

The image features a large, 3D-rendered logo consisting of the letters 'IIPD' in a bold, white, sans-serif font. The letters are positioned on a circular background with a deep red, textured surface, possibly representing a carpet or a similar material. This circular area is framed by a metallic, silver-colored rim that has a slight shadow and highlights, giving it a three-dimensional appearance. The entire composition is set against a plain, light gray background.

IIPD

Liiketoiminnan kehittäminen 3D-tulostuksen avulla

Pauli Rissanen & Matti-Juhani Pekkanen

Kulttuuriala	
Muotoilun koulutusohjelma	
Pauli Rissanen ja Matti-Juhani Pekkanen	
Liiketoiminnan kehittäminen 3d-tulostuksen avulla	
15.5.2014	
Antti Kares	
<p>Työn lähtökohtana oli liiketoiminnan kehittäminen 3d-tulostuksen avulla. Tätä ajatusta lähestyttiin kahdesta eri näkökulmasta, eli siitä miten tekijöiden oma yritys saisi rakennettua liiketoimintaa 3d-tulostuksen ympärille, ja siitä miten tekijät voisivat auttaa eri alojen toimijoita hyötymään 3d-tulostuksen mahdollisuuksista. Keskeisessä osassa opinnäytetyötä oli myös 3D-tulostuksen prosessin havainnollistaminen.</p> <p>Työn perustavava tavoitteena oli luoda tukeva perusta yrityksen toiminnalle kartuttamalla ammattitaitoa ja luomalla kontakteja alalle ja liike-elämään. Tämä mahdollistaisi sen että tekijät pystyisivät jakamaan tietoa jatkossa myös muille kiinnostuneille. Toinen keskeisistä tavoitteista oli luoda selkeä ja visuaalisesti näyttävä opas 3d-tulostuksen mahdollisuuksista nykypäivänä ja tulevaisuudessa. Tästä oppaasta muodostuisi opinnäytetyön selkäranka.</p> <p>Työhön sisältyi perehtymisen lisäksi materiaali- ja kierrätyskokeiluja, verkostoitumista sekä erinäisiä asiakasprojekteja joissa hyödynnettiin 3d-tulostusta.</p> <p>Työssä on paneuduttu visuaalisuuteen ja selkeyteen.</p>	
Avainsanat: 3D-tulostus, pikavalmistusmenetelmät, valmistusmenetelmät	

Culture	
Degree programme in Design	
Pauli Rissanen ja Matti-Juhani Pekkanen	
Creating business around 3d-printing	
15.5.2014	
Antti Kares	
<p>The basis of the work was to create business around 3d-printing. There was two view-points to this scenario, firstly how the authors company could create business around 3d-printing, and secondly how they could help professionals in different fields of industry to gain profit from 3d-printing techniques. In the centre of the work was also to represent how the process of 3d-printing works.</p> <p>Main goal was to build a basis for the company by building up our professionalism and to make contacts to the business world. This would allow authors to share knowledge in the future. Another important goal was to create understandable and visually effective book about the possibilites of 3d-printing now and in the future. This book would be the spine of the thesis.</p> <p>Beside orientation, work included material and recyclement testing, networking and various work-projects where 3d-printing techniques were used.</p> <p>Main focus points of the work were clarity and visuality.</p>	
Keywords: Rapid manufacturing, 3d-printing, manufacturing	

Sisällys

I

Alkusanat	4
Vallankumouksen kynnyksellä	8
Teollinen vallankumous	9
Muutokset isossa kuvassa	10
Tekniikka	11
Pursotustekniikka	12
Materiaalit pursotustekniikassa	15
Materiaalit sintraustekniikassa	15
Materiaalien kierrätys	16
Materiaalin valmistus	17
Luonnonkuitukomposiitit 3d-tulostuksessa	18
Lasersintraus	19
Stereolitografia	23
Laminated object manufacturing	24
3D-tulostus rakennusteollisuudessa	25
Mallintaminen	29

II

Esimerkkejä 3D-tulostuksen mahdollisuuksista	31
Puuseppä	32
Pienoismalliharrastaja	36
Sisustussuunnittelija	39
Sarjatuotanto	43
Suunnittelutoimisto	45
Metallipaja	48

III

Työnjako ja projektin eteneminen	51
Opinnäytetyön etenemisen seuranta	52
Firpan ajankohtaisseminaari ja näyttely	53
Esimerkki tuotekehitysprojektista	54
Materiaalin kierrätys, luonnonkuidut ja tulostusmateriaalin valmistus	55
Maastomallien ja muiden suunnitelmien visualisointi	56
Kilpailutyön kansi	57
Business model canvas	58
Loppupohdinta	59
Lähteet	60



Alkusanat

Yhteistyömme alkoi Muotoiluakatemiassa vuonna 2010 päädyttyämme samalle vuosikurssille opiskelemaan teollista muotoilua. Moninaisten yhteisten projektien yhteydessä huomasimme töiden valmistuvan ajallaan ja yhteistyön sujuvan. Lisäksi menestyimme erinäisissä muotoilukilpailuissa ja tämä lisäsi uskoa omaan tekemiseen. Näistä lähtökohdista perustimme 3D-tulostamiseen erikoistuneen yrityksen nimeltä Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen Ay:n.

Tämä opinnäytetyö on luontevaa jatkumoa koko tälle nelivuotiselle koulutukselle, sillä tässä kirjassa konkretisoituu ja tiivistyy oppimme 3D-tulostuksen suhteen. Tämä kirja toimii lähtösäyksenä ja porttina työelämään yrittäjänä. Muotoilutoimisto Rissanen / Pekkanen Ay tulee käyttämään tästä kirjasta osia markkinointiin ja koulutustapahtumiin.

Opinnäytetyömme jakautuu kolmeen eri osaan. Kirjan ensimmäisessä osassa on selvitetty tulostuksen yhteiskunnallisia ja ympäristöön vaikuttavia asioita, tulostustekniikoita sekä materiaaleja. Toisesta osasta löytyy esimerkkejä joilla 3D-tulostusta voidaan hyödyntää liike-elämässä. Opinnäytetyön kolmannessa osassa on esitetty opinnäytetyön teon taustoja, yrityksemme verkostoitumista ja esimerkkejä projekteista joissa olemme 3D-tulostusta käyt-

täneet. Ensimmäinen ja toinen osa muodostavat kokonaisuuden, jota yrityksemme tulee käyttämään koulutukseen ja markkinointiin.

Opinnäytetyön sivujen formaatiksi on valittu 210 x 210 siitä syystä, että se soveltuu erinomaisesti näytöltä katsottavaksi, sekä siitä saa painatettua kirjan vaivattomasti. Kuvitus on lähes kaikilta osin tekijöiden itsensä tekemiä ja ne löytyvät tekijöiden omista arkistoista. Lainatut kuvat ovat erikseen merkitty.

3D-tulostus on olennaisena osana kuulunut muotoiluopintoihimme, joten Kuopion Muotoiluakatemiassa 3D-tulostimet ovat tulleet tutuksi vuosien varrella. Johtuen loputtomasta kiinnostuksesta alaa kohtaa, olemme pyrkineet aktiivisesti ammentamaan osaamista ja tietoa ympäriltä olevilta opettajilta, opiskelijoilta ja yhteistyökumppaneilta. Kiitokset heille pitkäjänteisyydestä ja ymmärryksestä uteliaisuuttamme kohtaan. Nyt on meidän aika laittaa tämä vuosien varrella saatu tieto pakettiin ja jakaa sitä eteenpäin tämän opinnäytetyön muodossa.

Jatu *Matti*



r i s s a n e n P e k k a n e n

m u o t o i l u t o i m i s t o

Muotoilutoimisto, jossa yhdistetään kahden monialaisen ihmisen taidot. Toiminnan keskiössä on 3d-tulostukseen liittyvät tekniikat ja niiden eri sovellutukset. Pyrimme olemaan tukena yrityksille 3d-tekniikoiden hyödyntämisessä ja käyttöönotossa ja tarjoamme mallinnus-, tulostus- ja skannauspalvelua, sekä koulutusta. Lisäksi tarjoamme perinteistä tuotemuotoilua, tuotekehitystä, konseptointia ja graafista suunnittelua.

Ensimmäinen osa

3D-tulostuksen taustat ja tekniikat

3D-tulostaminen, eli materiaalia lisäävä valmistus tarkoittaa tietokoneella luodun kolmiulotteisen mallin tulostamista fyysiseksi kappaleeksi. ¹

Vallankumouksen kynnyksellä

Painokoneiden ja sitä kautta myös tulostamisen historiaa tutkittaessa huomataan, kuinka höyrykone mahdollisti nopean ja edullisen tulostamisen 1800-luvulla. Tämä johti siihen, että paperille painetusta sanasta tuli pääasiallinen väline kommunikointiin. Tässä yhteydessä puhutaan usein ensimmäisestä teollisesta vallankumouksesta. Tällöin kylvettiin myös siemenet teollistumiselle, joka tulisi määrittämään koko 1900-lukua.

Polttomoottori ja tehtaiden sähköistyminen olivat perustana toiselle teolliselle vallankumoukselle, joka johti toisaalta sotiin, lamaan ja taisteluun resursseista, ja toisaalta valtaviin tekniisiin harppauksiin. Tämä kehitys mahdollisti nopean elintason nousun, mutta sen kestävyyttä voi kyseenalaistaa lisääntyneiden saasteiden ja valtavan kulutuksen valossa.

Näin 2000-luvun alussa olemme jälleen uuden teollisen vallankumouksen kynnyksellä. Näinä aikoina oleellisessa roolissa ovat mm. uusiutuvat energiamuodot ja sekä teollisuuden että energian tuotannon pirstaloituminen suurista teollisista yksiköistä pienempiin yksittäisiin tuottajiin ja aina kuluttajiin asti. Ja juuri tässä pääsemme palaamaan takaisin tulostukseen, jonka uusin tekniikka, 3D-tulostaminen eri muodoissaan, on jälleen osaltaan muuttamassa teollisuutta ja sen rakennetta.

Työn luonne muuttuu, kun teollisuuden rakenne muuttuu. Nyt ollaan tilanteessa, jossa määritellään suuntaviivat uudelle vuosituonnille. Tulevilla sivuilla syvennymme 3D-tulostukseen ja sen mahdollisuuksiin nyt ja tulevaisuudessa.²

”Tulevilla sivuilla syvennymme 3d-tulostukseen ja sen mahdollisuuksiin nyt ja tulevaisuudessa.”

Pauli Rissanen & Matti-Juhani Pekkanen

Teollinen vallankumous

Ennen - Jälkeen



3D-tulostin



Asutuskeskus



Liikenne & Logistiikka



Luonto



Vanhanaikainen tuotantomenetelmä



Saaren 3D-tulostimien ansiosta tuotanto tapahtuu suoraan siellä missä sille on tarvetta. Materiaali- ja tavarakuljetukset vähenevät, sillä tulostimet käyttävät paikallisesti tuotettuja materiaaleja. Saaren luonto elpyy ajan saatossa tehtaan häviämisen myötä.

Muutokset isossa kuvassa

3D-printtaaminen tulee vaikuttamaan tulevaisuudessa yhä enemmän luontoon, talouteen ja logistiikkaan.

Vuonna 2013 presidentti Barack Obama arvioi vuotuisessa Kansakunnan tila -puheessaan 3D-tulostuksen kehittymisen nostavan Yhdysvallat talouskurimuksesta ja samalla palauttavan työpaikkoja Kiinasta takaisin kotimaahan.³

3D-printtauksen yleistyessä tarve tavaroiden ja tuotteiden siirtämiselle paikasta toiseen vähenee. Tekniset piirustukset ja 3D-mallit voidaan lähettää hetkessä maailman laidalta toiselle ja tulostaa paikallisesti.⁴

Tulevaisuudessa pikavalmistuksen menetelmien yleistyessä myös kotitalouksiin, on oletettavaa että 3D-tulostuksen vaikutukset logistiikkaan heijastuvat monelle tasolle, valtamerilaivoista ja lentokoneista aina paikalliseen liikenteeseen. Ongelmat varastoinnin ja ylituotannon suhteen vähenevät, sillä tuotteita voidaan printata tarpeen mukaan.



Tekniikka

3D-tulostuksessa on kyse kolmiulotteisen CAD (Computer-Aided Design) -geometrian tulostamisesta 3D-tulostimella fyysiseksi kappaleeksi.

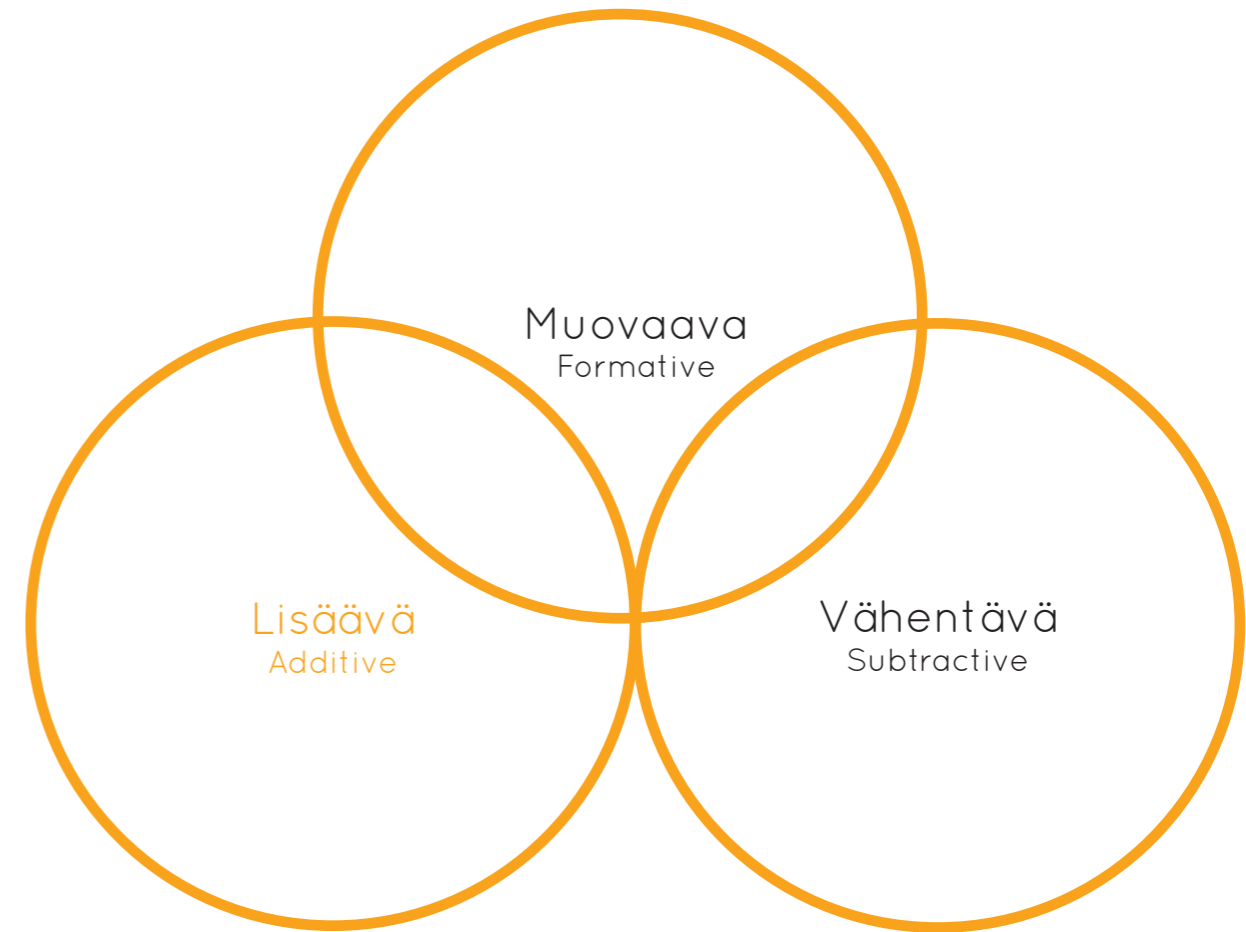
3D-tulostuksella on monia eri nimiä kuten pikavalmistus, materiaalia lisäävä valmistus ja AM-tekniikka. Kaikki tarkoittavat kuitenkin yhtä ja samaa asiaa. Poikkeuksena kuitenkin on se, että 3D-tulostus (3D-Print) -sanalla viitataan usein englanninkielisessä kirjallisuudessa sideaineen suihkutukseen (Binder Jetting) tai materiaalin suihkutukseen (Material Jetting).⁵

Kilpailun lisääntyminen laskee hintoja alas, mikä osaltaan lisää 3D-tulostuksen houkuttelevuutta ja yleistymistä. Uudet tekniikat mahdollistavat tulosteiden paremman pinnanlaa-

dun, tarkkuuden ja kestävyuden. Tekniikoiden lisäksi uusia tulostusmateriaaleja tutkitaan ja kehitetään jatkuvasti ympäri maailmaa. Suomessa tulostimia valmistaa Mini Factory Oy.

Tulostustekniikoita on monia ja uusia tulostimia tulee markkinoille jatkuvasti. Seuraavilla sivuilla käymme lävitse tämän hetken keskeisimmät tekniikat.

3D-tulostusmenetelmät	Materiaalit
Fused deposition modeling (FDM)	Termoplastinen muovi, Eutektinen met.
Selective laser sintering (SLS)	Termoplastinen muovi, metallijauhe
Direct metal laser sintering (DMLS)	Lähes kaikki metalliseokset
Stereolithography (SLA)	Photo-polymeeri
Laminated object manufacturing (LOM)	Paperi, muovi, metallit
Electron beam melting (EBM)	Titaani-metalliseos
3D-tulostin, 3D printing (3DP)	Metallit, muovit, kipsi, betoni, ym.



