

Helena Huovinen

**3D-tulostusmahdollisuuksien kartoittaminen ja kehittäminen suunnittelussa
PKC Electronics Oy:llä osaamisen johtamisen näkökulmasta**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Teknologiaosaamisen johtaminen - koulutusohjelma
Joulukuu 2016**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Joulukuu 2016	Tekijä/tekijät Helena Huovinen
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtaminen		
Työn nimi 3D-TULOSTUSMAHDOLLISUUKSIEN KARTOITTAMINEN JA KEHITTÄMINEN SUUNNITTELUSSA PKC ELECTRONICS OY:LLÄ OSAAMISEN JOHTAMISEN NÄKÖKULMASTA		
Työn ohjaaja Marko Forsell		Sivumäärä 85 + 5
Työelämäohjaaja Ari Kalaja, Vesa Vaihoja		
<p>3D-tulostuksen kartoittaminen lähti liikkeelle PKC Electronics Oy:llä syksyllä 2013. Aihe tuli työnantajalta. Tutkimus tehtiin tuotekehityksessä. Työssä selvitettiin, miksi yrityksen 3D-tulostimen käyttöaste on pieni. Toinen päämäärä oli saada selville, mitä kehittymismahdollisuuksia suunnitteluosastolla olisi materiaalia lisäävän valmistuksen saralla. Tutkimus tehtiin osaamisen johtamisen näkökulmasta.</p> <p>Teoriaosuudessa käydään läpi johtamisen teorian lisäksi eri tulostustekniikat ja materiaalit, sekä 3D-tulostuksen hyötyjä, heikkouksia ja suunnittelusääntöjä. Myös 3D-skannauksesta kerrotaan vähän. Toiminnallisessa viitekehityksessä kuvataan tutkimuksen toimintaympäristö. Siinä kerrotaan PKC Electronics Oy:stä, tuotekehityksestä, leanista, sekä myynnistä ja markkinoinnista. Objektin kuvaus ja toimintaperiaate sisältyvät myös tähän lukuun.</p> <p>Kehittämistehtävä tehtiin tutkimustyönä, joka sisältää laadullista tutkimusta kyselyiden ja haastatteluiden muodossa. Lisäksi vierailtiin messuilla ja kahdessa seminaarissa. Tutkimusongelma määriteltiin seuraavasti: Miksi 3D-tulostimen käyttöaste on pieni? Kohderyhmäksi tutkimukseen otettiin muutamia myyjiä, projektinvetäjiä ja joukko suunnittelijoita.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena selvisi, että 3D-tulostimen käyttöaste nousee, kun muun muassa lisätään henkilöstön koulutusta. Myös erilaisia materiaalivaihtoehtoja tarvittaisiin. Jatkotutkimuksena voisi tehdä 3D-tulostustarpeista kartoituksen asiakkaillemme, sekä tuotannon henkilöstölle. Myös Raahen seutukunnan materiaalia lisäävän valmistuksen tarpeita voisi kartoittaa.</p>		
Asiasanat 3D-tulostus, materiaalia lisäävä valmistus, osaamisen johtaminen.		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date December 2016	Author Helena Huovinen
Degree programme Master's Degree in Technological Competence Management		
Name of thesis 3D PRINTING POSSIBILITIES AND DEVELOPMENT IN DESIGN FROM COMPETENCE POINT OF VIEW: CASE PKC ELECTRONICS OY		
Instructor Marko Forsell	Pages 85 + 5	
Supervisor Ari Kalaja, Vesa Vaihoja		
<p>The research of the 3D printing started on PKC Electronics Oy in autumn 2013. The subject came from the employer. The research was made on the product development department. On the research was sorted out why the utilization of the 3D printer is so small. Second target was to get to know what other development opportunities could have on additive manufacturing field. Research was made from the competence management perspective.</p> <p>On the theory field go through management theory and different printing techniques and materials, also benefits, weaknesses and designing rules of 3D printing. Also 3D scanning was told a little bit. On the functionality frame of the reference was describe functionality environment of the research. It tells from the PKC Electronics Oy, development department, lean and sales and marketing. Description of the Objet 30-printer and principle was included on this chapter.</p> <p>Development task was made as research which contain qualitative research with queries and interviews. In addition was visited on the exhibition and on the few seminar. The research problem was defined as follows: Why the utilization of the 3D printer is so small? Target group of the research was took few sellers, project leaders and group of the designers.</p> <p>Result of the research was founded out, that utilization of the 3D printer will rise when among other things will added staff training. Also a variety of material options needed. Useful for further investigation could make the 3D printing needs of our customers mapping, as well as production staff. Also, to additive manufacturing needs of the Raahen sub-region to be mapped.</p>		
Key words 3D Printing, additive manufacturing, competence management.		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ABS	Acrylonitrile butadiene styrene eli akryylnitriilibutadienistyreeni, muovimateriaalia
AM	Additive Manufacturing eli materiaalia lisäävä valmistus.
Contourcrafting	Menetelmä, jolla voidaan rakentaa taloja betonista tulostamalla.
DFAM	Design for Additive Manufacturing. Suunnittelu ainetta lisäävää valmistusta varten.
DFM	Design For Manufacturing. Tuotteen suunnittelu siten, että se on valmistettävissä.
DMLS	Direct Metal Laser Sintering. Jauheen sulatukseen perustuva lisäävän valmistuksen teknologia, jossa käytetään lasersädettä.
EBM	Electron Beam Melting. Jauheen sulatukseen perustuva lisäävän valmistuksen teknologia, jossa käytetään elektronisuihkua.
EMS	Electronic manufacturing services. Elektroniikan valmistuspalvelut.
FDM	Fused Deposition Modeling. Pursotustekniikka.
Filamentti	Kelalla oleva tulostuslanka.
FIRPA	Finnish Rapid Prototyping Association. Suomen Pikavalmistusyhdistys.
HDPE	High – density Polyethylene. Termoplastinen materiaali

HIPS	High Impact Polystyrene. Styreenin variaatio, käytetään tukimateriaalina.
JOT	Just On Time – Juuri oikeaan aikaan.
JP	Jetted Polymer. Allas polymeeri.
Lean	Johtamisfilosofia, joka keskittyy seitsemän erilaisen hukkan poistamiseen.
LOM	Laminated Object Manufacturing. Ensimmäinen laminointiin perustuva valmistuksen teknologia. Ei enää käytössä.
MJM	Multi Jet Modeling. Nesteen ruiskutukseen perustuva tulostustekniikka
PC	Polycarbonate. Polykarbonaattimuovi.
PCL	Polycaprolactone. Tunnetaan myös nimellä MakerBot Flexible Filament. Biohajoava esteri.
PET	Polyethylene Terephthalate. Kirkas, väritön filamentti
PLA	Polylactic acid eli polylaktidi. Yleisimmin käytetty kestopuovi
PVA	Water soluble polyvinyl alcohol. Erikoismuovia, jota käytetään tukirakennetta tulostamaan.
SLA	Stereolitografia eli ensimmäinen valokovettamiseen perustuva lisäävän valmistuksen teknologia
SLS	Selective Laser Sintering. Jauheen sulatukseen perustuva lisäävän valmistuksen teknologia

SLM	Selective Laser Melting. Jauheen sulatukseen perustuva lisäävän valmistuksen teknologia
STL	3D-tulostimen vaatima tiedostomuoto tulostustiedostolle
3DP	Three Dimensional Printing. Kolmiulotteinen tulostus

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS	4
2.1 Materiaalia lisäävät valmistusmenetelmät ja -materiaalit.....	6
2.1.1 SLA (Stereolitografia).....	8
2.1.2 FDM (Fused Deposition Modeling)	9
2.1.3 SLS (Selective Laser Sintering).....	11
2.1.4 DMLS (Direct Metal Sintering).....	13
2.1.5 3DP (Three Dimensional Printing)	15
2.1.6 JP (Jetted Photopolymer)	16
2.1.7 LOM (3D-Laminering)	17
2.1.8 MJM (Multi Jet Modeling)	19
2.1.9 EBM (Electron Beam Melting)	20
2.1.10 Contourcrafting	20
2.1.11 Materiaalit	20
2.2 Materiaalia lisäävän ja perinteisen menetelmän erot suunnittelun näkökulmasta	25
2.2.1 Materiaalia lisäävän valmistuksen hyötyjä	28
2.2.2 Materiaalia lisäävän valmistuksen heikkouksia	29
2.3 3D-Skannaus	30
2.4 Tulevaisuusnäkymät seuraavat 25 vuotta	31
2.5 Osaamisen johtaminen	32
2.5.1 Strategisen osaamisen johtaminen	33
2.5.2 Asiantuntijoiden johtaminen	34
2.5.3 Oppimista edistävä johtaminen	36
3 TOIMINNALLINEN VIITEKEHYS	38
3.1 Yritys, johon tutkimus tehdään	39
3.2 Tuotekehitys ja innovaatiotoiminta	40
3.3 Lean	41
3.4 Myynti ja markkinointi.....	42
3.5 Objet 30 – tulostimen ominaisuudet	43
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	50
4.1 Tarkoitus ja rajaus	50
4.2 Ongelman asettelu ja rajaaminen	51
4.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät	51
4.4 Haastattelu	52
4.5 Kysely	53
5 TUTKIMUSTULOKSET	54
5.1 Suunnittelijoiden haastattelut.....	54
5.2 Myyjien haastattelut.....	55
5.3 Kysely	57
5.3.1 Kyselyn tulokset	58

