

---

# 3D-TULOSTUSTEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN JALKINEMUOTOILUSSA

**HAMK**  
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU

Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Muotoilun koulutusohjelma / Wetterhoff

Visamäki, kevät 2014



Karoliina Korpimaa

---

VISAMÄKI  
Muotoilun koulutusohjelma  
Jalkinemuotoilu

---

<b>Tekijä</b>	Karoliina Korpimaa	<b>Vuosi</b> 2014
<b>Työn nimi</b>	3D-tulostustekniikan hyödyntäminen jalkinemuotoilussa	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli uudenlaisen 3D-tulostusteknologian käyttömahdollisuuksien kartoitus jalkinevalmistuksen näkökulmasta. Tilaajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulu, jonka muotoilun koulutusohjelman jalkineen pääaineelle työ tehtiin. Päätaivitteena oli tarkastella tekniikan tarjoamia edellytyksiä suomalaisen jalkinemuotoilun yhteydessä ja laatia selvitys kolmiulotteisen tulostuksen onnistuneesta hyödyntämisestä jalkinealalla kansainvälisesti.

Opinnäytetyössä tutustuttiin 3D-tulostustekniikan toimintaperiaatteeseen, hahmotettiin sen suosiota nykypäivänä sekä tulevaisuudessa, ja otettiin selvää 3D-tulostukseen soveltuvista materiaalivaihtoehdoista jalkinemuotoilua silmälläpitäen. Opinnäytetyötä varten tutkittiin olemassa olevia käytännön esimerkkejä maailmalta ja mahdollisia suomalaisia yhteistyötahoja, joita opiskelija tai jalkinealan ammattilainen voisi muotoilutyössään hyödyntää.

Työn aiheeseen liittyen ei sen tuoreuden ja ajankohtaisuuden vuoksi ollut olemassa merkittävästi kotimaista painettua kirjallisuutta. Suomenkieliset kirjalliset lähteet olivat muissa korkeakouluissa laadittuja opinnäytetöitä 3D-tulostuksesta tekniikan aloilta. Tästä johtuen opinnäytetyön lähdeaineistona toimivat pääasiassa verkosta löytyvä materiaali artikkelien ja alan verkkosivujen muodossa, englanninkieliset kirjalliset lähteet sekä suulliset tiedonannot.

Prosessin tuloksena syntyi kartoitus 3D-tulostustekniikan hyödyntämismahdollisuuksista suomalaisessa jalkinemuotoilussa. Työssä selvitettiin jalkinemuotoilun kannalta hyödyllisimmät kolmiulotteiseen suunnitteluun ja tulostukseen erikoistuneet kotimaiset yritykset, verkossa toimivat suosituimmat kansainväliset 3D-tulostuspalvelut sekä kolmiulotteisen tulostusteknologian käyttömahdollisuudet Hämeen ammattikorkeakoulun tiloissa.

**Avainsanat** 3D-tulostus, muotoilu, jalkinemuotoilu, kartoitus

**Sivut** 59 s.

Visamäki  
Degree Programme in Design  
Footwear Design

---

<b>Author</b>	Karoliina Korpimaa	<b>Year</b> 2014
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	3D Printing Technology in Footwear Design	

---

ABSTRACT

The purpose of the thesis was to research the opportunities for the use of the new 3D printing technology from the footwear manufacturing point of view. The client of the thesis was HAMK University of Applied Sciences and this final year project was done for the Degree Programme in Design. The aim was to investigate the possibilities 3D printing could offer in the footwear design context and explore how international footwear designers have successfully used three-dimensional printing so far.

The project involved getting familiar with the operating principles of 3D printing, examining its popularity nowadays as well as in the future and finding out suitable material options when combining footwear design and 3D printing. Both existing examples from around the world and potential Finnish partners a student or professional footwear designer could benefit from are introduced in the thesis.

As the subject of the thesis was so unexplored and new there was not much written domestic literature to be found. Finnish literary sources included final year projects about 3D printing in different Degree Programmes from other Universities. Therefore the source material for the project is mainly collected from online articles and web pages considering the subject, English literature and personal communications.

The result of the process is a comprehensive study on how to make use of the possibilities of 3D printing technology in the Finnish footwear design field. The most useful national and the most popular international companies in the field of three-dimensional designing and printing are reported in the thesis. The project also determines how a student could take advantage of the technology in the premises of HAMK University of Applied Sciences.

**Keywords** 3D Printing, Design, Footwear Design, Study

**Pages** 59 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Aiheenvalinta ja taustat .....	2
1.2	Tavoitteet ja aiheenrajaus.....	3
1.3	Kysymysten asettelu.....	4
1.4	Tiedonhankinta.....	5
1.5	Viitekehys.....	5
2	3D-TULOSTUSTEKNIikka .....	8
2.1	Mitä 3D-tulostuksella tarkoitetaan .....	8
2.2	Materiaalivaihtoehdot.....	12
2.2.2	Muovit .....	14
2.2.3	Metallit .....	16
2.2.4	Muut materiaalit .....	20
2.3	3D-tulostuksen näkymät vuonna 2014.....	23
2.4	3D-tulostuksen hyödyt jalkinealalla.....	25
2.4.1	Kymmenen perusoletusta .....	25
3	3D-TULOSTUSTEKNIIKAN KÄYTTÖ JALKINEISSA .....	28
3.1	3D-tulostustekniikan käyttö kansainvälisesti .....	29
3.2	Verkossa toimivat 3D-tulostuspalvelut .....	30
3.2.1	Shapeways .....	30
3.2.2	i.Materialise .....	31
3.2.3	Thingiverse .....	31
3.2.4	Cubify .....	31
3.3	3D-tulostusta hyödyntävät kansainväliset suunnittelijat .....	32
3.3.1	Iris van Herpen .....	32
3.3.2	Pauline van Dongen.....	35
3.3.3	Naim Josefi .....	37
3.3.4	Andreia Chaves .....	39
3.3.5	Victoria Spruce .....	41
4	3D-TULOSTUSTEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN SUOMESSA .....	43
4.1	3D-tulostusmahdollisuudet Suomessa.....	43
4.2	Suomalaiset 3D-tulostuspalveluita tarjoavat yritykset.....	44
4.2.1	Maker3D.....	44
4.2.2	Teveteam .....	45
4.2.3	Innoexpress.....	45
4.3	Suomalaiset oppilaitokset.....	46
4.3.1	Hämeen ammattikorkeakoulu.....	46
4.3.2	Aalto-yliopisto .....	47
5	POHDINTA JA ARVIOINTI.....	49
5.1	Pohdinta.....	49
5.2	Arviointi .....	50
	LÄHTEET .....	52

### 1 JOHDANTO

3D-tulostus tulee lähitulevaisuudessa mullistamaan maailman ja realistisesti olemaan osa jokaista muotoilun ja tekniikan alaa. Kansainvälisesti 3D-tulostustekniikka on tämän hetken nopeimmin kehittyvä uusi muotoilun apuväline, jonka uskotaan tekevän design-osaamisesta ja suunnittelusta jälleen kunnollisen elinkeinon alan ammattilaisille.

Teollistuminen, sarjatuotanto ja niitä seurannut ulkomaisen alihankinnan yleistymisen ovat heikentäneet kotimaista jalkineteollisuutta, mutta 3D-tulostuksen myötä mahdollisuus markkinoille avautuu pienillekin toimijoille heidän voidessaan tarjota kuluttajille uudenlaisia vaihtoehtoja. Kuljetuskustannukset jäävät pois, materiaalihävikki pienenee ja mahdollista on, että tuotteen elinkaaren aikainen energiankulutus supistuu. Tämä kaikki voidaan laskea lähituotannon eduksi. (Lepomäki 2012.)

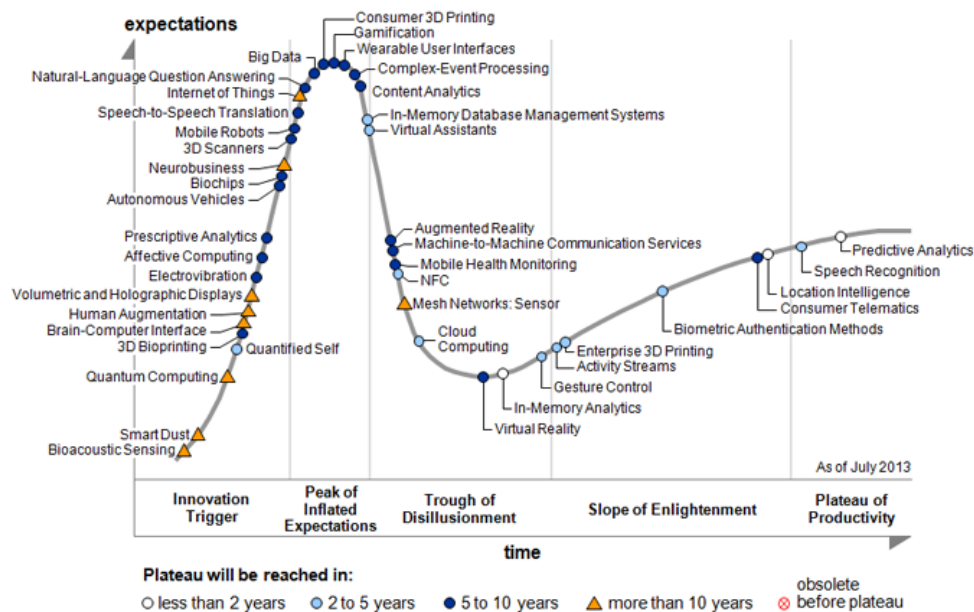
Helmikuussa 2014 3D-tulostimia koskevan patentin vanhenemisen ansiosta 3D-tulostusteknologia on ajankohtaisuudeltaankin mielenkiintoinen aihe käsitellä. Kalliita tulostimia suojaavan patentin raukeaminen mahdollistaa yhä edullisempien laitteiden markkinoimisen kuluttajille. Patenti liittyy laserteknologiaan, joka mahdollistaa erittäin korkealaatuisen tulostusjäljen myös kuluttajille suunnatuissa tulostimissa. Esimerkiksi verkkosivusto Cubify myy jo hinta-laatusuhteeltaan kilpailukykyisiä tulostimia kotikäyttöön (kuva 1). Tähän mennessä valmistajat eivät ole voineet käyttää ammattitason tekniikkaa edullisen hintaluokan tulostimissa kalliiden lisenssikustannusten vuoksi. Umpeutuva patenti mahdollistaa tekniikan kehityksen, mikä näkyy todennäköisesti suurempana kilpailuna tulostimien laadun parantuessa ja hinnan laskiessa. (3Dprinttaus 2013.)



Kuva 1. Kotitalouksiin myytäväksi tarkoitettu The Cube 3D –tulostin (Cubify).

3D-tulostusteknologian hyödyntäminen kotiloissa yksityisten kuluttajien keskuudessa kasvattaa suosiotaan ja myös kansainvälisesti tunnetut jalkinemuotoilijat ovat löytäneet markkinaraon heidän keskuudestaan.

Vuonna 2013 kuluttajille suunnatut 3D-tulostimet olivat jo toistamiseen trendejä seuraavan tutkimuslaitos Gartnerin tunnetun Hype-käyrän (kuva 2) kärjessä (Hamilo 2013). Urheilujalkinemarkkinoilla 3D-tulostus ei ole tuntematon tekniikka, mutta vasta viime vuosien aikana sen potentiaalia on alettu todella ottaa käyttöön. Selvää on, että uusi teknologia avaa ovia monille mahdollisuuksille jalkinemuotoilun yhteydessä tulevaisuudessa. (Laurila 2013.)



Kuva 2. Gartnerin Hype -käyrä kuvaa uusien innovaatioiden tulevaisuusnäkömiä ja odotuksia (Gartner 2013).

### 1.1 Aiheenvalinta ja taustat

3D-skannaus ja 3D-suunnittelu ovat tuttuja aiheita monelle jalkinemuotoilijalle, mutta 3D-tulostus jalkineita valmistettaessa on Suomessa vielä lapsen kengissä. Kansainvälisessä mittakaavassa 3D-tulostustekniikka on saanut jo jalansijaa jalkinemuotoilun saralla ja tämän vuoksi opinnäytetyön päätavoitteena on kartoittaa uuden tuotantomahdollisuuden näkömiä myös suomalaisen jalkinemuotoilun kannalta.

3D-tulostimilla on tähän mennessä saatu aikaan tuhansia ja taas tuhansia käyttöesineitä, koruja sekä koriste-esineitä. Monien tulevaisudentutkijoiden mielestä teollisen vallankumouksen uskotaan kuitenkin alkavan täysin muualta kuin tylsistä käyttöesineistä. Persoonattomat käyttöesineet saattavat olla 3D-tulostuksen alkua, mutta vielä nopeammin kasvava bisneksen muoto uskotaan olevan äärimmilleen yksilöidyt, muunneltavat ja kuluttajien itse suunnittelemat tavarat. (Pettersson 2013.)

Opinnäytetyön tilaajana toimii Hämeen ammattikorkeakoulu, jonka muotoilun koulutusohjelman jalkineen pääaineelle työ toimii kartoituksena uudenlaisen teknologian käyttömahdollisuuksista. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia jalkineiden valmistusmahdollisuuksia 3D-tulostustekniikan avulla, sekä selvittää millä tavoin suomalainen jalkinemuotoilija tai jal-

kinemuotoilun opiskelija voisi jatkossa hyödyntää kolmiulotteista tulostusta omien tuotteidensa valmistukseen.

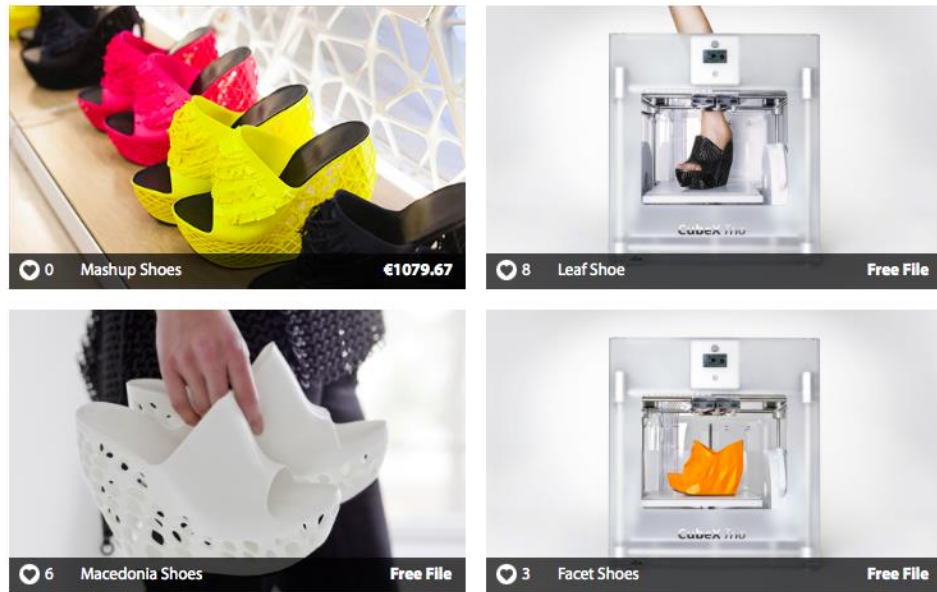
### 1.2 Tavoitteet ja aiheenrajaus

Lähtökohtana on tutustua ensimmäistä kertaa suomalaisen jalkinemuotoilun historiassa uudenlaiseen 3D-tulostustekniikkaan, jota pyritään hyödyntämään tulevaisuuden muotoilussa. Opinnäytetyö raapaisee vain pintaa ensiaskeleitaan ottavan 3D-tulostustekniikan käyttötavoista, jolloin tämän opinnäytetyön jatkokehittely on mahdollista lähes mihin suuntaan tahansa.

Työn alussa käydään lyhyesti läpi 3D-tulostustekniikkaa ja sen tarjoamia edellytyksiä muotoilun kannalta erityisesti jalkinemuotoilun näkökulmasta. Päämääränä on tutustua maailmalla kyseistä tekniikkaa hyödyntäviin jalkinesuunnittelijoihin sekä 3D-alan toimijoihin ja pohtia, mitkä olisivat kolmiulotteisen tulostuksen käyttöönottomahdollisuudet Suomessa.

Tavoitteena on laatia kattava kartoitus Hämeen ammattikorkeakoulun muotoilun koulutusohjelman jalkineen pääaineelle sekä nykyisille ja tuleville jalkinemuotoilijoille 3D-tulostustekniikan onnistuneesta hyödyntämisestä kansainvälisesti. Työssä esitellään alan pioneereja ja heidän töitään sekä selvitetään, millä tavoin suomalaisen jalkinemuotoilijan on mahdollista hyödyntää 3D-tulostustusta nykypäivänä.

Kiehtova jalkinemuotoilun suuntauksena ja opinnäytetyön jatkokehittelyn aiheena on 3D-tulostuksen jalostaminen kotitalouksiin kyseisen tekniikan yleistyessä tulevaisuudessa. Vaatetuksen alalta tuttu kaavojen ja valmiiden design-tiedostojen myyminen sähköisesti on jo todellisuutta kansainvälisissä jalkinemuotoilupiireissä ja tämänkaltaiset markkinat ovat kasvattamassa suosiotaan 3D-tulostimien lisääntyessä kuluttajien kotitalouksissa. Esimerkiksi vuonna 2000 toimintansa aloittaneen 3D-tulostukseen erikoistuneen Freedom of Creation -yrityksen perustajan, suomalaissyntyisen Janne Kytösen suunnittelemissa jalkinemalleista (kuva 3) on jo mahdollista tilata sähköisiä kolmiulotteiseen tulostukseen tarkoitettuja tiedostoja Cubify -verkkosivuston kautta. (Cubify.)



Kuva 3. Jalkineita myydään valmiina tulostustiedostoina verkkokaupassa (Cubify).

Opinnäytetyössä ei suunnitella tai valmisteta itse 3D-tulostettavia jalkineita, vaan kootaan teoreettinen tietopaketti tämänkaltaisen suunnitteluprosessin vaiheista ja tuotantomahdollisuuksista niin kansainvälisessä kuin kotimaisessakin kontekstissa. Työssä ei huomioida jalkineen toiminnallista näkökulmaa 3D-tulostuksen yhteydessä, sillä tekniikka ja siihen käytettävät materiaalit ovat vielä tuotekehitysvaiheessa, eivätkä toistaiseksi sovellu teolliseen jalkineenvalmistukseen.

### 1.3 Kysymysten asettelu

Opinnäytetyössä etsitään vastausta seuraavaan pääkysymykseen:

- Miten 3D-tulostustekniikkaa voidaan hyödyntää jalkinemuotoilussa?

Tämän lisäksi työssä pohditaan myös tarkentavia lisäkysymyksiä:

- Mitä 3D-tulostustekniikalla tarkoitetaan?
- Mitä materiaalivaihtoehtoja 3D-tulostusta varten on nykyisin olemassa?
- Millä tavoin 3D-tulostustekniikkaa on maailmalla onnistuneesti jalkinealalla hyödynnetty?
- Mitä 3D-tulostuspalveluita jalkinemuotoilijan on mahdollista hyödyntää?
- Mitkä ovat 3D-tulostuksen tarjoamat hyödyt jalkinemuotoilun näkökulmasta?



- Miten 3D-tulostustekniikkaa on mahdollista hyödyntää jalkinemuotoilussa Suomessa?

### 1.4 Tiedonhankinta

Opinnäytetyön aiheeseen liittyen ei sen tuoreuden ja ajankohtaisuuden vuoksi ole olemassa merkittävästi painettua kirjallisuutta. Suomenkielisiä kirjallisia lähteitä ei aiheesta löydy vielä lainkaan, lukuun ottamatta muissa korkeakouluissa laadittuja opinnäytetöitä 3D-tulostuksesta muilla aloilla. Tästä johtuen opinnäytetyön taustatutkimuksen lähteenä on pääasiassa verkosta löytyvä materiaali, pohjatyötä varten luettu kirjallisuus sekä suulliset lähteet.