Pikavalmistusmenetelmä on lisäävä valmistusmenetelmä. Muovaavaa valmistusta on muun muassa taonta sekä valssaus ja vähentävien menetelmien piiriin kuuluu esimerkiksi sorvaus ja jyrsintä.⁶

Pursotustekniikka

Fused Deposition Modeling (FDM)

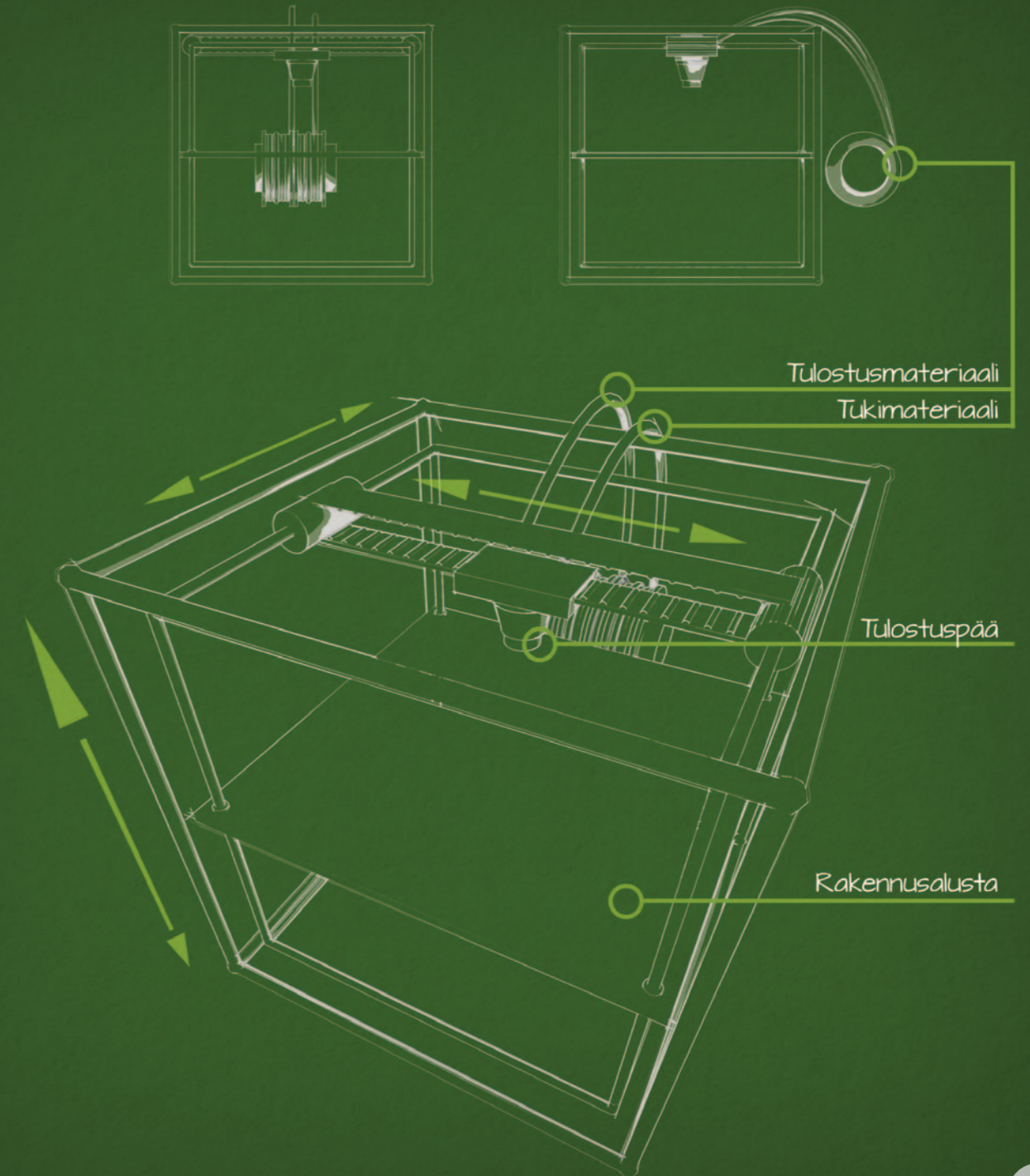
Pursotustekniikassa tulostuspäähän ohjataan termoplastinen materiaali, joka lämmitetään tulostuspäässä sulamispisteeseen. Tulostuspään suuttimesta pursotettu ohut lankamainen materiaali jäähtyy itsestään sitä mukaa, kun se asettuu tulostusalustalle. Tulostuspää liikkuu X- ja Y-akseleiden suunnassa samalla pursottaen kappaletta. Tulostettava kappale rakentuu kerroksittain. Kerroksen valmistuttua tulostusalusta liikkuu alaspäin Z-akselilla tehden tilaa seuraavalle kerrokselle.⁷

Pursotustekniikan kehitti Scott Crump 1980-luvulla. Scott Crump on johtavan 3D-printtereitä valmistavan Stratasys Ltd:n perustaja. Maailmalta löytyy lukuisia pursotintekniikkaa hyödyntäviä printtereitä. Näin ollen samasta tekniikasta puhuttaessa törmää useisiin eri nimityksiin, joita eri yritykset ovat lanseeranneet. Esimerkiksi Maker Botin tekniikkaa kutsutaan Fused Filament Fabricationiksi (FFF). Kyseessä on kuitenkin käytännössä sama tekniikka.

Pursotustekniikka on edullisuutensa ja yksinkertaisuutensa vuoksi laajimmalle levinnyt 3D-tulostustekniikka. Edullisimmat tulostimet maksavat muutamasta sadasta eurosta ylöspäin. Tämä on herättänyt kiinnostusta myös kotiharrastajien piirissä. Edullisin tapa tutustua 3D-tulostukseen on hankkia valmis rakennussarja, josta löytyy kaikki tulostimeen tarvittavat osat. Kokoonpano ja kalibrointi jäävät asiakkaan hoidettavaksi.⁸

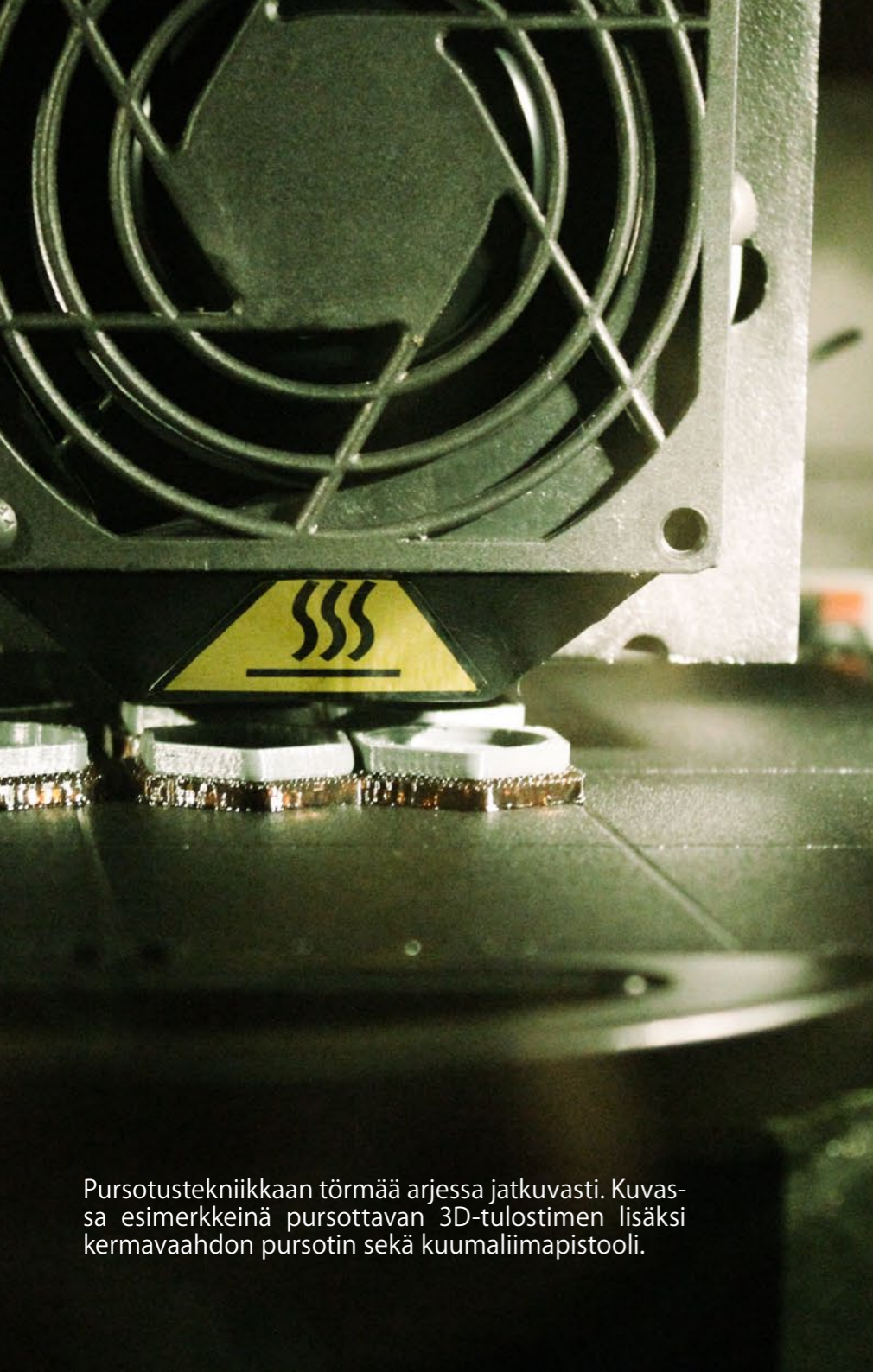
Pursotustekniikassa käytetään kahdenlaista materiaalia. Kappaleessa käytettävä varsinainen materiaali sekä tukimateriaali. Tukimateriaalia tarvitaan tulostettaessa voimakkaasti päästöllisiä kappaleita. Tukimateriaali poistetaan kappaleesta käsin perinteisiä työkaluja käyttäen tai veden avulla.

Pursotustekniikkaa käytettäessä tulostusaika riippuu kappaleen tulosteen kerrospaksuudesta, koosta ja kompleksisuudesta. Yksinkertaiset tilavuudeltaan pienet kappaleet tulostuvat nopeasti, kun taas isommat ja monimutkaisemmat kappaleet tarvitsevat enemmän aikaa valmistuakseen.⁹

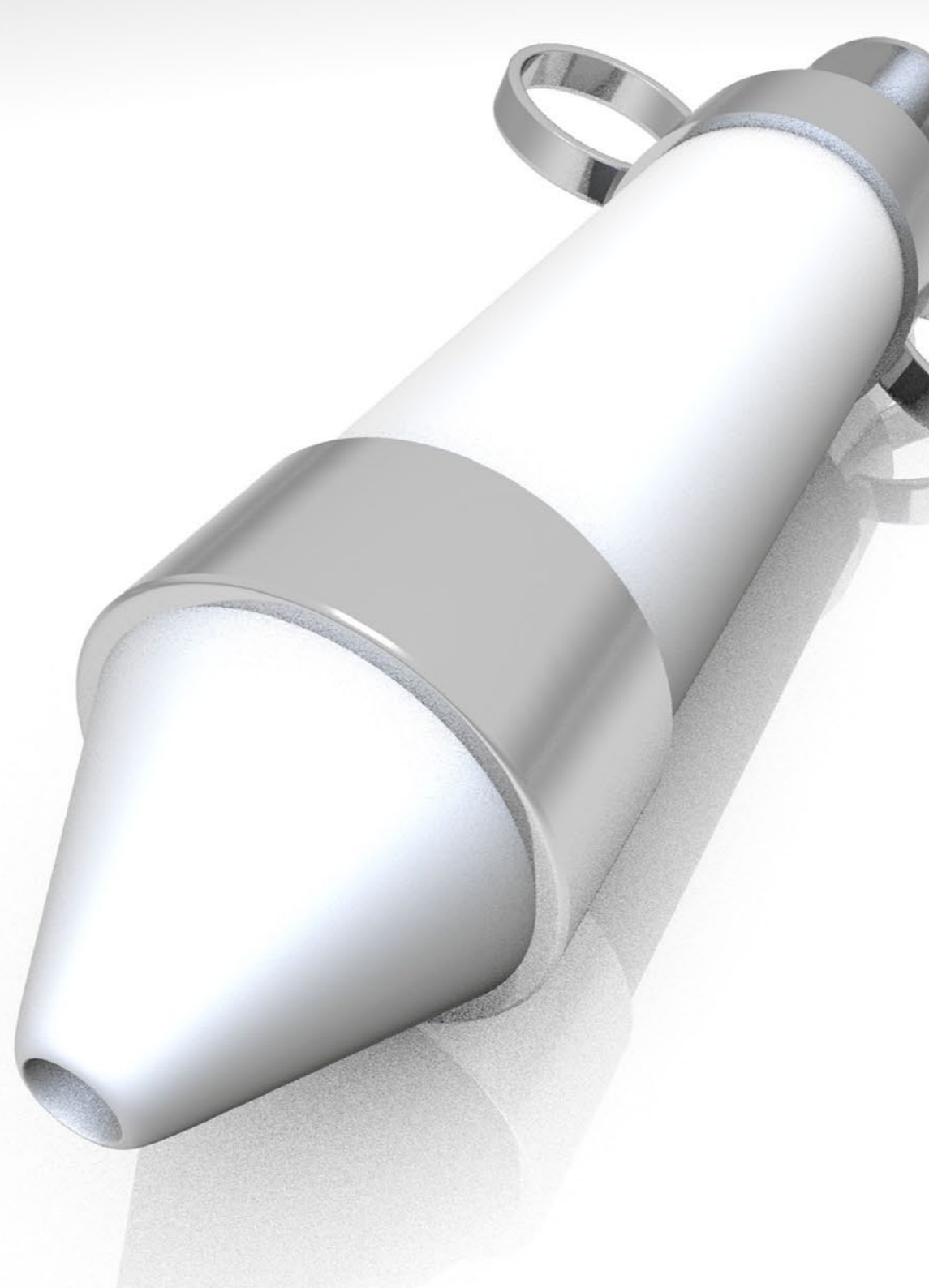




**Suomen ensimmäinen ja toistaiseksi ainut
3D-tulostimia valmistava yritys Minifactory
käyttää pursotustekniikkaa.**



Pursotustekniikkaan törmää arjessa jatkuvasti. Kuvassa esimerkkeinä pursottavan 3D-tulostimen lisäksi kermavaahdon pursotin sekä kuumaliimapistooli.



Materiaalit pursotustekniikassa

Materiaalina pursotustekniikassa voidaan periaatteessa käyttää mitä vaan huoneenlämmössä kiinteää ja lämmitettäessä sulavaa ainetta. Käytännön rajoitteetkin huomioituna vaihtoehtoja on paljon erilaisista muoveista ja komposiiteista ruoka-aineisiin ja keraamisiin materiaaleihin.

Yleensä pursotintekniikassa käytettävät materiaalit ovat kelatavaraa. Materiaalin valmistusprosessi koostuu halutun materiaalin granuloinnista (tarvittaessa), sulattamisesta ja haluttuun nauhapaksuuteen pursottamisesta. Lopputuloksena pyritään tasalaatuiseen ja -paksuiseen joustavaan nauhaan, jota myydään keloilla.

Yleensä materiaalit ovat ns. puhtaita, mutta myös komposiitteja on tarjolla. Monet materiaaleista ovat kierrätettävissä uudelleen käyttöön, myös tulostuksen ja käytön jälkeen.

Hiilikuitukomposiitissa on erinomainen kestävyys/paino-suhde, ja sen sähkön- ja lämmönjohtavuutta voidaan myös hyödyntää monissa sovellutuksissa. Hiilikuitu vaatii kuitenkin hieman perinteisestä poikkeavan tulostimen. Hiilikuitu-tulostimeen voi tutustua esim. osoitteessa www.markforged.com¹⁰

Polypropeeni Propeenipohjainen termoplastinen polymeeri.	PP	Polyamidipohjaiset jauheet Yksikomponenttisinä yleisimpiä sintrauksessa käytettyjä jauheita	PA+
Polyvinyl alcohol Synteettinen polymeeri	PVA	Lasi- tai alumiinivahvisteinen polyamidi-pohjainen jauhe Kestävämpi versio yllä olevasta	PA+
Polylaktidi Biohajoava termoplastinen alifaattinen polyesteri	PLA	Hiilikuituvahvisteinen polyamidi-pohjainen jauhe Kestävyydeltään ja teknisiltä ominaisuuksiltaan kehittyneempi versio	PA+
Akryylinitriilibutadieenistyreeni Yleinen ja edullinen kestopuovi	ABS	Primecast polystyreeni-pohjainen jauhe Erittäin valutarkoituksiin soveltuva jauhe	PS
Nailon Polyamideihin lukeutuva kestävä tekninen muovi	PA	Ruostumaton teräs Metallitulostuksessa yleensä käytetty jauhe	RST
Polyetyleenitereftalaatti Pakkausteollisuuden suosima kestopuovi	PET	Titaani Toistaiseksi vahvin 3d-tulostettavissa oleva materiaali ¹¹⁻²²	TI

Materiaalit sintraustekniikassa

Materiaalina sintrauksessa on jauhemainen pulveri, joka valmistetaan yleensä kuulamyllyssä. Materiaalit voivat olla yksi- tai monikomponenttisia. Seoksilla pyritään vahvistamaan jotain tiettyjä haluttuja ominaisuuksia kuten kestävyys, lämmön- ja sähkönjohtavuus, paino, työstettävyys ja ulkonäkö. Esimerkiksi alumiinitäyteisellä jauheella saavutetaan hyvät kestävyys- ja työstettävyysominaisuudet.²³

Lääketeollisuudessa käytetty titaani on vahvin 3d-tulostettava materiaali tällä hetkellä. Kyseistä materiaalia käytetään erilaisissa proteesiratkaisuissa ja esim. kasvojen luiden uudelleen rakentamiseen. Metallien tulostaminen vaatii kuitenkin tarkoituksenmukaisen laitteiston, joka eroaa muovipohjaisia raaka-aineita käyttävistä tulostimista. Korkeat lämpötilat ovat myös haastavia tietyissä kappaleiden rakenteissa ja muodoissa, ja tämä täytyy huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Onnistuneessa metallitulosteessa lujuus on vähintään samalla tasolla kuin perinteisillä menetelmillä valmistettujen tuotteiden kanssa.²⁴

Materiaalien kierrätys

Materiaalien kierrätys on tärkeä osa-alue tulevaisuuden 3d-tulostamisessa. Esimerkiksi ABS-muovi, joka on öljypohjainen ja yksi yleisimmistä käytössä olevista muoveista, on täysin kierrätettävissä 3d-tulostus materiaaliksi. Muovien kierrättämisen lisäksi muun muassa kierrätyslasin 3D-tulostamista tutkitaan maailmalla.

”On-spot”-kierrätykseen ja tulostusnauhan valmistamiseen tarvittavat laitteet pystytään valmistamaan jopa kotioloissa, mutta tähän tarkoitukseen on jo olemassa myös kaupallisia sovellutuksia. Mahdollisista muovilaaduista monet polymeerit (PET, HDPE, PP, PS) soveltuvat hyvin kierrätettäviksi. Kierrätyskelpoista materiaalia valikoidessa täytyy ottaa huomioon filamentin haluttu väri, ja se että kuhunkin erään käytetään vain yhtä muovilaatua. Kierrätys vaatii materiaalin murskaamisen ja karkean granuloinnin. Tämän jälkeen materiaali syötetään esim. ruuvikuljettimeen jonka yhteydessä muovi kuumennetaan vastuksilla sulamislämpötilaansa. Tämän jälkeen sula materiaali pursotetaan suuttimen läpi tulostusvalmiiksi filamentiksi. Materiaalin tasalaatuisuus, oikea lämpötila ja sopiva syöttönopeus ovat oleellisessa osassa onnistuneen filamentin valmistuksessa.²⁵

Edellä kuvatulla kierrätysmetodilla voidaan valmistaa myös erilaisia komposiitteja. Uusiutuvista raaka-aineista valmistettu PLA soveltuu biohajoavana muovina sidosaineeksi erilaisten biokomposiittien valmistukseen. Esimerkiksi tulostuskelpoinen puukomposiitti voidaan valmistaa PLA:n ja puupölyn seoksesta.

Kierrätyksessä on myös huomioitava, että jotkut muovit, kuten PVC päästävät myrkyllisiä kaasuja lämmitettäessä, ja voivat olla terveydelle hyvinkin haitallisia.



Materiaalin valmistus

Filamentin valmistus onnistuu hyvin yksinkertaisella laitteistolla, joka koostuu murskaimesta ja ruuvikuljettimella sekä säädettävillä vastuksilla varustetusta pursottimesta. Ensin materiaali murskataan tasalaatuiseksi rouheeksi, jonka jälkeen se syötetään ruuvikuljettimeen ja siitä eteenpäin säädettävillä lämpövastuksille joilla materiaali sulatetaan. Sula massa kulkeutuu edelleen suuttimeen, josta valmis filamentti pursottuu ulos.

Onnistuneen lopputuloksen kannalta on tärkeää että käytettävä materiaali on tasalaatuista, kuivatettua ja että valmistuksessa käytetään materiaalille sopivaa lämpötilaa ja syöttönopeutta. Käyttämällä useampaa lämpövastusta valmistusprosessia pystytään kontrolloimaan paremmin, joka mahdollistaa tasalaatuisemman filamentin valmistuksen.