5.5 Vastaavatko tulokset tutkimuksen pääongelmaan	70
5.6 Yhteenvedo tuloksista	71
5.7 Tutkijan näkemys, keskeisin tulos	72
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	74
LÄHTEET	82
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Teoreettinen viitekehys	5
KUVIO 2. Toiminnallinen viitekehys	38
KUVIO 3. Tutkimuksen tulos	73
KUVAT	
KUVA 1. SLA toimintaperiaate	9
KUVA 2. FDM toimintaperiaate	10
KUVA 3. SLS toimintaperiaate	12
KUVA 4. DMLS toimintaperiaate	14
KUVA 5. 3DP toimintaperiaate	15
KUVA 6. JP toimintaperiaate	17
KUVA 7. LOM toimintaperiaate	18
KUVA 8. MJM toimintaperiaate	19
KUVA 9. Objet 3D-tulostin	44
KUVA 10. Tulostimen rakennekammio	45
KUVA 11. Valmiit tulosteet tulostusalustalla	46
KUVA 12. Tulostettu jakoavain	46
KUVA 13. Vesipesuri	47
KUVA 14. Tulostusmateriaali tulostimessa	48
KUVA 15. Onko 3D-tulostuspalvelua myyty	56
KUVA 16. Miksi 3D-tulostuspalvelua ei ole myyty	56
KUVA 17. 3D-tulostimen hyödyntäminen	58
KUVA 18. Käyttötarkoitus	59
KUVA 19. Hyödyntämättä jättämisen syyt	60
KUVA 20. Muut tulostintarpeet	60
KUVA 21. Metallitulostimen hyödyntäminen	61
KUVA 22. Metallitulostimen käyttökohteet	62
KUVA 23. Mitä tulostaisin metallitulostimella	63
KUVA 24. 3D-tulostamisen mahdollisuudet yritykselle	64
KUVA 25. Pikamallin tarve omassa työssä	66
KUVA 26. 3D-Skannerin tarve	67
KUVA 27. Skannerin hyödyntäminen	67
TAULUKOT	
TAULUKKO 1. Suunnittelun yleisperiaatteita perinteisellä menetelmällä	26
TAULUKKO 2. Suunnittelun yleisperiaatteita materiaalia lisäävällä menetelmällä	27
TAULUKKO 3. Objet 30 tekniset tiedot	44
TAULUKKO 4. Objet 30 tulostimessa käytettävät materiaalit	48
TAULUKKO 5. Yhteenvedo tuloksista	71

1 JOHDANTO

Materiaalia lisäävä tulostus nousee usein esille uutisissa, sanomalehdissä ja internetissä, kun puhutaan tulevaisuudesta. 3D-tulostamisen mahdollisuudet ovat rajattomat. Materiaalia lisäävä valmistus tulee mullistamaan valmistusteollisuuden. Se on jo tehnyt mullistuksen osittain. Esimerkiksi kaikki uudet kuulolaitteet tehdään 3D-tulostamalla. Tekniikalla saadaan tehtyä yksilöllinen, omaan korvaan sopiva, mukavan tuntuinen koje. Tulevaisuudessa pystytään tilaamaan omaan autoon esimerkiksi varaosa sähköpostilla kotiin ja tulostamaan se toimivaksi osaksi kotitulostimella.

Aihe tälle työlle on tullut työnantajalta. Yritykseen on hankittu jokunen vuosi sitten 3D-tulostin, jolle on ollut silloin suuri tarve. Tulostin on hankittu, koska sillä on pystytty valmistamaan koneistamista edullisemmin mallikappaleita tuotannon käyttöön. Toinen syy hankintaan on ollut se, että on saatu tehtyä ruiskupuristeosien tyyppisiä tuotteita. Niitä on voitu käyttää testereiden testaamiseen.

Nyt kuitenkin koneen käyttöaste on pienentynyt. Työn tavoitteena on ollut selvittää, **miksi 3D-tulostimen käyttöaste on pieni?** Tämä kysymys on määritelty tutkimuksen pääongelmaksi. Muita lisäkysymyksiä on noussut esille useita. Voitaisiinko tulostinta hyödyntää mekaniikkasuunnittelun lisäksi esimerkiksi testeri- ja elektroniikkasuunnittelussa? Osaavatko kaikki käyttää tulostinta? Mikä estää tulostimen käytön? Tietävätkö suunnittelijat ja myyjät, millaisia kappaleita PKC:n 3D-tulostin oikeasti tekee ja mihin se kykenee? Onko muunlaiselle tulostimelle tai 3D-skannerille mahdollisesti tarvetta?

Opinnäytetyö käsittelee materiaalia lisäävän tulostuksen kehittämistä elektroniikkateollisuudessa. Työ on rajattu koskemaan PKC Electronics Oy:n tuotekehitystoimintaa. Työssä ei käsitellä materiaalia lisäävää tulostusta kaikkialla elektroniikkateollisuudessa, koska laajuus paisuisi liian suureksi.

Vastauksia tutkimushaasteisiin on lähdetty etsimään laadullisella eli kvalitatiivisella tutkimuksella. Ongelmaa on lähdetty tutkimaan tutustumalla ensin tulostimeen, miten se toimii. Sen jälkeen on täytynyt löytää tietoa, mitä kaikkea tulostimella voi tehdä. Tämän jälkeen on haastateltu tulostimesta vastuussa olevaa mekaniikkasuunnittelijaa tarkemmin laitteen käytöstä.

Seuraavaksi on haastateltu myös toista mekaniikkasuunnittelijaa, jonka on tiedetty tehneen joskus joitakin töitä tulostimella. Myös osaa myyjistämme on haastateltu. On kysytty, ovatko he jo tarjonneet tulostuspalvelua meidän asiakkaillemme. Haastattelut ovat olleet vapaamuotoisia, joiden aikana on kirjoiteltu muistiinpanoja.

Kyselytutkimus on ollut niin ikään vapaamuotoinen sähköpostikysely, jossa on ollut avoin osio. Kirjallinen kysely on lähetetty mekaniikka-, elektroniikka- ja testerisuunnittelijoille, sekä muutamalle projektinvetäjälle. Kysyttiin, kuinka hyvin he ovat perillä siitä, mihin kaikkien tulostinta voisikaan käyttää. Heiltä on selvitetty myös, osaavatko he käyttää tulostinta.

On myös käyty alihankintamessuilla, jossa oli 3d-tulostuksesta miniseminaari. Syksyllä 2015 on käyty kahdessa alan seminaarissa Tampereella ja Helsingissä. Lisäksi on tutkittu kirjallisuutta ja yritetty löytää sieltä vastauksia alaongelmiin. Tutkimus on suoritettu vuosien 2013 – 2016 välisenä aikana. Tutkimus on toteutettu työn, harrastusten ja perhe-elämän ohessa.

Työ koostuu kuudesta luvusta. Johdannon jälkeen käsitellään työn kannalta keskeiset taustateoriat. Teoreettiseen viitekehykseen on otettu mukaan materiaalia lisäävät valmistusmenetelmät. Yleisimmistä materiaaleista on myös kerrottu. Sen lisäksi käsitellään seikkoja, mitä suunnittelussa on otettava huomioon. 3D-skannauksesta ja tulevaisuuden näkymistä on kirjoitettu lyhyesti. Myös osaamisen johtamisen teoriaa on käsitelty. Mukaan on otettu strategisen osaamisen, asiantuntijoiden ja oppimista edistävän johtamisen teoriaa.

Kolmannessa luvussa kuvataan tutkimuksen toiminnallinen viitekehys. Siinä kuvataan työhön liittyvää toimintaympäristöä. Se pitää sisällään Objet 30 – tulostimen kuvauksen. Luonnollisesti kerrotaan yrityksestä, jonne tutkimus on tehty. Myös leanista, tuotekehityksestä ja innovaatiotoiminnasta, sekä myynnistä ja markkinoinnista kerrotaan hieman. Neljännessä luvussa käsitellään sitä, miten tutkimus on käytännössä tehty. Luvussa käsitellään tutkimuksen tarkoitusta ja rajausta, sekä ongelman asettelua. Tutkimuksessa käytetyt menetelmät avataan.

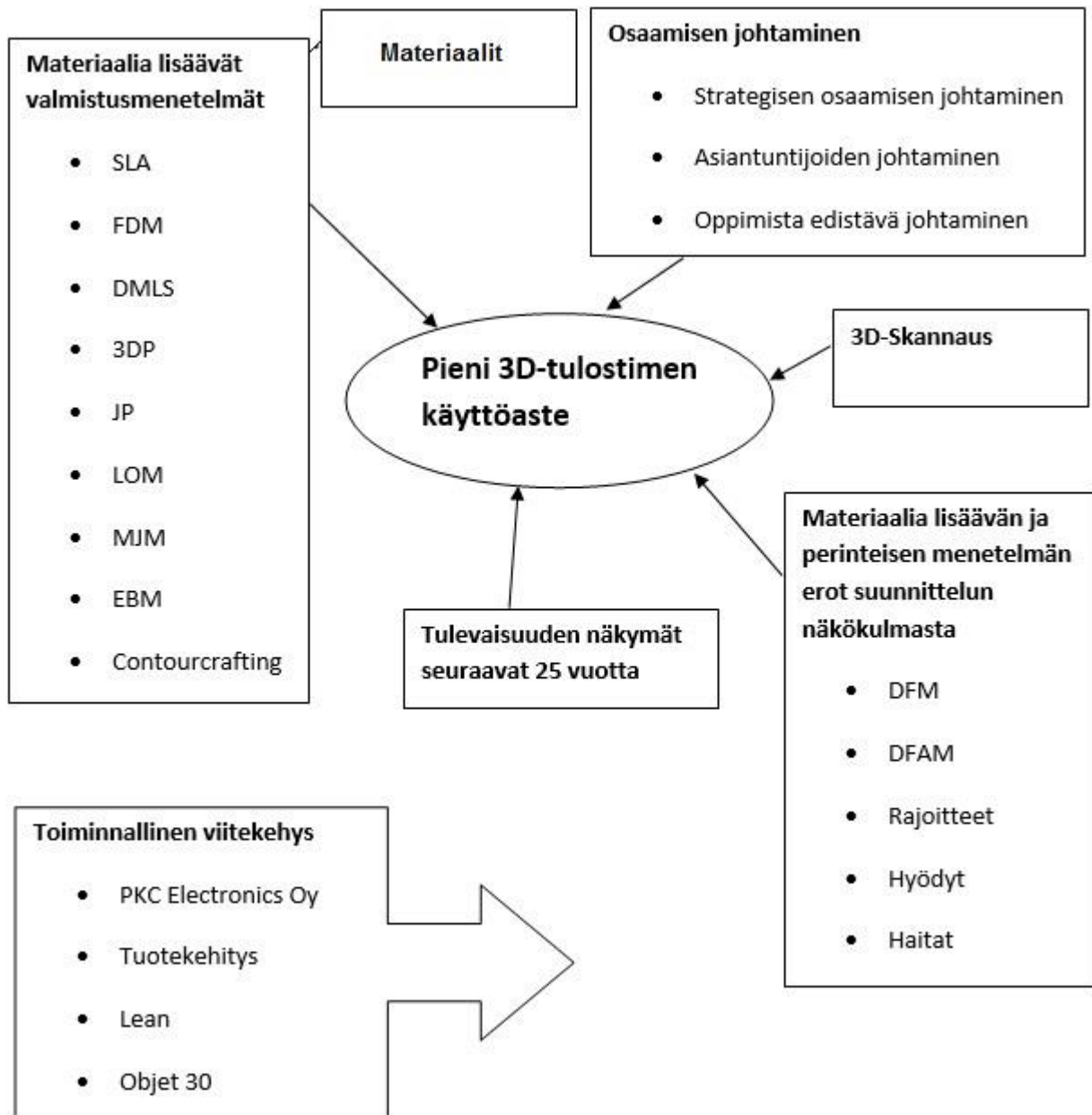
Tutkimuksen tuloksia käydään läpi viidennessä luvussa. Saadaanko tutkimuskysymyksiin vastaukset? Myös tutkimuksen yhteenveto esitetään tässä luvussa. Kuudes luku keskittyy

tutkimuksen johtopäätöksiin. Miten tutkimus ja teoria yhdistyvät? Onko tutkimus luotettava ja yleistettävissä? Mitä jatkotoimenpiteitä tarvitaan? Jäikö muille vielä aiheesta tutkittavaa?

