-mallien laatu sekä niissä havaitut poikkeamat. Valokuvia ja 3D-malleja on arvioitu sanallisesti sekä arviointiasteikolla huono, tyydyttävä, hyvä, erinomainen.

Ruoka-annos 2C:n 3D-mallista tuli laadultaan hyvä. Ruoka-annos 2C:n 3D-malli on paras valmistetuista malleista, mutta ei kuitenkaan erinomainen malli. Ruokakomponentit ja lautanen mallintuvat selkeästi ja ovat erillään. 3D-malli on ehjä, eikä siinä ole yhtään aukkoa. 2C-ruoka-annoksen kolmiulotteinen malli on tummempi kuin muut mallit. Mallin epäkohtana on, että lautanen ei erotu alustasta, vaan sulautuu yhteen tumman alustan kanssa. Tomaatit eivät ole aivan pyöreitä ja ne ovat hieman epätarkkoja. Epätarkkuus ja väärä rakenne johtuvat tomaattien pinnan heijastuksista.



Kuva 6. Ruoka-annos 2C, textured.

Kuvassa 6 on esitettyä Autodesk ReMake -ohjelmalla luotu kolmiulotteinen malli textured-muodossa (karkeapintainen, kuvioitu). Textured-muodossa oleva 3D-malli kuvantaa parhaiten todellista, olemassa olevaa annosta.



Kuva 7. Ruoka-annos 2C, solid with a wireframe.

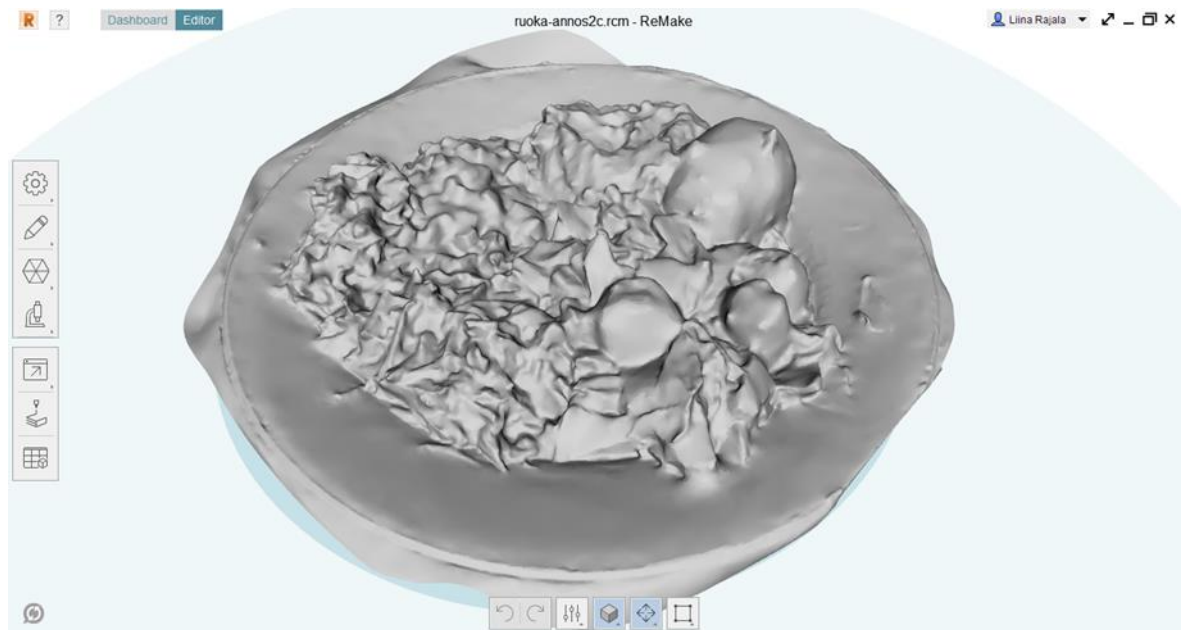
Kuvassa 7 on esitettyä ruoka-annoksen 3D-malli solid with a wireframe -muodossa (polygon-malli, monikulmiomalli). Polygon-malli muodostuu kolmioista. Kolmioiden määrästä voidaan päätellä mallin vastaavuus alkuperäisen kohteen suhteen sekä mallin muodostamisen vaikeusaste. Harvat, isot kolmiot kuvaavat mallinnettavan

kappaleen pinnanmuotojen yksinkertaisuutta, jolloin kappale on helppo mallintava ja tarvitsee vain vähän kolmioita. Toisaalta harva polygon-verkko kertoo mallin epätarkasta mallintamisesta. Tiheät, pienet kolmiot merkitsevät 3D-mallin tarkasta mallintamisesta ja toisaalta ne kertovat mallin monimutkaisista ja yksityiskohtaisista muodoista, jolloin kolmioita on enemmän. Mitä tiheämpi polygon-verkosto on, sitä tarkempi malli on. Huonosti mallintuneissa kohdissa tai tasaisilla pinnoilla verkosto on harvaa. Kuvassa 7 olevassa 3D-mallissa polygon-verkko on tiheää. Kuvasta 7 nähdään esimerkiksi lautasen ja perunan pintojen mallintuvan isompina kolmioina, koska niissä on vähän pinnanmuotojen vaihteluita. Sen sijaan esimerkiksi jauhelihakastike mallintuu tiheinä ja pieninä kolmioina pinnan yksityiskohtaisuuden ja vaihtelevan rakenteen vuoksi.



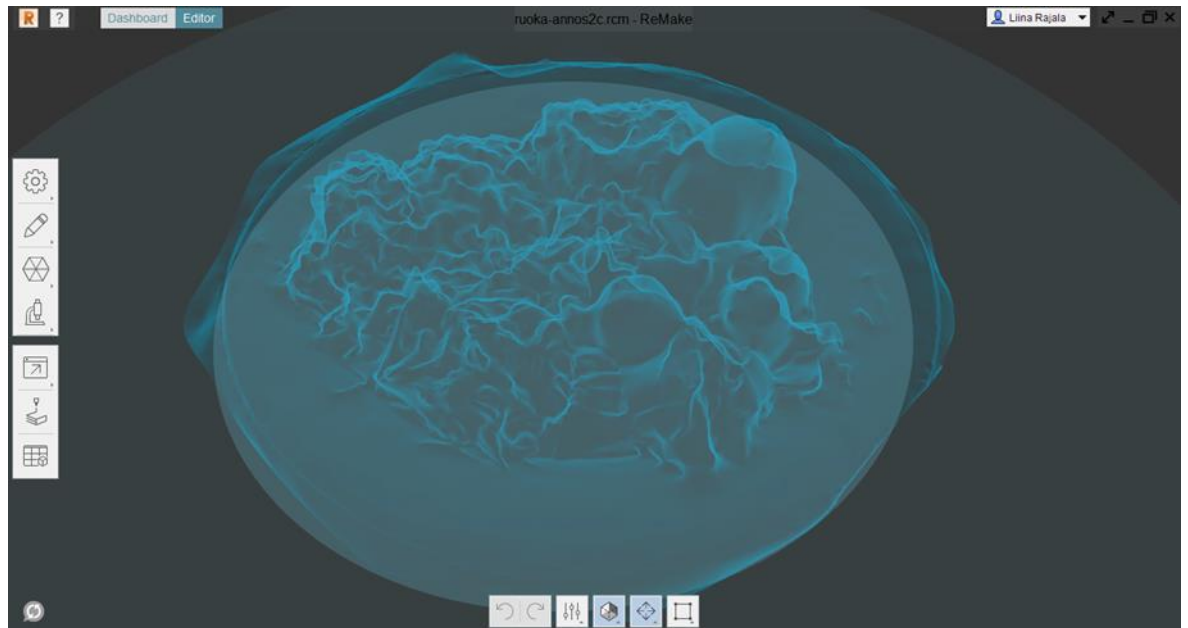
Kuva 8. Ruoka-annos 2C, textured with a wireframe.