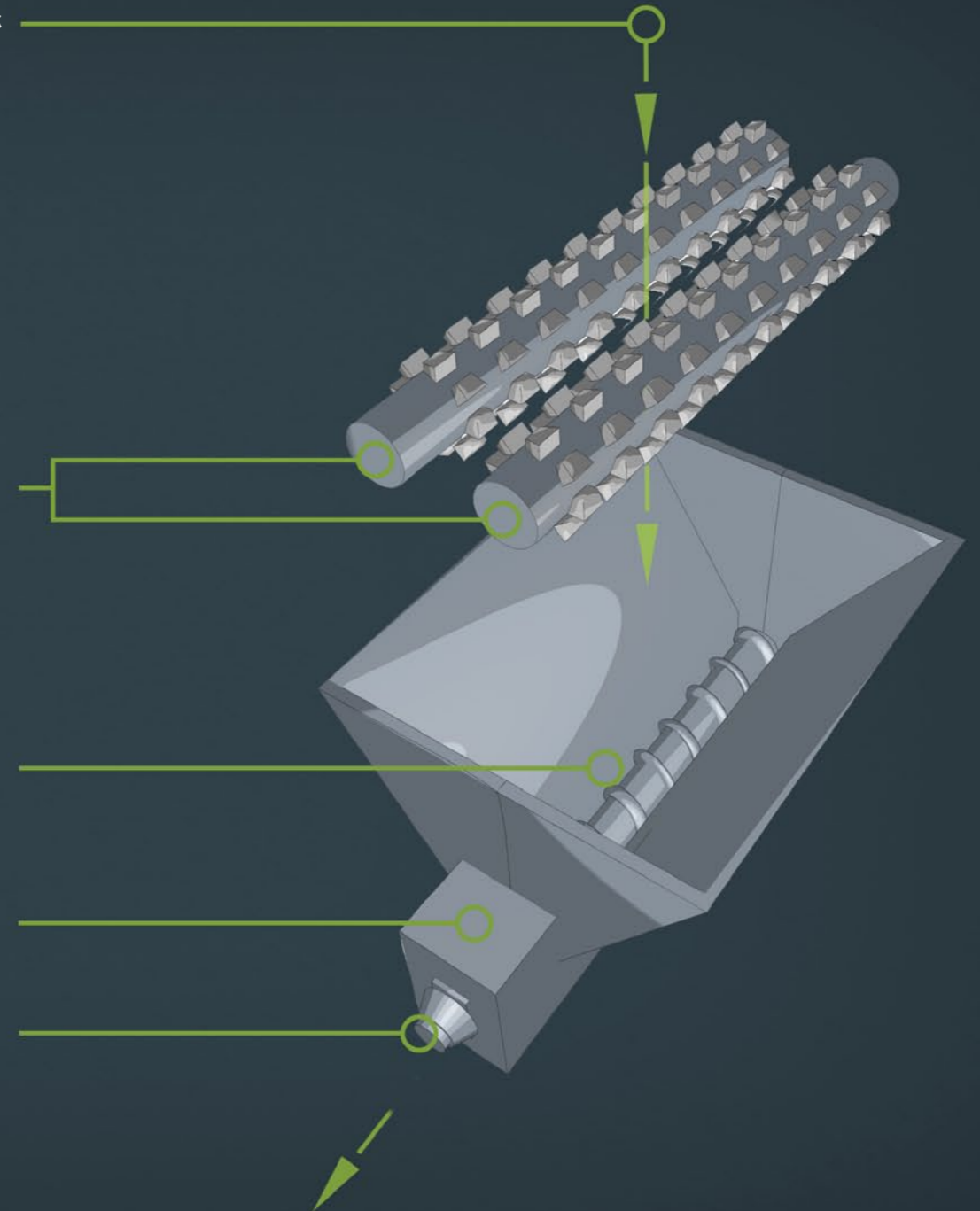
Kierrätysmateriaali, esim. PP, HDPA, PLA

Materiaalin murskaus erillisen laitteiston avulla

Ruuvikuljetin kuljettuu materiaalin vastuksille

Säädettävät vastukset sulattavat materiaalin

Suutin pursottaa materiaalista halutun paksuista filamenttia



Luonnonkuitukomposiitit 3D- tulostuksessa

Luonnonkuitukomposiiteilla voidaan jäljitellä luonnon materiaalien ominaisuuksia ja ulkonäköä. Sideaineesta riippuen voidaan valmistaa myös täysin biohajoavaa filamenttia, jolloin myös tulosteet ovat biohajoavia.

Kuvassa on kierrätysmateriaalista valmistamaamme, kotimaisella hamppukuidulla vahvistettua filamenttia. Materiaalina on käytetty käytöstä poistettuja urheilustadionin penkkejä, jotka koostuivat puukuidusta ja sidosaine polypropeenista. Penkeistä jauhettuun karkeaan rouheeseen lisättiin pätkittyä hamppukuitua vahvistamaan komposiittia. Lopullisessa filamentissa oli 45 % puukuitua, 10 % hamppukuitua ja 45 % polypropeenista. Sidosaaineena käytetystä polypropeenista johtuen filamentti ei ole biohajoavaa.

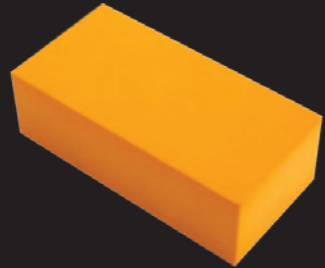


Lasersintraus

SLS, Selective Laser Sintering

Tohtori Carl Deckardin ja tohtori Joe Beamanin kehittivät ja patentoivat lasersintrauksen vuonna 1980 Texasissa Yhdysvalloissa. Kehitystyön mahdollisti DARPAN (Defence advanced research projects agency) taloudellinen avustus.²⁶

Arkisia tuotteita, kuten tiiliä, posliinia ja koruja, on valmistettu satoja vuosia sintraamalla. Sintrauksessa raaka-aine -hiukkaset kiinnitetään toisiinsa lämmön avulla. Kiinnityminen tapahtuu sulamispisteen alapuolella.²⁷



Lasersintrauksessa tulostin levittää telalla ohuen kerroksen esilämmitettyä muovijauhetta ja lasersäde kuumentaa jauheesta halutut kohdat ja näin ollen muovihiukkaset kiinnittyvät toisiinsa. Muovi ei kuitenkaan varsinaisesti sula prosessin aikana, joten näin pystytään välttämään epätarkkuutta lisäävät valumat. Muovijauhe esilämmitetään, jotta sintterin ei tarvitse käyttää yhtä paljon tehoa laserilla lämmitettäessä. Kerroksen valmistuttua tulostusalusta liikkuu alaspäin yhden tulostusker-

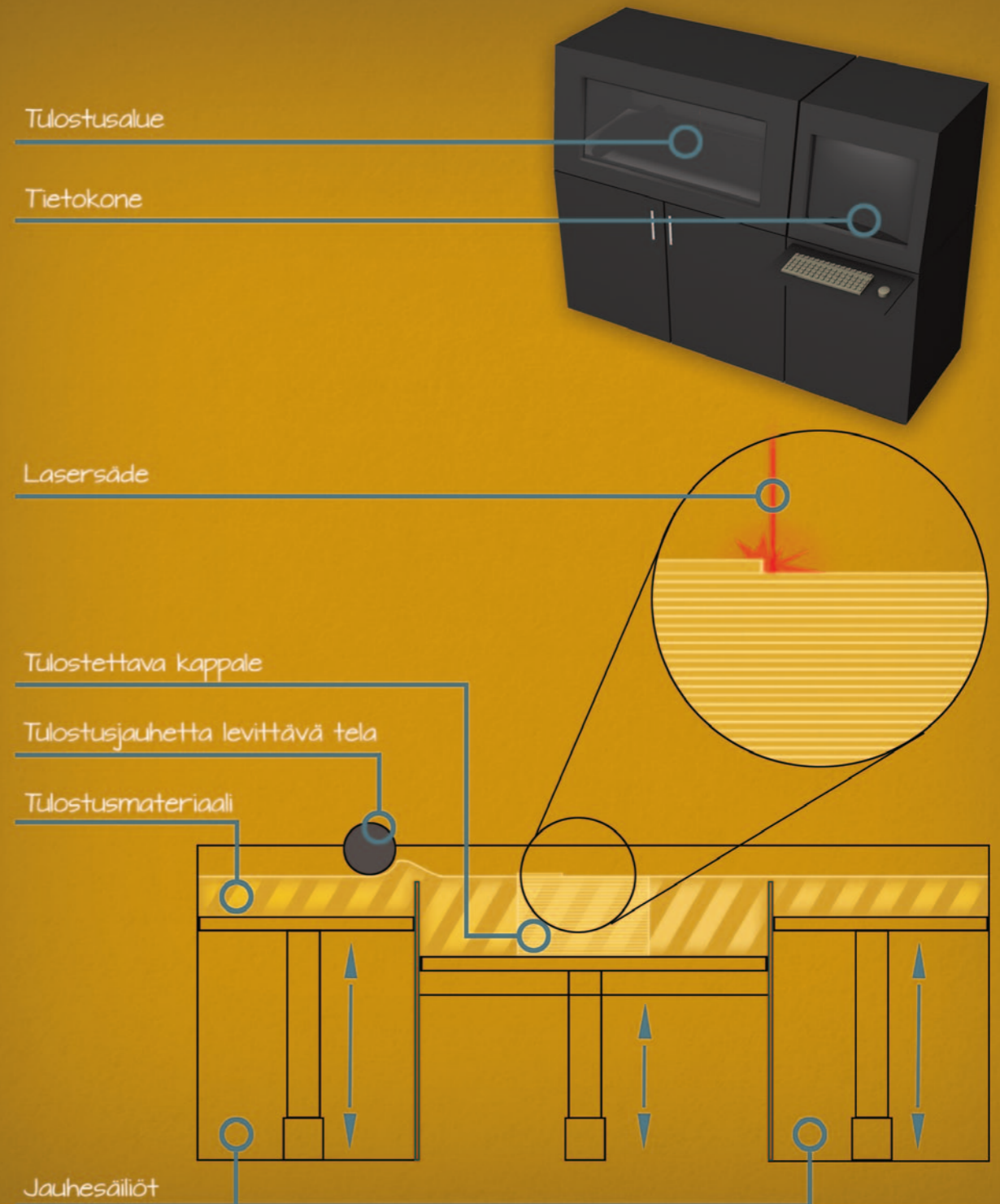
roksen verran, tehden tilaa uudelle kerrokselle. Tulostusalustan laskeuduttua tulostin levittää telan avulla uuden ohuen kerroksen jauhetta.²⁸

Laseroimaton ja sulattamaton kohta jauheesta jää tukirakenteeksi. Erillisiä tukirakenteita ei näin ollen tarvita, ja tuotteen viimeistelyssä tarvitsee ainoastaan poistaa jauhe kappaleen pinnoilta. Näin ollen lasersintrauksessa kappaleen viimeistely on huomattavasti helpompaa kuin esimerkiksi pursotustekniikassa.

Lasersintraus-tekniikka soveltuu hyvää pinnanlaatua ja tarkkuutta vaativiin malleihin. Lisäksi jauhemainen tukirakenne mahdollistaa haastavan geometrisen muodon tulostamisen. Tulostuksessa käytetty jauhe voidaan käyttää uudelleen, mutta jauheen laatu heikkenee useita kertoja käytettynä.

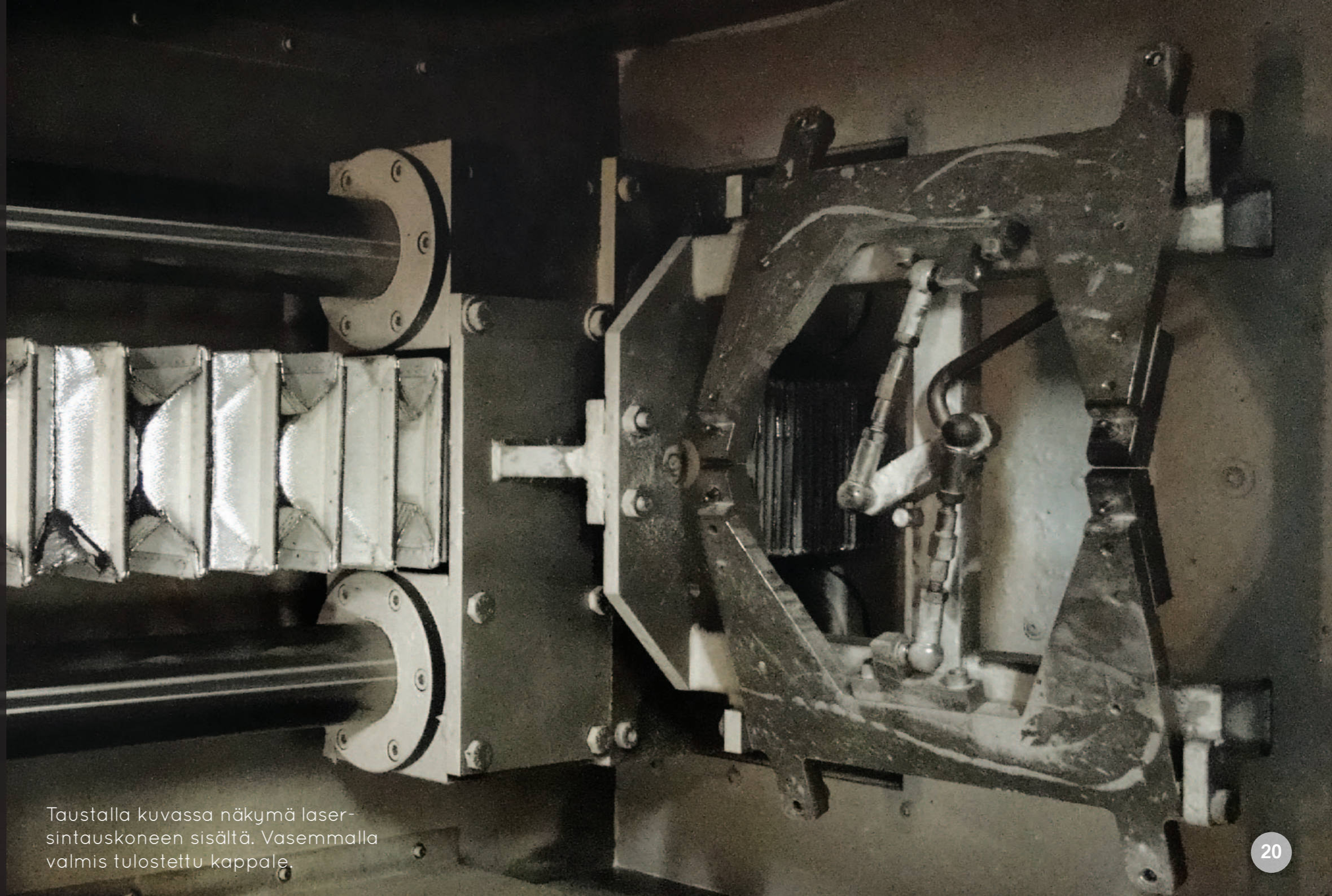
Materiaali ja laserin teho määrittävät tulosteen kestävyuden. Kappaleen kestävyuden kannalta ei juurikaan ole merkitystä kuinka kauan laseri lämmittää sitä. Näin ollen lasersintraus-koneet käyttävät yleensä pulssimaista laseria.

Laitteisto on huomattavasti arvokkaampaa kuin pursotustekniikassa, joten lasersintrausta käytetään lähinnä oppilaitoksissa ja teollisuudessa. Kuluttajahintaisia lasersintrauslaitteita on kehitteillä, mutta ne eivät ole vielä tuotannossa. Lasersintraus-tekniikkaa voidaan käyttää hyväksi tuotteen kehityskaaren joka vaiheessa, aina prototyyppien valmistuksesta piensarjoihin asti.²⁹



Lasersintrausmenetelmästä on useita eri variaatioita. Esimerkiksi DMLS (direct metal laser sintering) soveltuu erityisen hyvin lääketieteellisiin sovelluksiin, koska sillä voidaan valmistaa kappaleita mm. titaanista, kobolttikromista ja ruostumattomasta teräksestä. ³⁰

Electron beam melting (EBM), Selective laser melting (SLM) ja Selective heat sintering (SHS) ovat tekniikoiltaan myös samankaltaisia kuin Selective laser sintering ja Direct metal laser sintering. Suurimmat erot liittyvät energianlähteeseen ja työstettäviin materiaaleihin. Kaikki edellä mainitut pikavalmistusmenetelmät käyttävät kuitenkin raemaista tulostusmateriaalia. ³¹



Taustalla kuvassa näkymä lasersintauskoneen sisältä. Vasemmalla valmis tulostettu kappale.

Tulostuksen valmistuttua laser-
sinterin säiliöstä löytyy tiivisty-
nyttä muovijauhetta, jonka sisällä
tulosteet ovat.





Lasersintrattujen kappaleiden puhdistaminen voidaan tehdä tavallisella maalisudilla tai harjalla. Sintraamaton jauhe otetaan talteen, sillä sitä voidaan käyttää uudestaan.

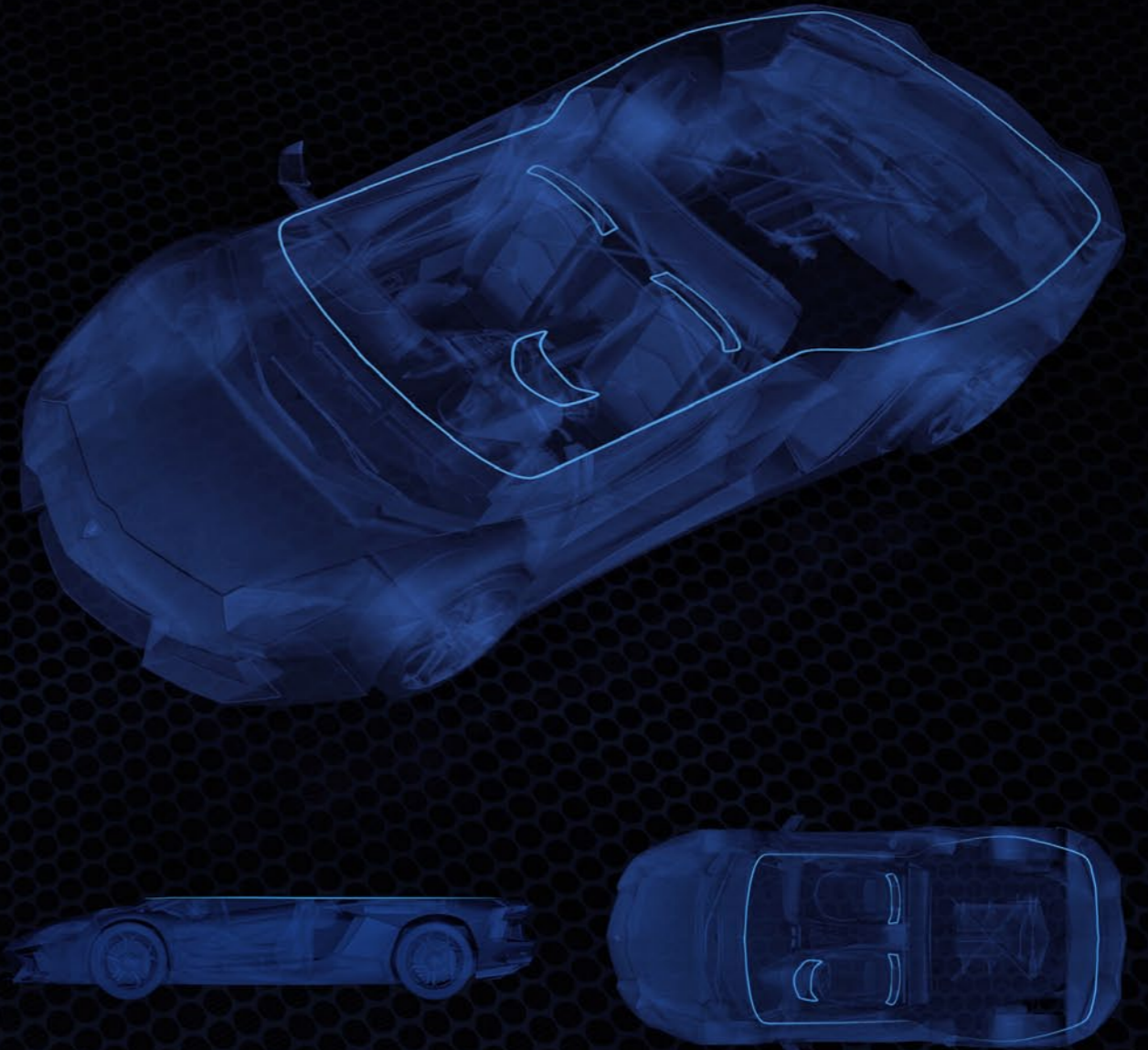
Stereolitografia

Stereolitografia(SLA) kehitettiin ja patentoitiin vuonna 1986. Se oli ensimmäinen pikavalmistusmenetelmä ja on hyvin suosittu edelleen. Stereolitografia ja lasersintraus ovat menetelmiltään hyvin samankaltaisia. Suurin ero tekniikoissa on se, että stereolitografiassa malli rakentuu valoon reagoivaan epoksihiyytelöön.³²

Aivan kuten aikaisemmissakin tekniikoissa malli liikkuu z-akselilla kerroksen valmistuttua ja lasersäde kovettaa materiaalia akseleilla x ja y. Lasersäteen osuessa epoksihiyytelöön se kovettuu, muodostaen mallin kerros kerrokselta. Tulostettava kappale kovetetaan lopuksi UV-valolla. Muutoin se menettää helposti muotonsa.