2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Sanalla ”teoria” on tarkoitettu ensin katselemista tai tarkastelemista. Perinteisen määritelmän mukaan teoria koostuu joukosta lakeja. Ne järjestävät kokemusperäiset säännöt, jotka koskevat jotakin tapahtuma aluetta. Teoreettisessa viitekehyksessä esitellään keskeiset käsitteet, sekä luokitellaan ja määritellään ne. Käsitteet ovat työkaluja tutkijalle. Niiden avulla tutkija pystyy tekemään tutkimusta ja esittämään tuloksia. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 140 - 142.)

Teoreettisessa viitekehyksessä (KUVIO 1) on kuvattu, miten teoria liittyy 3D-tulostimen pienen käyttöasteen tutkimukseen. Viitekehys muodostuu kuudesta osiosta: materiaalia lisäävistä valmistusmenetelmistä, materiaaleista, materiaalia lisäävän ja perinteisen menetelmän eroista suunnittelun näkökulmasta, 3D-skannauksesta, tulevaisuuden näkymistä seuraaville kahdellekymmenelleviidelle vuodelle ja osaamisen johtamisesta.



KUVIO 1. Teoreettinen viitekehys.

Ensimmäiseksi käydään läpi, millaisia materiaalia lisääviä menetelmiä on olemassa. Stereolitografia- eli SLA -menetelmässä epoksihiyytelöä kovetetaan altaassa laserilla (Custompart.net 2009). Fused Deposition Modeling- eli FDM -menetelmässä lankaa syötetään kuumennetun suuttimen läpi (Hausman & Horne 2014, 33). Tulostusmateriaali sulaa tulostusalustalle. Selective Laser Sintering eli SLS-menetelmästä puhutaan, kun jauheessa olevat hiukkaset saadaan kiinnittymään laserin avulla toisiinsa. Direct Metal Laser Sintering eli DMLS-menetelmässä laserilla kuumennetaan metallijauhetta. Three Dimensional

Printing eli 3DP-menetelmässä metallia ja keramiikkaa sisältävä jauhe sidotaan nestemäisellä liimalla mustesuihkutulostuspään avulla. (Custompart.net 2009.)

Jetted Polymer eli JP-tekniikassa kappale tehdään nesteestä ultraviolettia eli UV-valolla kovettamalla. 3D-Laminering eli LOM-menetelmässä voidaan esimerkiksi paperiarkista leikata kappaleen ääriviivat laserilla tai leikkuuterällä. Sen jälkeen kappale kovetetaan joko hartsin avulla, tai puristetaan kuumennettua telaa käyttämällä liimapinnat yhteen. Multi Jet Modeling eli MJM-tekniikassa nestemäistä materiaalia ruiskutetaan useasta tulostuspäästä yhtä aikaa. Ruiskutettu aine kovettuu välittömästi osuessaan kiinteään aineeseen. (Custompart.net 2009.) Electron Beam Melting eli EBM-menetelmässä jauhetta sulatetaan elektronisen säteen avulla (Arcam.com). Contourcrafting-menetelmässä syötetään savitiiltä tai betonia kuumennetun suuttimen läpi (Contourcrafting.org 2014). Teoriaosuuteen kuuluu läheisesti myös tulostettavissa olevat materiaalit.

Teoriaosuudessa käydään läpi perinteisen ja materiaalia lisäävän menetelmän eroja suunnittelun näkökulmasta. Siihen kuuluvat käsitteet: Design for Manufacturing eli DFM ja Design for Additive Manufacturing eli DFAM. Puhuttaessa DFM:stä, tarkoitetaan tuotteen valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden suunnittelua. (Wikipedia.org.) Molempien tekniikoiden hyödyistä, haitoista ja rajoitteista on kerrottu lyhyesti. Muutama sana on kirjoitettu myös 3D-tulostuksen tulevaisuuden näkymistä. 3D-skannaukselle on omistettu oma luvunsa. Sen jälkeen käsitellään osaamisen johtamiseen liittyviä käsitteitä. Osaamisen johtamiseen kuuluu strategisen osaamisen, asiantuntijoiden ja oppimista edistävän johtamisen käsitteet. Teoreettisen viitekehyksen kuvioon on piirretty myös toiminnallinen viitekehys, joka kuvataan tarkemmin luvussa kolme.

2.1 Materiaalia lisäävät valmistusmenetelmät ja -materiaalit

Materiaalia lisäävää valmistusta voidaan kutsua myös nimikkeillä additiivinen valmistus, kerroksittainen valmistus, suora digitaalinen valmistus tai kiinteä vapaamuotoinen valmistus. Additiivisella valmistuksella (Additive Manufacturing, AM) tarkoitetaan menetelmää, jossa kappale rakennetaan lisäämällä materiaalikerroksia päällekkäin. (Katajamäki 2014, 3.) Materiaalia lisäävään valmistukseen kuuluu kaksi käsitettä, pikamallintaminen ja pika-valmistus. Pikamallintamisen voidaan määritellä olevan virtuaalisen 3D-mallin tekemistä

fyysiseksi kappaleeksi käyttäen materiaalia lisäävää valmistuskonetta. Tällöin tarkoitetaan pikamallien valmistamista. Pikavalmistuksella tarkoitetaan myös virtuaalisen 3D-mallin valmistamista fyysiseksi kappaleeksi, mutta prototyyppien sijaan tehdään valmiita kappaleita oikeisiin sovelluskohteisiin. Aikaisemmin puhuttiin pikavalmistuksesta tai 3D-tulostuksesta, mutta nykyään FIRPA suosittelee käytettäväksi menetelmästä nimitystä materiaalia lisäävä valmistus. (Mansikka-aho 2014, 3 – 4.)

Lisäävän valmistuksen menetelmiä ja luokitteluita on useita erilaisia. Tekniikat voidaan luokitella sen mukaan, miten kerrokset on valmistettu, mitä materiaaleja voidaan käyttää, tai miten kerrokset on saatu liitettyä toisiinsa. (Mansikka-aho 2014, 11.) Valmistusmateriaaleina voidaan käyttää nestettä, jauhetta, tahnaa tai levyä (Löfgren 2015, 3).

Jauheita voidaan käyttää kolmella eri tavalla. Yksi keino on suihkuttaa jauheeseen sideainetta, esimerkiksi liimaa. Sintrauksessa jauherakeet yhdistetään toisiinsa kuumentamalla jauhetta alle sulamispisteensä, jolloin rakeet sulavat osittain, tai kokonaan, riippuen materiaalin ominaisuuksista. Kolmas tapa on yhdistää jauherakeet kuumentamalla niitä yli sulamispisteen, jolloin saadaan koko tulostusalue täyteen sulaa materiaalia. (Hausman & Horne 2014, 29.)

AM teknologiat voidaan jaotella menetelmän mukaan seitsemään alaluokkaan. Allasvalopolymerisaatiomenetelmässä UV-valolla pyyhkäistään nesteen, tai hyytelön, haluttua kohtaa polymeerialtaan rakennuspinnalla. Pyyhkäisykohta kovettuu ja muodostaa kappaleen. Jauhepetiteknikassa lämpöä kohdistetaan sulatettaviin kohtiin. Jauhetta lisätään kerroksittain. Välillä pintaa tasoitetaan. Tukirakenteita ei tarvita, koska sulattamaton jauhe tukee kappaletta valmistuksen ajan. Kolmas menetelmä on materiaalin pursotus, jossa sulatettua materiaalia pursotetaan kerroksittain suuttimen läpi rakennuspinnalle. Materiaalina voidaan käyttää kestopuovinauhaa. Myös kasetilta tai putkistoa pitkin annosteltava massa käy. Tukirakenteita on pakko käyttää, jotta kappale onnistuu. Pursotus on myös muovaava valmistusmenetelmä, jolla voidaan tehdä esimerkiksi putkia. (Firpa.fi 2016.)

Materiaalipisaroita ruiskutetaan rakennuspinnalle materiaalin ruiskutusmenetelmässä, joka on neljäs teknologia. Ruiskutus tehdään ennalta määritelyihin kohtiin. Pisaroiden ruiskuttamisessa käytetään yhtä tai useampaa tulostuspäätä, jotka liikkuvat rakennusalustan yläpuolella. Materiaalina käytetään yleisimmin kasetilta syötettävää valokovettuvaa polyme-