Prosessin alkuvaiheessa painopiste on taustatutkimuksella, eli 3D-tulostustekniikkaan perehtymisellä teoriassa sähköisten ja kirjallisten lähteiden avulla. Työn alussa esitellään, kuinka 3D-tulostustekniikka käytännössä toimii, sen suosiota nykypäivän ja tulevaisuuden muotoilussa sekä materiaalivaihtoehtojen kirjoa jalkinemuotoilua silmälläpitäen. Teorian ja tekniikan esittelyn jälkeen opinnäytetyössä kartoitetaan jo olemassa olevia käytännön esimerkkejä maailmalta ja mahdollisia suomalaisia yhteistyötahoja, joita opiskelija tai jalkinealan ammattilainen voisi suunnittelussaan hyödyntää.

Näin uuden tekniikan ollessa kyseessä on tärkeää ottaa selvää menetelmän käyttötarkoituksista ja onnistuneista käyttökohteista. Taustatutkimuksessa käytettyjen pohjustavien lähteiden lisäksi verkosta löytyvät videohaastattelut alan uranuurtajista ovat tämän opinnäytetyön kannalta menestyksenkäs voimavara.

Työtä varten on tutustuttu 3D-tulostustekniikkaa muilla muotoilun aloilla käyttäviin yrityksiin ja oppilaitoksiin. Tiedonhankinnassa ei ole käytetty virallisia haastatteluja, vaan aineistoa työtä varten on saatu henkilökohtaisen suullisten lähteiden avulla.

### 1.5 Viitekehys

Opinnäytetyön viitekehys (Kuvio 1) kuvaa koko opinnäytetyöprojektia. Se kuvastaa opinnäytetyön keskeisimmät osa-alueet ja rakenteen.

Viitekehyksessä ilmenee opinnäytetyön lähtökohta eli kartoitus 3D-tulostustekniikan hyödyntämisestä jalkinemuotoilussa sekä työn lopputulos eli selvitys 3D-tulostustekniikan hyödyntämismahdollisuuksista Suomessa. Työ rakentuu sähköisiin ja kirjallisiin lähteisiin perustuvan teoria-tiedon ja esimerkkien pohjalle. Aiheenvalinnan ajankohtaisuutta painotetaan sekä teorian että esimerkkien kautta muodin ja jalkinemuotoilun näkökulmasta.



Teoria käsittää selvityksen siitä, mitä 3D-tulostustekniikalla tarkoitetaan ja sen tulevaisuuden näkymät opinnäytetyön julkaisuvuonna 2014. Teoriaosiossa esitellään myös tällä hetkellä saatavilla olevat materiaalivaihtoehdot, joita on mahdollista hyödyntää 3D-tulostuksen yhteydessä.

Esimerkkien avulla opinnäytetyössä tutkitaan 3D-tulostustekniikan käyttöä jalkineissa kansainvälisellä tasolla. Työssä pohditaan tekniikan hyödyntämismahdollisuuksia ja esimerkkikuvien avulla tutustutetaan lukija alan uranuurtajiin sekä heidän 3D-tulostustekniikalla tuotettuihin jalkineisiinsa.

Edellä mainittujen taustojen pohjalta opinnäytetyössä selvitetään 3D-tulostustekniikan hyödyntämismahdollisuudet Suomen mittakaavassa. Työssä esiteltävät suomalaiset yritykset ja oppilaitokset on valikoitu suomalaista jalkinemuotoilun opiskelijaa ja ammattilaista palvelevasta näkökulmasta.

## 2 3D-TULOSTUSTEKNIikka

3D-tulostuksen juuret voidaan jäljittää jo vuoteen 1976, jolloin nykyaikaiset mustesuihkutulostimet tuotiin markkinoille. Vuoteen 1984 mennessä kehitys mahdollisti musteen sijaan tulostamisen myös muilla nestemäiseen muotoon saatetuilla materiaaleilla. Nyt vuosikymmeniä myöhemmin erilaisten sovellusten myötä 3D-tulostustekniikka on saanut jalansijaa usealta muotoilun alalta ja hämärtää rajoja eri aloilla toimivien muotoilijoiden välillä. (A Brief History of 3D Printing 2011.)

Nykyisin 3D-tulostuksena tunnettua teknologiaa on käytetty prototyyppien valmistukseen jo 1980-luvulta lähtien. Aiemmin teknologiasta käytettiin yleisemmin nimeä pikavalmistus eli Rapid Prototyping (Hoskins 2013, 37). Termien päivittyessä käytännön menetot kyseisen teknologian hyödyntämisessä ovat kuitenkin vuosikymmeniä pysyneet samana. Perinteisesti muotoilija siis suunnittelee esineen, josta tietokoneelle piirtämisen ja ohjelmoinnin jälkeen tulostetaan valmis 3D-malli. (Pettersson 2013.)

3D-tulostusta voisi tarkemmin kuitenkin kutsua pikavalmistuksen alalajiksi, sillä se perustuu samaan peruseriaanteeseen kuin kaikki muukin pikavalmistus mutta pienemmässä mittakaavassa. 3D-tulostus terminä keksittiin 90-luvun lopulla, kun pikavalmistuslaitteiden joukkoon ilmestyivät ensimmäiset koneet, jotka eivät enää vaatineet teollisuusympäristöä, jatkuvaa valvontaa tai varsinaista erityisosaamista käytön edellytyksenä. (C-advice.)

Nimi 3D-tulostus on kuitenkin tämänkaltaiselle teknologialle hieman harhaanjohtava, sillä vaikka tekniikka yleistyy, kehittyy ja laajenee kotitalouksiin kasvavalla vauhdilla, on se edelleen lähempänä teollista valmistusta kuin perinteistä kotitulostusta. Termin väitetäänkin osittain olevan markkinointikikka, jolla kuluttajille suunnatuista tuotteista voidaan antaa niimensä ansiosta käyttäjäläheisempi kuva. (Kurman & Lipson 2013, 66.)

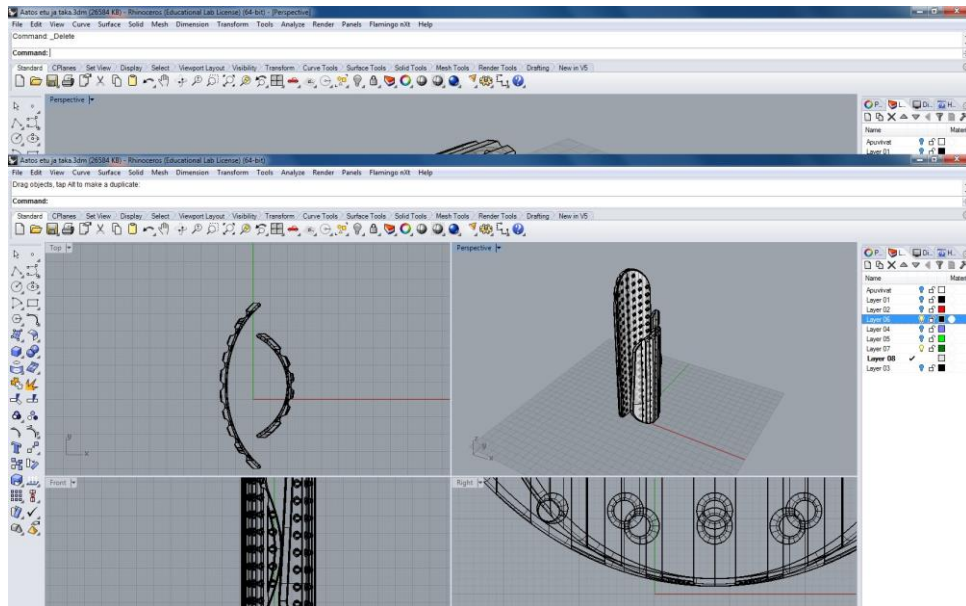
### 2.1 Mitä 3D-tulostuksella tarkoitetaan

Voidakseen mallintaa 3D-tulostimella tulostettavan esineen, muotoilijan on kyettävä ajattelemaan suunnittelu- ja mallinnusvaiheessa kolmiulotteisesti. Vaikka lause saattaa kuulostaa itsestäänselvyydeltä, on se useamman muotoilijan kompastuskivi, minkä johdosta monet toimijat ovat päätyneet ostamaan 3D-suunnittelupalvelunsa sitä tarjoavilta ulkopuolisilta yrityksiltä. (Hoskins 2013, 38.)

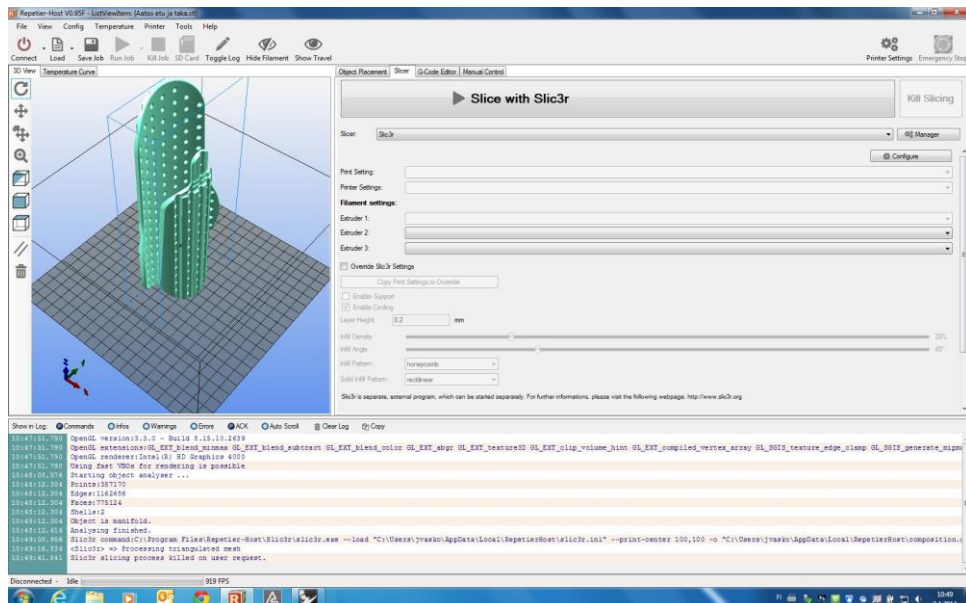
Kappaleessa esiintyvät esimerkkikuvat havainnollistavat 3D-suunnitteluan Rhinoceros-tietokoneohjelman avulla. Kuvat ovat kuvakaappauksia Hämeen ammattikorkeakoulun teollisen muotoilun opettajan Jaakko Vaskon mallinnuksen pohjalta.

3D-tulostusprosessi alkaa mallinnustiedoston luomisella kolmiulotteiseen mallintamiseen tarkoitettulla tietokoneohjelmalla (kuva 4). Tiedoston on oltava täysin yhteensopiva 3D-tulostimeen sisäänrakennetun ohjelmiston kanssa, sillä se kertoo tulostimelle ohjeet 3D-mallin luomiseen tiedoston

pohjalta (kuva 5). Nykyisin 3D-tulostimia varten on standardisoitu tiedostomuoto STL, jonka valtaosa 2010-luvun 3D-tulostimista osaa lukea. Tämänkaltaisen valmiin tiedoston luominen ei ole aina täysin yksiselitteinen prosessi. STL on vuosikymmeniä vanha tiedostomuoto, jonka useissa yhteyksissä uskotaan olevan vanhanaikainen modernien 3D-suunnitteluohjelmien rinnalla. Suurin osa mallinnustiedostoista, etenkin monimutkaisempien esineiden luomisessa, vaativat ammattimaista osaamista kyseisten suunnitteluohjelmien käytössä. Vaikka monesti vertaillaan erilaisten ohjelmistojen toimivuutta ja tarkkuutta, loppujen lopuksi tärkeintä 3D-suunnittelussa on käyttäjän ammattitaito. (Kurman & Lipson 2013, 77–79.)



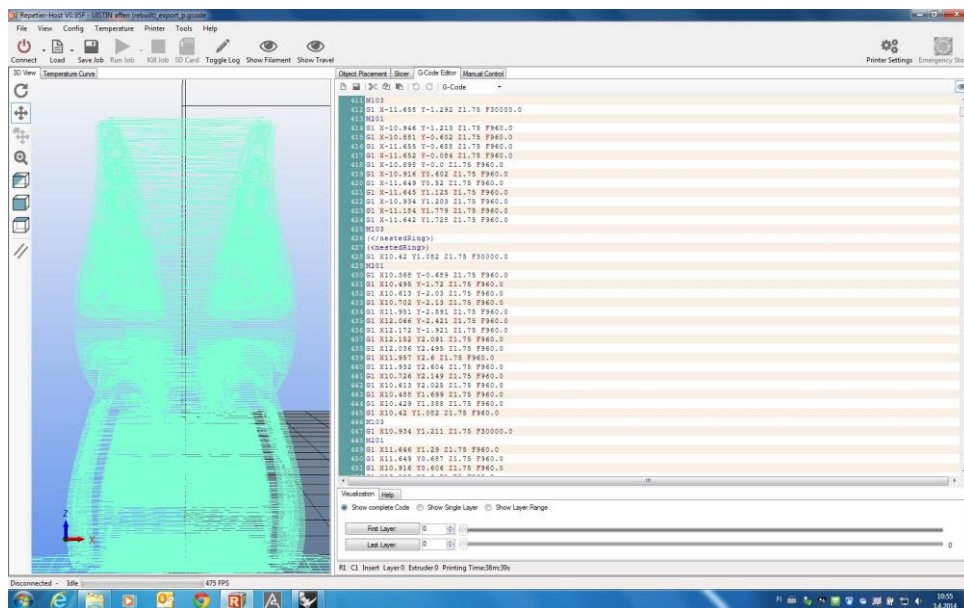
Kuva 4. Esimerkki Rhinoceros – mallinnusohjelmalla luoduista kolmiulotteisista kapaleista (2014).



Kuva 5. Esimerkki 3D-tulostinohjelman viedystä kolmiulotteisesta mallinnuksesta (2014).

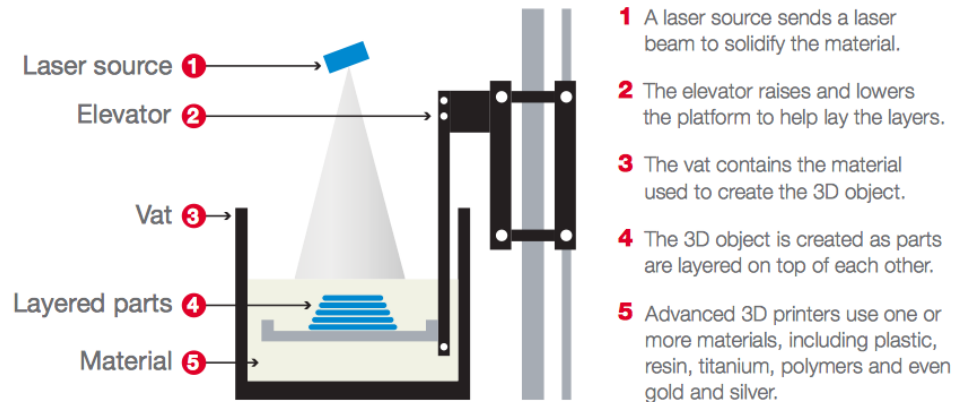
Luodakseen kolmiulotteisen mallin 3D-tulostinta varten, on muotoilijan käytettävä hyväksi tarjolla olevia 3D-ohjelmistoja. Tämän aikaansaamiseksi useimmin käytetty ohjelmistomuoto on CAD (Computer-aided Design) eli tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma. Perinteisesti tämänkaltaisiin ohjelmistoihin luetaan kaksiulotteisen suunnittelun työkalut, joista mainittakoon Illustrator, Corel Draw ja Autocad. Mallien muuttaminen kolmiulotteiseen muotoon sen sijaan voidaan saattaa esimerkiksi insinööreille tutuilla ohjelmistoilla Pro/Engineer, SolidWorks ja Pro/Desktop. Muotoilijoiden keskuudessa suosituimmat 3D-suunnitteluohjelmat ovat Rhinoceros ja Alias Studio Tools. (Hoskins 2013, 39.) Yllä mainittujen suunnitteluohjelmien lisäksi internetistä löytyy nykypäivänä lukuisia ilmaisia suunnitteluohjelmia, jotka on suunnattu pääasiassa yksityisille kuluttajille harrastelijakäyttöön (3Ders).

Suunnitteluvaiheen jälkeen käyttäjän kannalta prosessin haastavin osuus on takanapäin. Mallinnettu kolmiulotteinen tiedosto syötetään 3D-tulostusohjelmaan, joka viipaloi mallinnuksen tulostusta varten ohuiksi tulostesiivviksi (kuva 6). Joissakin nykyaikaisista 3D-tulostimista on sisäänrakennettu sovellus, joka ennen lopullista tulostusta varmistaa CAD-tiedoston ja STL-tulostusmuodon yhteensopivuuden. Kaiken ollessa kunnossa tulostin voidaan jättää itsekseen tulostamaan haluttu tuote tai esine. (Kurman & Lipson 2013, 80.)



Kuva 6. Esimerkki 3D-tulostusohjelmaan syötetystä viipaloidusta mallinnuksesta (2014).

Toimintaperiaate voidaan kaikissa pikavalmistulaitteissa yleistää samankaltaiseksi, kuten T. Rowe Pricen verkkosivuilta löytyvä yksinkertaistettu piirros esittää (kuva 7). Laitteissa on aina rakennusalausta, jolle tietokoneella ohuiksi 2D-poikkileikkauksiksi viipaloitu malli kasataan. Nämä poikkileikkaukset muodostavat perinteisistä paperitulostimistakin tunnetun tulostusjonon tulostamalla viipaleet kerros kerrokselta toistensa päälle materiaalia lisäämällä. Kyseessä on siis kolmiulotteisten kappaleiden valmistus suoraan tietokoneavusteisessa suunnittelussa käytetyn CAD-geometrian pohjalta.



Kuva 7. Havaintokuva 3D-tulostimen toimintaperiaatteesta (T. Rowe Price 2011).

Kaikki nykyiset 3D-tulostimet toimivat samalla kaavalla eli aluksi pika-valmistuslaite tulostaa alustalle ensimmäisen poikkileikkauksen. Tämä voi tapahtua esimerkiksi koko alustan kattavaan jauhekerrokseen sideainetta suihkuttamalla, jauhetta laserin avulla levittämällä tai sulaa materiaalia pursottamalla. Tulostustavasta riippumatta seuraavassa vaiheessa jonon seuraava poikkileikkaus tulostetaan edellisen päälle. Sykliä toistettaessa tarpeeksi monta kertaa saadaan rakennetuksi kokonainen kolmiulotteinen kappale (kuva 8). (C-advice.)



Kuva 8. Valmiit esimerkkimallinnusten pohjalta kolmiulotteisesti tulostetut kappaleet (2014).

3D-tulostimella valmistettu tuote on nykypäivänä tarjolla olevilla laitteilla harvoin valmis kuluttajille myytävä esine sellaisenaan, vaan vaatii usein

hiontaa ja viimeistelyä tulostuksen päätyttyä (Kurman & Lipson 2013, 81).

### 2.2 Materiaalivaihtoehdot

Tässä kappaleessa on esitelty yleisimmät 3D-tulostuksessa käytettävät materiaalivaihtoehdot, joiden käyttökohteita jalkinemuotoilun yhteydessä kuvataan esimerkkikuvien avulla.