Tulostuksen resoluutio, eli tarkkuus, vaikuttaa tulostusaikaan merkittävästi. Tarkalla resoluutiolla nyrkin kokoisen tulosteen tulostaminen voi kestää yli 24 tuntia. Stereolitografiaa pidetään kuitenkin verrattain nopeana tulostustekniikkana.³³

Kerrospaksuus on tyypillisesti stereolitografiamenetelmällä 0,05-0,15 mm. Stereolitografiatekniikan etuna on hyvä pinnanlaatu. SLA-menetelmällä tulostettaessa tulostuserroksia on haastavampi havaita kuin muilla tekniikoilla tulostettaessa.³⁴



Pienoismalli tulostuu Stereolitografia -tekniikalla kerros kerrokselta lasersäteen avulla. Mallin valmistuttua, se nostetaan epoksihiyytelöstä ja kovetetaan UV-valolla.

Laminated object manufacturing

Ensimmäinen kaupallinen Laminated Object Manufacturing -tekniikalla toimiva tulostin tuli markkinoille vuonna 1991. LOM:in kehitti Kalifornialainen yritys nimeltään Helisys of Torrance.³⁵

LOM on yksi yksinkertaisimmista tulostus-tekniikoista. Materiaalina voi muun muassa toimia aivan tavallinen toimistopaperi, jonka tulostimessa oleva leikkuri leikkaa yksi kerrallaan haluttuun muotoon. Valmis kappale muodostuu näin ollen kerroksittain muotoon leikatuista paperiarkeista. Paperiarkit kiinnitetään toisiinsa liiman avulla.³⁵

Eräs LOM -tekniikan eduista on värjättyvyys. Paperit voidaan tulostaa etukäteen CMYK-väreillä ennen varsinaista 3D-tulostamista. Muita etuja ovat tarkkuus ja kestävyys. Näiden ominaisuuksien ansiosta LOM-tekniikka voidaan käyttää kaikissa suunnittelun vaiheissa, ensimmäisistä kappaleista lopullisiin protomalleihin.³⁵

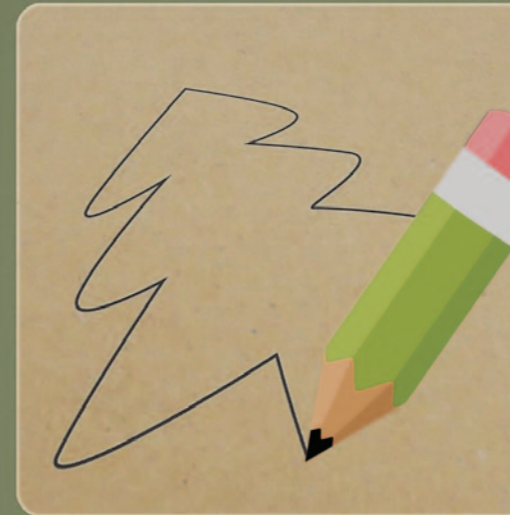
Menetelmän etuja ovat tekniikan ja materiaalien varrattain edullinen hinta. Lisäksi tietyt materiaalit, kuten paperi, ovat helposti saatavilla joka puolella maapalloa.³⁵

Malleja voidaan muokata vielä tulostuksen jälkeen koneistamalla. Vaikka LOM -tekniikka on verrattain tarkka, se ei kykene aivan lasersintrauksen ja stereolitografian tasolle. LOM -tekniikassa kerrospaksuus on luonnollisesti tarkimmillaan yhden toimistopaperiarkin luokkaa.³⁵

Lom -tekniikassa kappale viimeistellään irrottamalla se muusta materiaalista. Tämä voi toisinaan olla haastavaa, mikäli kappaleen geometria haraa vastaan. Helpottamaan kappaleen irtiottoa ja samalla suojelemaan sen pintaa Lom -pikavalmistuskone leikkaa kappaleen ympärillä olevan tukirakenteen kuutioiksi.³⁵

LOM-tekniikka

YKSINKERTAISTETTUNA



1. Piirrä paksulle kartongille rajat leikkuuta varten.



2. Leikkaa kartonki piirustusten mukaan



3. Liimaa leikatut palaset toisiinsa.



4. Sinulla on valmis kappale josta kolmiulotteisuus on selvästi havaittavissa

3D-tulostus rakennusteollisuudessa

Rakennusteollisuudessa panostetaan voimakkaasti 3D-tulostukseen ja sen kehittämiseen. Käytetty tekniikka on lähellä pöytämallista pursotinlaitteistoa, laitteita skaalataan vain isommiksi, jolloin voidaan periaatteessa tulostaa vaikka kokonaisia taloja. Käytännössä rakennukset kuitenkin tulostetaan osissa, joista kasaamalla talo valmistetaan. Materiaalina voidaan käyttää betonia, jota tulostetaan kerros kerrokselta tietokoneella tehtyjen suunnitelmien mukaisesti. Menetelmä on perinteisiin metodeihin verrattuna nopea ja monessa tapauksessa potentiaalisesti edullinen.

Menetelmällä pystytään korvaamaan paljon rakennusvaiheessa tehtävää käsityötä, kun esim. läpiviennit putkille ja sähköille saadaan suoraan tulostukseen. Seinät voidaan tulostaa vahvistettuina, ja rakennukset voivat olla monikerroksisia. Menetelmän etuihin voidaan myös laskea että pyöreiden muotojen rakentaminen on yhtä helppoa kuin minkä tahansa muunkin muodon. Tämä avaa suunnittelukenttää, ja mahdollistaa yksilöllisten talojen valmistamisen.

3D-tulostus voisi olla myös hyvä vaihtoehto kriisialueille, joissa täytyy saada nopeasti uusia asuintiloja ihmisille.^{36,37}



1980

1985 Tohtori Carl Deckard ja tohtori Joe Beaman patentoivat Sintraustekniikan(SLS).



1987 3D-tulostuksen isänsikin tituleerattu Chuck Hull pantentoi Stereolitografiatekniikan(SLA).



3D-tuloste, tohtori Carl Deckard ja tohtori Joe Beaman

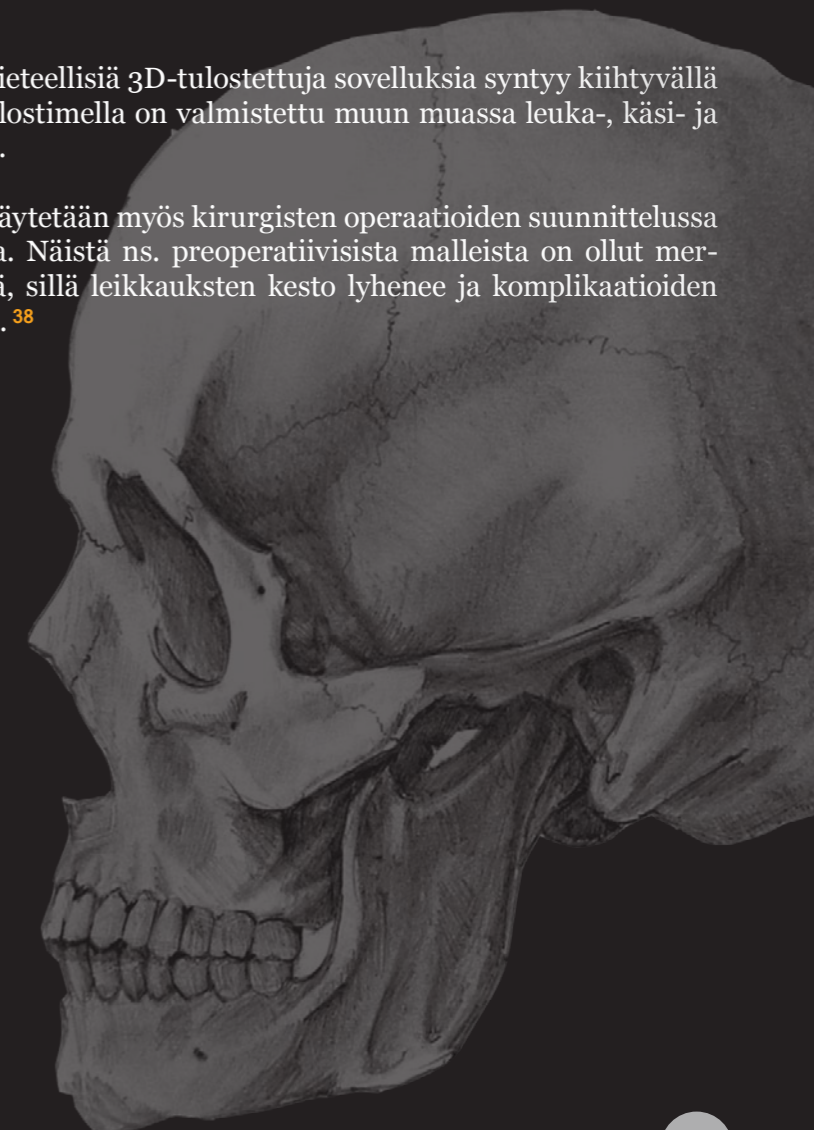
1990

1989 S. Scott Crumpin patentoit tällä hetkellä maailman yleisimmän 3D-tulostustekniikan. Pursotustekniikkaa(FDM) hyödyntävien 3D-tulostimien hinnat ovat jo niin alhaalla, että niitä aletaan hankkia jo yksityiskäyttöön.

2000

2000 Lääketieteellisiä 3D-tulostettuja sovelluksia syntyy kiihtyvällä tahdilla. 3D-tulostimella on valmistettu muun muassa leuka-, käsi- ja jalkaproteeseja.

3D-tulosteita käytetään myös kirurgisten operaatioiden suunnittelussa ja harjoittelussa. Näistä ns. preoperatiivisista malleista on ollut merkittävää hyötyä, sillä leikkauksen kesto lyhenee ja komplikaatioiden määrä vähenee.³⁸



2010

2012 Seinäjokelainen Minifactory aloittaa toimintansa.

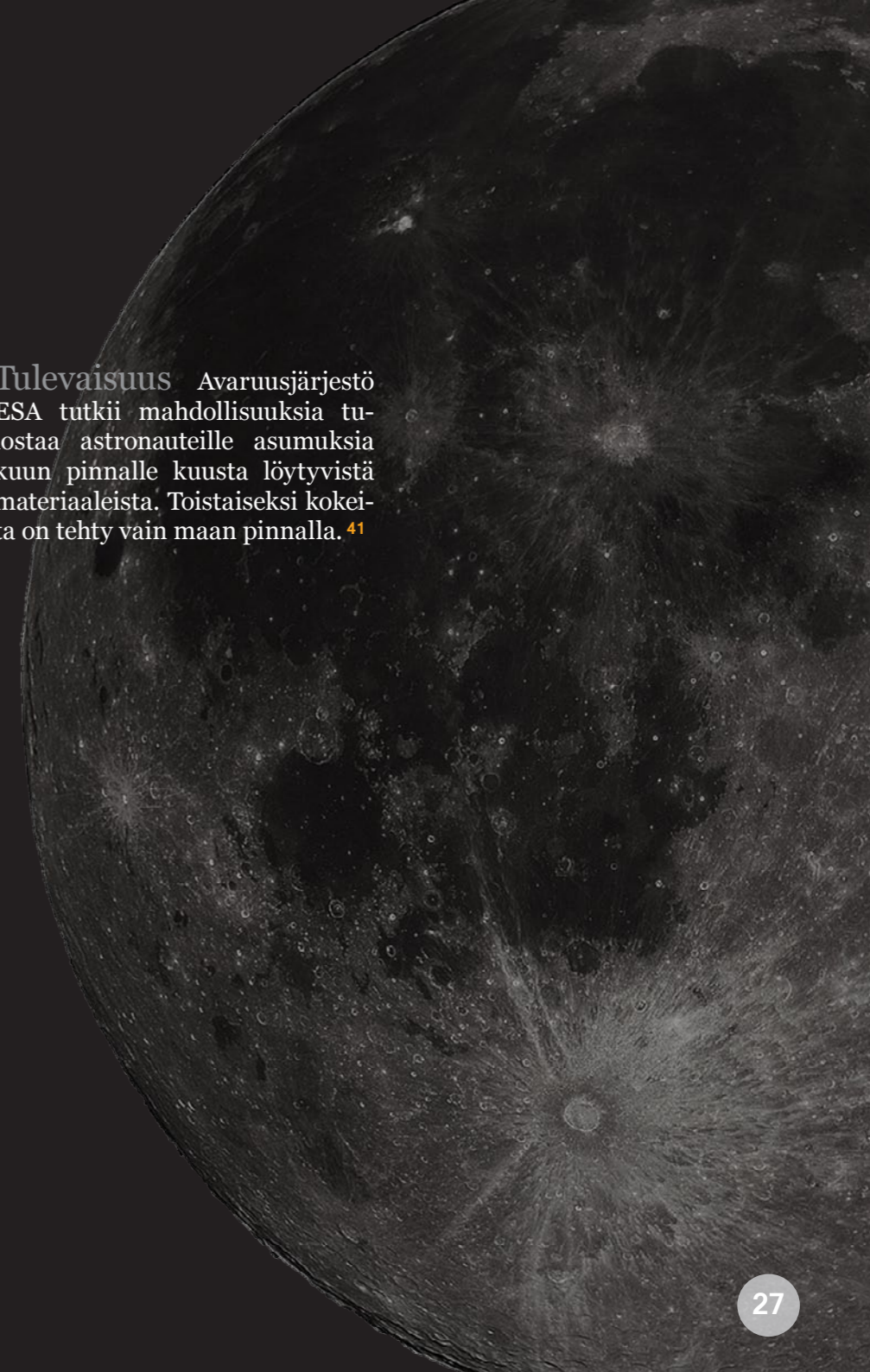
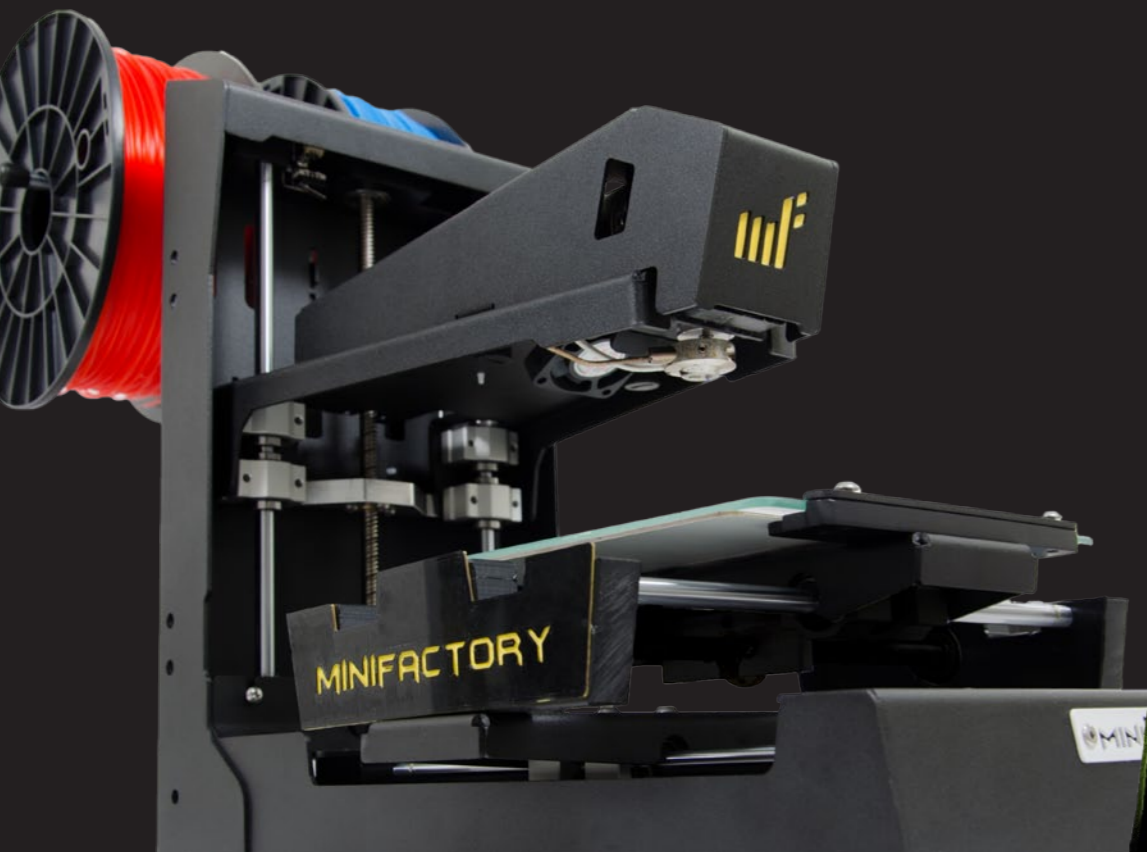
2013 “A once-shuttered warehouse is now a state-of-the art lab where new workers are mastering the 3D printing that has the potential to revolutionize the way we make almost everything.”

Lainaus Yhdysvaltojen presidentin Barack Obaman puheesta.³⁹

2013 Hollannissa aloitettiin valmistamaan ensimmäistä kokonaan 3D-tulostettua taloa.

2018 Markkinatutkija Gartner arvioi, että 3d-tulostus vaikuttaa mallisuojein, patenttien ja tekijänoikeuksin suojaamien tuotteiden markkinoihin. 3D-tulostus helpottaa tuoteväarennösten tekoa siinä määrin, että vuonna 2018 yhtiö uskoo 3d-tulostamisen aiheuttavan jo 100 miljardin dollarin menetyksiin immateriaalioikeuksien haltijoille koko maailmassa.⁴⁰

Tulevaisuus Avaruusjärjestö ESA tutkii mahdollisuuksia tulostaa astronauteille asumuksia kuun pinnalle kuusta löytyvistä materiaaleista. Toistaiseksi kokeita on tehty vain maan pinnalla.⁴¹



“If you can design a shape on a computer, you can turn it into an object.”