Kuvassa 8 on textured with a wireframe -muodossa esitetty malli. Tässä mallissa on yhdistettynä kaksi esitysmuotoa päällekkäin, rakennetta kuvaava textured-muoto ja wireframe-muoto eli monikulmiomalli. Tämän esitysmuodon etuna on eri komponenttien selkeämpi erottuminen verrattuna kuviin 6 ja 7.



Kuva 9. Ruoka-annos 2C, solid.

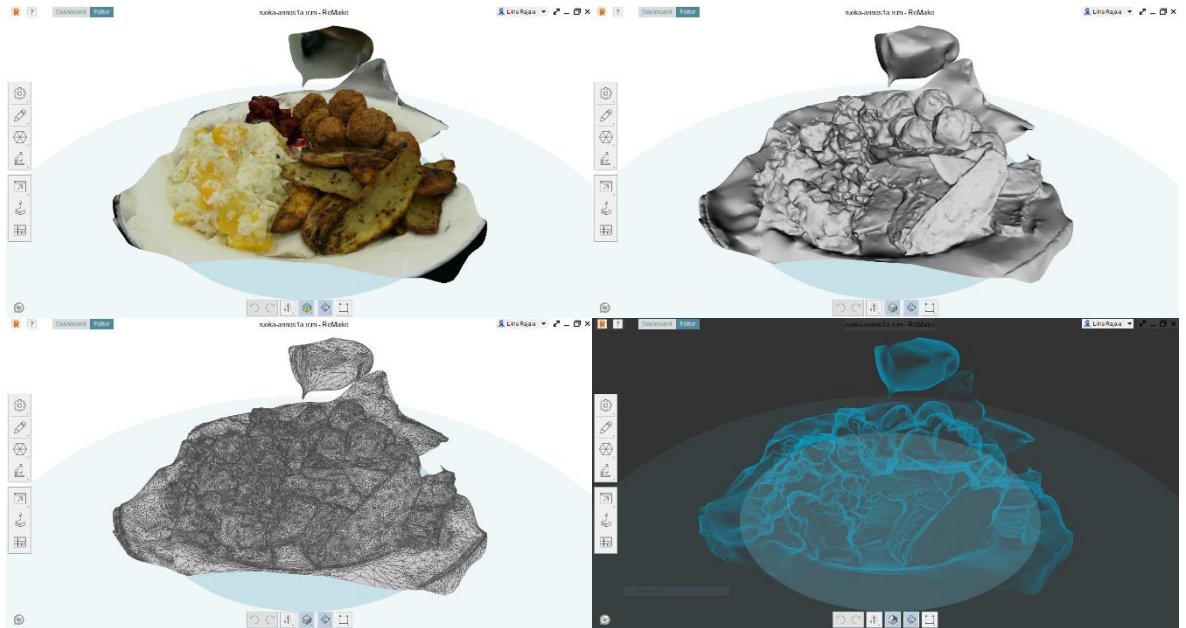
Kuvassa 9 on esitetty ReMake-ohjelmalla luotu 3D-malli solid-muodossa (yhtenäinen, peitteinen pinta). Solid-muodossa esitetyllä mallilla voidaan simuloida 3D-tulostusta. Mallista nähdään 3D-tulostuksessa vastaan tulevat puutteet, mikäli käytetään yksiväristä tai yhtä tulostusmateriaalia. Esimerkiksi ruoka-annoksen 3D-mallista kuvasta 9 on vaikea erottaa eri ruokakomponentteja, erityisesti salaatteja, toisistaan. Solid-malleissa kappaleen pinnan värit tai varjot eivät hämää tarkastelua, vaan pystytään paremmin keskittymään pelkästään kappaleen muotoihin. Toisaalta värien poistaminen poistaa myös kuvista syvyysvaikutuksen tunteen, jolloin mallia tarkasteleva henkilö ei voi vaatia mallilta ehdotonta tarkkuutta. Solid-malleista näkee erityisen hyvin kappaleen ja alustan sauman tarkkuuden tai epätarkkuuden. Toisin sanottuna kappaleen ja alustan selkeän rajan tai niiden sulautumisen yhteen. Kuvasta 9 voidaankin hyvin nähdä kuinka ruoka-annoksen lautanen ei erotu kunnolla alustastaan.



Kuva 10. Ruoka-annos 2C, x-ray.

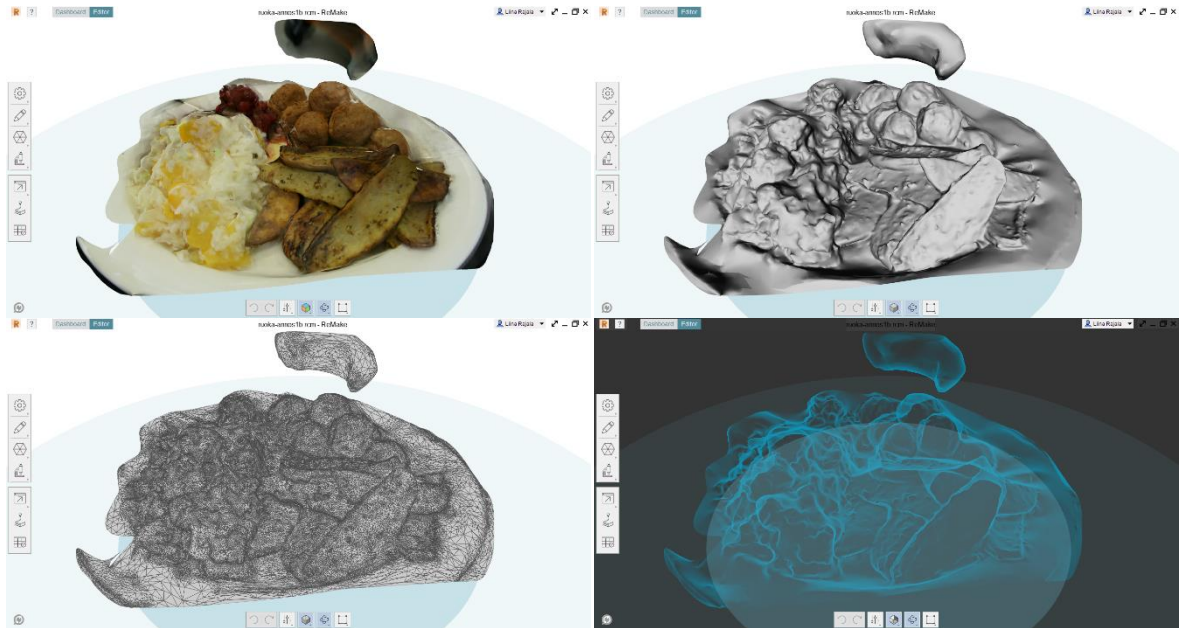
Ruoka-annos 2C on kuvattuna x-ray-muodossa kuvassa 10. X-ray-muodossa 3D-malli esitetään läpivalaistuna. X-ray-esitysmuoto tuo erilaisen lähestymistavan malliin kuin muut esitysmuodot. X-ray-muodossa voi tarkastella hyvin esimerkiksi mallin sisäpintaa.