3D-tulostus mahdollistaa muotoilijalle täydellisen valinnanvapauden ja kontrollin käytettävien materiaalien suhteen. Useampaa materiaalia yhtä aikaa operoivat tulostimet avaavat ovet aiemmin epäsopivien materiaaliyhdisteiden johdosta toteutuskelvottomiksi luultujen, ennenäkemättömien esineiden luomiseen. Kaikki nykyisin tarjolla olevat 3D-suunnitteluohjelmistot eivät kuitenkaan vielä täysin ymmärrä useamman materiaalin käyttöä yhtäaikaaisesti, joten tietokoneavusteisten suunnitteluohjelmien on päivitettävä itseään ennen kuin tämänkaltainen palvelu voidaan ohjata suuremman yleisön ulottuville (Kurman & Lipson 2013, 15, 99).

Kotikäyttöisten 3D-tulostimien tulostuslaatu on kehittynyt muutaman viime vuoden aikana suurin harppauksin, vaikkei se vieläkään täysin vastaa teollisesti tuotettua. Suurin osa harrastelijoille suunnatuista tulostimista laato materiaalia kerroksittain, jolloin lopputulos ei ole yhtä tiivis kuin tehdasvalmisteisissa esineissä. Liikkuvat osat joudutaan edelleen tulostamaan erillisinä kappaleina ja kokoamaan jälkikäteen käsityönä. (Pettersson 2013.)

Muovien 3D-tulostusta on kehitelty jo vuosia ja muovi onkin nykyisin yleisimmin käytettävä materiaali kolmiulotteisia kappaleita tulostettaessa. Erilaiset muovit ovat hinnaltaan kilpailukykyisiä ja sopivat hyvin kotioloissa käytettäviin tulostimiin. (Kotilainen 2013.)

Samuli Kotilainen kertoo Tietokone-lehden verkkoversiossa (2013) metallien kolmiulotteisen tulostuksen olevan tämän hetken merkittävimpiä uudistuksia 3D-tulostusteknologian saralla. EU ja Euroopan avaruusjärjestö ESA ovat perustaneet suuren Amaze-yhteenliittymän, johon kuuluu 28 organisaatiota mukaan lukien eurooppalaisia yrityksiä ja tutkimuslaitoksia. Yhteenliittymän tavoitteena on vauhdittaa metallien 3D-tulostusta, jotta uudenlaiset tulostettavat osat saataisiin yritysten ulottuville ja tuotantoon mahdollisimman pian lähitulevaisuudessa.

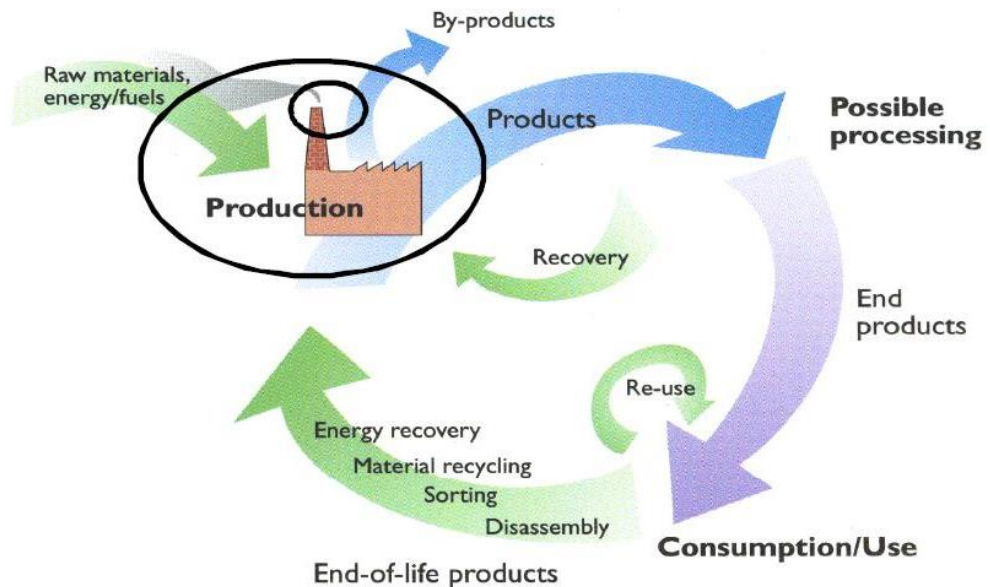
Metallien hyödyntäminen 3D-tulostuksessa tarjoaa lähestulkoon rajattomat mahdollisuudet muotojen ja rakenteiden suunnittelussa ja mahdollistaa monimutkaistenkin onkaloiden ja tukirakenteiden luomisen tuotteen. Näin pystytään valmistamaan osia, jotka ovat aiempaa kestävämpiä mutta rakenteeltaan kevyempiä. Painon vähentäminen hyödyttää etenkin avaruusalus- ja lentokoneiteollisuutta, mutta mahdollistaa myös aiemmin liian raskaina pidettyjen metallien käytön esimerkiksi jalkinevalmistuksessa.



3D-tulostimella valmistetut metalliosat voivat myös olla yritykselle edullisempi tapa valmistaa kuin perinteisesti tehtaissa tuotettuna. Valumuotteja ei tarvita ja hankalat valmistusvaiheet jäävät tulostusvaiheessa pois, sillä tietokone tekee työn tulostustiedoston pohjalta alusta loppuun. Hukkamateriaalia ei tällä tavoin valmistettaessa juurikaan synny.

Laajamittaisen valmistuksen näkymä ei ole kuitenkaan vielä esteetön. Materiaalista riippumatta rakenteisiin jää nyky menetelmillä helposti pieniä ilmakuplia ja osien pinnan viimeistely jää tulostimen käyttäjän vastuulle. (Kotilainen 2013.)

3D-tulostustekniikka on toistaiseksi vielä tuotekehityksen alla, mutta esimerkiksi jalkinemuotoilussa kolmiulotteista tulostusta voidaan jatkossa mahdollisesti hyödyntää lestien, komponenttien, solkien, koristeiden tai kokonaisten jalkineparien valmistukseen. Materiaalivalinta riippuu tulostettavan esineen asettamista vaatimuksista. Esimerkiksi soljet ja koristeet on mahdollista valmistaa hauraistakin materiaaleista, kuten pehmeistä metalleista tai keramiikasta. Lestit ja kengän rakenneosat eli komponentit, kuten korot ja platformit, edellyttävät kovempien ja kestävämpien muovien ja metallien käyttöä valmistuksessa. Materiaalivalinta vaikuttaa tuotteen elinkaareen (kuva 9), ei ainoastaan materiaalin kestävyuden kannalta, vaan myös ekologisessa mielessä. 3D-tulostuksen yhteydessä voidaan jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon erilaisten materiaalien biohajoavat ja kierrätettävät ominaisuudet tuotteen elinkaarimallia laadittaessa (Ilmasto-opas).



Kuva 9. Tuotteen elinkaarimalli (Ilmasto-opas).

### 2.2.2 Muovit

ABS eli akryylnitriilibutadienistyreeni on kestävä muovilaatu, joka on ominaisuuksiltaan jäykkää mutta kevyttä ja hinnaltaan edullista. Sen käyttökohteita ovat muun muassa erilaiset kypärät, veneet, kotitalouskoneet ja Lego-palikat. Lisäksi ABS-muovia käytetään tavallisesti tietokoneiden ja tulostimien rungoissa. (We3D.) Tšekkiläinen jalkinemuotoilija Pavla Podsedníková on käyttänyt ABS-muovia Academy of Arts Architecture and Design –yliopiston 3D-tulostamalla valmistetussa päättötyössään (kuva 10).



Kuva 10. Pavla Podsedníkován ABS – muovista suunnittelemat Vacuum Step 1 – korkokengät (Tomas Mikule 2013).

ABS-muovista valmistetut mallit noudattavat melko tarkasti alkuperäisen tiedoston tulostimelle antamia ohjeita. Laadultaan ne ovat kuitenkin hieman rosoisempia kuin muilla materiaaleilla luodut esineet. ABS-muovia on hankala käsitellä jälkepäin sen kovuuden ja materiaalin kerrostuksen johdosta. (i.Materialise.)

PLA eli biohajoava polymaitohappo on valmistettu maitohapoista, joita saadaan uusiutuvista luonnollisista lähteistä, kuten maissitärkkelyksestä. PLA-muovi on erittäin kestävä ja sitä voidaan käyttää 3D-tulostuksessa kun halutaan vähentää ympäristön kuormitusta. (We3D.) Hollantilaisen Freedom of Creation 3D-tulostuspalveluita tarjoavan yrityksen suunnittelija Alan Nguye on käyttänyt PLA-muovia valmistaessaan kolmiulotteisesti tulostetun iPhone-suojakotelolla varustetun kenkäparin. (kuva 11).



Kuva 11. Alan Nguyen suunnittelema PLA-muovista valmistettu iPhone Mashup Shoe (Alan Nguyen 2012).

Nylon on vahvaa ja joustavaa muovia, joka kestää taivutusta (Tinkercad). Nylonista valmistetun tuotteen pinta on hiekkamainen ja huokoinen, ja kaikista valittavissa olevista materiaaleista se tarjoaa eniten mahdollisuuksia kolmiulotteisen tuotteen tulostamiseen esineen muotojen osalta. Brittiläinen jalkinemuotoilija Janina Alleyne on hyödyntänyt nylonin ominaisuuksia Exoskeleton – mallistossaan (kuva 12).



Kuva 12. Janina Alleynen nylonista valmistettu jalkinemalli (Janina Alleyne 2012).

Nylon on täydellinen valinta aloittelevalle muotoilijalle, joka etsii rajoittamatonta luomisen vapautta mutta haluaa luoda tulostimella edullisen hintaisen kolmiulotteisen mallin. Nylon-tuotteet eivät yleensä sovi ulkotiiloihin, sillä materiaali imee itseensä vettä. Joissain tapauksissa tuote tosin

on mahdollista käsitellä vedenpitäväksi. Suuria tulosteita luotaessa on pidettävä mielessä, että nylon saattaa jäähtyessään muuttaa muotoaan, jolloin valmiista esineestä voi helposti tulla vääristynyt. (i.Materialise.)

### 2.2.3 Metallit

3D-tulostettu titaani ei ole ulkoisilta ominaisuuksiltaan täysin identtinen perinteisen tehdasvalmisteisen titaanin kanssa. Se on mattapintaisempi ja harmaampi kiillottamattoman pintansa johdosta. Titaani soveltuu hyvin erittäin pientenkin kappaleiden valmistukseen ja on materiaalina tällä hetkellä kestävin ja voimakkain vaihtoehto kolmiulotteiseen tulostukseen. (i.Materialise.)



Kuva 13. Bryan Oknyanskyn titaanista valmistetut korkokengät (Bryan Oknyansky 2013).

Titaani on korkealle arvostettu materiaali, jota tällä hetkellä käytetään laajalti etenkin korujen ja kellojen valmistukseen, sillä se on metalleista vähiten allergisoiva. Brittiläinen arkkitehti Bryan Oknyansky on käyttänyt titaania kokeilevassa 3D-tulostetussa Heavy Metal Series -jalkinemallistossaan (kuva 13).

Ruostumaton teräs on tämän hetken halvin 3D-tulostukseen soveltuva metalli. Se on vahva raaka-aine, joka soveltuu erittäin suurienkin esineiden tulostukseen. (i.Materialise.)

Hienolaatuisempi, vielä kehittelyn alla oleva, ruostumaton teräs soveltuu ominaisuuksiltaan pienten ja yksityiskohtaisten esineiden valmistukseen. Sitä onkin yleisesti käytetty esimerkiksi korujen, pelinappuloiden ja avaimenperien valmistukseen. (i.Materialise.) Brittiläinen jalkinesuunnittelija Marla Marchant käytti nahkaa ja 3D-tulostettua terästä London College of Fashionin lopputyönään suunnittelemassa Woven High Heels -mallistossa (kuva 14).



Kuva 14. Marla Marchantin jalkinemallistossa on käytetty ruostumatonta terästä (Marla Marchant).

Sterling-hopeaksi kutsutaan metalliseosta, jossa on käytetty 92,5 % hopeaa ja 7,5 % muita metalleja. Se on standardoitu korumetalliksi ja on turvallinen materiaali ihoa vasten. Hopealla on korkea lämmön ja sähkön johdatuskyky ja se on erittäin mukautuvainen materiaali. 3D-tulostimessa käytetty hopea on laadultaan vertailukelpoinen perinteisten koruteollisuuden tuotteiden kanssa.

Hopeaa käytetään pääasiassa korujen (kuva 15) ja ornamenttikuvioiden luomiseen. Sen avulla on mahdollista tulostaa peilinkaltaisia kappaleita, sillä kiillottamalla sen pinta muuttuu heijastavaksi. (i.Materialise.)



Kuva 15. 3D-tulostettu hopeasormus (i.Materialise).

Kolmiulotteisessa tulostuksessa käytettävä 14 karaatin kulta on pehmeä, erittäin helposti muokattavaa ja hyvin sähköä johtava materiaali. Sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi korujen ja koriste-esineiden valmistuksessa ja pinnoituksessa. (i.Materialise.) Ranskalaisen insinööri Luc Fusaron Royal College of Art –yliopiston maisterityönään suunnittelemat ja 3D-tulostetut Designed to Win –nimeä kantavat juoksukengät (kuva 16) on vertauskuvallisessa tarkoituksessa pinnoitettu kullalla. (Harker 2012.)



Kuva 16. Luc Fusaron kultapinnoitetut juoksukengät (Luc Fusaro 2012).

Messinki on kuparista ja sinkistä sekoitettu metalli, josta valmistetaan esimerkiksi monet musiikki-instrumentit sen akustisten ja muokattavien ominaisuuksien johdosta. Sen käyttö on taloudellisesti kannattavampaa kuin monien arvometallien. Messingin ulkonäkö saadaan haluttaessa muistuttamaan esimerkiksi kultaa tai hopeaa ja sitä käytetään yleisesti korujen valmistuksessa. Tulostettaessa on kuitenkin otettava huomioon, että ilman pinnoitusta messinki hapettuu ajan saatossa väriltään vihertäväksi. (i.Materialise.)



Kuva 17. Sebastian Errazurizin suunnittelemassa kengässä on käytetty messinkiä (Sebastian Errazuriz 2013).

Chileläissyntyinen muotoilija Sebastian Errazuriz on käyttänyt messinkiä 3D-tulosteisissa jalkineita esittävässä taideteoksissaan. The Boss – nimisen mallin (kuva 17) koron alla oleva nyrkkirauta on valmistettu messingistä. (Eskin 2013.)

Pronssi on tulostusmateriaalina huokea ja vahva metalli. Se on kuitenkin tällä hetkellä vielä kokeiluvaiheessa kolmiulotteisten kappaleiden luomisessa, joten suurten esineiden tulostus ei sen avulla ole mahdollista. Pronssia ei suositella lähelle ihoa tulevien esineiden valmistukseen sen ihoa ärsyttävistä ominaisuuksista johtuen, mutta käyttö- ja koriste-esineisiin (kuva 18) se sopii ominaisuuksiltaan mainiosti. (i.Materialise.)



Kuva 18. 3D-tulostettu pronssinen pullonavaaja (i.Materialise).

### 2.2.4 Muut materiaalit

Keramiikka on 3D-tulostusmateriaalina erittäin kuumuutta kestävä, kierrätettävä ja tällä hetkellä ainoa ruokailuvälineisiin soveltuva vaihtoehto. Tämän ansiosta se sopii parhaiten astioiden (kuva 19) ja koriste-esineiden tulostamiseen. (i.Materialise.)

Keramiikka on yksi haastavimmista materiaaleista käyttää kolmiulotteiseen tulostukseen. Suunnittelussa on otettava huomioon tuotteen kestävyys 3D-tulostettaessa sekä jälkikäteen tehtävässä pinnoitusvaiheessa. Keramiikka sopii paremmin pehmeiden ja pyöreiden muotojen luomiseen, sillä terävät reunat saattavat haljeta tuotetta käsiteltäessä ja viimeisteltäessä. (Shapeways.)



Kuva 19. 3D-tulostettu keraaminen astiasto (Shapeways).



TPU eli termoplastinen polyuretaani on hankauksenkestävä ja ominaisuuksiltaan kumimainen materiaali (i.Materialise). 3D-tulosteena se on vahva, joustava ja kestävä aine. Jalkineissa materiaalia käytetään perinteisesti muotti- ja kitkapohjissa (Solepex).

TPU:ta käytetään yleisimmin tuotteissa, joihin tarvitaan iskunvaimennusta, joustavissa mallikappaleissa (kuva 20) tai toiminnallisia tuotteita mallinnettaessa (i.Materialise).



Kuva 20. 3D-tulostettu kumimainen TPU (i.Materialise).

Hollantilainen Marloes ten Bhömer on tutkinut 3D-tulostustekniikkakonseptia jalkinemuotoilussa jo yli kymmen vuoden ajan erilaisten materiaalikokeilujen avulla. Vuonna 2010 hän loi TPU:sta ja hartsista kolmiulotteisesti tulostetun origamivaikutteisen jalkinemallin (kuva 21), joka sai nimekseen Rapidprototypeshoe. (Perepelkin 2013.)



Kuva 21. Marloes ten Bhömerin kenkä on valmistettu TPU:sta ja hartsista (Marloes ten Bhömer 2011).

Hartsi on kolmiulotteisten esineiden tulostukseen erittäin monikäyttöinen ja muokattava materiaali. Hartsi on materiaalina kova, vahva ja luonnostaan vedenkestävä. Se on ideaali vaihtoehto pienten ja yksityiskohtaisten kappaleiden valmistukseen, sillä valmiin kappaleen pinta on viimeistelmättäkin verrattain sileä ja tasainen.

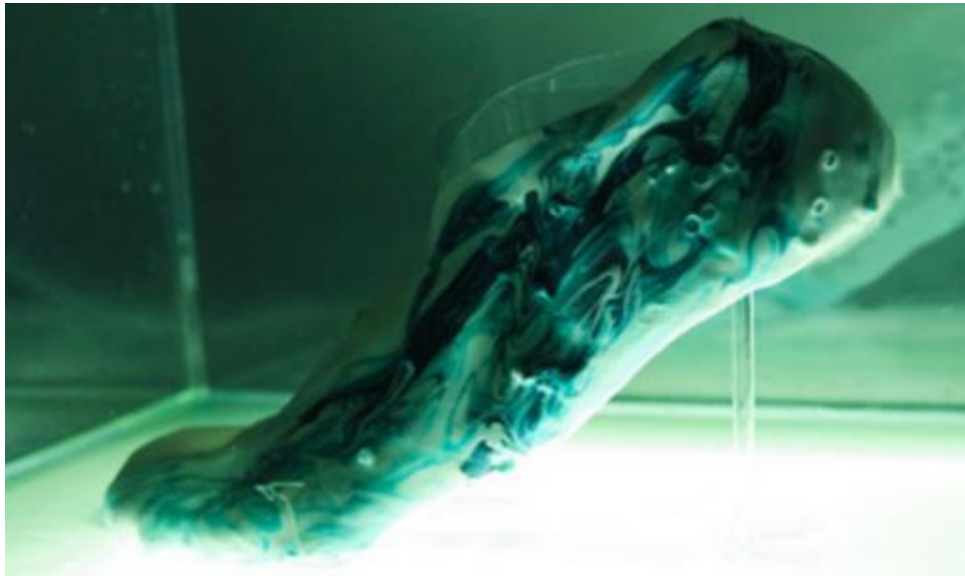
Hartsin avulla on mahdollista tulostaa värillisiä tai jälkikäteen helposti maalattavia esineitä ja jopa läpikuultavia kappaleita (kuva 22). Se sopii erityisen hyvin mallikappaleiden valmistukseen. (i.Materialise.)



Kuva 22. 3D-tulostettu läpikuultava hartsi (i.Materialise).