- Print me a Stradivarius, The Economist

Mallintaminen

Mallintaminen on olennainen osa 3D-tulostusprosessia. Mallinnusohjelmalla luodaan kolmiulotteinen digitaalinen ja geometrinen malli, jonka pohjalta tulostus toteutetaan. Monet mallinnusohjelmat soveltuvat 3D-tulostamiseen, kunhan vain käytetyt tiedostomuodot ovat sopivia 3d-tulostukseen. Jopa kuvankäsittelyohjelma Photoshopistakin löytyy nykyisin 3D-tulos lisäominaisuus. 3d-mallinnusohjelmien lisäksi usein käytetään myös 3d-tulostukseen valmistelevia ohjelmia, kuten kotimainen Deskartes 3d.



Cinema 4D on tehokas ja monipuolinen ammattilaisille tarkoitettu 3D-mallinnusohjelma. Sitä käytetään muun muassa peliteollisuudessa, elokuvateollisuudessa ja visualisoinnissa. Cinema 4D on helppokäyttöinen, mutta silti erittäin ammattimainen ohjelma. Cinema 4D tietää arvonsa, joten ohjelman uusien versio maksaa useita tuhansia euroja.



Blenderin ympärillä on uskollinen fanijoukko, joka kehittää ohjelman koodia jatkuvasti. Blender on täysin ilmainen 3D-mallinnusohjelma ja näin ollen se on monen kotiharrastelijan luonnollinen valinta. Blenderiä on pidetty hieman haastavana ohjelmana käyttää, mutta kehitystyön ansiosta sen käyttö on helpottunut huomattavasti viime vuosien aikana.



SolidWorks soveltuu mittatarkkuutta ja teknistä otetta kaipaaville. Se on tällä sivulla esiintyvistä ohjelmista teknisin ja se soveltuukin erinomaisesti insinööreille ja teknisille suunnittelijoille. SolidWorks on erityisesti tuotteiden suunnitteluun kehitetty ohjelma, mutta siitäkin huolimatta siitä löytyy melko tasokas renderi sisäänrakennettuna.



Rhino on suhteellisen edullinen ja monipuolinen ammattilaisille suunnattu 3d-mallinnusohjelma, joka tukee kattavasti useimpia 3d-formaatteja. Erilaisilla plugin-sovelluksilla ohjelma on muokattavissa eri käyttötarkoituksiin, ja esimerkiksi erilaisia renderöinti-pluginineja on saatavilla useita. Autocad-osaajille komentokehoterivin käyttö madaltaa oppimiskynnystä.



Toinen osa

3D-tulostuksen mahdollisuuksista

Esimerkkejä 3D-tulostuksen mahdollisuuksista

Maapallolla on tällä hetkellä yli seitsemän miljardia ihmistä ja heistä jokainen käyttää arjessaan jonkinlaista keinoitekoista esinettä, eli artifaktia. Toisilla esineitä on enemmän ja toisilla vähemmän, mutta jokaiselta jotakin löytyy. Oli artifaktina sitten kallis minkkiturkki, löylykauha tai alkeellinen työväline, jonkun tai joidenkin on valmistettava se.

Ihmisen perusuonteeseen on aina kuulunut tietämyyppinen tehokkuuteen pyrkiminen. Se ajaa meitä tekemään asiat nopeammin pienemmällä ponnistelulla. Tämä samankaltainen ilmiö esiintyy tuotantolinjoilla ympäri maailmaa kun pyritään optimoimaan tuotantolinjastoja. Kaikkiällä maailmassa ja erityisesti Suomessa on syytä kysyä tuotantolinjastoilla ja pajoilla ”kuinka voin tehdä tämän tuotteen tehokkaammin?”. Suora jatkokysymys voisi olla ”voisiko 3D-tulostus olla ratkaisu?”

Tekniikan liseniaatti ja Aalto-yliopiston tutkimuspäällikkö Jukka Tuomi kirjoitti talouselämän verkkolehdestä seuraavaa: ”3D-tulostusteknologian kehitystrendien ja lukuisten esimerkkien valossa suomalaisten yritysten kannattaa paneutua 3D-tulostuksen mahdollisuuksiin ja hakea aktiivisesti siihen liittyviä uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja lisäarvoa. Passiivisuus saattaa olla merkittävä riski, jos kilpailijat pääsevät yllättämään uusilla 3D-tulostukseen perustuvilla tuote- ja palvelukonsepteilla.”

3D-tulostusta on syytä tarkastella mahdollisimman avoimin ja luovin mielin, sillä vain siten voi syntyä täysin uusia tuotteita ja sovelluksia. Löytämättä on luonnollisesti loputon määrä sovelluksia. 3D-tulostuksesta tulevat

edut voivat parhaimmillaan olla valtavat monella tasolla. Tieto 3D-tulostuksen tekniikasta, materiaaleista ja mahdollisuuksista on vietävä itse ammatinharjoittajalle eli oman alansa asiantuntijalle. Siten ne parhaat ideat syntyvät, olemassa olevia asioita yhdistelemällä.

Jukka Tuomi kirjoitti myös samassa talouselämän edellämaitussa artikkelissa: ”Tärkein 3D-tulostusalan trendi on komponenttien valmistus lopputuotteisiin. Esimerkiksi Boeing on julkaissut suunnitelman pudottaa lentomotoorin paino alle puoleen soveltamalla tuotannossa 3D-tulostusta. Jo nyt uusimmissa lentokoneissa on komponentteja, joiden ainoa mahdollinen tuotantomenetelmä on 3D-tulostus.”

Tämän kirjasen perimmäinen tarkoitus on edistää tiedon ja tietämyksen vapaata liikumista. Haluamme omalta osaltamme kiihdyttää 3D-tulostuksen vallankumousta. Seuraavilla sivuilla esittelemme erilaisten esimerkkien avulla 3D-tulostuksen tuomia etuja ja mahdollisuuksia. Esimerkit on valittu siten, että ne antaisivat mahdollisimman laajan kokonaiskuvan eri toimijoista siten, että niihin on helppo tarttua ja samaistua.

3D-tulostuksen maailmassa vain mielikuvitus on rajana ja tätä rajaa tämän kirjan on tarkoitus aukaista ja purkaa. Tämä kliseinen lause on tässä kontekstissa totta, sillä 3D-tulosteen geometriassa ei yksinkertaisesti ole rajoitteita. Kuvittele esimerkiksi esine joka koostuu kolmesta eri kokoisesta sisäkkäin olevasta sählypallosta. Niiden sisällä on pursotettuna pienin kirjaimin sinun etunimesi. Tällaisen esineet toteuttaminen kerta ajolla ei onnistu millään

muulla valmistustekniikalla. 3D-tulostustekniikan mahdollisuuksien kokonaisvaltainen ymmärtäminen on haastavaa, sillä se on valmistustekniseltä kantilta katsottuna monella tapaa niin yliverlainen.



Puuseppä

Puuseppä



Puutuotteita valmistettaessa 3D-tulostetun osan tulee olla ehdottoman keskeinen tuotteen toimivuuden, estetiikan tai yleisen houkuttelevuuden kannalta. Puu on materiaalina niin ylivertaisen ekologinen, että 3D-tulosteiden käyttö puutuotteissa on harkittava tarkasti. Muoviosien lisääminen puusta valmistettuun tuotteeseen tuo harvoin materiaalina lisäarvoa. Puu- ja hamppukuitutulosteet kuitenkin loiventavat tätä materiaalien välistä häiritsevää kontrastia.

Puuseppä voi hyödyntää 3D-tulostusta o-sarjoissa, piensarjoissa sekä protomalleissa. Monet puusta valmistettavat tuotteet, kuten huonekalut, ovat isokokoisia. Tällöin 3D-tulostimen tulostusalueen koko nousee merkittävästi rooliin.

Vaikka 3D-tulostimet kehittyvät vinhaa vauhtia ovat ne vielä verrattain hitaita. Onneksi tulostusnopeutta päästään useimmissa tulostimissa säätämään. Mikäli 3D-tulostetta käytetään piiloon jääviin rakenteellisiin osiin, voidaan kerrospaksuutta kasvattaa ja näin ollen tulostusaika lyhenee merkittävästi.

Puualalle lienee yksi käyttökelpoisimmista tekniikoista on LOM-tekniikka. Laminated Object Manufacture-tekniikalla voidaan tulostaa yli kaksi metriä pitkiä kappaleita ja tulostuksen päämateriaalina voidaan käyttää paperia.

Tämä on monessa kohtaa etu, sillä paperi, kartonki ja puu sointuvat materiaaleina erinomaisesti keskenään.

Pienikokoisten ja mittatarkkojen puutuotteiden osat voidaan myös toteuttaa pikavalmistusmenetelmillä. Äärimmäistä tarkkuutta vaadittaessa tulostettuja osia voidaan vielä työstää vaikkapa CNC-koneilla tai sorvilla. 3D-tulostuksessa käytetään monesti homogeenista materiaalia, mikä tuo etuja tarkkuuden suhteen. Puun syyt luovat omat haasteensa sen työstämiseen ja juuri nämä kriittiset kohdat voidaan tarvittaessa korvata 3D-tulosteella.

3D-tulostus tarjoaa edullisen ja vaivattoman tavan kustomoida puutuotteita. Tuote voidaan suunnitella modulaarisesti siten, että sen kustomoitava osa tai osat voidaan helposti asentaa tuotteen valmistuksen yhteydessä. Mallinnusohjelmalla tarvitsee vain muuttaa kustomoitavan osan geometria haluttuun muotoon.

Oikealla kuvassa on sohvapöytäkonseptimme, jonka valmistuksessa on hyödynnetty 3D-tulostusta. Konseptista käy erinomaisesti ilmi 3D-tulostuksen ylivertaisuus pieniä ja tarkkuutta vaativia kappaleita valmistettaessa, sillä pöydässä olevan lasin alla on tulostettuja pienoismalleja.





Sohvapöytäkonseptin rakenne on yksinkertainen: pöytälevy(lasia), tukikehikko ja puuvanteella tuetut pöydän jalat. Pöydästä erityisen tekevät lasin alla oleva Lontoon kartta sekä pienoismallit keskeisimmistä Lontoon rakennuksista ja rakennelmista.

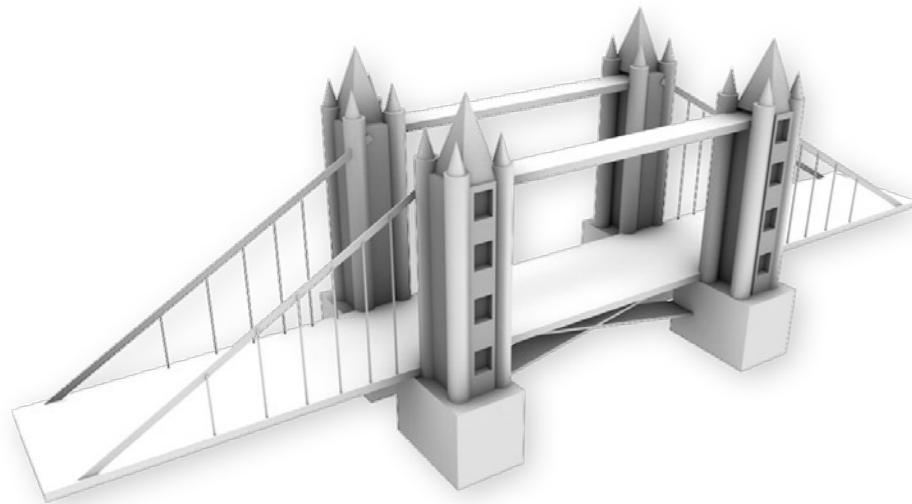
Pöytä räätälöidään täysin asiakkaan toiveiden mukaan joten pöytälasin alla voi olla mitä vain. Muita kiinnostavia teemoja voisi löytyä vaikkapa elokuva- tai pelimaailmoista.

Sohvapöydän valmistusprosessi

Kuvassa oikeanpuoleinen polku esittää perinteistä valmistusmenetelmää ja vasemmanpuoleinen valmistusmenetelmää jossa hyödynnetään 3D-tulostusta.

Yksityiskohtaiset ja geometrisesti monimutkaiset kappaleet eivät tuota ongelmia 3D-tulostimelle. Taitavimpienkin käsityöläisten taidot loppuvat kesken kun yksityiskohtaiset tilitikkurAsian kokoiset kappaleet muodostuvat paperin ohuista kerroksista.

Parhaimmillaan internetistä löytyy tulostettava malli valmiina tai asiakas voi itse mallintaa tulostettavat kappaleet. Alla oleva yksinkertainen mallinnus Tower Bridgestä on mallinnettu alle puolessa tunnissa.



Pöytälevyn, pöydän jalkojen ja tukirakenteiden työ

Hionta, maalaus ja lakkaaminen

Lasilevyn leikkaminen

Pienoismallien 3D-mallintaminen

3D-tulostus

Pienoismallien liimaus

Lontoon kartan tulostus ja asemointi

Pienoismallien valmistaminen perinteisiä puutyöstö menetelmiä käyttäen



Pienoismallien liimaus



Pienoismalliharrastaja



Pienoismalliharrastaja

Pienoismalliharrastajilla on lienee matalin kynnys käyttää 3D-tulosteita malleissaan sillä mallien ei tarvitse läpäistä lujuustestejä eikä niiden tarvitse olla yhtä mittatarkkoja kuin kuluttajille menevissä tehdasvalmisteisissa tuotteissa. Nämä edellä mainitut seikat mahdollistaa nopeamman mallintamisen ja sitä kautta tulosteen hinnat pystytään pitämään kohtuullisina.

Pienoismallit, aivan kuten nimikin sen kertoo, ovat monesti pienikokoisia ja tämän vuoksi tarkat tulostustekniikat, kuten SLS-tulostimet sekä laadukkaat FDM-tulostimet soveltuvat pienoismalliharrastukseen. Toki isompia

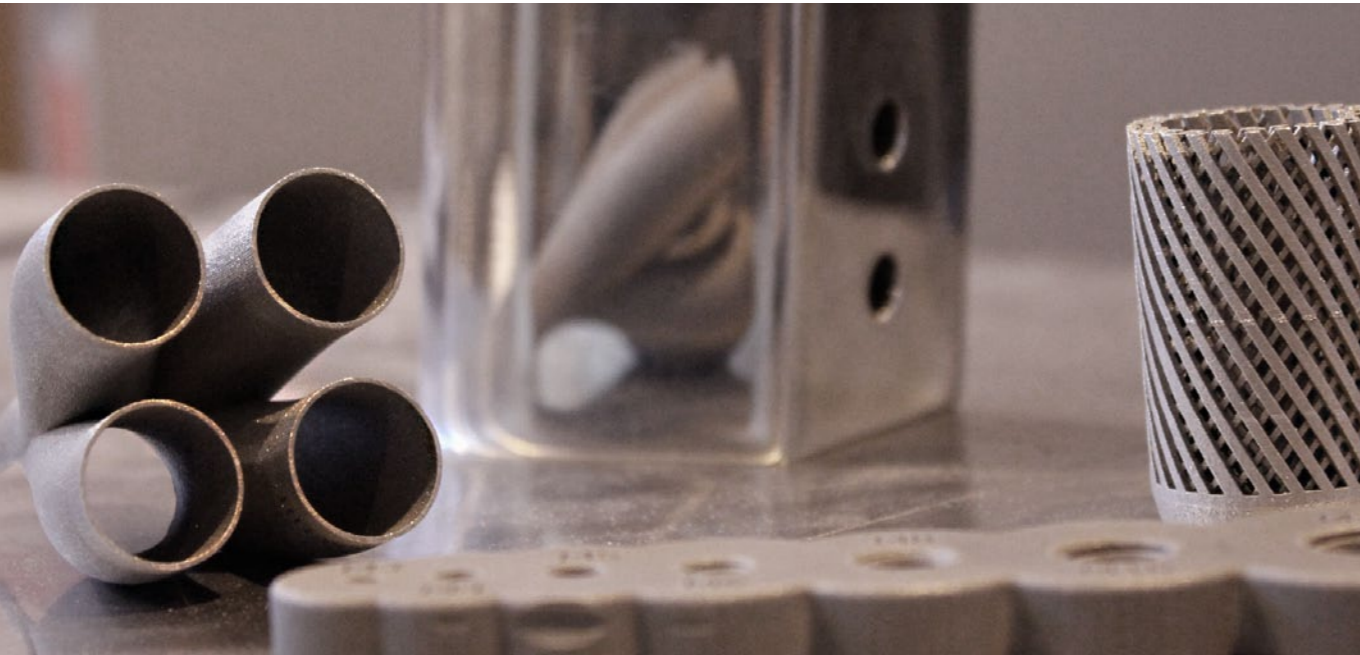
pienoismalleja voi olla järkevämpää tulostaa kipsi- tai LOM-tekniikkaa hyödyntäen.

Pienoismallien keskeinen tehtävä on monesti näyttää autenttiselta ja näyttävältä, joten tulosteen kerrospaksuuden on syytä olla maksimissaan muutaman millin kymmenyksen luokkaa. Todellista näyttävyyttä haluavat voivat käyttää jopa metallia tulostavia 3D-printtereitä. Ruostumattomasta teräksestä tulostetut yksityiskohtaiset pienoismallit tai niiden osat olisivat takuulla uskottavia pienoismallipiireissä.

Pienoismalliharrastuksen suola on tietenkin itse mallien rakentelu. 3D-tulostus ei tule vie-

mään itse mallinrakentamista pois. Se vain antaa harrastukselle uuden näkökulman ja mahdollistaa entistä näyttävämpien ja tarkempien mallien rakentamisen.

Useat 3D-tulosteet ovat helposti jälkikäsiteltävissä. Pursotustekniikassa yleisesti käytettyä ABS-muovi on tuttua leluteollisuudesta, sillä muun muassa legot valmistetaan tästä kyseisestä muovilaadusta.



Todellista näyttävyyttä ja laatua kaipaavat voivat käyttää Direct metal laser sintering -tekniikkaa malleissaan. Tulosteet muodostuvat kerros kerrokselta sintraamalla hienoa metallipulveria.