Kuvissa 11–19 on Autodesk ReMake -ohjelmalla tehdyt 3D-mallit esitettynä textured (vasen yläreuna), solid (oikea yläreuna), solid with wireframe (vasen alareuna) ja x-ray (oikea alareuna) -muodoissa kuvakollaaseina.



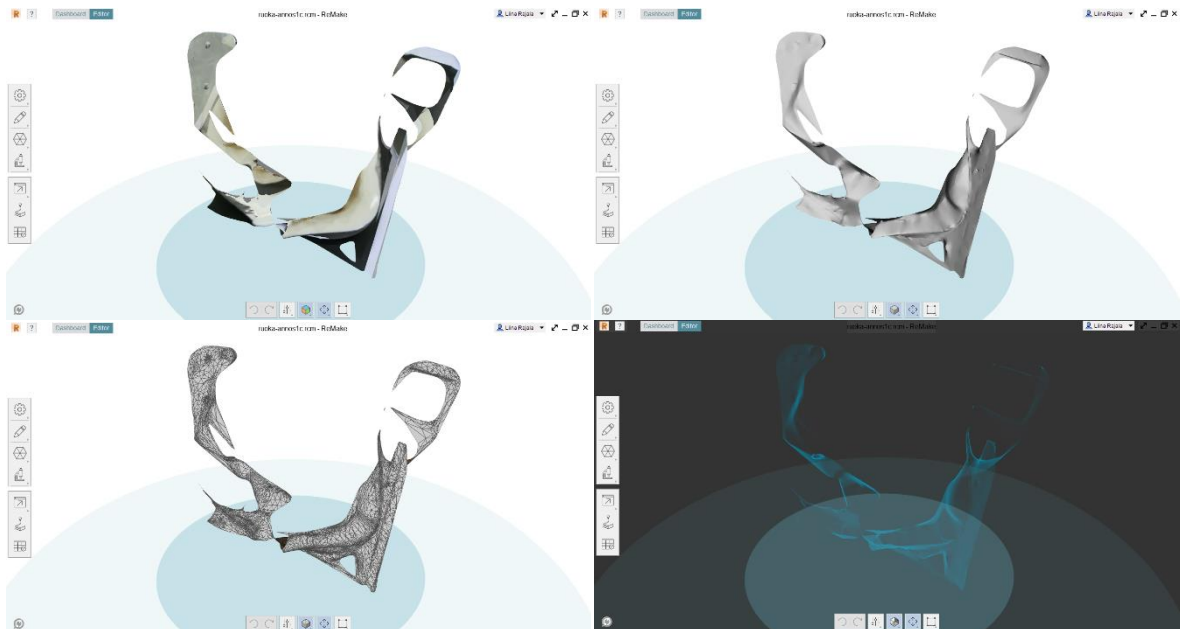
Kuva 11. Ruoka-annos 1A.

Kuvassa 11 esitetty 1A-ruoka-annoksen 3D-malli on kokonaisuudessaan tyydyttävä. Kuvasta 11 voidaan nähdä kuinka ruoka-annoksen 1A 3D-mallissa lautanen on vääntynyt eikä ole todellisen muotoinen. Lautasen reunoista puuttuu isohkoja paloja ja lautanen on yhdessä alustan kanssa. Ruoat ovat melko tarkkoja. Erityisesti kaaliraasteessa ja joissain perunalohkoissa on vaaleita huonosti mallintuneita kohtia. Mallin värit ovat todelliset. Vaalea kaaliraasteekin erottuu hyvin. Luultavasti valokuvien taustalla näkyvästä oranssista työkaluvaunusta on muodostunut lautasen päälle leijumaan epämääräinen möykky.



Kuva 12. Ruoka-annos 1B.

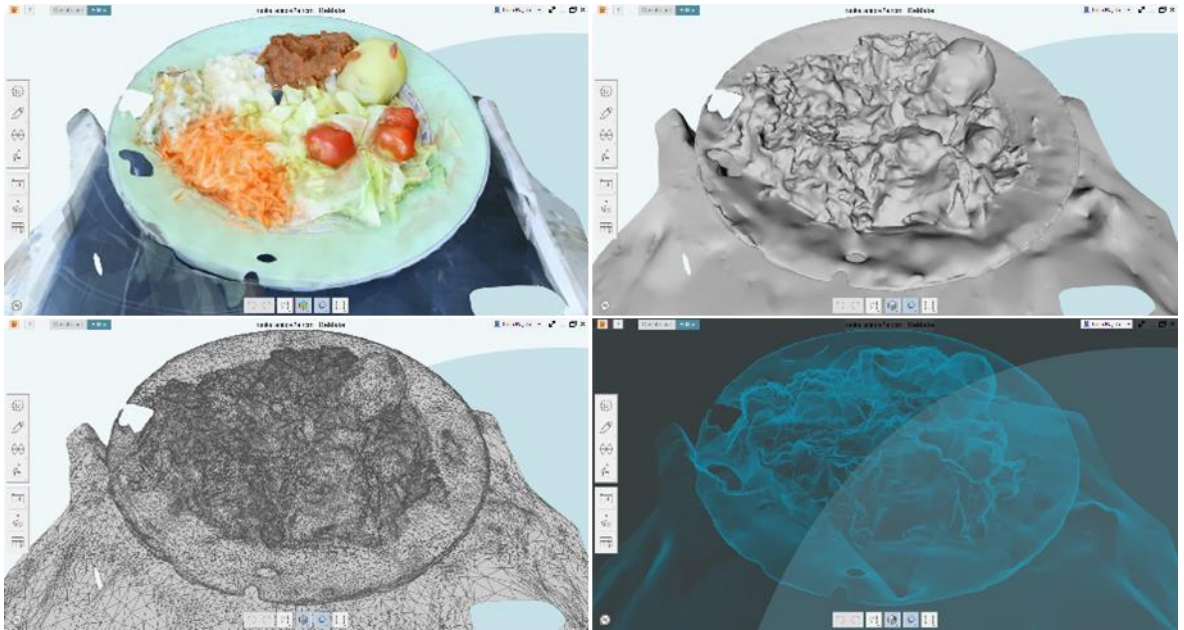
Ruoka-annoksen 1B 3D-malli, joka on esitetty kuvassa 12, on huono malli. Ruoka-annoksessa on aukkoja ja useita harmaita kohtia, jotka eivät ole mallintuneet. Lisäksi mallissa ruoka kuvantuu heilahtaneena ja epätarkkana. Lautanen kupruilee, eikä se ole ehjä. Alusta ja lautanen sulautuvat yhteen.



Kuva 13. Ruoka-annos 1C.