Protosolut ovat laboratorio-oloissa tuotettavia molekyyliä, joilla voi olla elävien solujen kaltaisia ominaisuuksia ja niitä voidaan yhdistää eläviin organismeihin. Erilaisia protosoluja kokoamalla saadaan aikaan ominaisuuksia, joiden avulla solut voidaan ohjelmoida käyttäytymään eri tavoin kuumuudesta, valosta tai paineesta riippuen. (Palladino 2013.)

Brittiläinen suunnittelija ja tutkija Shamees Aden esitteli Wearable Futures – konferenssissa juoksukenkäkonseptin (kuva 23), jossa jalkineet on valmistettu 3D-tulostamalla protosoluista ja jotka korjaantuvat itsestään liotamalla niitä yön yli protosoluliuoksessa. Kenkien uniikki rakenne mahdollistaa niiden 3D-tulostuksen täysin käyttäjän jalkaan sopivaksi. Juostessa niiden on tarkoitus reagoida paineen ja liikkeen muutoksiin mukautamalla ja tukemalla jalkaa täydellisesti maaston mukaan. Käytön jälkeen kengät laitetaan nestemäiseen elävään protosoluliuokseen, joka toimii laturin tavoin ja korjaa käytössä kuluneet kengät uuden veroiseksi.



Kuva 23. Protosoluista kolmiulotteisesti tulostettu juoksukenkä (Shamees Aden).

Konsepti on mielenkiintoinen, sillä se hämärtää rajan elävien ja elottomien organismien hyödyntämisessä 3D-tulostuksessa jalkinemateriaalina. Adenin mukaan teknologia saattaa mahdollistaa tämänkaltaisten konseptien pohjalta luotujen jalkineiden valmistuksen vuoteen 2050 mennessä. (Palladino 2013.)

### 2.3 3D-tulostuksen näkymät vuonna 2014

Monella toimialalla on suuria muutoksia edessään 3D-tulostuksen lähi-valmistuksen tehdessä läpimurtonsa kuluttajien keskuudessa. Vuonna 2012 Suomessa oli vasta muutamia kymmeniä 3D-tulostimia ja maailmalla niitä arvioitiin olevan runsaat 70 000 kappaletta. 3D-tulostimien uskottiin tuolloin olevan viiden vuoden kuluttua yhtä yleisiä kuin nykyajan kopiokoneet ja kymmenen vuoden kuluttua niitä ennustetaan olevan maailmassa yhtä paljon kuin tavallisia tulostimia (Lindstedt 2012). 3D-tulostimia oli vuonna 2013 myyty jo satoja tuhansia ympäri maailmaa ja samalla laitteet kehittyvät niin vauhdilla, että vuosikymmenen lopussa niiden epäillänsä maksavan kuluttajalle saman verran kuin paperitulostimet nykypäivänä. (Linnake 2013.)

Kolmiulotteisia kappaleita valmistavien tulostimien kehittymisen toivotaan pelastavan talousongelmien kanssa kamppailevat länsimaat palauttamalla työpaikat Kaukoidästä takaisin kotimaihin. Tulostimien maailmalla mullistavaa vaikutusta on verrattu kaupungistumiseen ja internetin leviämiseen. (Pettersson 2013.)

3D-tulostuksen uskotaan palauttavan esineisiin niiden rikkaan ja monimuotoisen estetiikan. Liukuhihna- ja massatuotantoyhteiskunnassa tuotanto on sitä edullisempää, mitä samankaltaisempia ja yksinkertaisempia tuotteet ovat. 3D-tulostuksen kasvattaessa suosiotaan ei tuotannossa enää ole väliä, ovatko tuotteet monimutkaisia vai yksinkertaisia valmistaa. Ennen teollista vallankumousta monimuotoista muotokieltä arvostettiin ja 3D-

tulostimien odotetaan helpottavan ornamenttiikan ja ergonomian tuomista takaisin muotoilutuotteisiin. (Perttu 2014.)

Kolmiulotteisten tulosteiden käyttökohteet ovat lähestulkoon rajattomat. Perinteisen tuotekehityksen lisäksi 3D-tulostusta hyödynnetään esimerkiksi lääketieteessä, pienoismalliteollisuudessa, taiteessa ja muotoilussa. Tuotekehityksen ollessa kyseessä yhdistetään 3D-tulostussuunnitteluun usein kolmen F:n metodi eli ”Form, Fit and Function” (”Muoto, Sopivuus ja Toiminta”). Muodolla kuvataan esineen ulkomuotoa, sopivuudella kappaleen kokoonpanoa tai yhteensopivuutta olemassa olevien osien kanssa ja toiminta käsittää mekaanisen toimivuuden tai toimintatestauksen. (C-advice.)

Maria Pettersson kirjoittaa Helsingin Sanomien verkkojulkaisussa (2013) uskovansa 3D-tulostustekniikan kehittyvän siihen suuntaan, ettei tällä hetkellä tiuhaan nousevia tulostuspalveluita tarjoavia yrityksiä välttämättä tulevaisuudessa enää tarvita. Pettersson vertaa 3D-tulostimien kehitystä tietokoneiden ja matkapuhelinten yleistymiseen, jolloin kymmenen vuoden sisällä voitaisiin kuvitella jokaisesta kotitaloudesta löytyvän korkeatasoinen 3D-tulostin.

3D-tulostuksen uskotaan kääntävän myös nykyinen työelämä- ja yritysasetelma pääläelleen. Tekniikan yleistymisen uskotaan ratkaisevan monia logistiikkaan ja varastointiin liittyviä ongelmia. Tavaroita ei tällöin tarvitsisi enää rahdata hitaasti, kalliisti ja epäekologisesti maasta toiseen, vaan niitä voitaisiin tulostaa liikkeissä tai kotona tarpeen vaatiessa. Yritykset välttyisivät ylijäämätavaran hävittämiseltä ja materiaalihukka tavaroita valmistettaessa voitaisiin 3D-tulostuksen avulla minimoida. (Pettersson 2013.)

Markkinoinnissa 3D-tulostus tarjoaa mahdollisuudet markkinatutkimuksiin valmiin näköisillä tuotteilla ilman prototyypikustannuksia, jotka usein etenkin yrittäjien kohdalla lasketaan tappioksi. 3D-tulostus mahdollistaa erilaisten variaatioiden esittelemisen asiakkaalle ennen varsinaisia valmistusinvestointeja. (Hoskins 2013, 102.) Tekniikalla voidaan toteuttaa myös kokonaisia mallisarjoja esimerkiksi esitekuvauksiin tai messukäyttöön. Myös rahoitusneuvotteluissa 3D-tulostimella valmistettujen toimivien prototyyppien esittely voi vaikuttaa lopputulokseen merkittävästi. (C-advice.)

Epätodennäköistä tosin on, että 3D-tulostus täysin hävittäisi teollista valmistusta. Valtavia määriä tuotettaessa tuotteiden on oltava standardoituja. Teollisuuden uskotaan kuitenkin myös hyötyvän osansa 3D-tulostustekniikan vallankumouksesta, sillä se mahdollistaa parempien tuotteiden valmistuksen vähemmästä materiaalista. Ympäristöhyödyt ovat merkittävät, kun tuotteet voidaan jatkossa valmistaa paikallisesti vaikkapa hiekasta, selluloosasta tai jätemuovista. (Perttu 2014.)

Suurin este 3D-tulostuksen valtavirtaistumiselle on niistä puuttuva suuren yleisön suosiota nauttiva sovellus. Kehittääkseen tällaisen sovelluksen, 3D-tulostusteollisuuden tulisi kehittää käyttäjäystävällinen ohjelmisto, jo-

ka toimisi esimerkiksi pelin tavoin ja tarjoaisi käyttäjälle tarvittavat väliaineet omien 3D-tulostustiedostojen luomiseen yksinkertaisessa muodossa. Läpimurto-sovelluksen markkinointi hoituisi todennäköisesti itsestään sosiaalisen median kautta kuluttajien herättämän huomion johdosta, jolloin sovelluksen olisi helppo tavoittaa miljoonia uusia käyttäjiä ennätysajassa. Ilman tällaista ohjelmistoa 3D-tulostimien markkinat ovat edelleen pääasiassa riippuvaisia tehdasteollisuudesta ja muotoilun ammattilaisista, jotka osaavat käyttää jo olemassa olevia 3D-suunnitteluohjelmia mallien luomiseen. (Kurman & Lipson 2013, 39.)

### 2.4 3D-tulostuksen hyödyt jalkinealalla

Melba Kurman ja Hod Lipson ovat haastatelleet teostaan *Fabricated: The New World of 3D Printing* (2013) varten eri muotoilun alojen ammattilaisia, jotka hyödyntävät suunnittelutyössään ja tuotteissaan 3D-tulostustekniikkaa. Lähes jokaisen haastateltavan kohdalla taustasta ja ammattialasta riippumatta huomattiin samankaltaisten tekniikkaa puoltavien perusteluiden nousevan esiin vastauksista. Tässä kappaleessa esitetään käännetty versio soveltaen alkuperäisestä lähteestä näistä perusoletuksista, jotka teoksessa on kategorioitu kymmenen kohdan listaksi. Tämä yhteenveto puolesta puhuu 3D-tulostuksen oletettavista positiivista vaikutuksista tuotantoon jalkinemuotoilijan näkökulmasta.

#### 2.4.1 Kymmenen perusoleutusta

1. Perinteisessä jalkineenvalmistuksessa, niin teollisesti kuin käsityömäisestikin, tuotteen kustannukset ovat sitä korkeammat, mitä monimutkaisempi tuote on muodoltaan. 3D-tulostettaessa kustannukset pysyvät kuitenkin samana, oli sitten kyse monimutkaisesta tai yksinkertaisesta kappaleesta. Ornamentin tai edistyneemmän muodon luominen ei vaadi enempää aikaa, taitoa tai rahallista panostusta kuin esimerkiksi yksinkertaisen kuution mallisen tuotteen tulostaminen. Tämä muuttaa perinteisiä hinnoittelumalleja, sillä työtunteja säästettäessä myös valmistettavan tuotteen hinta laskee.
2. Yksittäisellä 3D-tulostimella on mahdollista luoda lähes minkä muotoisia esineitä tahansa. Sen avulla voidaan muuttaa halutun tuotteen muotoa jokaisen tulostuskerran yhteydessä. Perinteiset teolliset koneet eivät pysty toimimaan yhtä monimuotoisesti ja niiden muotovalikoima on usein rajoittunut. 3D-tulostimen avulla on mahdollista minimoida ylimääräiset kustannukset, joita teollisen koneen uudelleenohjelmoinnista muodon muuttamiseksi saattaisi syntyä. 3D-tulostinta käytettäessä tuotetta voidaan muokata helposti vain tulostustiedostoa käsittelemällä ja materiaaleja vaihtamalla. Tämä mahdollistaa esimerkiksi samanlaisen jalkinemallin kustomoimisen kunkin asiakkaan jalkaan sopivaksi hyvin pienellä vaivalla.

3. Tavallisessa massatuotannossa vain esineen tukiranka rakennetaan yksinään tuotantolinjalla. Moderneissa tehtaissa koneet suoltavat identtisiä kappaleita, joista valmis tuote sen jälkeen kootaan robottien tai sitä varten työhön palkattujen ihmisten avulla – toisinaan halvemman työvoiman takia jopa toisella mantereella asti. Mitä enemmän osia valmiiseen tuotteeseen tarvitaan, sitä kalliimmaksi tämä työvaihe tulee sen vaatiman ajankäytön johdosta. 3D-tulostettaessa esine rakentuu kokonaisuutena jo tulostusvaiheessa limittäin olevista kappaleista. Päällekkäin tulostettujen kerrosten ansiosta 3D-tulostimella on mahdollista tulostaa esimerkiksi kokonainen jalkineen päällinen ja samanaikaisesti siihen tarvittava pohjaratkaisu ilman erillistä kokoamisvaihetta. Tuotantoketjun lyheneminen ei ainoastaan säästä aikaa, rahaa ja resursseja vaan on myös ympäristöystävällisempi vaihtoehto.
4. 3D-tulostus tarjoaa edellytykset esineiden valmistukseen yksitellen vain tarvittaessa ja kysynnän vaatiessa. Tämänkaltainen kapasiteetti vähentää tarvetta varastoida valmiita tuotteita tai tilata etukäteen esimerkiksi suuria sarjoja samaa kenkäparia säilytykseen asiakkaita varten. 3D-tulostus mahdollistaa uudenkaltaiset yritysraenteet, sillä sen avulla yritykset voivat suunnata markkinansa vaikkapa kustomoituihin tuotteisiin ilman erityistä hävikkipelkoa. Tilauskataulujen puuttuminen minimoi kuljetuskustannukset, kun tuotteet on mahdollista valmistaa paikan päällä yksittäiskappaleina.
5. Perinteiset tehdasvalmistajat ja muotoilijat kykenevät luomaan rajallisen määrän muotoja, jotka ovat riippuvaisia saatavilla olevista työkaluista. Esimerkiksi sorvilla on mahdollista saada aikaan ainoastaan kiertäviä muotoja ja valamalla voidaan luoda vain esineitä, jotka kulkevat valmiin muotin läpi. Jalkinemuotoilussa suurin suunnittelua ja mielikuvitusta kontrolloiva tekijä on valmiin lestin muoto. 3D-tulostus häivyttää tämänkaltaiset rajoitukset ja tuo tarjolle rajattoman suunnittelutilan, jolloin muotoilijalle avautuu mahdollisuus kekseliäämpiinkin ratkaisuihin tuotteen suunnittelu- vaiheessa.
6. Valmistuakseen muotoilijan ammattiin on yksittäisen henkilön käytävä läpi vuosien koulutus ja harjoittelu alalla kartuttaakseen itselleen vaadittavan ammattitaidon. Perinteiset massatuotantokoneet ja teollisuus vaativat yhä koulutetun ammattilaiset säätämään ja kalibroimaan laitteensa tuotantoa vastaaviksi. 3D-tulostimen käyttö sen sijaan vaatii vähemmän koulutuksen kautta opittuja taitoja toimiakseen, sillä tulostin saa suurimman osan käyttöohjeistaan valmiista tulostustiedostosta. Tämä mahdollistaa uudenlaisten yritysmuotojen syntymisen, sillä yritysten on tämän ansiosta mahdollisuus lähestyä 3D-tulostimen omaavia, mutta kaukana tai äärimmäisissä olosuhteissa eläviä ihmisiä tarjoamalla valmiita tiedostopaketteja sähköisesti.

7. Tuotantotilaan suhteutettuna 3D-tulostimella on enemmän teollista kapasiteettia kuin perinteisellä tehdaskoneella kokoonsa nähden. Suuret tuotantokoneet pystyvät ainoastaan luomaan itseään pienempiä esineitä, kun taas 3D-tulostimella on mahdollista valmistaa niin suuri esine kuin tulostimen käyttöä varten varattu ympäröivä tila antaa myöden. Jalkineenvalmistuksessa käytettävät koneet ja laitteet ovat tähän mennessä vaatineet valtavan kokonsa vuoksi erityiset tilat käytön edellytyksenä. Kolmiulotteinen tulostus mahdollistaa jalkinemuotoilijalle esimerkiksi yksityisyrittäjän ammatin kotoa käsin, sillä kotitalouksiin tarkoitetut 3D-tulostimet eivät vaadi suuria pinta-aloja tarjotakseen moitteettoman toimintaympäristön jalkineenvalmistukseen. Tällöin valmiiden tuotteiden hintaan ei tarvitse laskea voittoa tavoitellessa kalliiden laitteiden ja tilavuokran aiheuttamia kustannuksia.
8. Metallia tulostavat 3D-tulostimet jättävät jälkeensä vähemmän hukkamateriaalia sivutuotteenaan kuin perinteiset metallialan teollisuuskoneet. Tulostustekniikan yhä kehittyessä 3D-tulostus tulee olemaan merkittävästi ekologisempi tapa käsitellä metallin lisäksi myös muita materiaaleja.
9. Useamman raakamateriaalin yhdistäminen yhteen tuotteeseen on haastavaa nykyaikaisillakin teollisuuskoneilla. Perinteisesti nämä koneet kaivertavat, leikkaavat ja muodontavat kappaleet mekaanisesti vaadittuun muotoonsa, jolloin materiaalien yhdistäminen kesken prosessin hankaloituu. 3D-tulostuksen avulla erilaisten materiaalien yhteensovittaminen kesken tulostuksen kuitenkin kehittyä jatkuvasti. Uudenlaiset aikaisemmin saavuttamattomissa olevat materiaalisekoitteet tarjoavat merkittävästi laajemman, toistaiseksi vielä melko tutkimattoman paletin materiaalivaihtoehtoja, joita voidaan kohdentaa täysin uudenlaisiin käyttötarkoituksiin. Jalkinemuotoilussa tämä tarkoittaa esimerkiksi päällisen ja pohjan tulostamista kolmiulotteisesti samanaikaisesti kahdesta eri materiaalista ilman kappaleiden yhdistämiseen käsi- tai tehdastyönä kuluva-aikaa.
10. Digitaalinen musiikkitiedosto voidaan kopioida loputtomiin sen kuitenkaan menettämättä lainkaan äänenlaatuaan. Samoin 3D-tulostus laajentaa konkreettisten esineiden käyttöikä ja valmistuslaatua hyödyntämällä samankaltaista digitaalista muistijälkeä, jota ei ole mahdollisuus vain tiedostoa toistamalla tai kopioimalla vaurioittaa. (Kurman & Lipson 2013, 20–24.)

### 3 3D-TULOSTUSTEKNIIKAN KÄYTTÖ JALKINEISSA

“Maybe in the future instead of saying a garment was custom-made we’ll say it was custom-printed” (Rietveld 2013).

Urheilujalkineiteollisuus on jo vuosia hyödyntänyt 3D-tulostusteknologiaa etenkin mallikappaleiden ja prototyyppeiden valmistuksessa. Urheilujalkineet ovatkin ensimmäiset teollisesti massatuotantona valmistetut kolmiulotteisesti tulostetut jalkineet, jotka on jo laskettu markkinoille useamman alan yrittäjän toimesta. Esimerkiksi Nike esitteli vuonna 2013 jalkapallokenkäparin (kuva 24), joiden valmistuksessa oli käytetty 3D-tulostusteknologiaa. (Thompson 2014.)



Kuva 24. 3D-tulostusteknologialla valmistetut jalkapallokengät (Nike 2013).

3D-tulostus on kasvattanut suosiotaan viime aikoina erityisesti ortopedisten jalkineiden saralla. Monet ihmiset kärsivät erikokoisesta jalkaparista, jolloin samankokoiset tehdasvalmisteiset kenkäparit eivät aina istu täydellisesti asiakkaan jalkaan. 3D-tulostimella valmistetuissa kengissä kustomointi eri jalkoihin sopivaksi on mahdollista yksittäisen parin kohdalla pienillä hienosäädöillä, jolloin käyttömukavuus lisääntyy merkittävästi. (Thompson 2014.)

San Diegosta peräisin oleva Start-up –yritys feetZ työskentelee kustomoitujen kuluttajalle henkilökohtaisesti suunniteltujen jalkineiden parissa, jotka valmistetaan pyynnöstä. Yritys yhdistää digitaalisen kuvan jalasta kustomoituun jalkinemalliin 3D-tulostusta apuna käyttäen. feetZ–jalkineet ovat yhtä uniikit kuin käyttäjänsä. Niitä varten jalkaterästä otetaan valokuvat kolmesta eri kulmasta, ja ne yritys erityisellä suunnitteluohjelmalla muokkaa kolmiulotteiseksi kuvaksi, jonka pohjalta valmis pari tulostetaan. (3Ders 2014.)