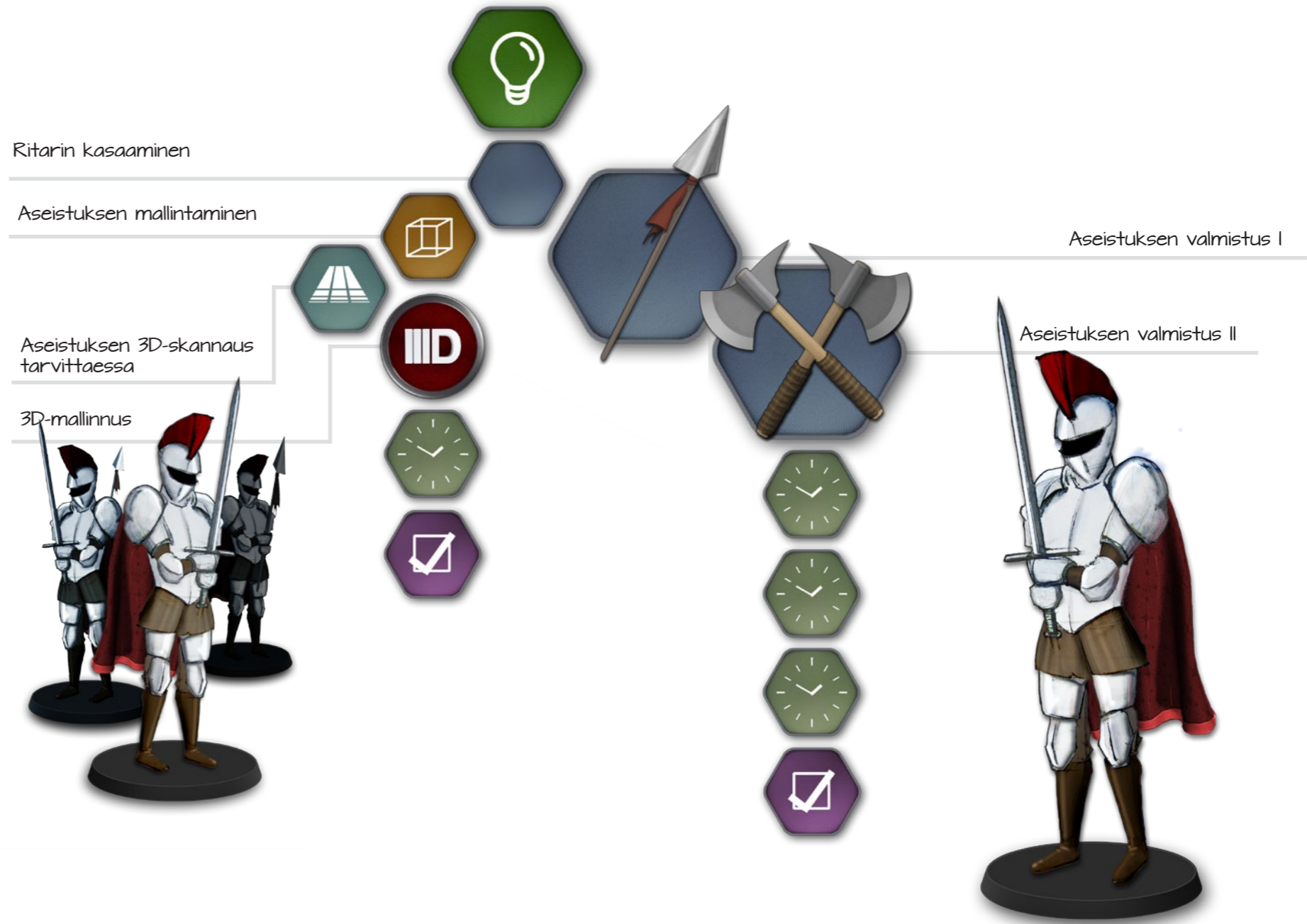
Pienoismalliritarin kasaaminen

Kaaviossa on kuvattu pienoismalliharrastajan esimerkkitapauksena pienoismallifiguurin modaaminen. Tässä esimerkissä ritarifiguuriarmeijalta menee aseistus uusiksi. Miekan tilalle tulee keihäs tai kirves.

Pienoismalliharrastajat voivat tulostaa pienoismalleja tai niiden osia lukemattomia määriä. Esimerkissä olevan muutaman sentin pituisen miekan voi tyypillisellä 3D-tulostimella tulostaa satoja kappaleita yhdellä ajolla. Näin ollen onnistuneita osia voidaan jakaa vaivattomasti pienoismalli yhteisöissä. Suurien kappalemäärien tulostaminen mahdollistaa myös kokonaisten figuuriarmeijoiden kuten warhammerien kustomoinnin.

3D-skannaus tarjoaa mielenkiintoisen mahdollisuuden pienoismalliharrastajille, koska se mahdollistaa oikeiden esineiden skannaamisen digitaaliseen muotoon. Skannauksen jälkeen malli on täysin muokattavissa ja skaalattavissa haluttuihin mittoihin. 3D-tulostuksen ohella 3D-skannaus kehittyä jatkuvasti ja muuttuu edullisemmaksi ja käyttäjäystävällisemmäksi. Lähitulevaisuudessa on odotettavissa ilmaisia ja korkeatasoisia sovelluksia matkapuhelimiin, joilla voi muuttaa oman kännykkäkameransa 3D-skanneriksi.

Omien tai kaverin kasvojen 3D-skannaaminen ja pienosmalliin liittäminen lienee tulevaisuudessa yhä suosittuempaa. Näköisfiguureja tarjoavia palveluita on jo olemassa ulkomailla.



Sisustussuunnitteliija

Sisustussuunnittelija



Sisustussuunnittelijat ja tuotemuotoilijat ovat käyttäneet 3D-tulostusta jo vuosia ja huomaneet sen erinomaisen käteväksi työkaluksi. Sisustussuunnittelija voi käyttää 3D-tulostusta moninaisin tavoin, kuten suunnittelun apukeinona, neuvotteluissa käden jatkeena tai vaikkapa tilan sisustuksen lopullisessa esittelyssä. Suunniteltavan tilan keskeisten huonekalujen lisäksi myös tila on luonnollisesti tulostettavissa. Tällöin suunnittelu tapahtuu pienoismallihuonekaluja oikeasti siirrellen, eikä ainoastaan virtuaalimaailmassa tietokoneenruudulta. Arvata saattaa, että asiakkaan on huomattavasti helpompi hahmottaa tila kalusteineen konkreettistesta mallista. Kolmiulotteiset mallinnukset ja renderöidyt photorealistiset kuvat toki tukevat viestiä, jonka suunnittelija asiakkaalleen viestittää. 3D-tulostettu pienoismalli, moodboard ja hyvät kuvat tilasta luovat yhdessä erinomaisen päätöksentekomateriaalikonaisuuden joka tarjoaa hyvän lähtökohdan onnistuneelle projektille.

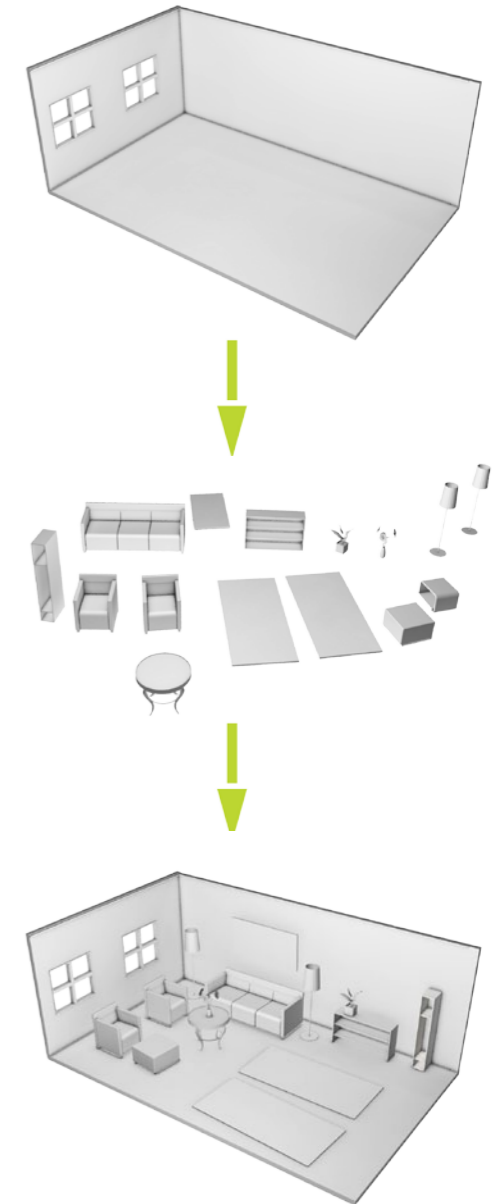
Tilaan tutustuminen ja tunnelma-
taulun luonti

Tilan ja huonekalujen 3D-skannaus tarvit-
taessa

Tilan ja huonekalujen mallintaminen

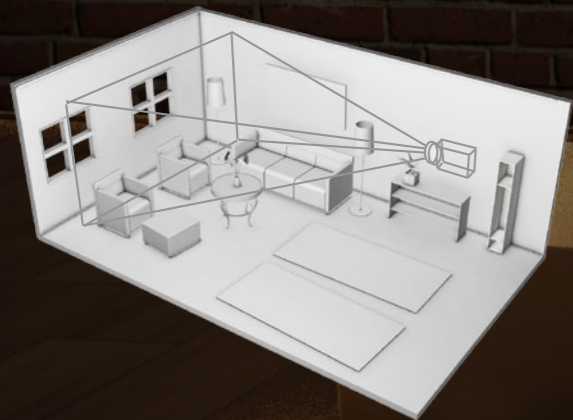
Yhteinen suunnitteluhetki asiakkaan
kanssa "nukkekodin" avulla

3D-renderöinnit ja esityskuvien
valmistus



Suunnittelu on hauskaa ja havainnollista 3D-tulostetun pienoismallin avulla. Suunnittelijan ja asiakkaan on helppo hahmottaa tila konkreettista mallia käyttäen.

Sisustusarkkitehdin on mallinnettava joka tapauksessa tila huonekaluineen, mikäli hän aikoo tehdä 3D-visuaalisointeja asiakkaalleen ja yhteistyökumppaneille. Näistä samoista malleista voidaan helposti toteuttaa 3D-prinnettua ”nukke koti -malli”.





Näyttävät visualisoinnit on helppo tehdä kun tilasta on tehty hyvä ja kattava suunnitelma 3D-tulostettujen mallien avulla.

Sarjatuotanto

Sarjatuotanto



Sarjatuotannon näkökulmasta 3D-tulostusta voidaan hyödyntää esimerkiksi tuotekehitysvaiheessa. Erilaiset prototyypit on edullista valmistaa tulosteina, ja tarvittavat muutokset on helppo toteuttaa 3D-ohjelmistoilla. Myös ergonomiakokeilut on helppo toteuttaa edullisella pika-valmistusmenetelmällä. Tuotteesta riippuen myös sarjatuotanto 3D-tulostamalla on mahdollista.

Esimerkissä on käytetty tilannetta, jossa tehtailijalla on idea muovituotteesta jonka hän haluaa viedä markkinoille. Tuotteesta valmistetaan protomalli, jota testataan käytännössä. Tehtailija haluaisi myös suorittaa koemyyntiä tuotteella, mutta kustannukset mietityttävät.

3D-tulostus mahdollistaa useiden erilaisten protomallien edullisen testaamisen, ja piensarja voidaan valmistaa suoraan tulostamalla. Näin ollen tuotetta voidaan testata paremmin, ja piensarja saadaan koemyyntiin hyvin edullisesti. Tässä tapauksessa muotti valmistetaan vasta lopullista sarjatuotantoa varten.

3D-tulostuksen etuna esimerkissä on säästyneet muottikustannukset, kattavammat testaus- ja koemyyntimahdollisuudet sekä säästetty työmäärä ja aika.



Suunnittelutoimisto

A person wearing a white long-sleeved shirt is pointing with their right hand at architectural drawings on a table. The drawings include floor plans and diagrams. There are several sticky notes (orange and pink) attached to the drawings. The scene is set in a meeting room with a wooden chair visible in the background.

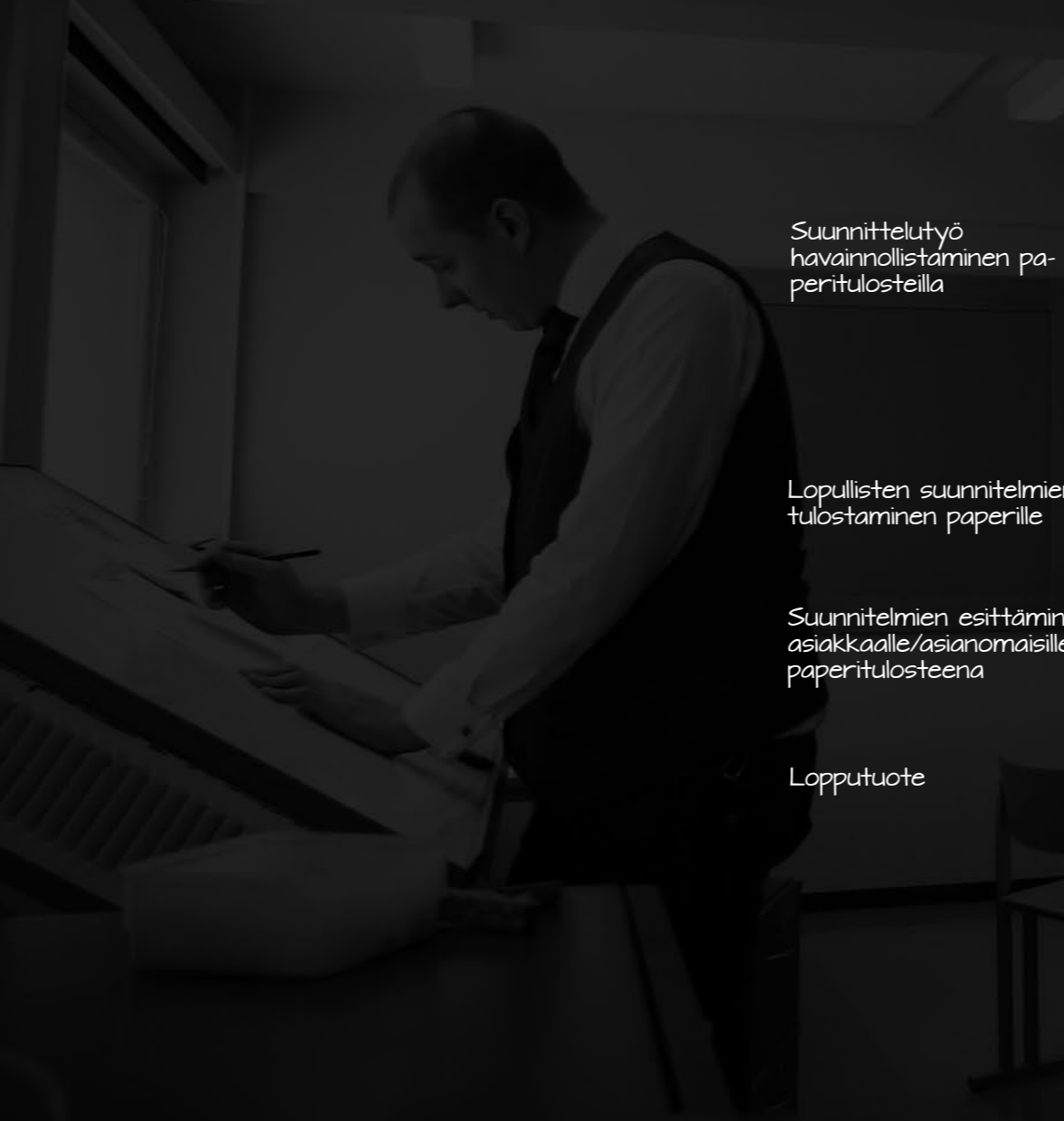
Suunnittelutoimisto



3D-avusteinen suunnittelu on jo suunnittelutoimistojen arkipäivää. Seuraava kehitysaskel tästä on 3d-tulostustekniikoiden hyödyntäminen suunnittelun tukena, tulostukseen soveltuvat mallit syntyvät normaalin suunnittelutyön ohessa. 3d-tulostusta voidaan hyödyntää tuotesuunnittelun lisäksi myös ympäristösuunnittelun puolella, kuten tie-, katu-, silta-, rakennus ja vihersuunnittelun alalla.⁴³

Esimerkissä on käytetty insinööritoimistoa, joka kilpailutuksen kautta pääsee tekemään tuotteen/hankkeen suunnitelmia asiakkaalle. Valmiit suunnitelmat esitetään asianomaisille ennen hankkeen toteutumista.

3D-tulostus tuo edun jo kilpailutilanteessa, koska toimisto pystyy tarjoamaan suunnitelmistaan havainnollistavat 3D-tulosteet. Konkreettinen malli on paperikuvia selkeämpi tapa suunnitelmien esittelyyn, ja koetulosteista on hyötyä jo suunnitteluvaiheessakin. Lopullinen 3D-tuloste sopii hankkeen esittelymateriaaliksi jatkossakin, ja se voidaan tarjota asiakkaalle myös muistoksi/mainosmateriaaliksi onnistuneesta hankkeesta. 3D-tulostetut piirustukset voivat olla myös hyvä apu työmaalla hankalissa kohteissa.⁴⁴



Suunnittelutyö havainnollistaminen paperitulosteilla

Lopullisten suunnitelmien tulostaminen paperille

Suunnitelmien esittäminen asiakkaalle/asianomaisille paperitulosteena

Lopputuote



3D-tulostuksen hyödyntäminen maastomallien havainnollistamisessa

3D-tulostus soveltuu erinomaisesti erilaisten ympäristösuunnitelmien havainnollistamiseen. Suunnittelutyö tapahtuu jo muutenkin 3D-avusteisesti, joten tiedostojen parsiminen tulostuskuntoon on suhteellisen yksinkertainen toimenpide.

Oheisessa esimerkissä näkyy lasersintraus-tekniikalla toteutettu maastomalli, joka on liimattu muovilevyille. Muovilevyn pintaan on laserleikattu karttapohja mallin ulkopuolelle jäävältä osalta. Selkeyden vuoksi mallin pystymittakaavaa voidaan kasvattaa, jotta korkeuserot erottuvat paremmin.

Mallin lähtökohtana on ollut cad-suunnitelmien ja korkeuskäyrien yhdistelmän pohjalta luotu kolmioverkko. Väri on tulostusmateriaalin oma väri, mutta erilaiset pintakäsittelyt ovat helposti toteutettavissa. Lopulliseen tulosteeseen on helppo lisätä rakennuksia ja muita oleellisia kohteita. Menetelmä sopii hyvin myös erilaisten arkkitehtuuristen rakenteiden havainnollistamiseen.



Metallipaja

A close-up photograph of a metal lathe in operation. A cylindrical metal workpiece is being turned on a lathe bed. A cutting tool is visible on the right, engaged with the workpiece, creating a fine, concentric texture on its surface. The background is blurred, showing other parts of the machine and a light blue wall.

Metallipaja



Metallien 3D-tulostaminen on nopeasti kehittyvä tekniikka, joka on yleisesti käytössä esimerkiksi lentokone- ja avaruusteollisuudessa. Metallitulostimia löytyy jo suometakin, ja tekniikan vahvuutena on mahdollisuus tuottaa muotoja jotka muuten olisivat mahdottomia valmistaa. Menetelmällä pystytään tulostamaan erilaisia metalleja ruostumattomasta teräksestä jalometalleihin, joten käyttökohteet ovat moninaiset.⁴⁵

Esimerkissä on käytetty tilannetta, jossa metallipaja suunnitelee tuotteen asiakkaan toiveiden mukaisesti, valmistaa protyyppin, tekee tarvittavat korjaukset ja valmistaa lopullisen tuotteen. 3D-tulostuksella säästetään aikaa ja miestyötunteja. Tulostaminen mahdollistaa myös erilaiset kokeilut, sillä testikappaleita voidaan valmistaa edullisesti muovista.