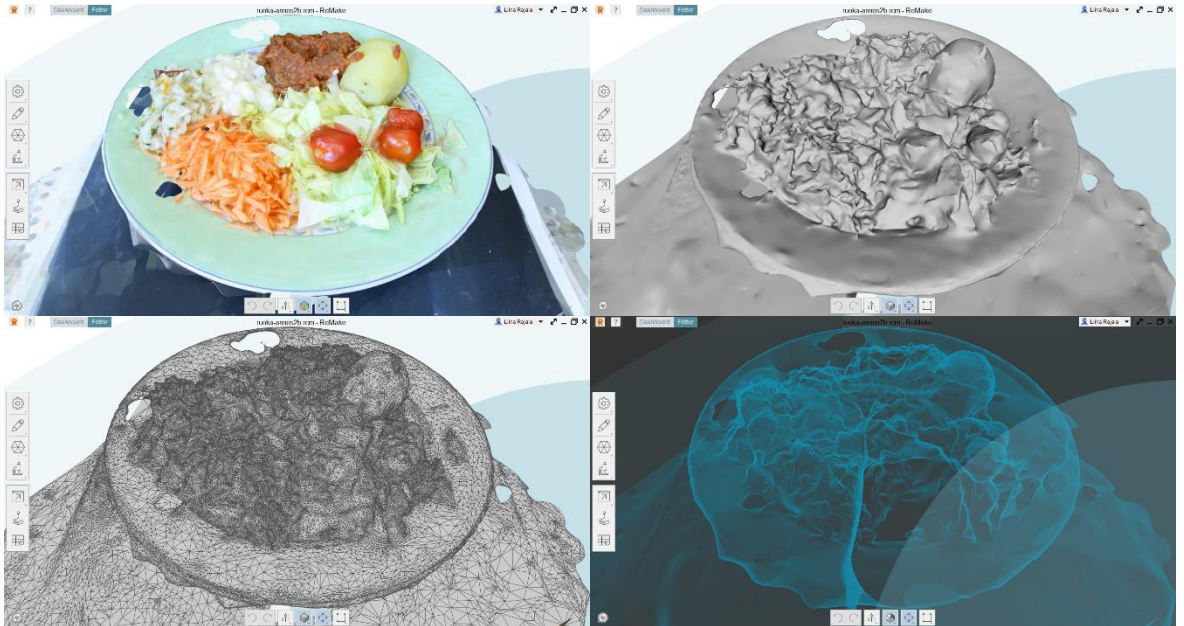
Ruoka-annoksen 1C 3D-malli on epäonnistunut, kuten kuvasta 13 voidaan nähdä. Kuvista on mallintunut vain lautasen reunoja sekä kuvausalustaa, eikä varsinaista ruoka-annosta näy ollenkaan. Malli on riekaleinen ja alusta ja lautanen ovat mallissa

pystysuorassa. Ruoka-annos 1C:n mallista herää kysymys miksi malli ei onnistunut, vaikka mallin luomiseen käytettiin samoja kuvia kuin 1A ja 1B malleihin. 1C-ruoka-annoksen mallia varten valittiin vain eri kuvakulmista eri määrä kuvia. Mallien luomisen välillä tapahtunut ReMake-ohjelman päivitys on myös saattanut vaikuttaa mallin luomiseen.



Kuva 14. Ruoka-annos 2A.

Kuvassa 14 nähtävä 3D-malli on laadultaan tyydyttävä. 2A-ruoka-annoksessa on noin kuusi aukkoa. Lautanen on mallintunut tasaiseksi ja se on irti alustastaan. Alustan ja lautasen mallintumista erilleen on saattanut auttaa kuvattaessa lautasen alla ollut korokekartio. Lautasen alapinnalla on ylimääräistä materiaalia ja kuvausalusta on mallintunut lautasen pohjaan. Ruuassa ei ole tarkkaa rakennetta. Porkkana-raaste sulautuu yhteen muiden salaattien kanssa, ilman värejä niitä ei erota toisistaan. Esimerkki solid-muodossa (ylä oikea) esitettävästä mallista on vaikea erottaa eri komponentteja toisistaan.



Kuva 15. Ruoka-annos 2B.

Ruoka-annos 2B:n 3D-malli on hyvä, kuten kuvasta 15 voidaan nähdä. Lautanen on pysynyt oikean muotoisena. Tätä auttaa varmasti lautasen vihreä väri. Ympäristö ja lautasen alapuoli ovat huonommat 2B-mallissa verrattuna 2A-malliin. Mallissa lautasen kohdalla on muutamia aukkoja. Ruoka-annos 2B:n 3D-malli on ruoan osalta tarkempi ja parempi kuin 2A:n malli. Kuitenkin tomaattien pinta kiiltää ja niiden ympärille muodostuu hento punainen kehä. Tomaattien rakenne on myös vääristynyt. Tästä voisi päätellä alaviistosta kuvattujen kuvien sekoittavan, hämäävän tai huonontavan mallin luomista, koska muuten käytetyt kuvat ovat täysin samat 2A ja 2B -malleissa. Ruoka-annos 2B:n polygon-muodossa esitetystä kuvastakin on erotettavissa eri komponentit.

Taulukko 5. Elintarvikkeiden kuvausasetelmien vertailu.

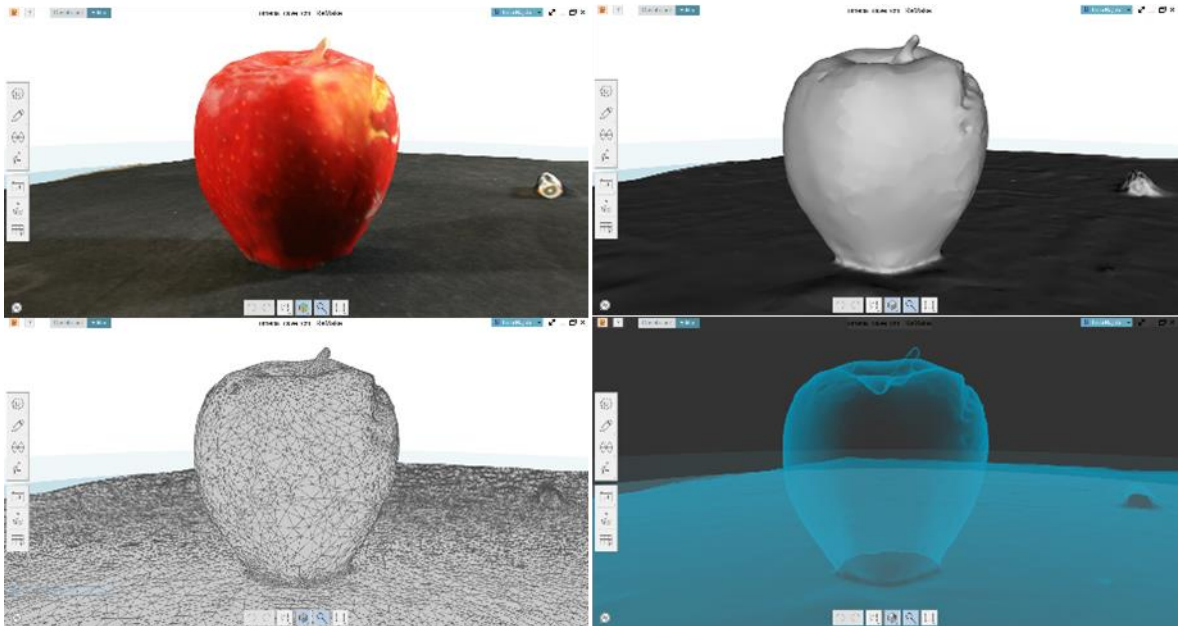
Mallin nimi	Kuvausympäristön valaistus			Kuvausala	Liikkuva kohde kuvatussa		Kameran tuki		Kameran asetukset		Kuvakulmat ja malliin käytettyjen kuvien määrä kuvakulma kohtaisesti					Malliin käytettyjen kuvien määrä
	Katto-valot	Luonnon- valo	Kohde- valo		Kamera	Kappale	Jalusta	Käsivara	Automaatti	Manuaali	Ala- viisto	Vaaka- taso	Ylä- viisto	Ylempi yläviisto	Ylhäältä päin	
											↙	←	↖	↗	↓	
Omena 1	Kyllä	Ei, musta huone	Kyllä (kaksi)	Musta samettikangas	X		X	X	A				37			37
Omena 2	Kyllä	Kyllä	Ei	Valkoinen paperi, jossa mustia ympyröitä ja musta kehys	X			X	A				49			49
Omena 3	Kyllä	Kyllä, kaihtimet kiinni	Ei	Vaneri, kameran edessä musta hiirimatto		X	X		M				35			35
Porkkana	Kyllä	Kyllä	Ei	Valkoinen paperi, jossa mustia ympyröitä ja musta kehys	X			X	A				49			49

Taulukossa 5 on esitetty elintarvikkeiden kuvausympäristö, -alusta, merkattu liikkuva kohde, kameran asetukset, kuvakulmat ja malliin käytettyjen kuvien määrät.