Jalkinealan yritys SOLS:in toimitusjohtaja ja perustaja Kegan Schouwenburg on tutkinut 3D-tulostustekniikan valtavirtaistumisen mahdollisuuksia jalkinemuotoilussa. Aiemmin Shapeways-tulostuspalvelun tuotemuotoilijana toimineen Schouwenburgin yritys on keskittynyt jalkineiden pohjalisten valmistukseen 3D-tulostuksen avulla. Hänen päämääränään on löytää ratkaisu jalkakipuihin ja epämukavien kenkien aiheuttamiin ongelmiin



asiakkaille henkilökohtaisesti kustomoitujen pohjallisten avulla, joiden avulla istuvan täydellisesti ja parantavan jalkineiden suorituskykyä haastavammissakin olosuhteissa.

iOS- tai Android-pohjaista käyttöjärjestelmää hyödyntäen asiakas skannaa älypuhelimella tai tabletilla jalkaterästään videonauhoituksen, jonka jälkeen SOLS rakentaa algoritmeja hyödyntäen yksilöllisen sisäpohjallisen minkälaiseen jalkineeseen tahansa. Lopulliseen tuotteeseen vaikuttavat itse jalan muodon lisäksi muut tekijät, kuten asiakkaan paino, elintottumukset ja käyttötarkoitus. (Perez 2014.)

Myös muotimaailma on viime vuosina osoittanut kasvavaa kiinnostusta 3D-tulostuksen tarjoamia vaihtoehtoisia valmistusmenetelmiä kohtaan. Huippumuotia tämänkaltaisen tekniikka palveleekin loogisesti, sillä se tarjoaa huokean ratkaisun pienille valmistuserille ja uniikkeille, asiakkaalle henkilökohtaisesti räätälöidyille tuotteille. (3Dprinttaus 2013.)

### 3.1 3D-tulostustekniikan käyttö kansainvälisesti

Muotoilijat ovat tällä hetkellä 3D-tulostuksen suurimpia käyttäjiä yksityisten harjoittajien määrään suhteutettuna (Hoskins 2013, 98). Muoti- ja jalkineiteollisuus on viime aikoina tullut yhä enemmän mukaan 3D-tulostuksen ja – teknologian maailmaan sekä osoittanut kasvavaa kiinnostusta muotoilun toiminnallisuutta kohtaan (Kurman & Lipson 2013, 181).

Taiteellisia 3D-tulostusteknologian käyttäjiä lähestyttäessä ongelmana on, että muotoilijat saattavat olla vaikeimmin kategorioitava ryhmä, mitä tämänkaltaisen tekniikan hyödyntämiseen tulee. Kolmiulotteisten kappaleiden suunnittelu tulostusta varten poikkeaa suuresti perinteisestä muotoiluna pidetystä työskentelytavasta, valmistuksesta, ollessaan itse asiassa lähempänä insinöörien kuin taidealojen ammattilaisten työnkuvaa. (Hoskins 2013, 101.)

Arkkitehdit ja tiedemiehet ympäri maailmaa ovat käyttäneet 3D-tulostusta mallien luomiseen jo vuosikymmeniä, mutta vasta nyt kolmiulotteinen tulostaminen alkaa näyttää todellisen potentiaalinsa. Kolmiulotteinen tulostusteknologia tulee olemaan vallankumous monelle toimijalle, muotiala ja suunnittelijat mukaan lukien. 3D-tulostustekniikka ja muotimaailma ovat löytäneet toisensa vasta muutama vuosi takaperin, mutta niiden yhteinen tulevaisuus näyttää lupaavalta. (Hennessey 2013.)

San Franciscossa sijaitseva yritys Continuum on yksi ensimmäisistä muotialan kanssa yhteistyössä toimineista 3D-tulostusta tarjoavista yrityksistä. Yrityksen perustaja Mary Huang uskoo muodin ja teknologian yhdistyvän tulevaisuudessa entisestään, sillä kolmiulotteinen tulostaminen antaa jokaiselle mahdollisuuden luovuuteen. (Hennessey 2013.) Todennäköisimmin 3D-tulostus vaikuttaakin muotimaailmaan kotitekoisten luomusten kautta, jotka nousevat yleisön tietoisuuteen esimerkiksi sosiaalisen median avulla. Vallankumouksellisimman muutoksen uskotaan olevan kuitenkin tapahtumassa Haute Couture –tasolla. (Rietveld 2013.)

Tekniikan kehitys ei tosin ainoastaan mullista kansainvälistä muotialaa kuluttajien osalta, vaan myös teollisten valmistajien kannalta. Tällä hetkellä tuotantokustannukset riippuvat valmistettävien esineiden määrästä, mutta 3D-tulostuksen ansiosta tämä asetelma saattaa muuttua lähitulevaisuudessa. Jatkossa tuotantokustannukset ovat olemattomat, ennen kuin kuluttaja tilaa yksittäisen tuotteen valmistajalta. Tämä jättää tilaa kustomoinnille esimerkiksi koon, värien ja materiaalien suhteen. (Rietveld 2013.) Yhä useamman kuluttajan valitessa 3D-tulostuksen jalkineissaan, perinteinen ostokulttuuri saattaa jatkossa olla historiaa (Thompson 2014).

Toistaiseksi on kuitenkin vielä kaukana aika, jolloin yksityinen kuluttaja voi aamulla herätessään avata tietokoneen ja tulostaa päivän asun kolmiulotteisesti oman työpöytänsä ääressä. Teollisuus on tällä hetkellä harppauksia jäljessä kuluttajien ymmärryksen saavuttamisesta, jolloin tämänkaltaisen tulevaisuudennäkymä olisi mahdollinen. Ennen kuin 3D-tulostimen käyttäminen on yhtä helppoa kuin aamukahvin keittäminen, kuluttajien voittaminen puolelleen on muoti- ja jalkineteollisuuden suurin haaste globaalissa mittakaavassa. (Condron 2014.)

### 3.2 Verkossa toimivat 3D-tulostuspalvelut

Internet tarjoaa monia vaihtoehtoja niin muotoilijalle kuin kuluttajallekin sähköisten 3D-tulostuspalveluiden muodossa sekä myyjän että asiakkaan näkökulmasta. Tässä kappaleessa esitellään neljä maailmanlaajuisesti suosituinta ja suomalaisenkin jalkinemuotoilijan kannalta hyödyllisintä sivustoa toimintaperiaatteineen.

#### 3.2.1 Shapeways

Shapeways on Peter Weijmarshausenin, Robert Schouwenburgin ja Marleen Vogelaarin Hollannissa vuonna 2007 perustama Start-up -yritys. Vuonna 2010 yritys muutti päätoimistonsa New Yorkiin, jonka jälkeen siitä on kasvanut maailmanlaajuisesti suurin 3D-tulostuspalveluita tarjoava toimija. (Hoskins 2013, 53.) Forbesin artikkelin mukaan Shapeways on rakentanut maailman laajimmat markkinat 3D-tulostetuille esineille ja valmistaa tuhansia uniikkeja tuotteita päivittäin (Wolfe 2012).

Shapewaysin sivuilla toimii merkittävän laaja tulostajien yhteisö, sillä yritys lanseerasi vuonna 2008 palvelun, jonka avulla käyttäjä pystyy lataamaan sivustolle STL-tulostustiedoston ja tulostuttamaan siitä itselleen 3D-mallin. Shapewaysin konsepti on nykypäivänä laajentunut niin, että kuka tahansa voi ladata sivustolle itse mallintamiaan 3D-tiedostoja, joita muut käyttäjät voivat ladata joko ilmaiseksi tai korvausta vastaan omaan käyttöön. Käytännössä palvelu toimii verkkokaupan tavoin sähköisiä tiedostoja ostamalla sekä myymällä. (Hoskins 2013, 53.)

Shapeways tulostaa lähes mitä vain pyydettyä ja muokkaa tiedostoja käyttäjän toiveiden mukaan tarvittaessa uniikkeiksi ja personoiduiksi. Yritys tarjoaa laajan kirjon tässä opinnäytetyössäkin esiteltyjä materiaaleja asiakkaan valittavaksi valmiiseen malliin. (Shapeways.)

### 3.2.2 i.Materialise

i.Materialise on osa belgialaista Materialise (MGX) -yritystä, joka on yksi alan suurimmista toimijoista. Se tarjoaa i.Materialise –verkkoyhteisön lisäksi 3D-tulostusohjelmistoja, jotka palvelevat esimerkiksi insinöörejä, teollisia muotoilijoita ja lääketieteen sektoreita.

i.Materialise on erikoistunut taiteilijoiden ja suunnittelijoiden kanssa työskentelyyn. Se pyörittää sivustollaan sähköistä kuvagalleriaa 3D-tulostimella valmistetuista tuotteista sekä valmistaa esimerkiksi suuria ja erikoisempiakin taide-esineitä pyynnöstä. (Hoskins 2013, 53–54).

i.Materialisen konsepti toimii pääosin samalla periaatteella kuin Shapewaysin, mutta sen merkittävä etu on laajempi materiaalivalikoima, johon kuuluvat muun muassa arvometallit ja keramiikka. (i.Materialise.)

### 3.2.3 Thingiverse

Mallikirjasto Thingiverse on amerikkalaisen MakerBot Industries – 3D-tulostimia valmistavan yrityksen vuonna 2008 perustama palvelu, jossa käyttäjien on mahdollista jakaa kolmiulotteisia mallejaan sekä kokemuksia 3D-tulostusteknologiaan liittyen.

MakerBot on yksi suosituimmista harrastelijatulostimista ja vaikka sitä varten on olemassa omat tulostusohjelmistonsa, Thingiverse tarjoaa lähes kaikki palvelustaan ladattavat mallit STL-tiedostomuodossa, jonka useimmat kotitulostimet ymmärtävät.

Käyttäjien on mahdollista jättää kommenttinsa sivustolla oleviin malleihin tai tulostuksen yhteydessä löytyessä ongelmia ja esittää parannusehdotuksia tiedoston luojalles. Joissakin tapauksissa muut käyttäjät saattavat ladata sivustolle uuden parannellun tai päivitetyn version alkuperäisestä mallista. (Thingiverse.)

### 3.2.4 Cubify

Cubify on amerikkalainen pääasiassa 3D-kotitulostimia myyvä yritys, joka markkinoi sivustollaan itseään kanavana kolmiulotteisesti tulostetulle elämäntyyliille. Cubify tarjoaa kaikkea yritysysteistyöstä valmiiden tulostustiedostojen myymiseen. Sen alla toimii myös yhteisö, jonka kautta voi keskustella 3D-tulostuksen viimeisimmistä uudistuksista.

Cubify ei ole sivustona aivan yhtä käyttäjäystävällinen yhteisö kuin edellä esitellyt muut 3D-tulostuspalveluita tarjoavat sähköiset palvelimet, mutta sen toimintaperiaate on samankaltainen. Cubifyn erikoisuus on kuitenkin sen tarjoamissa materiaaleissa. Sivuston kautta on nimittäin mahdollista jopa ruuan, esimerkiksi suklaan, tulostaminen kolmiulotteisesti. (Cubify.)

### 3.3 3D-tulostusta hyödyntävät kansainväliset suunnittelijat

Kolmiulotteista tulostusmenetelmää on hyödynnetty vuosikymmenen alusta lähtien jalkinesuunnittelussa ulkomailla jo kiitettävissä määrin. Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti kuvien avulla muodin ja jalkinesuunnittelun näkökulmasta viisi 3D-tulostusteknologian pioneeria sekä heidän töitään.

#### 3.3.1 Iris van Herpen

Iris van Herpen on yksi ensimmäisistä muotisuunnittelijoista, jotka hyödyntävät tuotteidensa valmistuksessa 3D-tulostusteknologiaa. Hänen visioimassaan tulevaisuudenkuvassa jokaisen asiakkaan tulisi jatkossa voida skannata vartalonsa ja tilata itselleen kustomoitu asu, joka istuu täydellisesti käyttäjänsä vartalolle. (Howarth 2013.) Iris van Herpenin kolmiulotteisesti tulostuttamien mallistojen ihailijoiksi tunnustautuvat muun muassa sellaiset julkisuuden henkilöt kuin Lady Gaga, Björk, Beyoncé, Tilda Swinton ja Daphne Guinness (Iris van Herpen).

Hollantilainen Iris van Herpen opiskeli muotisuunnittelijaksi Artez Institute of the Arts Arnhemissa ja suoritti työharjoittelunsa edesmenneen Alexander McQueenin alaisuudessa Lontoossa (Hoskins 2013). Hän on yksi 3D-tulostustekniikan pioneereja vaate- ja jalkinesuunnittelun saralla ja on käyttänyt 3D-tulostusta mallistoissaan jo vuodesta 2010 lähtien (Hennessey 2013).

Van Herpen perusti nimeään kantavan yrityksen vuonna 2007, vuosi valmistumisensa jälkeen, ja on siitä lähtien työskennellyt yhdessä tiedemiesten, arkkitehtien ja 3D-tulostusta tarjoavien yritysten kanssa (Madsen 2013).



Kuva 25. Iris van Herpenin Capriole –mallisto vuodelta 2011 (Michel Zoeter).

Vuoden 2011 syksy-talvi – mallistoon (kuva 25) varten Iris van Herpen teki yhteistyötä arkkitehti Isaie Blochin ja i.Materialise – yrityksen kanssa valmistaa kyseiseen Capriole-tuoteperheeseen sointuvat korkokengät (kuva 26). Jalkineet on valmistettu kolmiulotteisen tulostuksen avulla ja

päällystetty sen jälkeen hiilikuidulla kestävyuden takaamiseksi. (Virtual Shoe Museum.)



Kuva 26. Iris van Herpenin Capriole-jalkine (Michel Zoeter).

Iris van Herpen toimii monen muun muotoilijan tavoin yhteistyössä kolmiulotteiseen tulostustekniikkaan erikoistuneiden ammattilaisten kanssa (Howarth 2013), sillä hän ei itse ole perehtynyt 3D-suunnitteluun tarpeeksi luodakseen toimivia tulostettavia kappaleita tietokoneen avulla. (Hennessey 2013.)

Tavallisesti van Herpen tekee valmistettavista jalkinemaleista luonnokset itse, ja niiden pohjalta arkkitehti tai insinööri luo kolmiulotteisen tulostustiedoston. Lopullisia jalkineita ei tulosteta suunnittelijan omalla työpajalla vaan ammattimaisessa 3D-tulostusyrityksessä. (Schmidt 15.1.2014.)

Iris van Herpen kertoo mallistojensa inspiraation tulevan kehon kolmiulotteisuudesta sekä kehon ympärille rakennettavista kolmiulotteisista muodoista. Hän kiinnostui 3D-tulostuksesta havaitessaan sen tarjoamat vapaudet perinteiseen rajoittuneeseen ompelukoneella työskentelyyn nähden. Van Herpenin mukaan 3D-tulostuksen etu on työvaiheiden minimoinnissa, sillä suunnittelijan ei tarvitse ensin piirtää kolmiulotteista mielikuvaa kaksiulotteisena paperille ja sen jälkeen rakentaa siitä jälleen kolmiulotteista mallia käsin. (Madsen 2013.)



Kuva 27. Iris van Herpenin Wilderness Embodied –mallisto vuodelta 2013 (WENN 2013).

Iris van Herpenin 2013 syys-talvimallisto Wilderness Embodied (kuva 27) esitteli suunnittelija Rem D Koolhaasin ja 3D-tulostusyritys Stratasyisin kanssa yhteistyössä valmistetun puun juurakkoa muistuttavan kenkäparin (kuva 28). Van Herpenin mukaan tämänkaltaisten orgaanisten linjojen tuominen jalkinesuunnitteluun ei ole mahdollista perinteisillä jalkineenvalmistusmenetelmillä ja sen vuoksi ne on tuotettu kolmiulotteisesti tulos-taen. (Howarth 2013.)



Kuva 28. Iris van Herpenin Wilderness Embodied –kengät (Iris van Herpen 2013).

### 3.3.2 Pauline van Dongen

Hollantilainen Artez Institute of the Arts Arnhemissa muotisuunnittelijan tutkintonsa suorittanut Pauline van Dongen valmistutti ensimmäisen 3D-tulostustekniikalla tuotetun mallistonsa vuonna 2010 yhteistyössä 3D-tulostuspalveluita tarjoavan Freedom of Creation -yrityksen kanssa. Malliston nimi on Morphogenesis ja sen eri väreissä tuotetut jalkineet (kuva 29) olivat paitsi van Dongenin opintojen maisterivaiheen lopputyö, myös osa Amsterdamin World Fashion -keskuksen Future of Fashion -näyttelyä. (Freedom of Creation 2010.)



Kuva 29. Pauline van Dongenin Morphogenesis-jalkineet (Mireille Martis 2010).

Pauline van Dongen perusti omaa nimeään kantavan merkin valmistuttuaan syksyllä 2010. Hän on keskittynyt pääasiassa vaatteiden suunnitteluun ja työskentelee kotimaassaan kahden assistentin avustuksella. Hänen työhönsä yhdistyvät usein erilaiset tekniset ratkaisut ja tuore teknologia sekä perinteisempänä pidetyt materiaalit, kuten kankaat ja käsityötaito.

Työskentelyn uuden malliston parissa van Dongen kertoo aloittavansa lähes aina materiaalien valinnalla. Hänen mukaansa käytetyt materiaalit vaikuttavat valmistettavien tuotteiden estetiikkaan ja materiaalien käyttäytyminen ihmiskehon lähellä määrää, minkälaisia muotoja tietyistä materiaaleista on mahdollista luoda.

Poikkeuksellisesti van Dongen saattaa toisinaan kuitenkin suunnitella jo mielessään haluamansa rakenteen, joka vaikuttaa materiaalivalintaan. Hänen ideologiansa mukaan ihmiskeho antaa vaatteelle tai asusteelle sen lopullisen muodon ja toivookin asiakkaiden näkevän tuotteensa käytettävänä vaatekappaleina (kuva 30), ei ainoastaan taideteoksina. (Fashioning Tech 2011.)



Kuva 30. Pauline van Dongenin Morphogenesis-malliston asu on valmistettu 3D-tulostamalla (Mike Nicolaassen 2010).

Pauline van Dongenin mukaan teknologian kehitys tukee jatkuvasti muuttuvaa muotoilun kenttää, eikä vähennä käsityömaisen työskentelyn arvoa. Hän uskoo 3D-tulostuksen olevan tulevaisuuden teknologia, joka voi tarjota ennennäkemättömiä ratkaisuja rakenteisiin ja muotoon liittyviin ongelmiin. Van Dongen toivookin suunnittelijoiden ennakkoluulottomammin hyödyntävän uudenlaisia työskentelymahdollisuuksia ja käsittää ne voimavaroiksi, joiden avulla uusia ideoita on mahdollista toteuttaa valmiiksi tuotteiksi asti tekemättä kompromisseja. (Fashioning Tech 2011.)



### 3.3.3 Naim Josefi

Naim Josefi on ruotsalainen Konstfack University of Art and Craft –yliopistosta valmistunut suunnittelija, joka yhdessä opiskelijakollegansa Souzan Yusoufin kanssa tuotti vuonna 2010 ensimmäisen 3D-tulostimella valmistetun Melonia – nimisen korkokenkärin (Perepelkin 2013).

Mallia varten Josefi piirsi jalkineista luonnokset, jotka Yousouf mallinsi kolmiulotteisiksi 3D-mallinnusohjelma Rhinoceron avulla. (Peels 2011.) Malli voitti nimekkään Brit Insurance Design of the Year –palkinnon vuonna 2011 ja on siitä lähtien ollut yleisesti tunnistettavissa oleva malli 3D-tulostusmaailmassa (Perepelkin 2013). Josefin jalkineiden ihailijaksi on tunnustautunut muun muassa kokeilevasta pukeutumisestaan tunnettu artisti Lady Gaga. (Killeen 2013.)



Kuva 31. Naim Josefin Melonia on maailman ensimmäinen 3D-tulostettu kenkäpari (Naim Josefi).