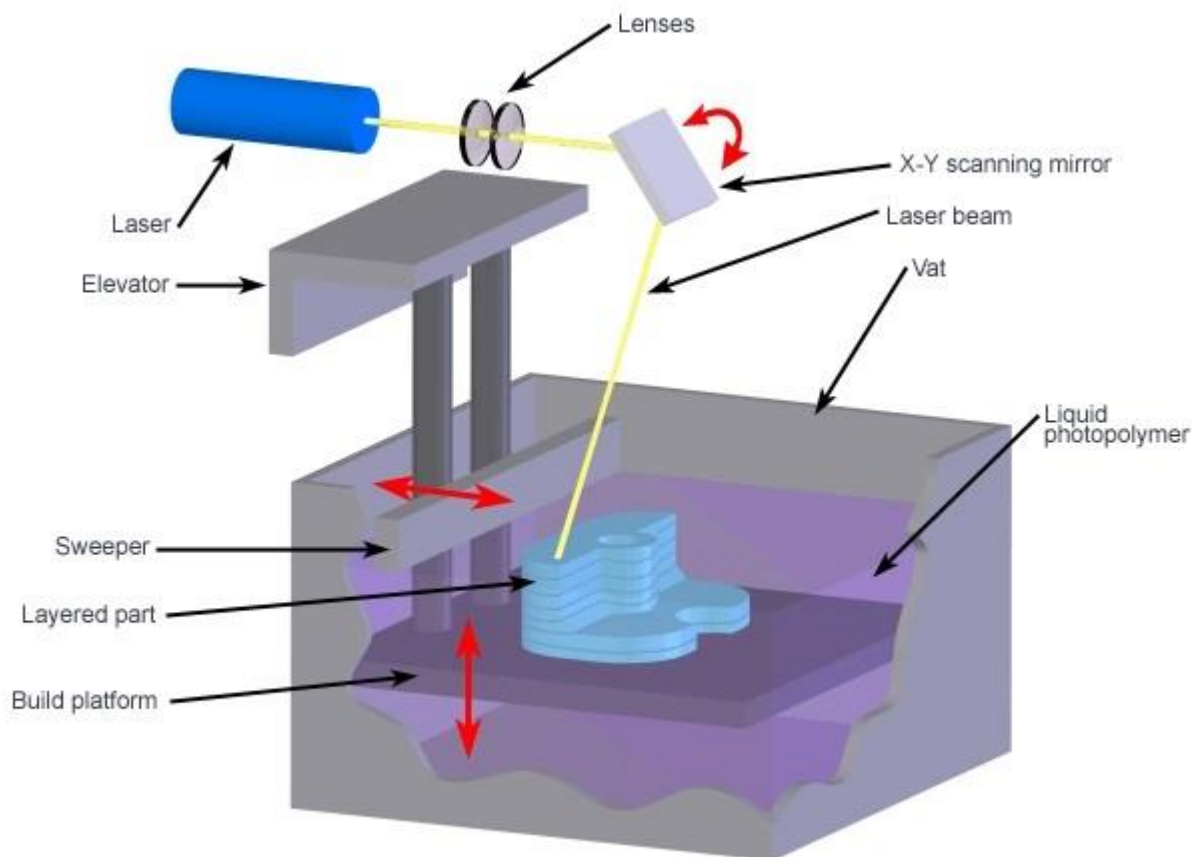
riä tai vahaa. Perusmateriaaliin voidaan myös ruiskuttaa tukiainetta. Tätä menetelmää kutsutaan sideaineen ruiskutukseksi. Uusi kappale saadaan rakennettua ainesosien reagoiessa keskenään. Sideaine jää aina kiinni kappaleeseen. Vaikka sideaine reagoi huoneenlämmössä, pitää jauheen antaa jähmettyä muutamia tunteja ennen kappaleiden irrottamista. (Firpa.fi 2016.)

Laminoinnissa liitetään materiaalia ohuina levymäisinä kerroksina päällekkäin. Levyt on pinnoitettu sidonta-aineella. Kerrokset saadaan kiinnitettyä toisiinsa käyttämällä kuumentettua rullaa. Valmistusaine syötetään, joko valmiina arkkeina, tai suoraan rullalta. Kappaleelle saadaan tehtyä lopullinen muoto leikkaamalla kuvio levykerrokseen. (Firpa.fi 2016.) Materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi metallifoliota, muovilevyä tai paperia. Lopputuotteesta tulee liiman ansiosta vahvempaa, kuin valmistusmateriaali. (Hausman & Horne 2014, 32.)

Materiaalin ja lämmönkohdistusmenetelmässä lämpö suunnataan yhteen kohdistuspisteeseen, kun uutta materiaalikerrosta lisätään. Lasersäde toimii usein lämmönlähteenä. Materiaalina käytetään yleensä metallijauheita. Lämmönlähde ja materiaalisuutin voivat olla joko erillisiä, tai integroituja. Useimmissa laitteissa on 4- tai 5 – akselinen ohjaus. Sen lisäksi voidaan järjestelmään lisätä robottikäsi, joka siirtää tulostuspäätä. Tämän vuoksi menetelmä ei rajoitu kerroksittaiseen rakentamiseen. (Firpa.fi 2016.)

2.1.1 SLA (Stereolitografia)

Ensimmäiset 3D-tulostetut prototyyppiosat on tulostettu 3D-Systemillä SLA-teknologialla vuonna 1988. Stereolitografia eli SLA on laajimmin käytetty teknologia. (Custompart.net 2009.) SLA - tekniikka on ensimmäinen valokovettamiseen perustuva lisäävän valmistuksen teknologia (Firpa.fi 2016). Sen avulla voidaan valmistaa loistavaa tarkkuutta omaavia ja yksityiskohtaisia osia. Tällä hetkellä materiaalit ovat rajoittuneet polymeereihin. (Hausman & Horne 2014, 26.) SLA:ssa nestemäinen muovihartsin kovetetaan altistamalla se laser valolle. Laser pyyhkii tuoreen pinnan ylitse ja kovettaa, sekä liittää hartsin kiinni edelliseen tasoon. (France 2014, 98.) Altaassa olevaa valokovetteista epoksihiyytelöä kovetetaan kerroksittain laserin avulla tarvittavista kohdista (KUVA 1).



Courtesy CustomPartNet Inc.

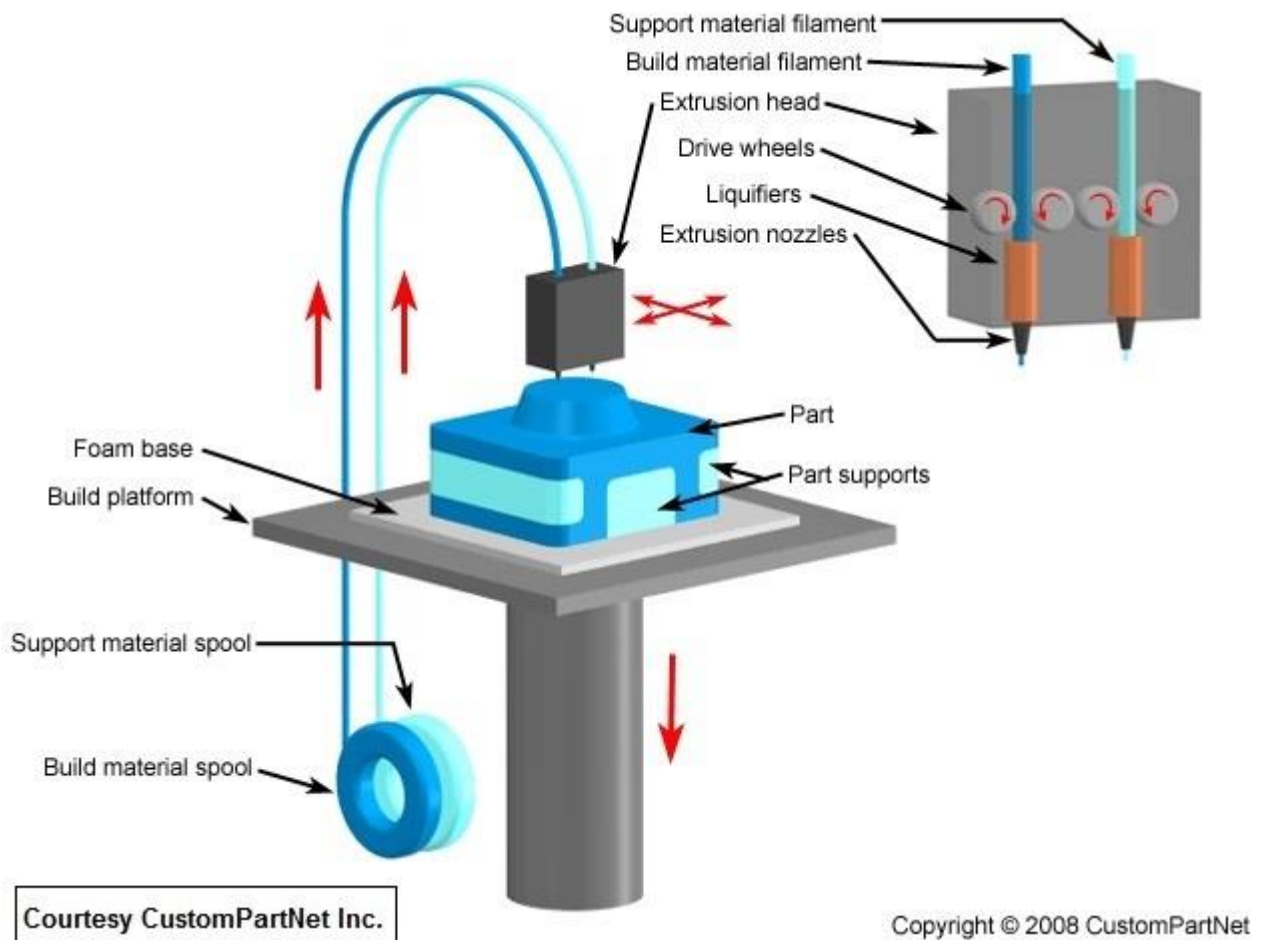
Copyright © 2008 CustomPartNet

KUVA 1. SLA toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Ensimmäisen kerroksen valmistuttua kappaletta lasketaan alaspäin kerrospaksuuden verran, jotta saadaan epoksihiyytelön pinta peittämään kappale. Seuraava kerros voidaan valmistaa tämän jälkeen. Tuloste on valmis, kun viimeinenkin kerros on kuivunut. Jotta valmis tuloste ei hajoaisi prosessissa, on käytettävä tukimateriaalia. Se joudutaan poistamaan manuaalisesti. SLA on melko kallis valmistustapa, mutta nopea. (Custompart.net 2009.) SLA tuottaa poikkeuksellisen tasalaatuisia tulosteita (France 2014, 98). Kotikäyttäjille SLA – teknologia on hieman ongelmallinen. Ensinnäkin hartsin kanssa työskenteleminen on terveydelle haitallista. Toiseksi käyttämättömän tulostusmateriaalin hävittäminen voi olla haasteellista. (Bothmann 2014, 10.)

2.1.2 FDM (Fused Deposition Modeling)

Sulatuskerrostekniikka eli FDM on materiaalia lisäävistä valmistusmenetelmistä edullisin (Hausman & Horne 2014, 33). Hintansa ja helppokäyttöisyytensä vuoksi se on yleisin kotikäyttäjien suosima tekniikka (Bothmann 2014, 11 - 12). Se on ensimmäinen AM tekniologia, joka perustuu materiaalin pursotukseen (Firpa.fi 2016). Tekniikan on kehittänyt Stratasys Eden Prairie, Minnesota 1980 – luvun lopulla. Tulostusmateriaalia syötetään ohuena lankana kuumennetun suuttimen läpi (KUVA 2).