Taulukko 6. Elintarvikkeiden valokuvien ja 3D-mallien vertailu.

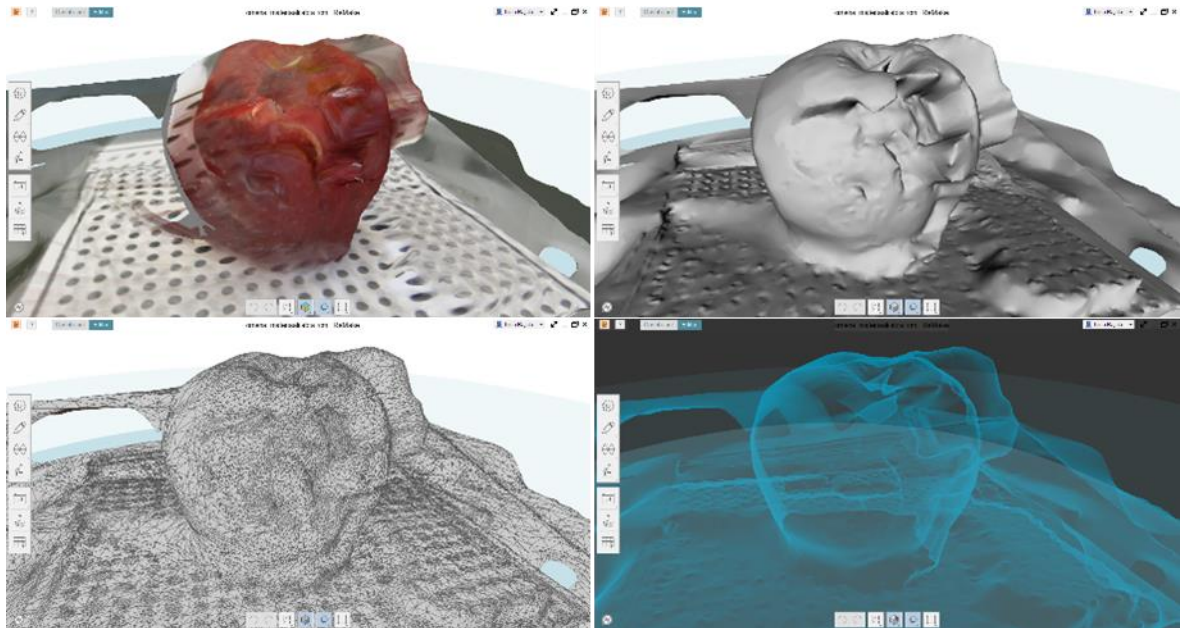
Mallin nimi	Kuvattava kohde ja sen laatu	Valokuvien laatu, havaitut poikkeamat	Mallin laatu, havaitut poikkeamat
Arviointiasteikko: huono, tyydyttävä, hyvä, erinomainen			
Omena 1	Kiiltävä omena	Kuvat huonoja. Tärähtäneitä, epätarkkoja, heijastumia ja omenan pinta kiiltää voimakkaasti	Tyydyttävä malli. Malli ehjä, mutta hieman epätarkka.
Omena 2	Hieman kiiltävä omena, vähän kolhiintunut	Kuvat hyviä, kuvausala heijastuu omenan pintaan	Huono malli. Kappaleessa ulkonemia, alusta heijastuu kappaleen pintaan, aukkoja, kappale ja alusta sulautuvat yhteen, alusta epätasainen.
Omena 3	Omena on saanut kolhuja ja nahistunut, hieman kiiltävä	Kuvat erinomaisia. Korkealaatuisia, todella hyviä, tarkkoja ja syvyyttarkkuus on hyvä	Erinomainen malli. Todella tarkka, yksityiskohtainen ja hieno malli.
Porkkana	Mattapintainen porkkana	Kuvat hyviä. Porkkanan kärki epätarkka, toiselle reunalle muodostuu varjo	Huono malli. Malli epätarkka, alusta ja porkkana sulautuvat yhteen porkkanan varjopuolelta, niin että puolet porkkanasta mallintuu alustana. Porkkanan päällä leijuu irrallisia osia porkkanasta. Porkkanassa harmaita kohtia. Alusta on tasainen.

Taulukossa 6 on kirjattuna kuvattava kohde ja sen laatu, valokuvien ja 3D-mallien laatu sekä havaitut poikkeamat. Valokuvia ja 3D-malleja on arvioitu asteikolla huono, tyydyttävä, hyvä, erinomainen.



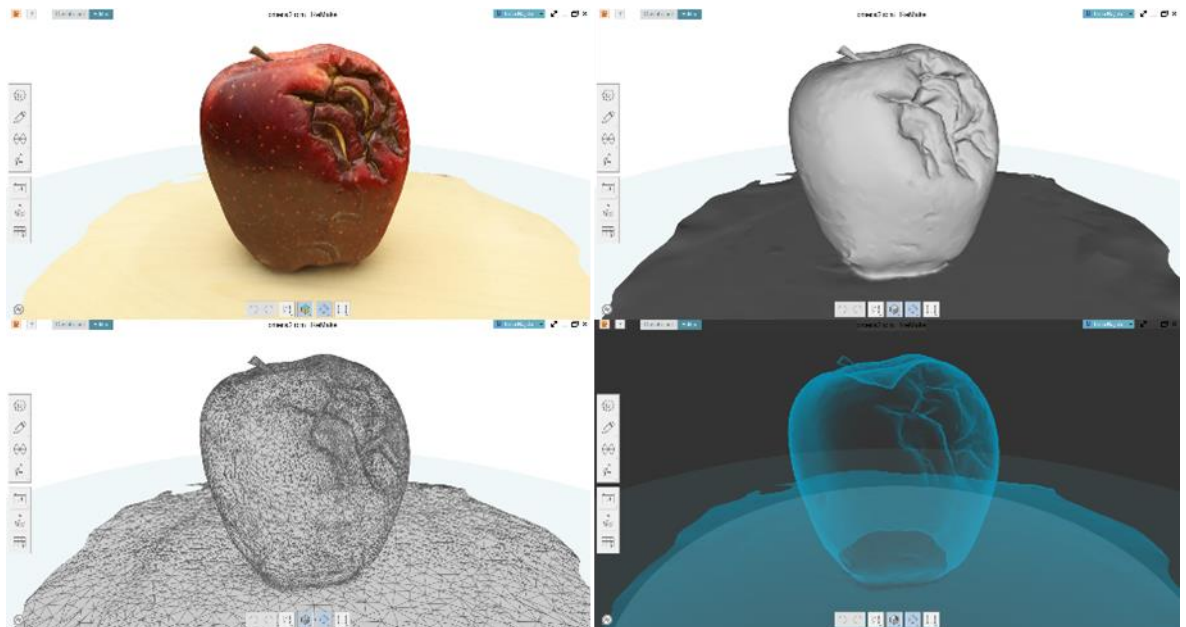
Kuva 16. Omena 1.