Melonia-jalkinemalli (kuvat 31–32) on valmistettu nylonista i.Materialise 3D-tulostuspalveluita tarjoavan yrityksen pääkonttorissa Belgiassa. Huolimatta kevyeltä ja hauraalta vaikuttavasta ulkonäöstään, materiaalinsa ansiosta jalkineet ovat yllättävän kestäviä (Prototype Today). Josefi takaa jal-

kineidensa olevan myös verrattain mukavat jalassa, vaikkeivät sovellukaan jokapäiväiseen käyttöön. Tuotekehitys on kuitenkin vielä kesken ja päämääränä on kehittää tuotteen käyttömukavuutta yhä enemmän kuluttajajäystävälliseksi kustomoimalla ne asiakkaan mittojen mukaan. (Peels 2011.)

Futuristinen Melonia-mallisto on Josefin näkemys ideaalista kierrätysyhteiskunnasta (Naim Josefi). Hänen visionsa mukaan jalkineita valmistetaan jatkossa helpommin ja taloudellisemmin yksilöitynä asiakkaan tarpeisiin, pohjautuen ekologiseen materiaalihukkaa välttävään konseptiin (Peels 2011). Konseptin ideana on, että asiakas voi kävellä jalkineita myyvään liikkeeseen skannatakseen omat jalkansa yksilöllisen muodon ja kulmien varmistamiseksi. Tämän jälkeen jalkineesta tehty kolminulotteinen tiedosto käsitellään vastaamaan jalan asettamia vaatimuksia, jolloin tulostettava jalkine saadaan istumaan täydellisesti. Tiedosto lähetetään tulostimeen, joka valmistaa tuotteen kerros kerrokselta ja tuote on sen jälkeen valmis käyttöön välittömästi. (Killeen 2013.)

Jalkineet on tarkoitus valmistaa kierrätysmateriaalista, jolloin loppuun käytetyt kengät olisi mahdollista jatkossa uusiokäyttää 3D-tulostuksessa uuden parin valmistamiseen (Naim Josefi).

Josefi valitsi kolmiulotteisen tulostuksen sen tarjoamien mahdollisuuksien vuoksi. Hänen mukaansa Melonia-mallin muotokieltä ei olisi voinut saada aikaan mitään muuta tuotantomenetelmää käyttämällä. Toiseksi valintakriteeriksi hän nimeää mallistonsa futuristisen ideologian, jolloin oli luonnollista valita tekniikaksi tulevaisuuden teknologiaksi povattu 3D-tulostus. (Peels 2011.) Melonia-mallia suunnitellessa on otettu huomioon ihmisen jalan anatomia, mutta inspiraationsa se on saanut modernista arkkitehtuurista. (Killeen 2013.)



Kuva 32. Naim Josefin Melonia-kengät on valmistettu nylonista (Naim Josefi).

### 3.3.4 Andreia Chaves

Invisible Shoe –kiilakorkokenkämallisto on brasilialaisen jalkinemuotoilija Andreia Chavesin taidonnäyte vuodelta 2010 ja on valmistettu yhteistyössä hollantilaisen Freedom of Creation 3D-tulostusyhtiön kanssa (Perepelkin 2013).

Chaves on valmistunut italialaisesta Polimoda Fashion Institute -yliopistosta ja hänen ensimmäinen 3D-tulostusta valmistuksessa hyödyntänyt jalkinemallistonsa esiteltiin New Yorkin muotiviikoilla helmikuussa 2011. Hänen työnsä on herättänyt kansainvälistä kiinnostusta mediassa ympäri maailmaa ja Chaves työskentelee tällä hetkellä pääasiassa Italiassa ja Irlannissa (Freedom of Creation 2011).



Kuva 33. Andreia Chavesin Invisible Shoe –mallisto vuodelta 2010 (Solestruck).

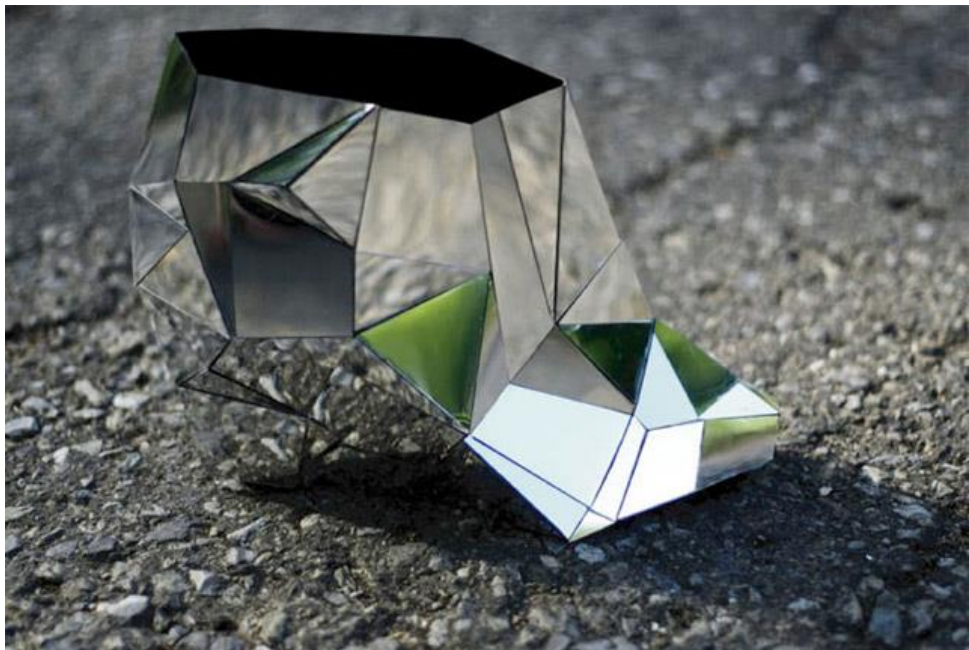
Invisible Shoe -mallisto sisältää kaksi jalkinemallia (kuvat 33), jotka on valmistettu samanlaiseen kolmiulotteisesti tulostettuun kehikkoon. Innovaatiivinen muotoilu laajentaa jalkineen perinteistä tarkoitusta jalkaa suojaavana käyttösineenä, sillä optisen illuusion ansiosta kenkä niin sanotusti sulauttaa jalan ympäristöönsä. (Etherington 2011.)

Mallisto on syntynyt optisen efektin yhdistämisestä jalkinemuotoiluun. Toiseen malleista on luotu läpinäkyvä ”kameleonttiefekti” heijastavien peilipintojen avulla (kuvat 34–35). Jalkineet on valmistettu yhdistämällä perinteinen liimakenkäteknikka ja 3D-tulostus. Tällä tavoin kengille on voitu luoda tavallisuudesta poikkeava ulkomuoto käyttäjämukavuudesta ja laadusta tinkimättä. Jalkineet ovat osittain italialaista käsityötä nahkaisten tukirakenteiden osalta, mutta niiden ulkomuoto on saatu aikaan 3D-tulostetun nylonin ja laserleikkurilla viimeisteltyjen peilien avulla. (Andreia Chaves.)



Kuva 34. Andreia Chavesin Invisible Shoe –jalkineet luovat optisen illuusion (Freedom of Creation 2011).

Chavesin päämäärä on tuoda tuoretta teknologista näkemystä jalkinemuotoiluun yhdistämällä perinteisen jalkineenvalmistustekniikat uudenlaisiin tuotantomenetelmiin. (Freedom of Creation 2011.)



Kuva 35. Andreia Chavesin Invisible Shoe – jalkine peilaa ympäristöään (Fernando Biagioni 2009).

### 3.3.5 Victoria Spruce

Englantilaisen Royal College of Art (RCA) –yliopiston maisterityönään suunnittelema Juxtaposition–mallisto (kuva 36) on jalkinemuotoilija Victoria Sprucen käsialaa vuodelta 2011 ja tuotettu yhteistyössä graafisia suunnittelupalveluita tarjoavan yrityksen Creaa:n kanssa. Mallisto herätti valtavaa mediahuomiota voittaessaan arvostetun Vogue Talents Award –palkinnon vuonna 2012. (Perepelkin 2013).

Ennen opintojaan RCA:ssa Spruce on hankkinut pohjakoulutuksensa jalkinemuotoiluun London College of Fashion –yliopistosta (Bertoli). Hän on ensimmäisiä brittiläisiä suunnittelijoita, jotka ovat hyödyntäneet 3D-tulostustekniikan tarjoamaa potentiaalia jalkinesuunnittelussa ja -valmistuksessa. (Engineering Capacity 2013.)



Kuva 36. Victoria Sprucen Juxtaposition-mallisto vuodelta 2011 (Victoria Spruce).

Juxtaposition–mallisto on saanut inspiraationsa modernista veistostaiteesta, arkkitehtuurista ja korkealuokkaisesta muotoilusta (Perepelkin 2013). Mallisto on yhdistelmä 3D-tulostusta ja perinteistä käsityömaisista jalkineenvalmistusta. Kenkien pohjat on tuotettu nylonista kolmiulotteisesti tulostaen, minkä jälkeen jalkineet on viimeistelty istuttamalla nahkaiset päälliskappaleet tulosteiden sisään. (Engineering Capacity 2013.)

Spruce kertoo ihastuneensa 3D-tulostuksen tarjoamaan vapauteen jalkineen muodon ja siluetin kannalta, sillä se mahdollistaa epätavallisten muo-

tojen tuomisen mukaan jalkinesuunnitteluun (Engineering Capacity 2013). Hän uskoo kengän koron voivan olla osa jalkineen kokonaisrakennetta (kuva 37) luoden jatkuvan, leijuvan linjan jalan ympärille (Perepelkin 2013).



Kuva 37. Victoria Sprucen Juxtaposition – jalkineet jatkavat jalan linjaa (Victoria Spruce).

Sprucen mukaan jalkinemuotoilu on muuttumassa yhä kokeilevammaksi ja vapautumassa perinteisinä pidetyistä muodoista sekä materiaaleista. Hänen mukaansa ei ole ihme, että juuri jalkinemuotoilijat ovat ensimmäisiä muotoilijoita, jotka ovat osoittaneet kasvavaa kiinnostusta uudenlaista kolmiulotteista teknologiaa kohtaan. (Engineering Capacity 2013.)

Sprucen luomuksia on kutsuttu kotimaassaan muodin tulevaisuudeksi niiden innovatiivisten muotojen johdosta. (Bertoli.)

## 4 3D-TULOSTUSTEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN SUOMESSA

“Meillä ei ole hypeä vielä nähtykään. Hyvä, kun joku asian edes tuntee, mutta kukaan ei osta mitään” (Hamilo 2013).

Tulevaisuudentutkija Risto Linturin mukaan Suomi on jäämässä pahasti jälkeen globaalista kolmiulotteisen tulostuksen vallankumouksesta (Hamilo 2013). Suomi on kuitenkin Keski-Eurooppaan nähden ottanut jo etumatkaa 3D-tulostustekniikan teollisessa hyödyntämisessä. Yksittäiskappaleita ja pieniä sarjoja valmistetaan nykyisin esimerkiksi konepajateollisuudessa ja sen käyttömahdollisuuksia muun muassa taidevaluissa ja teollisen muotoilun puolella kartoitetaan lisääntyvissä määrin. (Yrittäjät 2013.)

Tähän mennessä 3D-tulostustekniikkaa on Suomessa markkinoitu lähinnä yrityksille ja pienille tee-se-itse- -harrastelijoille. Marko Hamilo kuitenkin kertoo Tiede-lehden verkkojulkaisussa (2013) kuluttajien osuuden tekniikan käyttäjistä kasvavan yli sadan prosentin vuosivauhtia.

Aalto-yliopiston ja Teknologian tutkimuskeskus VTT:n tutkimusjohtaja Erja Turusen mukaan 3D-tulostustekniikka voi jatkossa hyödyttää Suomen taloutta suuresti. Hänen mukaansa kappaletulostus erikoistuotteisiin tehtävinä pieninä sarjoina soveltuu maan teollisuuteen, sillä halpatuotantomaiden massatuotantoon käytettyjä perinteisiä menetelmiä vastaan on Suomen vaikea kilpailla. (Hamilo 2013.)

Taiteellisten alojen kannalta urauurtava uusi suomalainen innovaatio on kuitenkin maailman ensimmäinen 3D-tulostukseen ja lasertyöstöön erikoistunut Lasertaideresidenssi-projekti, joka aloitettiin Lappeenrannassa tammikuussa 2014. Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus TEKES:in Fiiliksestä fyrkkaa –ohjelman puitteissa rauhoitetun kaksivuotisen hankkeen yhteistyökumppaneina toimivat Kalevala Koru Oy, Oras Oy, Puustelli Group Oy, Suparinpei Oy, Ylämaan Graniitti Oy sekä AM Finland Oy.

Projekti on Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Saimaan ammattikorkeakoulun perustama, Lasertyöstön laboratorion tiloissa toimiva hanke, jossa 3D-tulostustekniikkaa sovelletaan taiteeseen, teolliseen muotoiluun ja tuotekehittelyyn. Lappeenrannan teknillisen yliopiston tutkija Heidi Pilli uskoo insinöörien ja taidealojen osaajien yhteistyön vakiinnuttamiseen osaksi Suomen luovien alojen teollisuutta. Hänen mukaansa projektin lopputuloksena toivotaan syntyvän uusi teollisuuttakin hyödyntävä toimintatapa, jossa tieteet ja taiteet yhdistyvät. Projektipäällikkö Emmi Suhosen mukaan tavoitteena on ottaa oppia taiteilijoiden työskentelystä ja kehittää liike-elämän ymmärrystä tuotteen arvonmuodostukseen. Hyödyn toivotaan tavoittavan niin taiteilijat, tavarantoimittajat, teollisuus kuin lopulta kuluttajatkin. (Uniikki Lasertaideresidenssi Lappeenrantaan 2013.)

### 4.1 3D-tulostusmahdollisuudet Suomessa

Suomessa 3D-tulostusmahdollisuudet ovat rajoittuneet lähinnä yliopistojen ja ammattikoulujen tiloihin (Salminen 2013). Yksityishenkilöille

avoimia 3D-tulostuksen kokeilumahdollisuuksia tarjoavat Lasipalatsin Kaupunkiverstas, Tapiolan kirjasto Paja sekä Aalto FabLab. Kaupunkiverstaalla tuloste maksaa 40 senttiä kappale, Tapiolan kirjasto tarjoaa palvelun asiakkailleen ilmaiseksi ja FabLabissa tulostamisesta maksetaan vain materiaalikustannukset.

3D-tulostimien valmistajia lukuun ottamatta metalliesineiden tulostus on Suomessa tällä hetkellä mahdollista vain kahdella tutkimuslaitoksella. Muoviesineille soveltuvia tulostimia maassa on jo runsaat 50 kappaletta, lähinnä korkeakoulujen käytettävissä. (Salminen 2013.)

Ensimmäinen suomalainen, ja tietävästi ainoa pohjoismaalainen, yksityiskäyttöön tarkoitettu 3D-tulostin miniFactory on seinäjokelaisen Start Up – yritys miniFactory Oy Ltd:n tuotekehittelyn tulos. Tulostin toimii avoimen koodin sovelluksilla ja toimitetaan asiakkaalle käyttövalmiina. Yritys tarjoaa tuotteelle kahden vuoden takuun sekä suomalaiset käyttöohjeet ja tukifoorumit. Verkkosivuilla miniFactorya mainostetaan helppokäyttöisenä ja pienikokoisena, mikä on omiaan madaltamaan yksityisen kuluttajan kynnystä hankkia laite omaan talouteen.

miniFactory Oy Ltd tarjoaa tulostinten lisäksi miniFactory Education Edition -koulutuspalvelua yksityisille käyttäjille ja esimerkiksi opettajankoulutukseen. Tarjonnan edelläkävijänä toimii Sovelto Oyj ja palvelun käyttöohjeet sekä tekninen tuki ovat täysin suomenkielisiä. Palvelun luvataan sisältävän kaiken tarvittavan ohjelmistojen tutustumista ja käyttöönottoa varten, jolloin kuluttajan itsensä ei tarvitse omistaa kuin tietokone oppiakseen kolmiulotteisen mallinnuksen perusteet. (miniFactory.)

## 4.2 Suomalaiset 3D-tulostuspalveluita tarjoavat yritykset

Suomeen on vuosikymmenen alusta lähtien noussut kasvavassa määrin erilaisia 3D-tulostuspalveluja ja -mallinnusta tarjoavia yrityksiä ympäri maata. Opinnäytetyötä varten tutustuttiin lähialueella toimiviin palveluntarjoajiin, joista tässä kappaleessa esitellään kolme jalkinemuotoilijan näkökulmasta tarjontansa puolesta hyödyllisimmäksi osoittautunutta yritystä.

### 4.2.1 Maker3D

Maker3D on Helsingissä sijaitseva 3D-tulostuspalveluihin erikoistunut yritys, jonka palveluihin kuuluvat 3D-skannaus, 3D-mallinnus, 3D-tulostus sekä koulutuspalvelut. Yhteistyö yrityksen kanssa toimii pääasiassa verkossa, jolloin asiakkaan kulkeminen itse paikalle ei ole välttämätöntä.

Yritys tarjoaa suunnittelupalvelua, joka hoitaa tarvittaessa tuotteen kolmiulotteisen mallinnuksen asiakkaan puolesta, toimitettujen luonnosten pohjalta. Vaihtoehtoisesti asiakas voi lähettää haluamansa fyysisen objektin skannattavaksi, jolloin kohteen sivut skannataan yksi kerrallaan ja yhdistetään sen jälkeen 3D-muotoiseksi tiedostoksi, esimerkiksi yleisimpään 3D-tulostimien ymmärtämään STL-muotoon.



Maker3D:n tarjontaan kuuluvat muun muassa pienoismallit, piensarjat, prototyyppit ja lopputuotteet. 3D-tulostimella valmistettavat tuotteet on mahdollista myös jälkikäsitellä, kuten maalata, palvelun kautta. Valmis tuote postitetaan asiakkaan kotiosoitteeseen tai sen voi noutaa yrityksen toimipisteestä paikan päältä.

Yrityksen kautta on mahdollista tilata myös 3D-tulostinpaketteja esimerkiksi opiskelijakäyttöön. Ne sisältävät 3DFactoryn käyttövalmiin ja valmiiksi kootun tulostimen, tulostusohjelmiston ja suomenkielisen aloituskoulutuksen, sekä PLA- ja ABS – tulostusmateriaalia. (Maker3D.)

### 4.2.2 Teveteam

Tampereella sijaitseva Teveteam on valtakunnallisesti 3D-tulostuspalveluita tarjoava yritys, jonka palveluihin kuuluu kolmiulotteisten tuotteiden mallintaminen asiakkaalle sekä prototyyppien että havainne- ja pienoismallien valmistus 3D-tulostusta hyödyntäen. Teveteam mainostaa itseään graafiseen ja tekniseen suunnitteluun erikoistuneena yrityksenä arkkitehtien ja muotoilijoiden avuksi.

Yritys tarjoaa asiakkailleen apua 3D-mallinnukseen toimitettujen piirustusten tai luonnosten perusteella. Tarvittaessa Teveteam tarjoutuu suunnittelemaan jopa koko tuotteen alusta alkaen, asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Valmiita tulosteita on mahdollista jälkikäsitellä esimerkiksi hiomalla, po-raamalla tai maalaamalla. (Teveteam.)

### 4.2.3 Innoexpress

Espossa toimiva Innoexpress on kolmiulotteiseen tulostukseen keskittynyt yritys, jonka erikoisuutena on vaativienkin tuotesuunnitelmien muuttaminen tarkoiksi fyysisiksi kappaleiksi jopa tunneissa. Palveluihin kuuluvat ulkomuotomallit, prototyyppit sekä piensarjat niin yrityksille kuin yksityisillekin kuluttajille toteutettuna.