KUVA 2. FDM toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Suutin lämmittää tulostusmateriaalin sulamispisteen yläpuolelle, jolloin materiaali sulaa lämmitetylle tulostuspinnalle. Toimintaperiaate suuttimella on pitkälti samanlainen, kuin kuumaliimapistoolilla. (Hausman & Horne 2014, 33.)

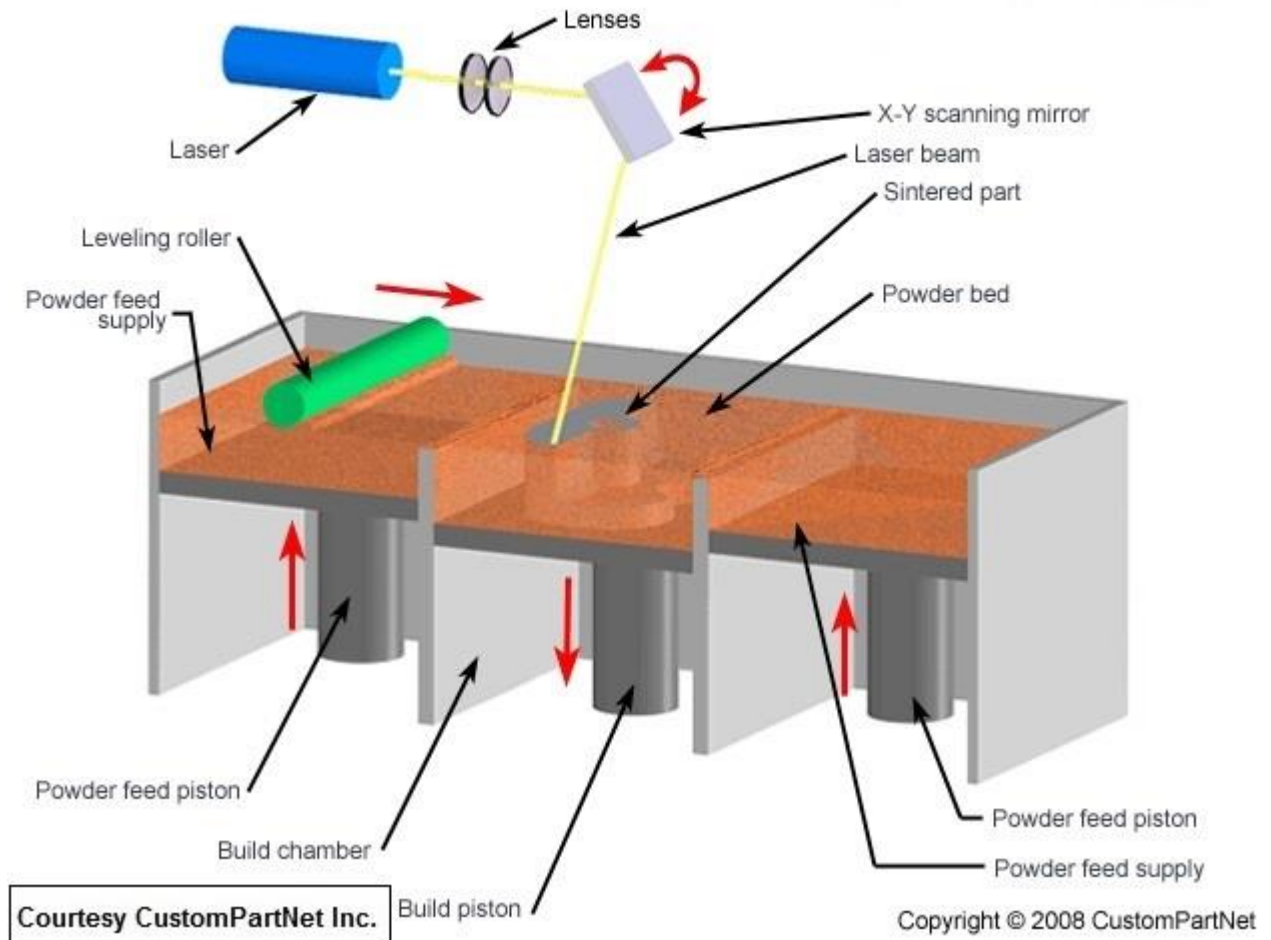
Vaakatasossa liikkuva suutin muodostaa kerroksen, joka välittömästi kovettuu ja sitoutuu edellisen kerroksen päälle. Kerroksen paksuus, sekä tulostuksen tarkkuus, määräytyvät suuttimen halkaisijan mukaan. Halkaisijat vaihtelevat 0,1 millimetristä useisiin millimetrei-

hin. Suuttimet ovat helposti vaihdettavia, joten paksuutta ja tarkkuutta on helppoa säädellä. Alusta liikkuu vähän alaspäin, kun kerros on valmistunut. Sen jälkeen suutin syöttää uuden kerroksen. Tulostimessa voi olla myös tukimateriaalisuutin, jolla voidaan syöttää tulosteen valmistuksen ajaksi tukiosia. Ne täytyy voida poistaa valmiista kappaleesta tulostuksen jälkeen. Sen vuoksi tukimateriaali on heikkoa. (Hausman & Horne 2014, 34.)

Kestomuovi, jota käytetään tämän tyyppisissä 3D tulostimissa, myydään tavallisesti puolana, jonka ympärille ohut lanka on kieputettuna. Langan leveydet vaihtelevat välillä 1.75 mm – 3.00 mm. Muovilanka on voitu tehdä ABS:stä (acrylonitrile butadiene styrene polymer), PLA:sta (polylactic acid bioplastic) tai PVA:sta (water – soluble polyvinyl alcohol). Muita FDM – tekniikassa käytettäviä materiaaleja ovat ABS, polyamidi, polykarbonaatti, polyeteeni, polypropeeni ja valuvaha. Tukiaineina voidaan käyttää nylonia ja muita komposiittimateriaaleja. On tehty myös kokeita, miten puu-muovi-komposiittilankaa voidaan käyttää. Siitä tehdyt tulosteet voidaan hioa ja maalata, kuten puu. (Hausman & Horne 2014, 34.) FDM – tekniikan edullisuuden lisäksi sen etuna on, että myrkyllistä jätemateriaalia ei synny. Mikäli materiaalina käytetään PLA:ta, myöskään epämiellyttävää hajua ei synny. (Bothmann 2014, 12.)

2.1.3 SLS (Selective Laser Sintering)

FDM – tekniikkaa tarkempaa jälkeä saadaan Laser – sintrauksessa (Custompart.net 2009). Teknologia perustuu jauheen sulatukseen (Firpa.fi 2016). Siinä vedetään ensin telalla tulostustasolle ohut kerros jauhetta. Se voi olla muovia, metallia tai jopa keraamista. Sen jälkeen kuumennetaan tulostuskohtia laserilla (KUVA 3), kunnes jauhe sulaa ja hiukkaset kiinnittyvät toisiinsa. (Bothmann 2014, 11.)



KUVA 3. SLS toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Käytetyn aineen sulamispistettä ei kuitenkaan ole tarkoitus ylittää. Jos näin kävisi, sula aine alkaisi valua. (Custompart.net 2009.) Ensimmäisen tulostuskerroksen jälkeen tulostustasoa lasketaan yhdellä kerrospaksuudella alaspäin. Jauhetta vedetään tämän jälkeen uusi kerros pinnalle ja kuumennetaan jälleen laserilla tulostuskohtia. Prosessia jatketaan, kunnes tuloste on saatu valmiiksi. (Bothmann 2014, 11.)

SLS valmistus toimii hyvin malleille, joissa on ohuita osioita, ulokkeita tai monimutkaisia geometrioita. SLS on yksi kaikkein taloudellisimmista 3D – painomenetelmistä. Se on anteeksiantava suunnitteluohjeiden kannalta. Useimmat myyjät veloittavat sen mukaan, paljonko jauhetta on kulutettu. Rahaa voi usein säästää solid mallien kovertamisesta ja tulostaa vain kuoret. Useimmat myyjät myös veloittavat jauhekulutuksen mukaan, vaikka usein jauhe saadaan otettua talteen, jos kappaleessa on ainakin yksi pieni reikä. (France 2014, 98.) SLS – tulostimet ovat hieman kalliimpia, kuin FDM – laitteet. Niitä hankitaan ennemminkin teollisuuteen, kuin kotikäyttöön. (Custompart.net 2009.)