Kuvan 16 kolmiulotteinen Omena1 on hyvä ja ehjä 3D-malli. Omenan 3D-mallissa on havaittavissa epätarkkuutta ja varjoa. Omenan kara on yhdistynyt omenan pintaan. Omenan ja alustan reuna on suhteellisen selkeä. Alusta ja omena sekoittuvat vain vähän. Omenan oikeassa reunassa oleva painauma ei ole kovinkaan tarkka verrattuna kuvan 19 painaumiin. Epätarkoista ja osaksi tähtäneistä kuvista on kuitenkin saatu ReMake-ohjelmalla hyvä 3D-malli omenasta.



Kuva 17. Omena 2.

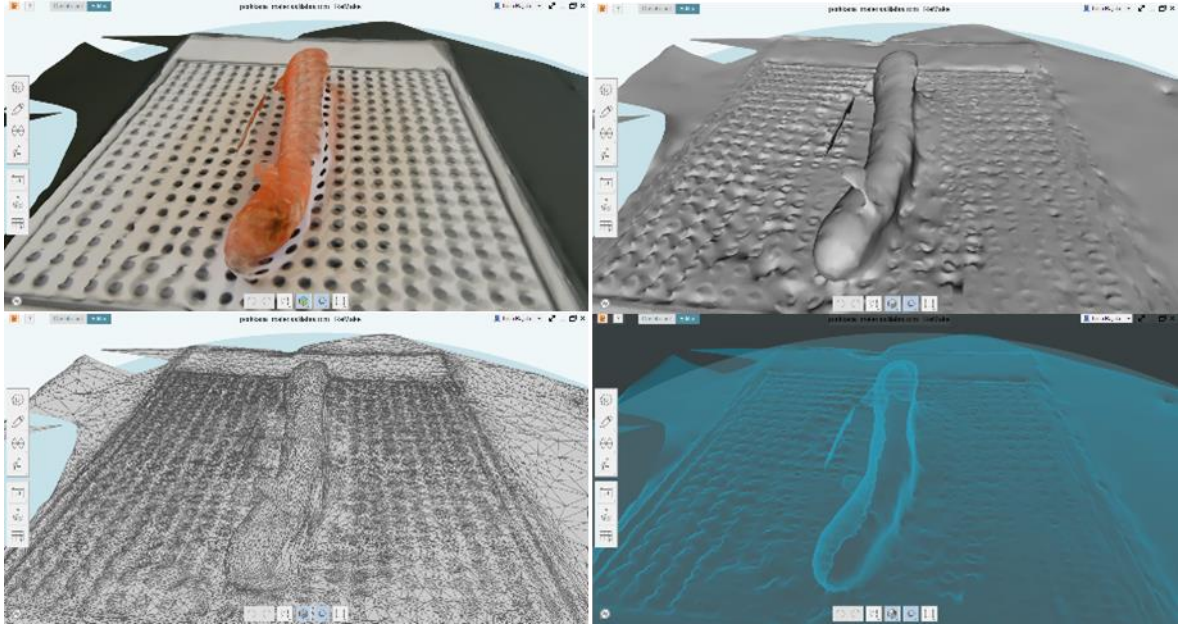
Kuvan 17 3D-mallissa on paljon puutteita. Omena2:n 3D-mallissa on muun muassa virheellisiä ulkonemia, heijastuksia ja suuria aukkoja. Malli ja alusta sulautuvat yhteen. ReMake-ohjelma ei ole tunnistanut omenan reunoja. Alusta on epätasainen, vaikka se on todellisuudessa täysin tasainen.



Kuva 18. Omena 3.

Kuvassa 18 esitetty Omena3:n 3D-malli on todella onnistunut ja tarkka. Painaumat näkyvät todella selkeästi. Syvyysulottuvuus näkyy mallista, erityisesti painaumuksissa,

myös erittäin hyvin. Omenan kara ei ole yhdistynyt muuhun omena, vaan on erillään kuten todellisuudessaakin. Alustan ja omenan reunan välillä on pientä epätarkkuutta, mutta ohjelma on kuitenkin hyvin tunnistanut kappaleen reunan. Alusta on tasainen.



Kuva 19. Porkkana.

Kuvan 19 Porkkanan 3D-malli on vasemmalta puolelta hyvä, mutta oikealta puolelta malli on yhdistynyt alustaan. Porkkanan oikea puoli oli varjopuolella, mikä saattaa aiheuttaa yhdistymisen ja porkkanan huonon mallintumisen. Lisäksi porkkanan päällä ja vasemmalla puolella on irralliset palat. Alusta on mallinnuksessa suhteellisen tasainen.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä testattiin ruoka-annosten kolmiulotteisen mallintamisen toimivuutta valokuvamenetelmällä. Ruoka-annosten 3D-mallintamisessa valokuvamenetelmällä onnistuttiin. Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua 3D-malleja ja valmistettua dokumentti valokuvausmenetelmästä. Työssä käytetyillä menetelmillä saatiin hyvä kolmiulotteinen malli.

Erinomaisen mallin saamiseksi tarvitaan lisää toistoa erityisesti valokuvaamisessa sekä lisää kokeiluja parhaan kuvausasetelman löytämiseksi. Toistoa tarvitaan, koska valokuvasarjojen välillä on liikaa muutoksia, jolloin syy-seuraussuhteiden löytäminen on vaikeaa. Jos muuttaa vain yhtä muuttujaa kerrallaan voidaan sen vaikutus nähdä paremmin. Tällöinkin on toki mahdollista, että yhden muuttujan muuttaminen vaikuttaa johonkin asiaan, jota ei kuitenkaan pystytä tiedostamaan tai havaitsemaan.

Lisäksi työssä testattiin menetelmän luotettavaa toistettavuutta. Työssä tuotettiin useita malleja, joten menetelmää pystytään toistamaan. Työssä tuotetun dokumentin ansiosta vastaava kuvaustilanne olisi mahdollista toistaa, koska kaikki tiedot on kirjattuna ylös taulukkoon sekä dokumentoitu tekstinä ja kuvina. Näin ollen menetelmän luotettava toistettavuus on mahdollista. Dokumentointi tapahtui kirjaamalla käytetyt menetelmät taulukkoon sekä ottamalla kuvausasetelmista yleiskuvia. Menetelmä on dokumentoitu selkeästi yhteen taulukkoon, jossa on huomioitu menetelmän eri osa-alueet.