Yritys toimii yhteistyössä asiakkaan kanssa innovoiden valmiiden 3D-tulostustiedostojen pohjalta. Haluttu malli lähetetään yritykselle sähköisenä tiedostona, jonka tulostaminen kolmiulotteiseksi kappaleeksi aloitetaan heti tilauksen saavuttua ja luvataan toimittaa asiakkaalle postitse valmiina tuotteena 2-3 arkipäivän kuluttua.

Innoexpress tarjoaa suomalaisista tulostusalanyrityksistä laajimmat materiaali- ja väri vaihtoehdot tulosteisiinsa. Muoviosien lisäksi yrityksen kautta on mahdollista tilata myös metallista ja TPU:sta valmistettuja tuotteita. Niin ikään maalaukset, pinnoitukset sekä yksityiskohtien viimeistely kuluvat palveluihin. (Innoexpress.)

### 4.3 Suomalaiset oppilaitokset

3D-tulostuskalustoa löytyy nykyisin yhä useamman yliopiston ja ammattikorkeakoulun tiloista. Tekniikan käyttö kuitenkin useimmiten rajoittuu oppilaitoksen omien opiskelijoiden saataville, eikä ulkopuolisten ole mahdollista asioida korkeakoulujen tiloissa saati käyttää laitteita omien tuotteidensa kolmiulotteiseen tulostukseen.

Tässä kappaleessa kartoitetaan jalkineopiskelijan mahdollisuudet Hämeen ammattikorkeakoulun tiloissa olevien 3D-tulostimien hyödyntämiseen jalkinemuotoilussa sekä esitellään tällä hetkellä ainoana avoimesti 3D-tulostustekniikkaa tarjoavana korkeakouluna Aalto-yliopiston FabLab.

#### 4.3.1 Hämeen ammattikorkeakoulu

Hämeen ammattikorkeakoulu Wetterhoffin jalkinesuunnittelun opintosuunnitelmaan kuuluu pakollisina opintoina kolmen opintopisteen laajuisen Shoemaster 3D-mallinnusohjelman perusteet –opintopakso. Opintokokonaisuus käsittää kolmiulotteisten päällisten mallintamisen valmiiden lestin sisältävien tiedostojen päälle, mutta Shoemaster -mallinnusohjelman avulla 3D-tulostimien ymmärtämiä tiedostomuotoja ei ole mahdollista tuottaa.

Teollisen muotoilun aineopettaja Jaakko Vasko kertoo muotoilun koulutusohjelma tarjoavan tällä hetkellä kolmiulotteisen CAD-mallintamisen kurseja vain lasi- ja keramiikan sekä teollisen muotoilun opiskelijoille. Tätä varten on käytössä Rhinoceros–mallinnusohjelma, jolla luoduilla tiedostoilla on mahdollista tulostaa kolmiulotteisia kappaleita.

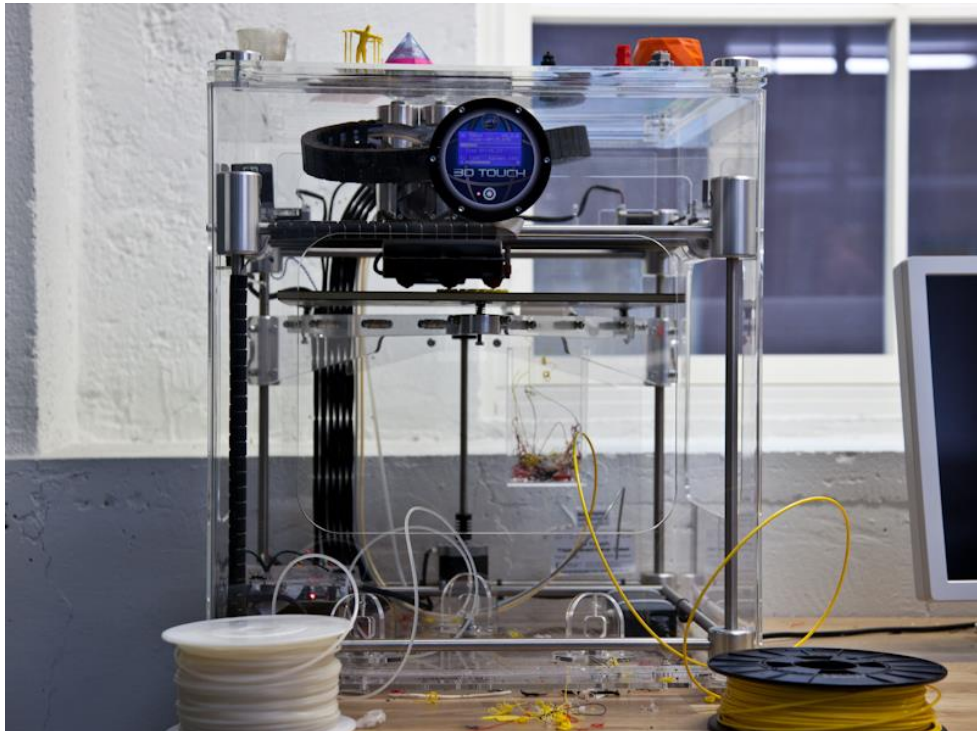
Hämeen ammattikorkeakoululla on nykyisellään käytössään kolme 3D-tulostinta, jotka sijaitsevan Riihimäen kampuksella, Mustialan toimipisteessä sekä Ohutlevykeskuksella. Näistä vaihtoehdoista muotoilun opiskelijoilla on mahdollisuus Riihimäen toimipisteessä sijaitsevan laitteen hyödyntämiseen teollisen muotoilun opettajan Jaakko Vaskon avustuksella.

Ammattikorkeakoulun 3D-tulostimilla on toistaiseksi mahdollista tulostaa vain ABS- tai PLA–muovia ja tulostettavan esineen koko tulee olla noin 15 cm x 15 cm x 15 cm, jos se halutaan ulos laitteesta yhtenä kappaleena. Tulostimella voidaan valmistaa useita kappaleita samanaikaisesti ja yhden tulosteen valmistukseen kuluu aikaa keskimäärin 8 tuntia. (Vasko 25.3.2014).

### 4.3.2 Aalto-yliopisto

Vuonna 2012 avattu Aalto FabLab on pieni digitaalisiin palveluihin erikoistunut tee-se-itse-työpaja, joka sijaitsee Aalto-yliopiston Arabian kampuksella Helsingissä. FabLabissa on tiistaisin avoimien ovien päivä ulkopuolisille tekniikasta kiinnostuneille tahoille ja sen lisäksi tilat ovat varattavissa sähköpostitse keskiviikosta perjantaihin omien projektien valmistusta varten. (Aalto FabLab.)

FabLabista löytyy laser- ja vinyylileikkuri, jyrsin, elektronisiin prototyypeihin tarvittavat laitteet sekä kaksi 3D-tulostinta (kuvat 38–39). Tilojen ja laitteiden käyttö on ilmaista, samoin tarjolla oleva neuvonta ja ohjaus työprosessin suunnittelua varten. Laitteita käytettäessä kustannuksia tulee ainostaan materiaaleista, kuitenkin vain niiden ylittäessä viiden euron alarajan. (Neissi 28.1.2014.) Tilojen ilmaista käyttöä vastaan FabLab toivoo vierailijoidensa dokumentoivan työnsä julkiseen Flickr-verkkokuvakirjastoon, joka toimii palvelun mainostuskanavana. (Aalto FabLab.)



Kuva 38. FabLabin 3D Touch -tulostin. (Aalto FabLab)



Kuva 39. FabLabin Ultimaker –tulostin. (Aalto FabLab)

Vierailijoiden käytössä olevien 3D-tulostimien materiaalivaihtoehtoina ovat ABS- ja PLA –muovi. Myös omia materiaaleja on mahdollista tuoda mukanaan, mutta niiden yhteensopivuus laitteiden kanssa on aina varmistettava etukäteen. FabLabin tietokoneisiin on asennettu Rhinoceros -3D-mallinnusohjelma ja tulostimet tukevat yleisimpiä 3D-tiedostomuotoja. (Neissi 28.1.2014.) Laitteiden käytöstä on tehty helppoa myös alaa vähemmän tunteville, sillä tulostimien käyttöohjeet ovat tulostettavissa Aalto FabLabin verkkosivuilta ja niihin voi tutustua jo ennen vierailua. (Aalto FabLab.)

Aalto FabLab tarjoaa kuitenkin 3D-mallintamiskursseja vain oman yliopistonsa opiskelijoille, joten muualta tulevien vierailijoiden on varattava mukaansa valmiit 3D-tulostinta varten mallinnetut tiedostot hyödyntääkseen kolmiulotteiseen tulostukseen tarkoitettuja välineitä omiin tuotteisiinsa. FabLabin henkilökunta auttaa tarvittaessa tiedostojen käsittelemisessä laitteisiin sopivampaan muotoon, mutta luonnosten pohjalta tehtävään mallinnustyöhön sen resurssit eivät riitä. (Neissi 28.1.2014.)

## 5 POHDINTA JA ARVIOINTI

### 5.1 Pohdinta

3D-tulostus vaikuttaisi tekevän tulooan suomalaisiin koteihin ja yritysmaailmaan yhä kiihtyvällä vauhdilla. Vaikkei tekniikasta muotoilun yhteydessä ole toistaiseksi vielä olemassa olevaa kirjallisuutta suomen kielellä painettukaan, aihe kiinnostaa mediaa ja kuluttajia kasvavassa määrin – ainakin mitä sähköisiin hakukoneisiin on uskomisen.

Tekniikan kehittyessä ja kotikäyttöisten 3D-tulostimien hintojen pudotessa on odotettavissa laajemmankin yleisön suuntaavan katseensa uudenlaista teknologiaa kohti. Onhan kolmiulotteisen tulostuksen ennustettu muuttavan yritysrakennetta yhtä radikaalisti kuin tietokone tai internet aikoinaan. Teollisen rakenteen muutos tulee toki viemään vuosikymmeniä ennen läpimurtoaan, mutta jo nykyisellään ajatus herättää voimakkaita tunteita monissa tahoissa.

Realistista on, että 3D-tulostus saattaa tulevaisuudessa tuhota yrityksiä, mutta samalla se mahdollistaa etenkin pienille yrittäjille ja taiteenalojen ammattilaisille täysin uuden väylän ja tilaisuuden harjoittaa toimintaansa jatkossa. Nuoremmalle sukupolvelle 3D-tulostin kotikoneena voi tarjota samanlaiset oppimismahdollisuudet kuin ensimmäiset tietokoneet 70-luvulla, joista monet maailmanmaineeseenkin nousseet tietotekniikan uranuurtajat saivat innoituksen nykyiseen ammattiinsa.

Jalkinemuotoilun kannalta mielenkiintoisin aspekti on 3D-tulostustekniikan rajattomalta vaikuttavat hyödyntämismahdollisuudet. Ensimmäiset kolmiulotteisesti tulostetut kengät on saatettu maailmaan jo lähes neljä vuotta takaperin ja Euroopassa huhutaan tekniikan käytön muotimaailmassa olevan jo osittain ohi mennyt villitys. Suomessa 3D-tulostustekniikka on kuitenkin vasta nyt saamassa muotoilupiireissä jalaansijaa ja ensimmäisiä kotimaisia kolmiulotteisesti tulostettuja jalkineita tuskin tarvitsee kauaa enää odottaa. Nyt jos koskaan suomalaisen jalkinemuotoilun opiskelijan tai ammattilaisen kannattaisi laajentaa ammattitaitoaan kolmiulotteisen teknologian alueelle, ja selvittää, millä tavoin itse pystyisi uudenlaista tekniikkaa muotoilussaan hyödyntämään ensimmäisten joukossa.

Suurin uhkatekijä 3D-tulostuksen kannalta on kuitenkin toistaiseksi puutteelliset lait 3D-tiedostojen tekijänoikeuksia koskien. Kotona, lahjaksi tai korjaustarkoituksessa tehty kopioiminen on täysin sallittua. Useimmiten lainsuojaa ei ole edes kaupalliseen tarkoitukseen kopioituissa tiedostoissa.

Piratismiin tiedetään vaikuttaneen musiikkiteollisuuteen kuolettavalla tavalla ja sama pelko leijuu 3D-tiedostojen verkkojakamisen yllä. Nykyisellään ei olla ratkaistu edes sitä, käsitelläänkö 3D-tiedostoja musiikin ja elokuvien tapaan niin sanotusti aineettomina tekijänsuojalain alaisina palveluina, vai tulisiko niitä kohdella esineinä, joihin pätevät patentteja ja tavaramerkkejä koskevat lait.

3D-tulostusta voidaan muotisuunnittelun näkökulmasta verrata musiikki-teollisuuden sijaan myös valokuvaukseen. Järjestelmäkamera ja perinteinen paperitulostin mahdollistavat valokuvien ottamisen missä vain ja lomakuvien tulostamisen vaikka omalta kotisohvalta. Samoin voitaisiin odottaa tapahtuvan, jos esimerkiksi vaate- tai jalkineteollisuus siirtyisi täysin 3D-tekniikan aikakaudelle ja kuka vain voisi tulostaa asunsa oman kotinsa rauhassa. Laadukkaiden tuotteiden tulostus vaatii kuitenkin molemmissa tapauksissa edelleen ammattitason laitteet, ja tämä tulee jatkossa erottamaan harrastelijat alan ammattilaisista.

### 5.2 Arviointi

Valitsin 3D-tulostuksen opinnäytetyöni aiheeksi sen ajankohtaisuuden vuoksi, sillä kolmiulotteista tulostusta on maailmalla käytetty jalkinemuotoilussa jo muutaman vuoden ajan menestyksekkäästi. Halusin itse oppia tekniikasta ja materiaaleista lisää, joten kartoitus aiheesta opinnäytetyönä Hämeen ammattikorkeakoulun jalkineen pääaineelle tuntui luonnolliselta vaihtoehdolta.

Opinnäytetyöprosessin aikana työn rakenne ja tiedonhankintamenetelmät ovat muuttuneet jatkuvasti. Alun perin tarkoitukseni oli tutustua 3D-tulostustekniikkaa jalkineissa hyödyntäneisiin muotoilijoihin ja heidän töihinsä henkilökohtaisesti. Tätä varten lähetin useita sähköposteja ympäri maailmaa ja matkustin Amsterdamiin tavoitteenani päästä haastattelemaan paikallisia alan pioneereja. Aie osoittautui kuitenkin pian mahdottomaksi, sillä kansainväliset suunnittelijat eivät joko vastanneet viesteihini lainkaan tai ilmoittivat haluttomuudestaan kertoa ammattisalaisuuksiaan haastattelun muodossa.

Ajaututtuani umpikujaan haastattelujen suhteen päätin rakentaa opinnäytetyöni pelkästään kirjallisten sekä verkosta löytyvien lähteiden varaan, sillä totesin niiden palvelevan kuitenkin kiitettävästi tämänkaltaista selvitystyötä. Aluksi myös näiden lähteiden löytäminen tosin osoittautui hie-man haastavaksi, sillä 3D-tulostuksesta muotoilun – ja erityisesti jalkine-muotoilun – yhteydessä ei tuntunut löytyvän kunnollista painettua materiaalia. Lopulta tilasin itselleni ulkomailta muutaman aihetta sivuavan kirjan ja valikoin verkosta löytyneestä materiaalista käytettäväksi tunnettujen päivälehtien sekä erikoisalojen verkkojulkaisujen artikkelit ja alan toimijoiden kotisivut. Sähköisiä lähteitä käytin työssäni määrällisesti paljon, sillä useamman samankaltaisen artikkelin koin lisäävän luotettavuutta esityksille argumenteille.

Onnekseni sain arvokasta tietoa myös Aalto yliopiston FabLabin henkilökunnalta vierailtuani heidän tiloissaan paikan päällä sekä Hämeen ammattikorkeakoulun teollisen muotoilun opettajalta ja muotisuunnittelija Iris van Herpenin assistentilta, joiden kanssa käymiäni keskusteluja käytin opinnäytetyössä suullisina lähteinä ja tiedonantoina. En kokenut virallista haastattelua tarpeelliseksi näitä keskusteluja varten, vaan toivoin saavani laajempia vastauksia vapaamuotoisen tilanteen kautta.

Opinnäytetyötä varten asetetulle pääkysymykselle saatiin työn tuloksena mielestäni onnistunut vastaus. 3D-tulostuksen hyödyntämismahdollisuudet jalkinemuotoilun näkökulmasta selvitettiin kansainvälisten esimerkkien avulla ja näitä tietoja sovellettiin pohdittaessa kolmiulotteisen tulostuksen käyttöä suomalaisessa jalkinemuotoilussa.

Opinnäytetyölle asetettiin useita tarkentavia lisäkysymyksiä, joista jokaiseen löydettiin prosessin aikana myös vastaus. Työssä alussa selvitettiin lyhyesti 3D-tulostustekniikan taustoja ja käyttöperiaatetta. Kolmiulotteiseen tulostukseen käytettävät materiaalit ovat peräisin alaan erikoistuneiden yritysten verkkosivuilta ja niiden esittelyä varten pyrin löytämään jokaisesta materiaalista jalkineisiin liittyvän esimerkkikuvan todisteeksi kyseisen materiaalin sopivuudesta jalkineen rakenteeseen.

Työssä esitellään useita alan ammattilaisia ohimennen kappaleiden sisällä ja kuvateksteissä, mutta omien otsikoidensa alle poimin viisi eniten mainetta niittänyttä uranuurtajaa. Työn lopputulosta varten valikoin esimerkeiksi neljä suosituinta verkossa toimivaa kansainvälistä tulostuspalvelua, ja niiden tarjoamien palvelujen pohjalta otin selvää mitkä vastaavat kotimaiset yritykset palvelisivat parhaiten suomalaisen jalkinemuotoilun ammattilaista tai opiskelijaa.

Koin tärkeäksi tuoda esiin erityisesti 3D-tulostuksen tarjoamat hyödyt valmistuksessa, vaikka opinnäytetyössä ei ollakaan huomioitu jalkineen toiminnallista näkökulmaa näin tuotekehitysvaiheessa olevan teknologian ja materiaalien johdosta. Myös jokaisessa käyttämässäni kirjallisessa lähteessä painotettiin kolmiulotteisen tulostuksen etuja massatuotantoon nähden ja alleviivattiin tekniikan ekologista sekä taloudellista näkökulmaa. Nämä perustelut on opinnäytetyössä koottu kymmenen perusoletuksen listaksi, jonka koen ainakin itselleni kannusteeksi kokeilla tämänkaltaista uutta teknologiaa omassa muotoilutyössäni tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön jatkokehittäminen on tässä vaiheessa mahdollista lähes mihin suuntaan tahansa. Prosessin aikana olen kerännyt itselleni perusteellisen tietopohjan tekniikan käyttömahdollisuuksista ja teoretiedon tueksi tavoitteena olisi seuraavaksi päästä käytännössä näkemään, kuinka itse suunnittelemani tuote valmistuu muutamassa tunnissa tulostaen.

Kiehtovimpana liikeideana pidän 3D-tiedostojen myymistä verkossa suoraan kotikäyttöisen 3D-tulostimen omaaville asiakkaille. Kuten opinnäytetyön alussakin kerrotaan, tämänkaltaisia verkkosivustoja on jo olemassa, mutta uskon vastaavanlaisten palvelujen lisääntyvän entisestään tulevaisuudessa. Olen itse ollut hieman vastahakoinen ajatukselle jalkinemuotoilualan yrittäjyydestä valmistumisen jälkeen, mutta juuri 3D-tulostuksen tarjoamat ekologiset, taloudelliset ja logistiset edut ovat saaneet mielipiteeni vähitellen muuttumaan.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

Hoskins, S., 2013, 3D Printing for Artist, Designers and Makers. Lontoo: Bloomsbury.

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

### Suulliset lähteet

Neissi, A., 28.1.2014, Aalto FabLab, Henkilökohtainen tiedonanto.