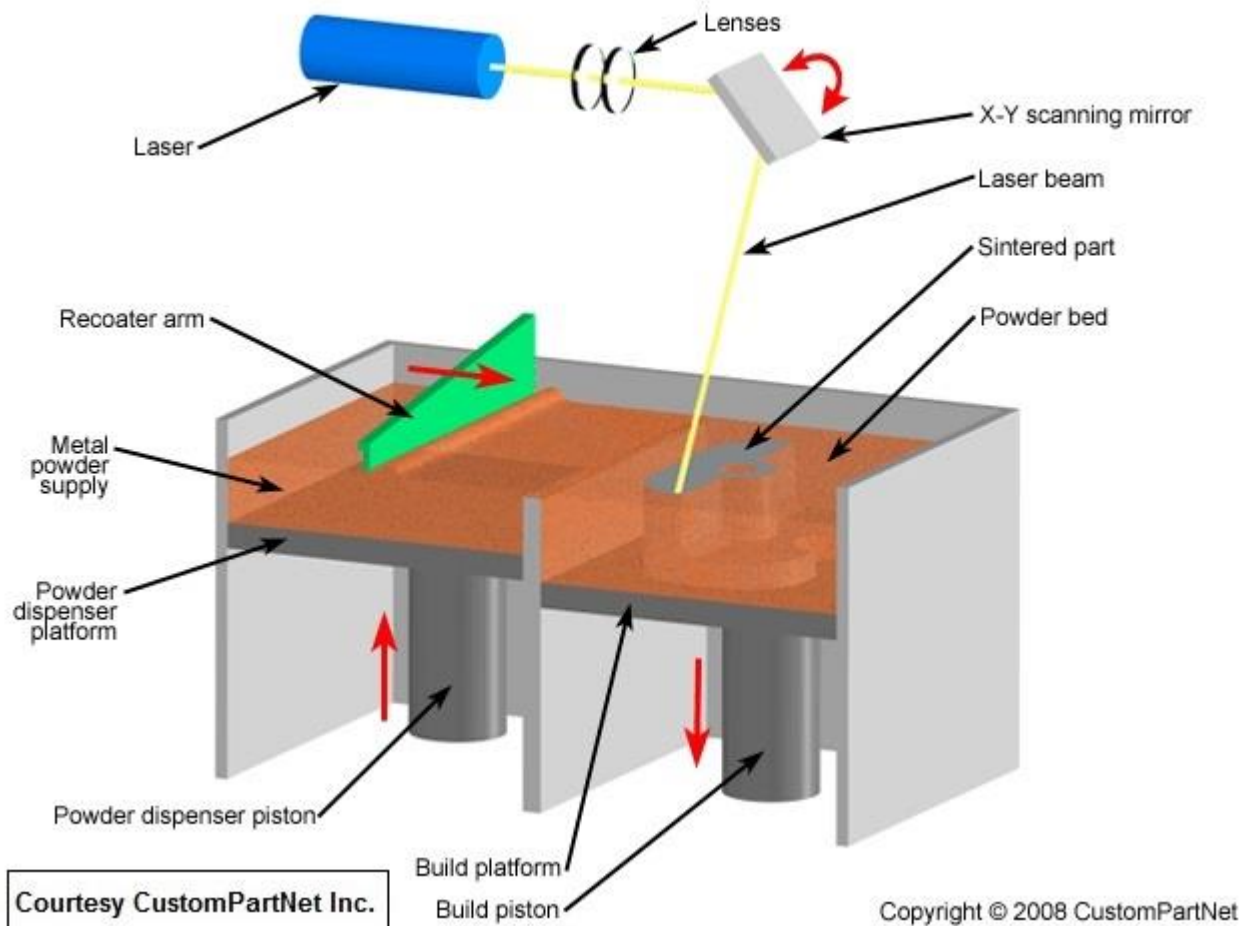
Valikoiva Laser Sintraus eli (SLS) on kehitetty Carl Deckardin ja hänen työtovereidensa toimesta Texas Austinin yliopistossa. Teknologia on patentoitu vuonna 1989. Sitä on myynyt alun perin DTM Corporation. Omistaja on vaihtunut vuonna 2001, kun 3D Systems on ostanut DTM:n. (Custompart.net 2009.)

Erityisiä tukirakenteita ei tarvita SLS:ssä, toisin kuin stereolitografiassa, koska ylimääräinen jauhe jokaisessa kerroksessa toimii tukena osaa rakennettaessa. Käytettäessä metallikomposiittimateriaalia, jähmetetään SLS-prosessissa polymeeriä, joka toimii teräsjauheen sideaineena. Kappale laitetaan tämän jälkeen yli 900 °C olevaan uuniin. Siellä sidosaineenä ollut polymeeri poltetaan pois. Uunissa kappaleeseen myös lisätään pronssia (soluttautuminen) parantamaan sen tiheyttä. Uunivaiheen jälkeen kappaletta voidaan viimeistellä ja koneistaa. Näihin prosesseihin kannattaa varata aikaa noin yksi päivä. Tulostustarkkuus ja resoluution parantuminen ovat vähentäneet viimeistelytarvetta. (Custompart.net 2009.)

SLS mahdollistaa monenlaisten materiaalien käytön. Näistä ovat esimerkkinä nylon (nailon), lasinylon (Lasinailon), polystyreenit, SOMOS:in (kumimainen), polymeerit ja metallikomposiitti. (Custompart.net 2009.)

2.1.4 DMLS (Direct Metal Sintering)

Suora Metal Laser Sintraus (DMLS) on Rapid Product Innovations (IPC) ja EOS GmbH-yhtiöiden yhdessä kehittämä vuonna 1994 (Custompart.net 2009). Teknologia perustuu jauheen sulatukseen (Firpa.fi 2016). Metallijauhe toimii tulostusmateriaalina DMLS:ssä. Toimintaperiaatteiltaan se on samanlainen, kuin SLS. (KUVA 4.)



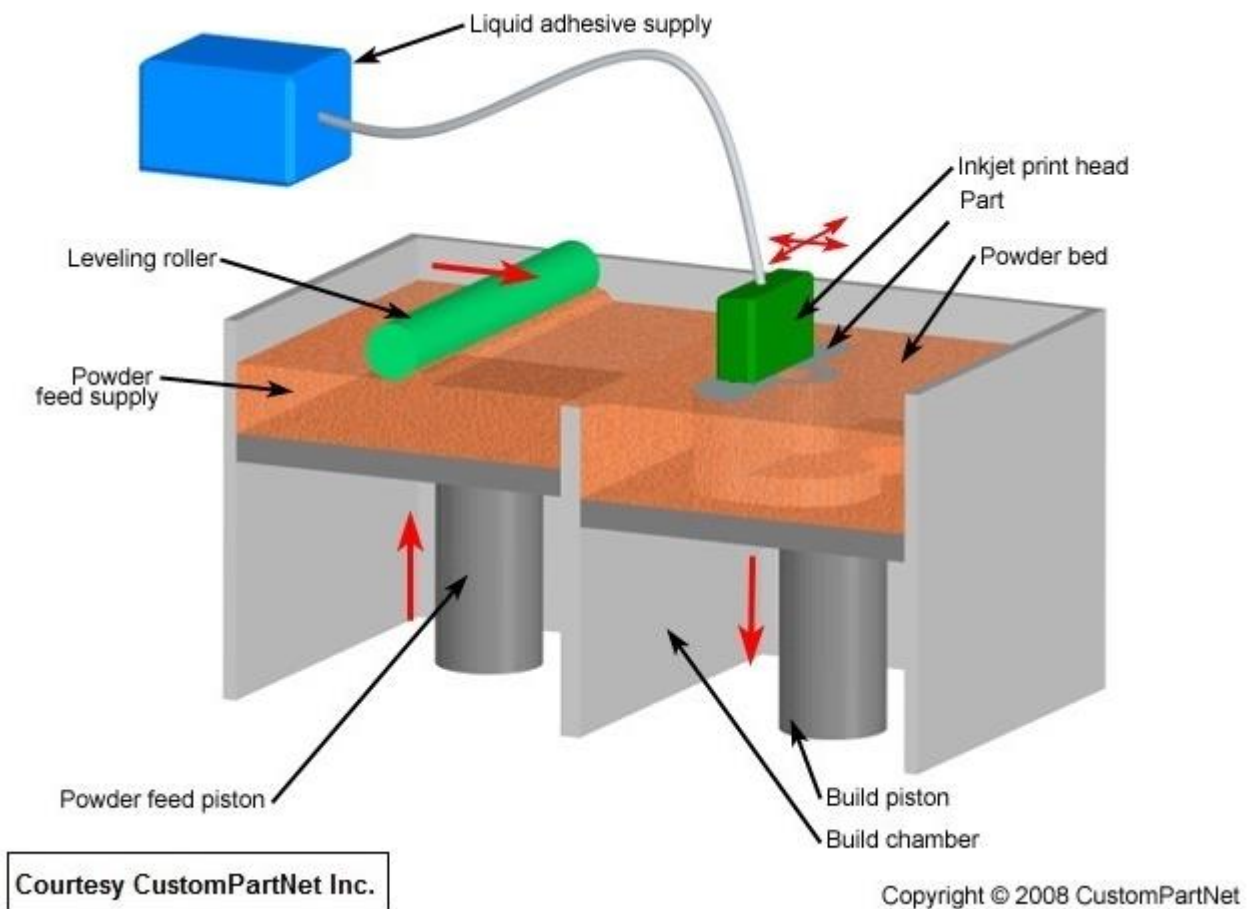
KUVA 4. DMLS toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Tämä tekniikka vaatii tehokkaamman laserin. Se tarkoittaa, että myös kuumennuslämpötila on korkeampi. Lämmönkesto on otettava huomioon muissakin tulostimen osissa. Näistä syistä DMLS – tulostimet ovat huomattavasti kalliimpia. Metallitulostuksesta käytetään myös nimitystä LMS eli Laser Metal Sintering. (Custompart.net 2009.) Korkeat kustannukset ja tiukemmat suunnitteluohjeet tekevät prosessista aloittelijoille vähemmän saatavilla olevan (France 2014, 99).

Materiaalivaihtoehtoja, joita tällä hetkellä tarjotaan, ovat muun muassa seosteräs, ruostumaton teräs, työkaluteräs, alumiini, pronssi, koboltti-kromi ja titaani. DMLS-tekniikkaa käytetään usein tuottamaan nopealla aikataululla työkaluja, lääketieteellisiä implantteja ja ilmailuosia kuumuudelle alttiisiin sovelluksiin. (Custompart.net 2009.)

2.1.5 3DP (Three Dimensional Printing)

Ensimmäinen sideaineen ruiskutukseen perustuva teknologia, kolme ulotteinen tulostus, on alun perin MIT:n kehittänyt (Firpa.fi 2016). 3DP on kehitetty Massachusettsin teknologia instituutissa. Prosessi on samankaltainen, kuin SLS (Selective Laser Sintering), mutta laserin sijasta käytetään mustesuihkutulostuspäätä ja nestemäistä liimaa, joka sitoo materiaalin (KUVA 5).