3D-mallista voidaan saada erilaisia tietoja. Kappale saadaan 3D-mallin avulla digitaaliseen esitysmuotoon. Kun konkreettinen kappale saadaan tallennettua onnistuneesti digitaaliseen kolmiulotteiseen muotoon, sitä voidaan hyödyntää jatkossa muissa sovelluksissa. Sovellusten avulla 3D-mallista voidaan esimerkiksi määrittää kappaleen tilavuus. 3D-malli antaa enemmän informaatiota verrattuna kaksiulotteiseen kuvaan, koska 3D-teknologia tallentaa kappaleen muodon toisinkuin kaksiulotteinen teknologia tallentaa vain kappaleen kontrastit. 3D-muodosta voidaan mitata geometrisiä ominaisuuksia pinnan väristä välittämättä (LMI Technologies, [viitattu 3.5.2017]). Kolmioista muodostuva polygon-malli kertoo 3D-mallin tarkkuudesta ja

kappaleen pinnanmuodoista. Harvat, isot kolmiot mallissa merkitsevät epätarkkuutta tai kappaleen pinnan yksinkertaisuutta, jolloin kappaleen mallintamiseen riittää pienempi määrä kolmioita. Tiheät, pienet kolmiot 3D-mallissa kuvaavat mallin tarkkuutta tai kappaleen pinnan yksityiskohtaisuutta, jolloin mallintamiseen tarvitaan enemmän kolmioita. Solid-muodossa esitetyllä mallilla voidaan simuloida 3D-tulostusta. Mallista nähdään 3D-tulostuksessa vastaan tulevat puutteet, mikäli käytetään yksiväristä tai yhtä tulostusmateriaalia. Läpivalaistu röntgenmalli antaa erilaisen tarkastelu näkökulman ja lähestymistavan malliin kuin muut esitysmuodot. X-ray-muodossa olevasta 3D-mallista voidaan esimerkiksi tarkastella kappaleen sisäpintaa.

6 POHDINTA

Kuvaamisen pitäisi olla paljon nopeampaa ja yksinkertaisempaa, että ruoka-annosten mallintaminen arkipäivän tilanteissa olisi mielekästä. Ruoka-annoksesta ei oteta viittäkymmentä kuvaa siinä vaiheessa, kun saadaan lämpöinen ruoka-annos pöytään. Mielestäni neljä valokuvaa annoksesta on ehdoton maksimimäärä. Ideaalitilanteessa hyvän 3D-mallin muodostamiseen tarvitsisi vain yhden valokuvan. Kuitenkaan ideaalitilanteessa, tai edes neljällä kuvalla, ei toteudu valokuvien osittainen päällekkäisyys, josta tämän työn kirjallisuussosiossa kerrotaan. Valokuvamenetelmä vaatii kehittelyä tältä osin. Sen sijaan, jos malleja tuotetaan markkinointiin tai esimerkiksi ruokalistaa varten, valokuvamenetelmä on oikein toimiva ratkaisu. Kameran asetuksiin ja asetelmien luomiseen sekä kuvakulmien ja valaistusten suunnitteluun voidaan tällöin käyttää huomattavasti enemmän aikaa. Tulevaisuudessa voisi hyvin olla yrityksiä, jotka keskittyvät ruokien ja elintarvikkeiden 3D-mallien tuottamiseen valokuvamenetelmällä. Valokuvausmenetelmällä 3D-malli tehdään todellisesta, olemassa olevasta kohteesta, eikä kuvanneta kohdetta, kuten esimerkiksi CAD-ohjelmalla. CAD-ohjelmalla mallintaessa kaikkia yksityiskohtia ei millään pystytä mallintamaan tarkalleen niin kuin ne mallinnettavassa kohteessa ovat tai siihen menisi kohtuuttoman paljon aikaa.

Valokuvamenetelmällä tuotettujen 3D-mallien hyödyntämiskohteita voisivat olla esimerkiksi elintarvikkeiden internetmyynti, ravintoloiden ruokalistat sekä ruokamäärien arviointi. Esimerkiksi lihakauppa.fi -sivustolla on valokuvia myynnissä olevista lihoista. Valokuvien sijaan sivustoilla voisi olla 3D-mallit lihatuotteista, jolloin asiakas pääsisi tarkastelemaan lihoja kolmiulotteisesti ja halutessaan katsoa tuotetta joka puolelta. Erilaisia 3D-sovelluksia hyödyntäen voitaisiin lihatuotteiden 3D-malleista määrittellä niiden tilavuutta ja myös muita tietoja, esimerkiksi rakenteesta ja eri komponenteista, kuten proteiinista.

Ravintoloissa ruokalistat voisivat olla tableteilla, mistä asiakkaat voisivat katsoa annoksia 3D-malleina. Todellisen 3D-mallin näkeminen vähentäisi asiakkaiden pettymyksiä, koska asiakas on nähnyt tilattavan annoksen ja tietää mitä odottaa. Tällöin asiakkaan odotukset ja mielikuvat ruoka-annoksesta vastaavat todellisuutta. Ruoka-annosten 3D-mallit toisivat yrityksille ja työntekijöille selvän laatuvaatimuksen. Malli

toimisi laatumittarina, koska annoksen täytyy olla sellainen kuin asiakkaalle esitettävä malli on. Ruokalistan 3D-mallit tuovat haasteita, jos ruokalista vaihtuu usein tai listalla on päivittäin vaihtuvia ruoka-annoksia. Samat ruoka-annosten mallit voisivat olla esillä myös yrityksen nettisivuilla tai pyörähdysvideoina esimerkiksi pikaruokaravintolan näytöllä nykyisten kaksiulotteisten kuvien sijasta.

Helsingin yliopiston, Seinäjoen ammattikorkeakoulun ja Folkhälsanin tutkimuskeskuksen yhteistyönä on kehitetty lasten annoskuvakirja. Annoskuvakirja on valmistettu lasten syömien ruokamäärien arvioinnin avuksi. Kirja sopii ravitsemustutkimuskäyttöön ja apuvälineeksi ravitsemusohjaukseen. (Nissinen ym. 2016.) 3D-malleja voitaisiin hyödyntää ruokamäärien arvioinnin tukena. Annoskuvakirja voitaisiin tehdä digitaaliseen muotoon, jossa ruoka-annokset olisivat 3D-malleina. Kolmiulotteiset mallit voisivat parantaa syötyjen ruokamäärien hahmottamista ja arviointia grammoina. Valokuvamenetelmän, tai jonkin muun 3D-teknologian, kehittyessä annoskuvat tai kolmiulotteiset annosmallit kävisit turhiksi, koska annoskoot arvioitaisiin suoraan 3D-mallista, joka on luotu yhdestä valokuvasta. Tällöin poistuisi ihmisten tekemät arviointivirheet.

Opinnäytetyöprosessissa sai tutustua itselle aivan uuteen aiheeseen, joka teki työstä mielenkiintoista ja opettavaista. Opinnäytetyöllä on uutuusarvoa, koska kirjallisuustutkimusta tehdessä ruoka-annosten 3D-mallintamisesta valokuvamenetelmällä ei löytynyt juurikaan tietoa.