Schmidt, S., 15.1.2014, Iris van Herpen, Henkilökohtainen tiedonanto.

Vasko, J., 25.3.2014, Hämeen ammattikorkeakoulu, Henkilökohtainen tiedonanto.

### Sähköiset lähteet

3Ders. 17.2.2014. FeetZ creates 3D printed shoes that will only fit your feet.

<http://www.3ders.org/articles/20140217-feetz-creates-3d-printed-shoes-that-will-only-fit-your-feet.html> (Luettu 27.3.2014)

3Ders. ND. List of 3D Software.

<http://www.3ders.org/3d-software/3d-software-list.html> (Luettu 21.3.2014)

3Dprinttaus, 23.6.2013. 3D-printtaus kasvaa räjähdysmäisesti vuonna 2014.

<http://3dprinttaus.com/?p=98> (Luettu 18.3.2014)

3Dprinttaus. 4.7.2013. 3D-printattua muotia.

<http://3dprinttaus.com/?p=85> (Luettu 23.3.2014)

Aalto Fablab. ND.

<http://fablab.aalto.fi/site/> (Luettu 2.4.2014)

Andreia Chaves. ND. InvisibleShoe.

<http://www.andreiachaves.com/AndreiaChaves/index.php/invisible1> (Luettu 1.4.2014)

Bertoli, R.M., ND. SOMA Magazine. Victoria Spruce.

<http://www.somamagazine.com/victoria-spruce/> (Luettu 1.4.2014)

C-advice. ND.

<http://www.c-advice.com/?q=node/35> (Luettu 20.3.2014)



Condron, S., 4.2.2014. PC Mag. 3D-Printing Your Shoes: Fantasy vs. Reality.

<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2430270,00.asp>

(Luettu 27.3.2014)

Cubify. ND. Store.

<http://cubify.com/en/Store/FashionShoes> (Viitattu 19.3.2014)

Cubify. ND. The Cube 3D.

<http://cubify.com/en/Cube> (Viitattu 19.3.2014)

Engineering Capacity. 1.4.2013. Shoe Designer Finds 3D a Perfect Fit.

<http://www.engineeringcapacity.com/news101/process-news/rapid-manufacturing/shoe-designer-finds-3d-a-perfect-fit> (Luettu 1.4.2014)

Eskin, B., 11.12.2013. MakerBot. Sebastian Errazuriz's "12 Shoes for 12 Lovers".

<http://www.makerbot.com/blog/2013/12/11/makerbot-stories-sebastian-errazuriz-makes-12-shoes-for-12-lovers/> (Luettu 27.3.2014)

Etherington, R., 13.3.2011. Dezeen. Invisible Shoe by Andreia Chaves.

<http://www.dezeen.com/2011/03/13/invisible-shoe-by-andreia-chaves/>

(Luettu 1.4.2014)

Fashioning Tech. 6.7.2011. Pauline van Dongen Interview.

<http://www.fashioningtech.com/profiles/blogs/pauline-van-dongen-interview> (Luettu 27.3.2014)

Freedom of Creation. 11.3.2010. High Heel Shoes by Pauline van Dongen.

<http://www.freedomofcreation.com/for/high-heel-shoes-by-pauline-van-dongen> (Luettu 27.3.2014)

Freedom of Creation. 19.4.2011. Andreia Chaves Designs Pumps with Freedom of Creation.

<http://www.freedomofcreation.com/for/andreia-chaves-designs-pumps-with-freedom-of-creation> (Luettu 1.4.2014)

Hamilo, M., 10.12.2013. Tiede. 3D-tulostin ui hypen harjalla.

[http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/uusimmat/3d\\_tulostin\\_ui\\_hypen\\_harjalla](http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/uusimmat/3d_tulostin_ui_hypen_harjalla)

[a](http://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/uusimmat/3d_tulostin_ui_hypen_harjalla) (Luettu 18.3.2014)

Harker, J., 9.7.2012. Shapeways. Is the 3D Printed "Designed to Win" the World's Fastest Shoe?

<http://www.shapeways.com/blog/archives/1487-is-the-3d-printed-designed-to-win-the-worlds-fastest-shoe.html> (Luettu 27.3.2014)

Hennessey, R., 7.8.2013. Forbes. 3D Printing Hits the Fashion World.

<http://www.forbes.com/sites/rachelhennessey/2013/08/07/3-d-printed-clothes-could-be-the-next-big-thing-to-hit-fashion/> (Luettu 27.3.2014)

Howarth, D., 24.4.2013. Dezeen. Everybody could have their body scanned and order clothes that fit perfectly.

<http://www.dezeen.com/2013/04/24/iris-van-herpen-interview/>

(Luettu 27.3.2014)

Howarth, D., 6.8.2013. Dezeen. Wilderness Embodied by Iris Van Herpen.

<http://www.dezeen.com/2013/08/06/wilderness-embodied-by-iris-van-herpen/>

(Luettu 27.3.2014)

i.Materialise, ND.

<http://i.materialise.com> (Luettu 27.3.2014)

Ilmasto-opas. ND. Kestävä tuotesuunnittelu.

<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/e25090fe-19b6-40ae-a65b-78b901433a2a/kestava-tuotesuunnittelu.html>

(Luettu 26.3.2014)

Innoexpress. ND.

<http://www.innoexpress.com/#palvelut> (Luettu 2.4.2014)

Iris van Herpen. ND.

<http://www.irisvanherpen.com/about> (Luettu 27.3.2014)

Killeen, M., 11.9.2013. Cool Hunting. Fashion X Techonolgy: Naim Josefi.

<http://www.coolhunting.com/style/fashion-x-technology-naim-josefi.php>

(Luettu 1.4.2014)

Kotilainen, S., 17.10.2013. Tietokone. Metallien 3D-tulotus tulee – valmistuksen uusi aikakausi.

[http://www.tietokone.fi/artikkeli/uutiset/metallien\\_3d\\_tulostus\\_tulee\\_valmistuksen\\_uusi\\_aikakausi](http://www.tietokone.fi/artikkeli/uutiset/metallien_3d_tulostus_tulee_valmistuksen_uusi_aikakausi) (Luettu 26.3.2014)

Lappeenranta University of Technology. 15.11.2013. Uniikki Lasertaideresidenssi Lappeenrantaan.

[http://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufOQWn/content/uniikki-lasertaideresidenssi-lappeenrantaan](http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/uniikki-lasertaideresidenssi-lappeenrantaan) (Luettu 1.4.2014)

Laurila, J., 8.9.2013. Arctic Sport Addicts. 3D-printtaus ja juoksukenkien kehitys.

<http://www.arcticsportaddicts.fi/3d-printtaus-ja-juoksukenkien-kehitys>

(Luettu 18.3.2014)

Lepomäki, E., 28.5.2012. Tietoviikko. 3D-tulostus on länsimaiden pelastus.

[http://www.tietoviikko.fi/cio/blogit/ict\\_standard\\_forum/3dtulostus+on+lansimaiden+pelastus/a809654](http://www.tietoviikko.fi/cio/blogit/ict_standard_forum/3dtulostus+on+lansimaiden+pelastus/a809654) (Luettu 18.3.2014)

Lindstedt, S., 8.10.2012. Tietokone. 3D-tulostus on pian arkea.  
[http://www.tietokone.fi/artikkeli/uutiset/3d\\_tulostus\\_on\\_pian\\_arkea](http://www.tietokone.fi/artikkeli/uutiset/3d_tulostus_on_pian_arkea)  
(Luettu 18.3.2014)

Linnake, T., 17.7.2013. Digitoday. 3D-tulostus kotona, otto 2: ”Yrityksiä tuhoutuu”.  
<http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2013/07/17/3d-tulostus-kotona-otto-2-yrityksia-tuhoutuu/20139855/66> (Luettu 18.3.2014)

Madsen, S., 2013. Dazed. Q&A: Iris van Herpen.  
<http://www.dazeddigital.com/fashion/article/15493/1/qa-iris-van-herpen>  
(Luettu 27.3.2014)

Maker3D. ND.  
<http://www.maker3d.fi/3d-tulostus/> (Luettu 2.4.2014)

miniFactory. ND.  
<http://www.minifactory.fi/info> (Luettu 2.4.2014)

Naim Josefi. ND. Melonia.  
<http://naimjosefi.com/accessories/melonia> (Luettu 1.4.2014)

Palladino, V., 11.12.2013. The Verge. London designer creates 3D-printed regenerative running shoe from protocells.  
<http://www.theverge.com/2013/12/11/5200814/designer-creates-3d-printed-regenerative-running-shoe> (Luettu 27.3.2014)

Peels, J., 17.2.2011. i.Materialise. Naim Josefi’s Melonia shoe nominated for a Brit Insurance Design Award.  
<http://i.materialise.com/blog/entry/naim-josefis-melonia-shoe-nominated-for-a-brit-insurance-design-award> (Luettu 1.4.2014)

Perepelkin, P., 21.2.2013. Additive Fashion. Invisible Shoe.  
<http://www.additivefashion.com/invisible-shoe/> (Luettu 1.4.2014)

Perepelkin, P., 21.5.2013. Additive Fashion. 3D Printed Shoes: A Look Back.  
<http://www.additivefashion.com/3d-printed-shoes-a-look-back/>  
(Luettu 27.3.2014)

Perepelkin, P., 27.4.2013. Additive Fashion. Shoes by Victoria Spruce.  
<http://www.additivefashion.com/shoes-by-victoria-spruce/>  
(Luettu 1.4.2014)

Perez, S., 27.1.2014. Tech Crunch. SOLS Raises \$1.75 Million To Make 3D-Printed Shoe Insoles Both Sexy & Mainstream.  
<http://techcrunch.com/2014/01/27/sols-raises-1-75-million-to-make-3d-printed-shoe-insoles-both-sexy-mainstream/> (Luettu 27.3.2014)

Perttu, J., 2.2.2014. Helsingin Sanomat. Tutkija: Käsityön muodot ja esteetiikka palaavat.

<http://www.hs.fi/talous/Tutkija+Käsityön+muodot+ja+estetiikka+palaavat/a1391232477313> (Luettu 20.3.2014)

Pettersson, M., 23.3.2013. Helsingin Sanomat. Muuttaako 3D-tulostus maailman?

<http://www.hs.fi/tekniikka/a1363933593081> (Luettu 18.3.2014)

Prototype Today. ND. 3D Printed Melonia Shoe has been nominated for a Brit Insurance Design Award.

<http://www.prototypetoday.com/materialise/3d-printed-at-materialise-the-melonia-shoe-has-been-nominated-for-a-brit-insurance-design-award>

(Luettu 1.4.2014)

Rietveld, F., ND. Tedx Amsterdam. 3D Printing: The Face of Future Fashion?

<http://www.tedxamsterdam.com/3d-printing-the-face-of-future-fashion/>

(Luettu 27.3.2014)

Salminen, S., 19.4.2013. Lappeenranta University of Technology. 3D-tulostus mullistaa valmistuksen.

[http://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufOQWn/content/3d-tulostus-mullistaa-valmistuksen](http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/3d-tulostus-mullistaa-valmistuksen) (Luettu 1.4.2014)

Shapeways. ND.

<http://www.shapeways.com> (Luettu 27.3.2014)

Solepex. ND.

<http://www.solepex.com/raaka-aineet.html> (Luettu 27.3.2014)

T. Rowe Price. 9.9.2011. A Brief History of 3D Printing.

[http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D\\_Printing\\_Infographic\\_FINAL.pdf](http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf) (Viitattu 25.3.2014)

Teveteam. ND.

<http://www.teveteam.fi> (Luettu 2.4.2014)

Thingiverse, ND.

<http://www.thingiverse.com> (Luettu 27.3.2014)

Thompson, C., 15.2.2014. CNBC. For those aching feet 3-D printed shoes could be the answer.

<http://www.cnbc.com/id/101418139> (Luettu 27.3.2014)

Tinkercad, ND.

<http://blog.tinkercad.com/materialsguide/> (Luettu 27.3.2014)

Virtual Shoe Museum. ND. Capriole.

<http://www.virtualshoemuseum.com/iris-van-herpen/capriole> (Luettu 27.3.2014)

We3D, ND.

<http://www.we3d.fi/tulostin-materiaalit.html> (Luettu 26.3.2014)

Wolfe, J., 19.6.2012. Forbes. 3D Printing, Shapeways, and the Future of Personal Products.

<http://www.forbes.com/sites/joshwolfe/2012/06/19/3d-printing-shapeways-and-the-future-of-personal-products/> (Luettu 27.3.2014)

Yrittäjät. 26.9.2013. Start-up yritys käynnisti Suomen suurimman 3D-tulostimen.

<http://www.yrittajat.fi/fi-FI/uutisarkisto/a/?groupId=fefe50b4-2878-4e00-a3c3-a040462d6561&announcementId=25ab2bd8-93e1-4a84-b10f-821be3c76617> (Luettu 1.4..2014)

## Kuvalähteet

3D-mallinnuksen esimerkkikuvat kuvakaappauksia Jaakko Vaskon suunnittelemissa kappaleista. Kuvat otettu 3.4.2014.

Cubify. ND. The Cube 3D.

<http://cubify.com/en/Cube> (Viitattu 19.3.2014)

Gartner. 2013. Hype Cycle for Emerging Technologies.

<http://www.gartner.com/newsroom/id/2575515> (Viitattu 19.3.2014)

Cubify. ND. Store.

<http://cubify.com/en/Store/FashionShoes> (Viitattu 19.3.2014)

T. Rowe Price. 2011. How 3D Printing Works.

[http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D\\_Printing\\_Infographic\\_FINAL.pdf](http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf) (Viitattu 25.3.2014)

Ilmasto-opas. ND. Elinkaarimalli.

<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/e25090fe-19b6-40ae-a65b-78b901433a2a/kestava-tuotesuunnittelu.html>

(Viitattu 26.3.2014)

Tomas Mikule. 2013. Vacuum Step 1.

<http://www.behance.net/gallery/INSTANT-SHOE/7971655>

(Viitattu 27.3.2014)

Alan Nguyen. 2012. iPhone Mashup Shoe.

<http://alan-nguyen.com/portfolio/iphone-mashup-shoe/>

(Viitattu 27.3.2014)

Janina Alleyne. 2012. Exoskeleton.

<http://www.janinaalleyne.com/#/exoskeleton/4567606236>

(Viitattu 27.3.2014)

Bryan Oknyansky. 2013. Heavy Metal Series.

<http://www.bryanoknyansky.com/#!heavymetalseries/c19fg>  
(Viitattu 27.3.2014)

Marla Marchant. ND. Woven High Heels.  
<http://showtime.arts.ac.uk/MarlaMarchant> (Viitattu 27.3.2014)

i.Materialise. ND. Silver Material Samples.  
<http://i.materialise.com/materials/silver> (Viitattu 27.3.2014)

Luc Fusaro. 2012. Athlete-Specific Performance Sprint Shoes.  
<http://www.lucfusaro.com/en/sport/skin/skin.php> (Viitattu 27.3.2014)

Sebastian Errazuriz. 2013. The Boss.  
<http://12shoesfor12lovers.com> (Viitattu 27.3.2014)

i.Materialise. ND. Bronze Material Samples.  
<http://i.materialise.com/materials/bronze> (Viitattu 27.3.2014)

Shapeways. ND. Glossy Black Dinnerware.  
<http://www.shapeways.com/materials/ceramics> (Viitattu 27.3.2014)

i.Materialise. ND. Rubber-like Material Samples.  
<http://i.materialise.com/materials/rubber-like> (Viitattu 27.3.2014)

Marloes ten Bhömer. 2011. Blackmouldedleathershoe.  
<http://marloestenbhomer.squarespace.com> (Viitattu 27.3.2014)

i.Materialise. ND. Transparent Resin Material Samples.  
<http://i.materialise.com/materials/transparent-resin> (Viitattu 27.3.2014)

Shamees Aden. ND. Amoeba Trainer.  
<http://shameesaden.com/amoeba-trainer> (Viitattu 27.3.2014)

Nike. 2013. Nike Debuts First Ever Football Cleat Built Using 3D Printing Technology.  
<http://nikeinc.com/news/nike-debuts-first-ever-football-cleat-built-using-3d-printing-technology> (Viitattu 28.3.2014)

Michel Zoeter. ND. United Nude.  
<http://www.unitednude.com/collaborations/iris-van-herpen/capriole>  
(Viitattu 28.3.2014)

WENN. ND. Iris van Herpen Wilderness Embodied.  
<http://wenn.com> (Viitattu 31.3.2014)

Iris van Herpen. 2013. Haute Couture.  
<http://www.irisvanherpen.com/haute-couture> (Viitattu 31.3.2014)

Mireille Martis. 2010. Morphogenesis 3D Printed Shoes by Pauline van Dongen.  
<http://mocoloco.com/archives/015142.php> (Viitattu 31.3.2014)

Mike Nicolaassen. 2010.

<http://photomike.nl> (Viitattu 31.3.2014)

Naim Josefi. ND. Melonia.

<http://naimjosefi.com/accessories/melonia> (Viitattu 31.3.2014)

Solestruck. ND. Andreia Chaves.

<http://www.solestruck.com/search/Andreia%20Chaves>  
(Viitattu 31.3.2014)

Freedom of Creation. 2011. Andreia Chaves Designs Pumps with Freedom of Creation.

<http://www.freedomofcreation.com/for/andreia-chaves-designs-pumps-with-freedom-of-creation> (Viitattu 31.3.2014)

Fernando Biagioni. 2009. The Footwear concepts of Andreia Chaves.

[http://www.yatzer.com/feed\\_2043\\_the\\_footwear\\_concepts\\_of\\_andreia\\_chaves](http://www.yatzer.com/feed_2043_the_footwear_concepts_of_andreia_chaves) (Viitattu 31.3.2014)

Victoria Spruce. ND. Arts Thread.

[http://www.artstthread.com/p/victoria\\_spruce](http://www.artstthread.com/p/victoria_spruce) (Viitattu 31.3.2014)

Victoria Spruce. ND. International Talent Support.

<http://www.motilo.com/article/redirect/23125> (Viitattu 31.3.2014)

Aalto FabLab. ND. 3D Printer: 3D Touch.

<http://fablab.aalto.fi/site/equipment/3d-printer-3d-touch> (Viitattu 3.4.2014)

Aalto FabLab. ND. 3D Printer: Ultimaker.

<http://fablab.aalto.fi/site/equipment/3d-printer-ultimaker>  
(Viitattu 3.4.2014)

## Taustakirjallisuus

Anderson, C., 2012, Makers: The New Industrial Revolution. New York: Random House.

Barnatt, C., 2013, 3D Printing: The Next Industrial Revolution. ExplainingTheFuture.com.

Arvekari, L., 2013. 3D-tulostus. Lahden ammattikorkeakoulu. Tekniikan ala. Mediatekniikka. Tekninen visualisointi. Opinnäytetyö.

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56792/Arvekari\\_Lassi.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56792/Arvekari_Lassi.pdf?sequence=1) (Luettu 21.3.2014)

Lehtimäki, J., 2013. 3D-mallien muokkaus 3D-tulostamista varten CAD-ohjelmilla. Vaasan ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tekniikka ja liikenne. Opinnäytetyö.

<http://theseus.fi/handle/10024/55697> (Luettu 21.3.2014)

Lohilahti, J., 2011. Selvitys 3D-tulostamisen tilanteesta Suomessa. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/36967/Lohilahti\\_Jarkko.pdf](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/36967/Lohilahti_Jarkko.pdf)

(Luettu 21.3.2014)

Muurinen, K., 2013. 3D tulostus – digitaalisesta mallista esineeksi. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62614/Muurinen\\_Kimmo.p](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62614/Muurinen_Kimmo.pdf?sequence=1)

[df?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62614/Muurinen_Kimmo.pdf?sequence=1) (Luettu 21.3.2014)