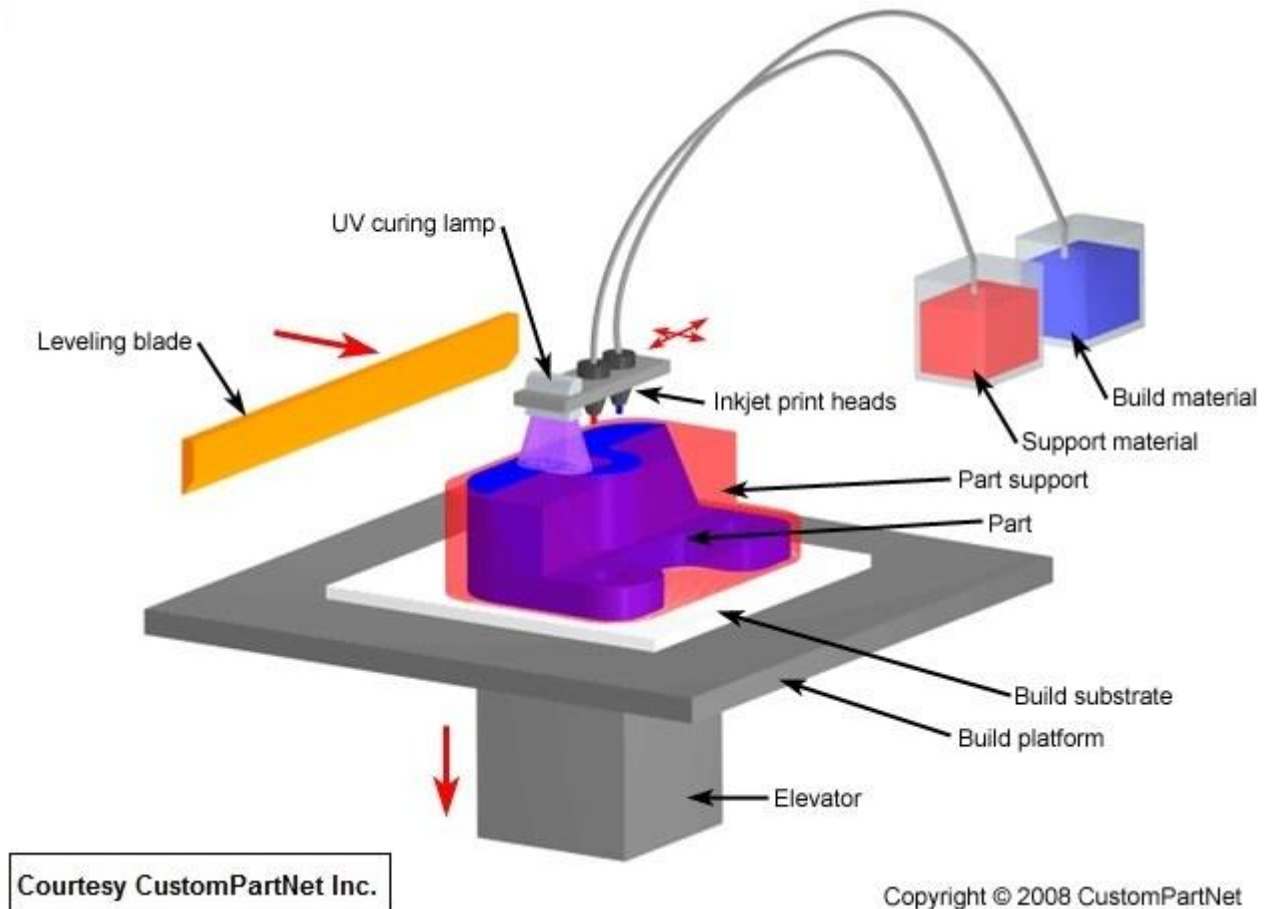
KUVA 5. 3DP toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Metallia ja keramiikkaa sisältävät jauhemateriaalivaihtoehdot ovat melko rajalliset, mutta edullisia verrattuna muihin prosesseihin, joissa käytetään lisäaineita. 3D-tulostuksen etuna on se, että saadaan valmistettua 2-4 kerrosta minuutissa. Kuitenkaan pinnan tarkkuus tai osan kestävyys eivät ole aivan yhtä hyviä, kuin muissa prosesseissa. Sen vuoksi menetelmällä tehdään yleensä pikamalleja ja prototyypppejä. (Custompart.net 2009.)

3D-tulostusta käytetään tyypillisesti valmistamaan nopea prototyyppi. 3D-tulostusprosessi alkaa, kun jauhemaaliletkut nostetaan männällä ylös. Sen jälkeen tasoitusrulla jakaa ohuen kerroksen jauhetta alustalle tulostuskammioon. Monikanavainen mustesuihkutulostimen pää jakaa nestemäistä liimaa tulostusalueella olevalle jauhesängylle. Nämä jauhealueet, jotka on sidottu yhteen liimalla, muodostavat yhden kerroksen osan. Loput ylimääräisestä jauheesta on tukemassa osaa sen rakentamisen aikana. Sen jälkeen, kun kerros on rakennettu, tulostusalusta lasketaan alas ja lisätään uusi kerros jauhetta. Tätä prosessia toistetaan, kunnes kappale on valmis. Kun osa on valmis, ylimääräiset löysät jauheet voidaan harjata pois. Tulosteisiin tyypillisesti laitetaan tiivisteainetta parantamaan lujuutta ja parantamaan pinnan tarkkuutta. (Custompart.net 2009.)

2.1.6 JP (Jetted Photopolymer)

Israelilainen Objet on kaupallistanut Polyjet-tekniikan vuonna 2000 (Custompart.net 2009). Nykyään Objet on Stratasyksen omistuksessa. JP - tulostusprosessi muistuttaa mustesuihkutulostusta. Siinä tulostuspää suihkuttaa tulostuspinnalle nestemäistä muovia, fotopolymeeriä jota käytetään tulostusmateriaalina. Samaan aikaan toisella suuttimella suihkutetaan tarvittaviin kohtiin tukiainetta. Tämän jälkeen aine saadaan kovetettua liikkuvan UV-lampun avulla (KUVA 6).

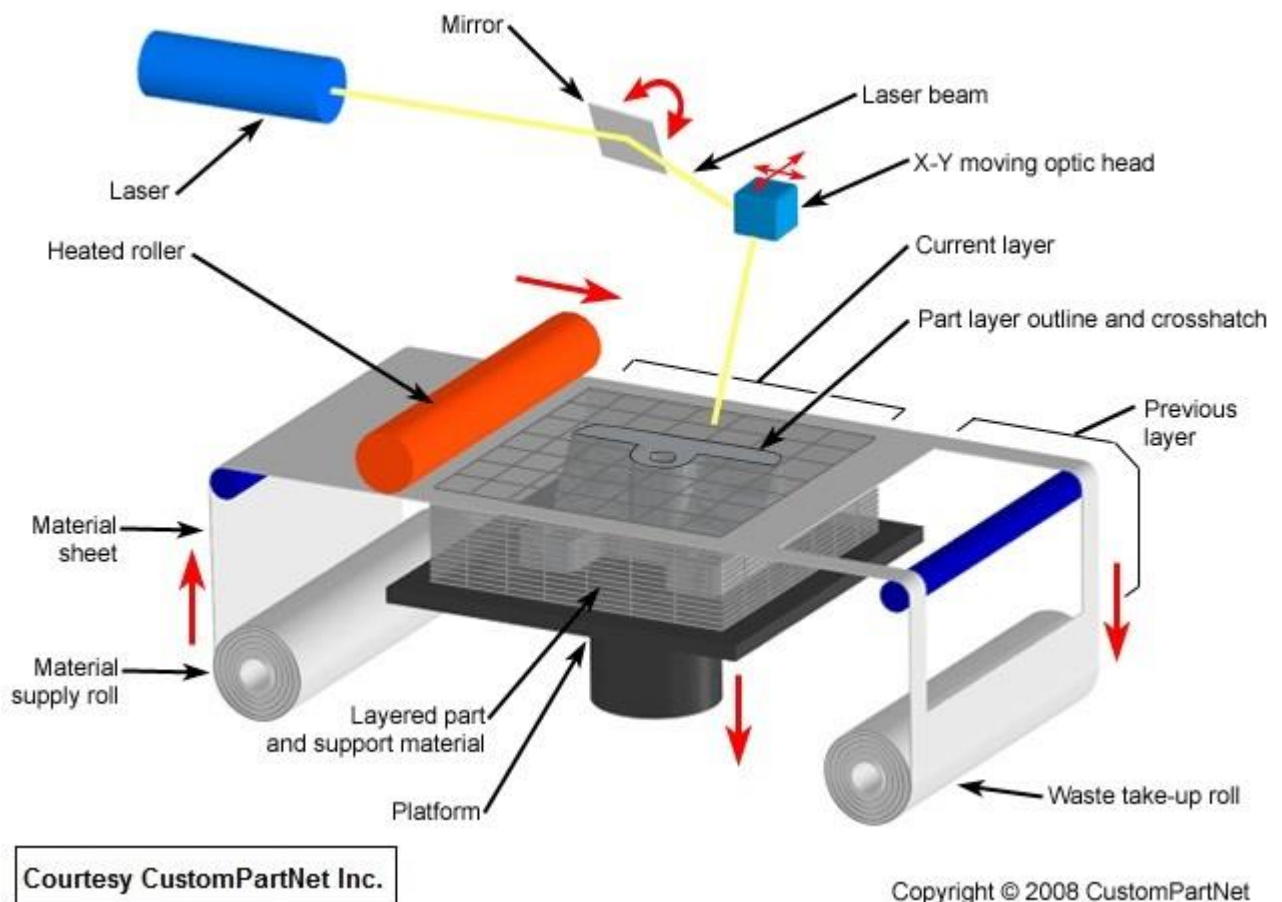


KUVA 6. JP toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Kerrokset tulostetaan toistensa päälle kerros kerrokselta. Prosessia toistetaan niin kauan, että tuloste on valmis. Tulostettu osa on heti tulostuksen jälkeen täysin kovettunut. Jälkikovuudesta ei siis tarvita. Tulostuksen jälkeen tukimateriaali jää geelimäiseksi. (Aipworks.fi.) Tukimateriaali voidaan poistaa manuaalisesti tai pesemällä sitten, kun tulostus on suoritettu loppuun (France 2014, 98). Tämä prosessi eroaa FDM – tekniikasta vain siten, että rakennusmateriaalina toimii neste. JP – tekniikka on yksi nopeimpia ja tarkimpia, mutta kappaleet ovat aika hauraita, eivätkä kestä mekaanista rasitusta. Etuja tässä prosessissa ovat erittäin hyvä tarkkuus ja pintakäsittelyt. Kuitenkin yksityiskohdat ja materiaalin ominaisuudet eivät ole aivan niin hyviä kuin Stereolithographiassa. (Custompart.net 2009.)

2.1.7 LOM (3D-Laminering)

Ensimmäinen kaupallinen Laminated Object Manufacturing (LOM)- järjestelmä on toimitettu vuonna 1991. LOM:in on kehittänyt Helisys Torrance, CA. (Custompart.net 2009.) LOM on ensimmäinen tekniikka, joka perustuu laminoimiseen (Firpa.fi 2016). Arkista leikataan valmistettavan kappaleen ääriviivat irti laserin- tai leikkuuterän avulla. Tämän jälkeen leikataan päälle uusi kerros. Ääriviivojen leikkaus toistetaan. Tätä jatketaan, kunnes tulostuskappale on valmis (KUVA 7).