Työstö materiaalia poistavin menetelmin

Lopullisen kappaleen valmistus materiaalia poistavin menetelmin

Koneistus

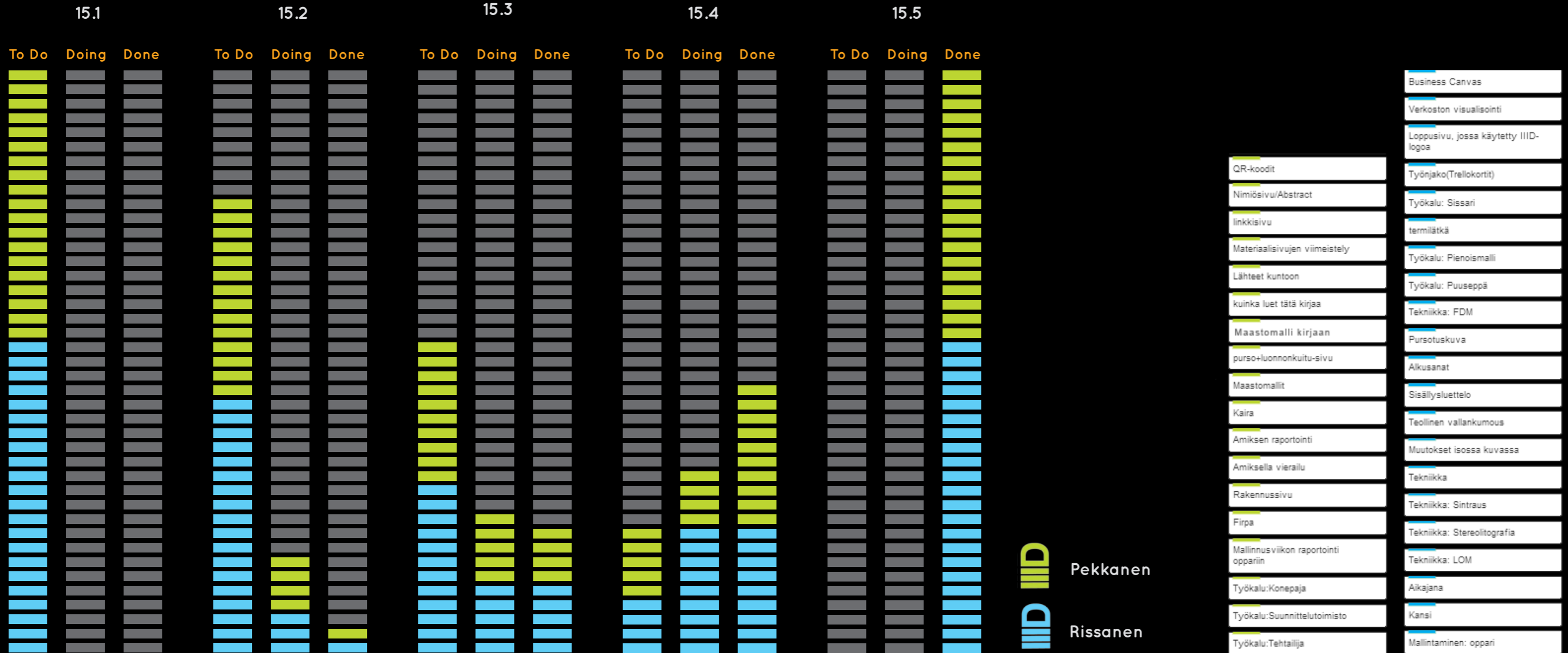
Lopputuote



Kolmas osa

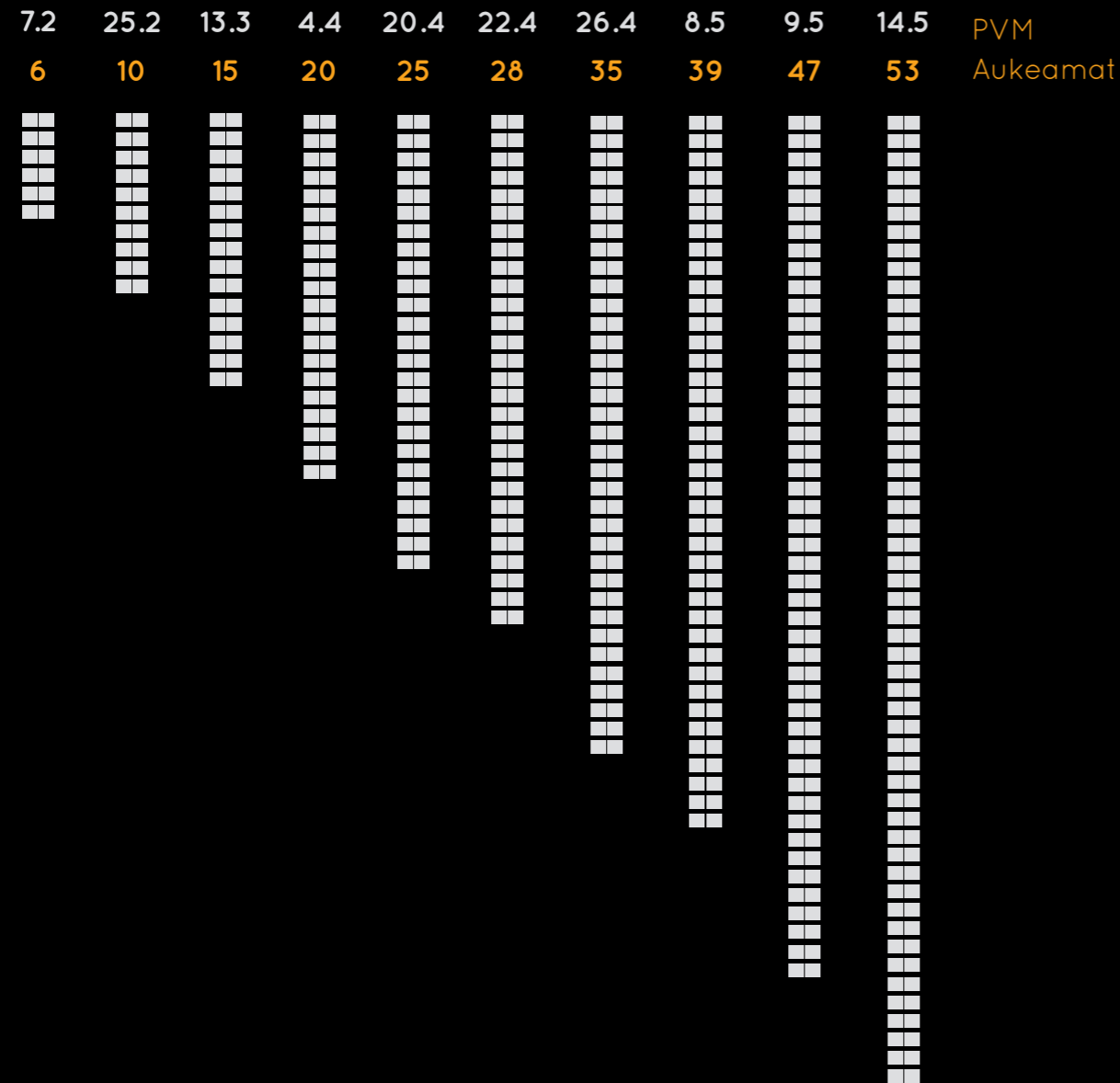
Prosessin kuvaus, raportteja opinnäytetyön eri vaiheista ja loppupohdinta

Työnjako ja projektin eteneminen



 Pekkanen
 Rissanen

Opinnäytetyön etenemisen seuranta



PVM
Aukeamat

Tiedonhaku & tutkimus

Graafinen työ & taitto

Kontaktien luominen & asiakastapaamiset

Asiakastyöt & yritystoiminnan rakentaminen

Kuormitus

Firpan ajankohtaisseminaari ja näyttely

Dipoli, Espoo

Firpan seminaariin Espoossa tarjosi hyvän kattauksen 3D-tulostuksen tilaan Suomessa ja maailmalla. Kyseessä oli koko päivän tapahtuma jossa oli luennoitsijoita ja esittelijöitä Suomesta ja ulkomailta. Aamun aluksi nautittiin pientä purtavaa ja Jukka Tuomi toivotti osallistujat tervetulleiksi Firpa ry:n puolesta. Aamupäivän antia oli Wieniläisen Jurgen Stampflin puhe keraamisten osien tulostamisesta sekä Olli Nyrhilän puhe metallien sintrauksesta ja sen haasteista. Tämän jälkeen tutustuttiin näytteilleasettajien tarjontaan, josta mielenkiintoisinta antia edusti esimerkiksi Lappeenrannan yliopiston metallitulosteet.

Lounaan jälkeen palattiin luentosaliin, jossa käsiteltiin kansainvälisiä tulostustrendejä yhdysvaltalaisen Brent Stuckerin johdolla, tutustuttiin Biomateriaalien tulostamiseen Jukka Seppälän esittelyssä ja lopuksi ennen kahvitaukoa puheen aiheena oli Nokian 820-puhelimen kuorten 3D-mallin julkaisu avoimeen käyttöön.

Iltapäivän aikana käsiteltiin vielä Digikoruja ja Deskartes-ohjelmistoa, ja Risto Linturi piti innostavan puheen avoimen lähdekoodin 3D-tulostimista ja ohjelmistoista. Seminaari päättyi cocktail-tilaisuuteen ja yleiseen tutustumiseen. Kokonaisuutena seminaari oli kattava katsaus 3D-tulostuksen nykytilaan, ja antoi hyvää pohjaa lopputyön tekemiseen.





Esimerkki tuotekehitysprojektista

Asiakkaalla oli tuote, johon hän halusi tehdä muutoksen. Kyseessä on perinteikäs suomalainen valmistaja, jonka tuotteet ovat kansainvälisesti tunnettuja. Pysyäkseen kilpailukykyisinä, he halusivat irtopalaterät kairoihinsa. Heillä oli aiempi malli, jota pystyttiin käyttämään suunnittelun perustana.

Työ alkoi sillä että muovasimme halutut muodot vanhasta olemassa olevan tuotteen pintaan. Tämän jälkeen skannasimme tuotteen saadaksemme pohjan 3D-mallinnusta varten. Skannaukseen käytimme Savonian Nextengine-skanneria. Skannauksesta saadun Step-mallin päälle aloimme mallintamaan uusia kairan muotoja. Kairan toimivuuden kannalta on erittäin tärkeää että teräkulmat ja etäisyydet ovat täsmällisiä, ja kokonaisuus on symmetrinen. Tässä oli suureksi avuksi se, että saimme nykyisen tuotteen suunnittelun pohjaksi.

Työhön sisältyi lukuisia koetulosteita, joilla testattiin parhaiten toimivaa teräkulmaa ja kairan muotoa. Nämä mallit tulostettiin edullisemmalla pursotustekniikalla. Kun lopullinen muoto löytyi, tehtiin viimeistelty malli sintraamalla lasikuulavahvisteisena. Tällä tulosteella pystyttiin testaamaan jo kairautuvuutta jäähän. Testien perusteella tehtiin vielä tarvittavat hienosäädöt 3D-malliin, ja tulostettiin lopullinen kappale, jonka pohjalta yritys teetätti valumallit tuotantoa varten.



Kuvassa jääkairan tuotekehityksen eri vaiheita

Materiaalin kierrätys, luonnonkuidut ja tulostusmateriaalin valmistus

Materiaalikoikeiluna valmistimme Savonian ammattikoulun yksikössä luonnonkuitukomposiittia käyttäen raaka-aineena urheilustadionin katsomon penkkejä, jotka oli valmistettu polypropeenista ja puukuidusta suhteessa 50/50. Penkit sahattiin vannesahalla pienemmiksi paloiksi, jotka sitten murskattiin Savonian muovimurskaimella. Näin saatu hakkelus syötettiin nauhapursottimeen, jonka vastukset oli säädetty välille 150 C -180 C. Materiaalista saatiin tasavahvuista, mutta herkästi murtuvaa.

Seuraavaksi kokeilimme syöttää komposiittilastun sekaan lyhyeksi leikattua hamppukuitua, joka paransi nauhan kestävyyttä merkittävästi. Oleellista oli, että kuitu on pätkitty samanpituisiksi käytetyn muovipurun kanssa, ja että käytetyt materiaalit ovat kuivia. Vaikka käytetyt penkit olivat varastokuivia, oli niissä silti mukana kosteutta joka prosessin aikana kiehuessaan haurastuttaa lopputuotetta.

Murskattu materiaali syötetään suppiloon, josta ruuvikuljetin kuljettaa materiaalin viiden erikseen säädettävän vastuksen läpi, jonka jälkeen komposiittimassa pursotetaan ulos suuttimesta jäähdytysaltaaseen. Siitä nauha voidaan joko ottaa suorana, tai kelata eteenpäin suoraan kelalle. Jäähdyneenä nauha oli kuitenkin niin haurasta että kelaaminen olisi parasta suorittaa vielä nauhan ollessa lämmintä.

Lopputuote, eli filamentti oli tulostuskelpoista ja hyvälaatuista, vaikkakin haurasta. Laatu oli kuitenkin hyvin lähellä vastaavia markkinoilla olevia tuotteita



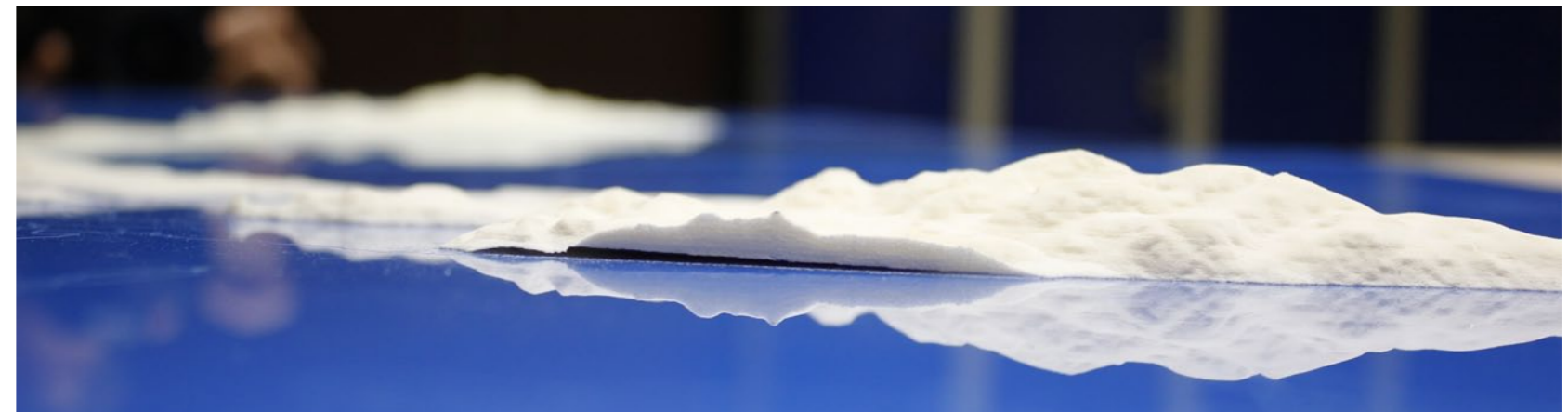
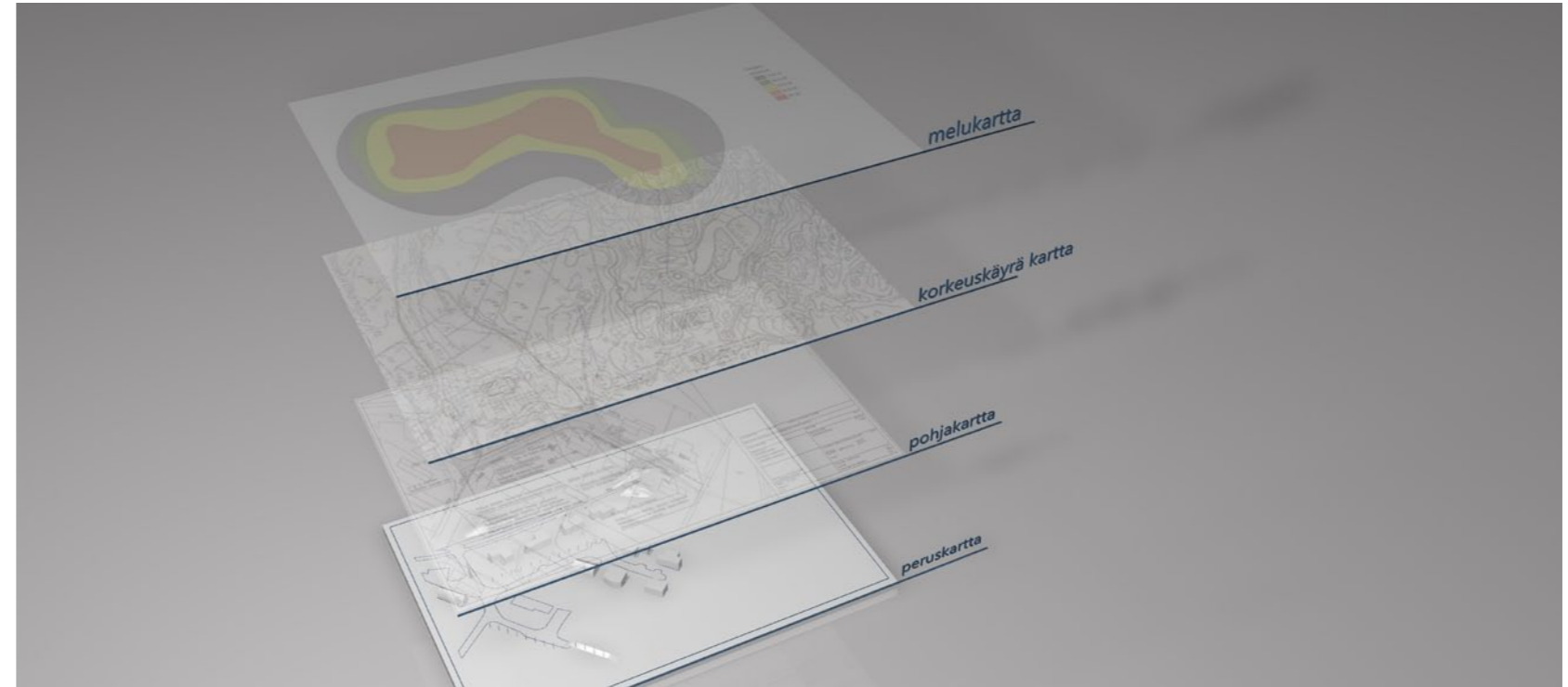
Kuvassa materiaalin valmistuksen eri vaiheita

Maastomallien ja muiden suunnitelmien visualisointi

Opinnäytetyön tekemisen ohessa kehitettiin menetelmä 3D-pohjaisten katuhankkeiden ja muiden suunnitelmien 3D-tulostamiseen. Hankkeen aikana käytiin useita keskusteluja Kuopion Ely-keskuksen Joonna Peltoniemen kanssa, joka piti menetelmää erittäin kiinnostavana. Asiakkainamme olisivat erilaiset insinööri- ja suunnittelutoimistot, sekä ihan yksityisetkin ihmiset jotka esim. haluaisivat tiluksistaan 3D-tulosteen perinteisten ilmakuvien sijaan. Maastomallin tulostamista varten tarvitaan kolmioverkko kohteesta, jonka voi saada esim. maanmittauslaitokselta. Tämä kolmioverkko sitten parsitaan tulostuskuntoon esimerkiksi Deskartes-ohjelmistolla. Esimerkitapauksessamme tulostimme Kuopiossa järjestettävän Jukolan viestin kisa-alueita, joka sitten liimattiin laser-kaiverretulle siniselle muovilevyille. Muovilevyyn kaiverrettiin alueen pohjakarttaa helpottamaan tulosteiden sijoittamista ja kuvastamaan vesistöalueita jotka ympäröivät kilpailumaastoa.

Kyseinen menetelmä soveltuu erinomaisesti tie- ja katusuunnitelmien sekä silta- ym . rakennesuunnitelmien visualisointiin. Tarjoamalla selkeää 3D-tulostettua suunnitelmaa suunnittelijat voivat jopa saada lisäpisteitä kilpailutustilanteissa. Tämän lisäksi merkittävässä kohteissa 3D-tulostettu suunnitelmapöytä voi olla hyvä muisto asiakkaalle tai suunnittelijalle itselleen.

Osallistuimme tällä ideallamme myös Savonian 3d-ideakiisaan, joka päättyi osaltamme pääpalkinnon voittamiseen.