Työssä saaduista tuloksista ja dokumentista huolimatta on vaikeaa päätellä kuinka ja millä asetuksilla olisi parasta mallintaa ruoka-annoksia seuraavaksi. Seuraavassa ruoka-annosten mallinnuksessa voitaisiin ruoka-annos koota mattapintaiselle, värilliselle lautaselle, jossa on paljon yksityiskohtia. Valaistuksena käytettäisiin mahdollisimman tasaista valoa niin, että heijastuksia ja varjoja ei muodostuisi. Kuvausalus-tana olisi vastaava vanerialusta, kuin Omena3-kuvasarjaa kuvattaessa, ja laakeri vanerialustan alla. Kamera pysyisi paikoillaan ja annos pyörisi akselinsa ympäri. Kuvaamiseen käytettäisiin kameran manuaaliasetuksia. Kuvakulmiksi valittaisiin alaviisto, yläviisto ja lähes suoraan ylhäältä päin. Kuvakulmien välillä olisi tällöin eroavaisuutta, jolloin kuvia tulisi eri puolilta kohdetta kattavasti. Valokuvien määrää yhtä kuvakulmaa kohden pystyttäisiin lisäämään, kun määrä ei jakaantuisi niin mo-

nen kuvakulman välille. Toisaalta voitaisiin kokeilla kuvata vapaammin, eikä niin tarkasti ja säännönmukaisesti tietyistä kuvakulmista. Vapaammin, vaihtelevista kuvakulmista kuvattaessa kuvien päällekkäisyys ja pikselien vertaaminen olisi vaihtelevampaa ja näin ollen voisi auttaa mallin luomisessa. Mallin luomiseen valittaisiin vain kauttaaltaan tarkkoja valokuvia, koska valokuvien laatu määrittää pitkälti myös 3D-mallin laadun.

LÄHTEET

- 3D Printers Online Store. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Yhdysvallat. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavana: <https://www.3dprintersonlinestore.com/product/food>
- 3D Printing Industry. Ei päiväystä. Food. [Verkkosivu]. Iso-Britannia. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavana: <https://3dprintingindustry.com/food/>
- 3D Printing.com. Ei päiväystä. 3D Food Printing. [Verkkosivu]. Alankomaat. [Viitattu 21.3.2017]. Saatavana: <https://3dprinting.com/food/>
- Autodesk Inc. 1.5.2016. Autodesk ReMake Getting Started Guide. [Verkkokjulkaisu]. [Viitattu 7.10.2017]. Saatavana: <https://remake.autodesk.com/resources>
- ByFlow. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Netherlands: ByFlow. [Viitattu 17.3.2017]. Saatavana: <http://3dbyflow.com/>
- Chen, H-C., Jia, W., Y, Y., Li, Z., Sun, Y-N., Fernstrom, J.D. & Sun, M. 2013. Model-based measurement of food portion size for image-based dietary assessment using 3D/2D registration. [Verkkokjulkaisu]. Meas Sci Technol. [Viitattu 12.4.2017]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3819104/>
- Dosch Design. Ei päiväystä. 3D models and scenes for all popular 3D applications. [Verkkosivu]. Germany: Dosch Design Kommunikationsagentur GmbH. [Viitattu 3.4.2017]. Saatavana: <https://www.doschdesign.com/pro-ductlist2.php?line=4&subrubrik=82>
- EORA 3D. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Australia: EORA 3D. [Viitattu 3.4.2017]. Saatavana: <http://www.eora3d.com/product.html>
- Fang, S., Liu, C., Zhu, F., Delp, E. & Boushey, C. 2015. Single-View Food Portion Estimation Based on Geometric Models. [Verkkokjulkaisu]. International Symposium on Multimedia (ISM): IEEE. 385–390. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5035274/>
- Gun, R. 2016. 3D food modelling with photogrammetry using autodesk remake 2016. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Julkaisematon.
- Jia, W., Yue, Y., Fernstrom, J., Zhang, Z., Yang, Y. & Sun, M. 2012. 3D Localization of Circular Feature in 2D Image and Application to Food Volume Estimation. [Verkkokjulkaisu]. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE: IEEE. 4545–4548. [Viitattu 12.4.2017]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3717322/>

- Kelkar, S., Stella, S., Boushey, C. & Okos, M. 2011. Developing novel 3D measurement techniques and prediction method for food density determination. [Verkkójulkaisu]. *Procedia Food Science 1: 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11)*. 483–491. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavana: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X11000757>
- Langston, J. 19.1.2016. This smartphone technology 3-D maps your meal and counts its calories. [Verkkosivu]. Washington: University of Washington. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavana: <http://www.washington.edu/news/2016/01/19/this-smartphone-app-3-d-maps-your-meal-and-counts-its-calories/>
- LMI Technologies. Ei päiväystä. [Verkkójulkaisu]. An Introduction to The Advantages of 3D. [Viitattu 3.5.2017]. Saatavana: <https://downloads.lmi3d.com/products/technologies>
- Matter and Form Inc. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Yhdysvallat: Matter and Form Inc. [Viitattu 3.4.2017]. Saatavana: <https://bevel3d.net/>
- miniFactory Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Suomi: miniFactory Oy. [Viitattu 9.5.2017]. Saatavana: <http://www.minifactory.fi/>
- Neofit Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Suomi: Neofit Oy. [Viitattu 9.5.2017]. Saatavana: <http://www.neofit.com/>
- Nissinen, K., Sillanpää, H., Korkalo, L., Roos, E. & Erkkola, M. 2016. Annoskuva-kirja, lasten ruokamäärien arvioinnin avuksi. [Verkkójulkaisu]. Helsinki: Dieetti-media Oy. [Viitattu 16.1.2018]. Saatavana: <http://rty.fi/kuvapankki/>
- Prenta Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Suomi: Prenta Oy. [Viitattu 9.5.2017]. Saatavana: <http://www.prenta.fi/index.php>
- Riftek. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Valko-Venäjä: Riftek Ltd. [Viitattu 5.4.2017]. Saatavana: <https://riftek.com/eng/products/~show/instruments/3d-laser-scanning-systems/3D-laser-sorting-machine>
- Routledge. G. 2016. 3D printing food for an entire restaurant menu. [Blogikirjoitus]. Iso-Britannia: The Food Rush. [Viitattu 17.3.2017]. Saatavana: <http://www.thefoodrush.com/blog/3d-printing-food-for-an-entire-restaurant-menu/>
- Sculpteo. Ei päiväystä. 3D Modelling: Creating 3D Objects. [Verkkosivu]. France: Sculpteo. [Viitattu 13.3.2017]. Saatavana: <https://www.sculpteo.com/en/glossary/3d-modeling-definition/>
- Smart 3D Ltd. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Iso-Britannia: Smart 3D Ltd. [Viitattu 3.4.2017]. Saatavana: <https://www.pixelioscanner.com/>

- SRI International. Ei päivystä. Food Recognition Technology. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.4.2017]. Saatavana: <https://www.sri.com/engage/products-solutions/food-recognition-technology>
- Stockmann-Juvala, H., Oksanen, K., Viitanen, A-K., Kangas, A., Huhtiniemi, M., Kanerva, T. & Säämänen, A. 2016. Ohjeita turvalliseen 3D-tulostukseen. [Verkkojulkaisu]. Tietokortti 34: Työterveyslaitos. [Viitattu 2.5.2017]. Saatavana: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2017/01/Ohjeita-turvalliseen-3D-tulostukseen.pdf>
- Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J., Hong, G. S. & Chiu, A. 2015. A Review on 3D Printing for Customized Food Fabrication. [Verkkojulkaisu]. Procedia Manufacturing 1: 43rd North American Manufacturing Research Conference. 308–319. [Viitattu 5.4.2017]. Saatavana: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915010574>
- Xu, C., He, Y., Khanna, N., Boushey, C. & Delp, E. 2013. Model-based food volume estimation using 3D pose. [Verkkojulkaisu]. Published in: Image Processing (ICIP), 2013 20th IEEE International Conference on 15-18 Sept. 2013. IEEE. 2534–2538. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavana: <https://pdfs.semanticscholar.org/9052/4f403e95a755cb8aafb6a65380b567e9ca7e.pdf>

LIITTEET

Liite 1. 3D-mallien vertailu