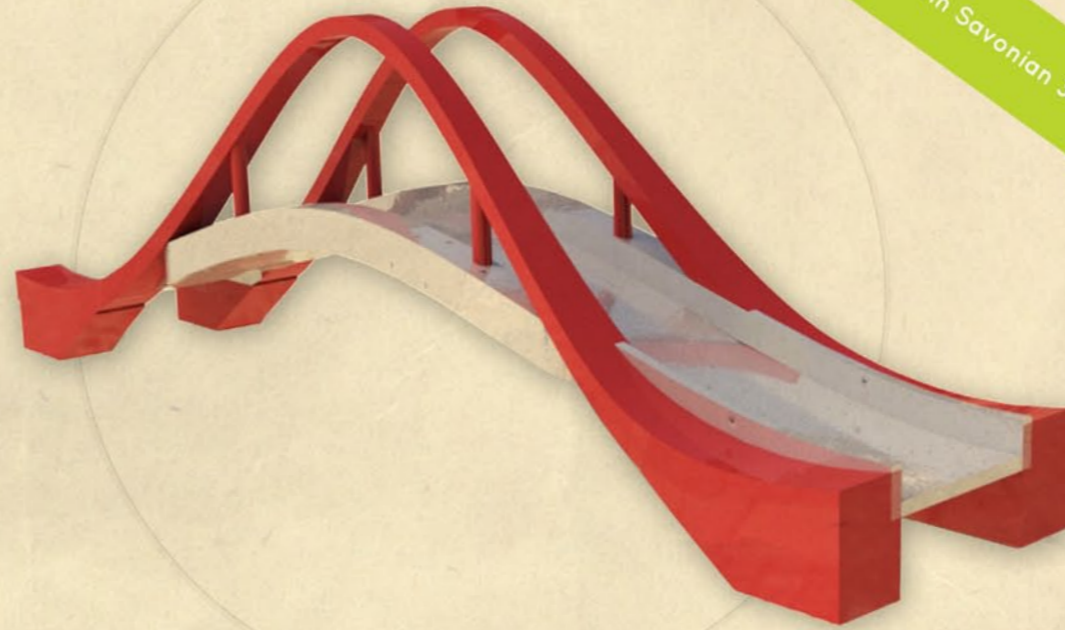
Kilpailutyön kansi

3D-Tulostettu Siltamalli

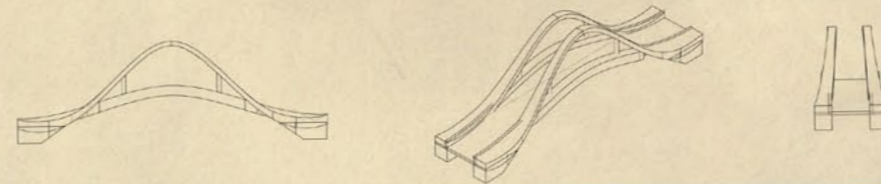
Ideanamme on tarjota 3d-tulostuspalvelua erilaisille arkkitehti- ja insinöörimistöille. 3D-tulostetut mallit ovat selkeä ja konkreettinen tapa esittää tie- ja katusuunnitelmat, siltasuunnitelmat, hankalat putkiviennit ja erilaiset maastomallit sekä meluselvitykset.

Hyvätasoiset mallit tarjoavat suunnittelijoille ison edun kilpailutilanteissa, ja mallit itsessään ovat myös hyvä muisto onnistuneesta projektista joko suunnittelijalle tai asiakkaalle.

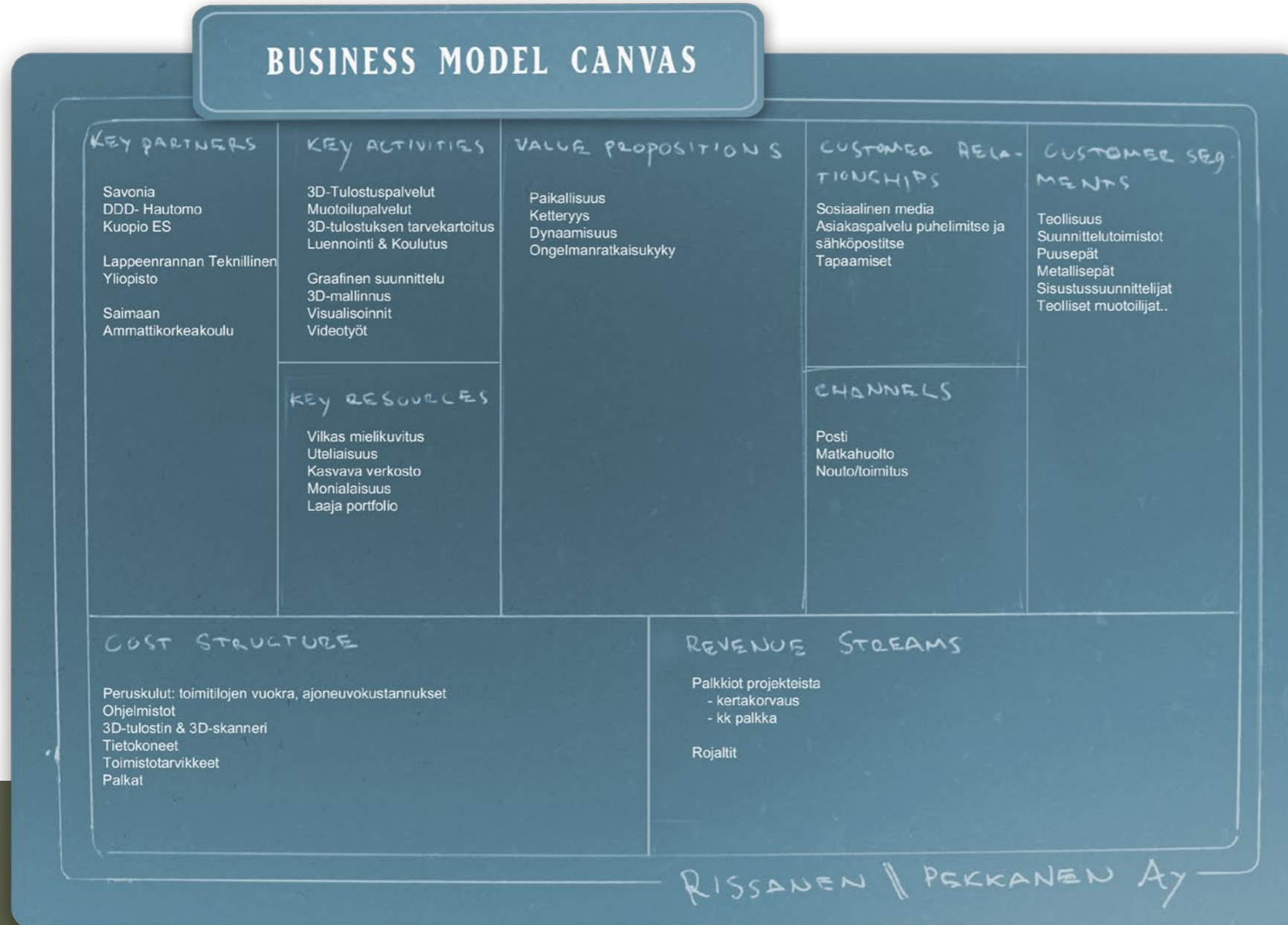
rissanen • pekkanen
muotoilutoimisto



Osa kilpailutyöstä jolla voittiin Savonian 3D-Ideakilpailu



Business model canvas



rissanen & pekkanen
 muotoilutoimisto

Loppupohdinta

Opinnäytetyön päätavoitteina oli pohjustus liiketoiminnan aloittamiselle ja ammattitaidon kehittäminen. Lisätavoitteena oli tarkoitus luoda näyttävää ja informatiivista materiaalia, jota myös yrityksemme tulisi käyttämään. Työn tuloksena syntyi tämä kirja, jonka uskomme kantavan hedelmää pitkälle tulevaisuuteen. Tämän kirjan keskeisin sisältö on toisen osan esimerkkitapauksissa, jossa lukijalle avataan konkreettisia ja helposti lähestyttäviä 3D-tulostusideoita. Esimerkki-ideoiden tarkoituksena on saada lukijan mielikuvitus laukkaamaan ja ideoimaan oman tietämyksensä kautta



sovelluksia, joissa 3D-tulostusta voisi hyödyntää. Olemme esitelleet kirjaa jo useille eri tahoille, ja erityisesti tältä osin kirjamme on

erittäin onnistunut. Monet ihmiset ovat tulleet nykimään hihoista. ”Entä jos..?”, ”Mitä jos..?”, ”Voiko tehdä silleen, että..?” -kysymyksiä on tullut ilahduttava määrä eri alojen edustajien toimesta. Näin ollen tältä keskeisimmältä osalta opinnäytetyö on jo osoittautunut onnistuneeksi.

Ammattitaitomme kehittyi valtavasti harppauksin opinnäytetyöprosessin aikana. Alun kattava tiedonhankinta antoi hyvän pohjan ymmärtää 3D-tulostusta syvällisemmin ja tämä auttoi ja tulee auttamaan keskusteluissa muiden alan asiantuntijoiden kanssa. Prosessi antoi meille tukea ja uskoa siihen, että pystymme luennoimaan ja keskustelemaan 3D-tulostuksesta uskottavasti.

Halusimme haastaa opinnäytetyössämme osaamisemme ääri rajoille graafikan ja taiton suhteen. Uskomme siihen, että tieto yrityksettämme ja 3D-tulostuksesta leviää laajalle ennemmin mainosmaisilla kepeillä grafiikoilla ja tiukoilla tietoiskuilla, kuin ”wall of text” -tyyppisillä opinnäytetöillä. Opinnäytetyöstä löytyy useita aukeamia, joissa pelkän kuvitusten tekemiseen on mennyt kymmeniä työtunteja. Erittäin 3D-visualisoinnit ja esimerkkitapausten hahmot ovat olleet työläisiä tehdä kaikkine pienine yksityiskohtineen. Valtava panostus visualisuuksiin oli perusteltua, sillä yrityksemme tarvitsee materiaalia, joka herättää huomiota ja on kiinnostavaa. Lisäksi opinnäytetyö auttoi hahmottamaan yrityksemme graafista ilmettä.

Kehitettävää ulkoasun suhteen kuitenkin kaikista ponnisteluista huolimatta vielä jäi, sillä aivan jokaiselle sivulle ei löytynyt täydellisen yhtenäistä ja harmonista ilmettä. Opinnäyte-

työlle olisi ollut eduksi vielä hillitympi ja hallitumpi taitto. Tämä sivujen yhtenäistämisen prosessi olisi ollut kuitenkin äärimmäisen työläs ja raskas, koska työssä on kaksi tekijää. Kokonaisuudesta olisi taatusti tullut yhtenäisempi kokonaisuus, mikäli tekijöitä olisi ollut yksi tai vain toinen tekijöistä olisi tehnyt päätökset grafiikan ja taiton suhteen. Toisaalta kirjava ja rönsyilevä ulkoasu on ainakin kiinnostava ja tarjoaa oivan lähtökohdan tuleville töille.

Työn ytimessä oli yrityksemme kehittäminen. Menimme opinnäytetyössämme visuaalisuuden ja selkeyden ehdoilla, ja joiltakin osin opinnäytetyön asettamat vaatimukset aiheuttivat meille päänvaivaa. Mielestämme onnistuimme kuitenkin löytämään keskitien omien näkemystemme ja opinnäytetyömäisyyden välille, ja ehkä jopa löysimme uuden näkökulman opinnäytetyön tekemiseen. Lopputuloksena oli visuaalisesti näyttävä opas, jota voimme hyödyntää oman yrityksemme toiminnassa. Opas ja sen kuvitus toimivat markkinointi- ja opetusmateriaalinamme, ja myös omana tietokirjanamme. Työn aikana luomamme kontaktit ovat hyvä pohja liiketoiminnallemme, ja hankkimamme ammattitaito luo toiminnallemme uskottavuutta. Työn ensimmäinen osio toimii tietopankkina, ja toinen osio toimii hyvänä pohjana kommunikoinnissa asiakkaidemme kanssa.

Jatkossa tulemme kehittämään toimintaamme vielä enemmän yrityksemme näkökulmasta, ja alamme hyödyntämään työn aikana saamiamme kontakteja. Pyrimme löytämään kirjallemme kustantajan, jotta se saavuttaisi suuremman yleisön. Tämän lisäksi pyrimme

esittelemään julkisesti töitämme joissa on hyödynnetty 3d-tulostamista, jotta tietämys tekniikan mahdollisuuksista lisääntyisi.



Suuremmassa kuvassa olemme luomassa 3d-tulostuksen ympärille yhteisöä, joka jakaisi tietämystään ja osaamistaan siitä kiinnostuneille. Toivomme näin tukevamme paikallista teollisuutta, ja parantavamme alueen kilpailukykyä. Uskomme teollisuuden olevan murroksessa, ja haluamme olla tässä muutoksessa mukana.

r i s s a n e n # p e k k a n e n
m u o t o i l u t o i m i s t o

Lähteet

- 1: ”Materiaalia lisäävä valmistus: 3D-tulostus - AM-tekniikka - 3D Printing - Additive Manufacturing (AM) [Viitattu 13.5.2014.] Saatavissa: <http://www.firpa.fi/html/sanasto.html>>
- 2: Rifkin, Jeremy ”the industrial revolution [Viitattu 1.2.2014.] Saatavissa: <http://www.thethirdindustrialrevolution.com/>
- 3: ”Obama’s speech highlights rise of 3-D printing”. [Viitattu 17.3.2014.] Saatavissa: <http://edition.cnn.com/2013/02/13/tech/innovation/obama-3d-printing/>
- 4: Petterson, Maria 2013. ”Muuttaako 3D-tulostus maailman?”. Helsingin Sanomat [Viitattu 23.3.2014]
- 5: Finnish rapid prototypin association. [Viitattu 23.4.2014] Saatavissa: <http://www.firpa.fi/>
- 6: Parsaei, Hamid R. 1997: Integrated Product, Process and Enterprise Design.194, Lontoo
- 7: ”FDM Technology”. [Viitattu 28.3.2014] Saatavissa: <http://www.stratasys.com/3d-printers/technology/fdm-technology>
- 8: ”Mies rakensi kotonaan 3D-tulostimen – Hinta: 71 €”. [Viitattu 20.4.2014] Saatavissa: <http://www.uusisuomi.fi/tiede-ja-ymparisto/63909-mies-rakensi-kotonaan-3d-tulostimen-hinta-71-eu>>
- 9: ”How FDM works” [Viitattu 28.3.2014] Saatavissa: <http://www.livescience.com/39810-fused-deposition-modeling.html>
- 10: ”The world’s first 3D printer that can print carbon fiber” [Viitattu 14.4.2014] Saatavissa: <http://markforged.com/>
- 11: ”Polypropylene”. Wikipedia www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Polypropylene>
- 12: ”Polyvinyl alcohol”. Wikipedia www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_alcohol
- 13: ”Polylactic acid”. Wikipedia www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid
- 14: ”Acrylonitrile butadiene styrene”. Wikipedia www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene
- 15: ”Nylon”. Wikipedia www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Nylon>
- 16: ”Polyethylene terephthalate”. Wikipedia www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate
- 17: ”Materials”. Eos www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: <http://www.eos.info/material-p>
- 18: ”Materials”. Eos www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: <http://www.eos.info/material-p>
- 19: ”Materials”. Eos www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: <http://www.eos.info/material-p>

- 20: "Materials ". Eos www-sivusto [Viitattu 1.3.2014] Saatavissa: <http://www.eos.info/material-p> >
- 21: "3D printing really transforms production " [Viitattu 2.4.2014] Saatavissa: http://www.lut.fi/web/en/news/-/asset_publisher/lGh4SAywhcPu/content/3d-printing-really-transforms-production
- 22: "Titanium Additive Manufacturing Services " [Viitattu 7.3.2014] Saatavissa: <http://titanium3dprinting.com/>
- 23: "Materials and material management " [Viitattu 7.3.2014] Saatavissa: <http://www.eos.info/material-p>
- 24: Purtonen, T. 2014. Project engineer, M. Sc. (tech) LUT, lappeenranta. Haastattelu 6.5.2014.
- 25: Gastfall, U. & Korber, A. 2013. Workshop, made in Kallio, Helsinki. Työpajahaastattelu, syksy 2013
- 26: "Selective laser sintering" [Viitattu 17.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering>
- 27: "What is Selective Laser Sintering?". [Viitattu 17.3.2014] Saatavissa: <http://www.livescience.com/>>.
- 28: "Selective laser sintering" [Viitattu 17.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering>
- 29: "Selective Laser Sintering Patent Expiration Will Not Be a Game Changer ". [Viitattu 17.3.2014] Saatavissa: <http://news.thomasnet.com/IMT/2013/09/04/selective-laser-sintering-patent-expiration-will-not-be-a-game-changer/>>
- 30: "Teollisen pikavalmistuksen lääketieteelliset sovellukset" [Viitattu 17.3.2014] Saatavissa: http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&viewType=viewArticle&tunnus=duo98541>
- 31 "What is 3D Printing?" The Pennsylvania State University, [Viitattu 20.3.2014] Saatavissa: <http://www.clubs.psu.edu/up/3dpc/3d-printing.html>
- 32 "3D printing". Wikipedia www-sivusto. [Viitattu 18.3.2014] Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
- 33: "How Stereolithography Works" [Viitattu 25.3.2014] Saatavissa: <https://thre3d.com/how-it-works/light-photopolymerization/stereolithography-sla>
- 34: "Stereolithography" [Viitattu 24.3.2014] Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography>
- 35: "How Laminated Object Manufacturing (LOM) Works" [Viitattu 20.3.2014] Saatavissa: <https://thre3d.com/how-it-works/sheet-lamination/laminated-object-manufacturing-lom>>
- 36: "How does it work" [Viitattu 20.3.2014] Saatavissa: <http://www.contourcrafting.org/how-does-it-work/> >
- 37: "The 3d printer that can build a house in 24 hours " [Viitattu 20.3.2014] Saatavissa: <http://www.news.com.au/technology/the-3d-printer-that-can-build-a-house-in-24-hours/story-e6frfrnr-1226798960267> >

- 38: Lääkärilehti [Viitattu 1.5.2014] Saatavissa: http://www.laakarilehti.fi/uutinen.html?type=1/news_id=13595/3D-tulostus+tulossa+l%E4%E4k%E4rin+k%E4ytt%F6%F6n
- 39: Obama`s full 3D-print speech [Viitattu 15.4.2014] Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=Yw1jAdMgsW8>
- 40: ”3d-tulostuksen seuraava aalto” Tietokone-lehti [Viitattu 1.5.2014] Saatavissa: http://www.tietokone.fi/artikkeli/uutiset/3d_tulostuksen_seuraava_aalto_ihmiselimia_ja_metalliosia
- 41: European Environment Agency [Viitattu 20.4.2014] Saatavissa: http://www.esa.int/Our_Activities/Technology/Building_a_lunar_base_with_3D_printing
- 42: Tuomi, Jukka 2013. Talouselämä [Viitattu 20.4.2014] Saatavissa: http://www.talouselama.fi/Tebatti/tebatoijat/jukka_tuomi/3dtulostuksen+sovellukset+kannattaa+ottaa+vakavasti/a2169929
- 43: Salminen, Kaisa 2014. ”Destia hallitsee laatua mallipohjaisesti.” Rakennuslehti. 7.2.2014, s. 10.
- 44: Peltoniemi, J. 2013. Elykeskus, Kuopio. Haastattelu 12.12.2013.
- 45: Purtonen, T. 2014. Project engineer, M. Sc. (tech) LUT, lappeenranta. Haastattelu 6.5.2014.

Grafiikka ja kuvat

Opinnäytetyössä käytetty kuvitus on tekijöiden itsensä tuottamaa, ellei toisin ole mainittu.

Kaikki opinnäytetyössä käytetty grafiikka löytyy tekijöiden arkistoista.

Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 1. Janne Pihlajamäki, Minifactory Oy