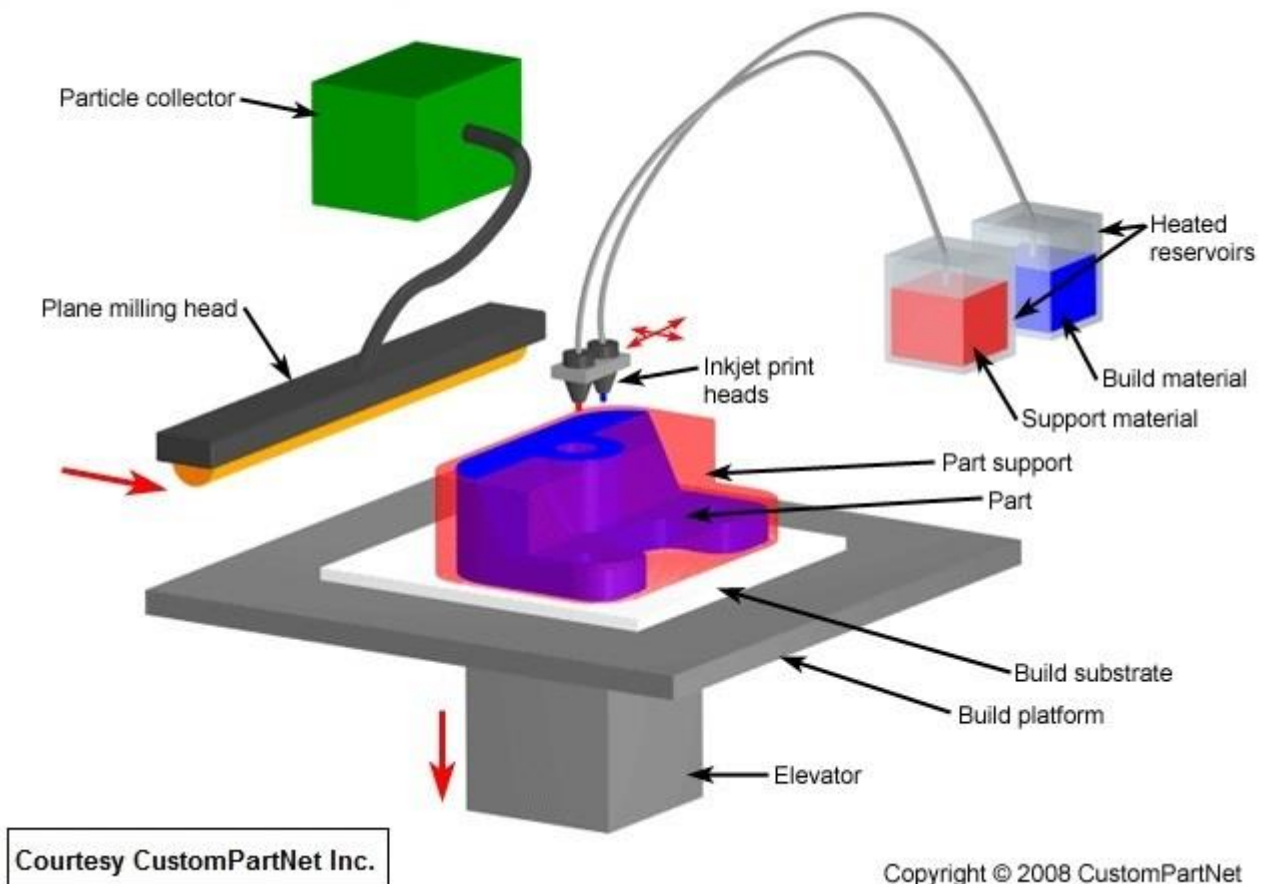


KUVA 7. LOM toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Mikäli materiaalina käytetään paperia, voidaan kappale kovettaa hartsin avulla. Yleensä paperi- tai muoviarkki tulee rullasta. Arkin toinen pinta on liimaa. Valmistusmateriaali saadaan puristettua kuumennetun telan avulla kappaleen pinnalle tiiviisti. Tulostusjälki ei tällä tekniikalla ole kovin tarkkaa. Sen vuoksi tekniikka soveltuu parhaiten isommille kappaleille. (Custompart.net 2009.) Tulostimet ovat vielä melko kalliita, eivätkä sen vuoksi hyviä kotikäyttäjille (Bothmann 2014, 13.)

2.1.8 MJM (Multi Jet Modeling)

Useammilla suuttimilla varustettua leveää tulostinpäätä käyttävää tekniikkaa kutsutaan MJM -valmistustavaksi. Se on nopea tekniikka, jossa saavutetaan erittäin hyvää ja laadukasta pinnantarkkuutta. Samaan aikaan voidaan valmistaa useampia kappaleita johtuen leveästä tulostuspäästä. Kappaleen tulostaminen tapahtuu ruiskuttamalla suuttimilla nestemäistä tulostusmateriaalia tulostimen tulostusalustalle (KUVA 8).



KUVA 8. MJM toimintaperiaate (Custompart.net 2009).

Ruiskutettu neste jäähtyy ja kovettuu alustalle välittömästi kiinteään aineeseen osuessaan. Esimerkiksi koruteollisuus käyttää tätä valmistustekniikkaa tehdessään ruiskuvalumuotteja. (Custompart.net 2009.)

2.1.9 EBM (Electron Beam Melting)

Tekniikka on hyvin samanlainen, kuin DMLS, mutta lasersäteen sijasta jauheen sulatuksen tekee elektronisuihku (Additively.com). Toinen eroavaisuus löytyy prosessilämpötilasta. Tulosteen valmistaminen tehdään noin 700 °C – 1000 °C asteessa olevassa tyhjiössä. Valmistus tapahtuu huomattavasti muita tekniikoita nopeammin, koska EBM -säteitä on useampia. Tällä prosessilla saadaan erittäin vahvoja tulosteita, jotka ovat täysin tiiviitä ja aukottomia. (3D-tulostus.wikispaces.com 2016.) EBM-tekniikassa tarvitaan vähemmän tukirakenteita, koska se tuottaa vähemmän lämpökuormaa. Materiaalin saatavuus kuitenkin on rajallista. Kaikkia metalleja ei myöskään voida käyttää. (Additively.com.)

2.1.10 Contourcrafting

Contourcrafting-menetelmä on tohtori Behrokh Khoshnevisin ja Etelä-Californian yliopiston kehittämä. Tämä rakentamistekniikka pyrkii vähentämään energiankulutusta ja päästöjä. Tekniikassa syötetään savitiiltä tai betonia suhteellisen suuren, kuumennetun suuttimen läpi. Sillä pystytään tulostamaan yhdellä ajolla rakennus, johon on upotettu sähköt, putket ja ilmastointi. Se on ainoa menetelmä, jolla voidaan valmistaa todella suuria esineitä hyvä pinnan laatu säilyttäen. Rakentaminen tällä tekniikalla tulee olemaan nopeampaa. Materiaalivalikoimat ovat myös laajemmat. Tekniikalla voidaan rakentaa vaikkapa kuuhun rakennuksia ennen ihmisen saapumista sinne. (Contourcrafting.org 2014.) Suomalainen kasvu yritys, Fimatec Oy, kehittää 3D-tulostinta, jolla voidaan tulostaa betonista seinäelementtejä. Tulostimen ensimmäinen prototyyppi on jo valmistunut. Päämääränä on nopeuttaa rakentamista. (Tekniikkatalous.fi 2015.)

2.1.11 Materiaalit

ABS eli akrylinitriilibutadieenistyreeni on edullisin muovimateriaali. Se on melko monipuolinen. (France 2014, 11.) Sen ominaisuudet ovat hyvin tunnettuja. Tämän vuoksi laatua voidaan helpommin ohjata valmistuksen aikana. ABS sulaa korkeammassa lämpötilassa, kuin PLA. Se saadaan pursotettua helpommin, koska kitkaa muodostuu vähemmän kuin PLA:ssa. Kappale voidaan tulostaa Kapton teipin tai ohuen ABS-kerroksen päälle. Tulos-

tettaessa ABS:stä muodostuu mietoja höyryjä, joille kemikaaliherkät ihmiset voivat olla allergisia. (Hausman & Horne 2014, 66.) Materiaalille suositeltu tulostuslämpötila on väliltä 240 °C – 270 °C astetta. Tulosteen muoto, käytetyn filamentin väri, tulosteen kerrospaksuus ja tulostusnopeus vaikuttavat siihen, mikä tulostuslämpötila tulee valita. Tulostusalan lämpötila suositellaan säädettäväksi välille 90 °C – 120 °C astetta. (Edumo.fi 2016.) ABS – muovi kutistuu jäähtyessään. Sen vuoksi lämmitetty rakennusala tuottaa parempia tuloksia, koska se rajoittaa aiempien kerroksien supistumista ja estää siten esineen käyristymisen. (Hausman & Horne 2014, 66.) Kutistuvuuden vuoksi suurien kappaleiden tulostaminen on hieman ongelmallista. ABS on kova, joustava, sitkeä ja kestävä muovi, joka on jäykkää ja kevyttä. Valmis kappale on kiiltävä ja pinnan laatu on hyvä. Sitä voidaan myös tarvittaessa hioa ja työstää. Tuloste pitää hyvin muotonsa. Se on myös iskunkestävää kylmissä olosuhteissa -25 °C:een saakka. ABS:llä on hyvät sähköiset ominaisuudet ja se kestää hyvin vaihteleviakin olosuhteita. Kuitenkaan se ei sovellu ulkokäyttöön, tai suoraan auringonvaloon, koska se kestää huonosti UV-valoa. Lisäaineiden avulla UV-valonkestävyyttä kuitenkin pystytään parantamaan. (Edumo.fi 2016.)

Vetolujuuden maksimiarvon vaihteluväli ABS:llä on 20 - 40 MPa. Pehmenemislämpötila, jossa kappale alkaa taipua tai sortua kasaan, on 90 °C astetta. ABS kestää emäksiä, happoja, laimeita suolaliuoksia, väkevöityä kloorivetyhappoa ja fosforihappoa, alkoholeja sekä luu-, kasvi- ja mineraali öljyä. Se ei kestä orgaanisia liuottimia. Se syöpyy rikkihapon ja typpihapon vaikutuksesta. ABS ei liukene veteen. Asetoniin, estereihin, ketoneihin, ja etyleenidikloridiin se sen sijaan liukenee. Materiaalista voidaan valmistaa muun muassa matkalaukkuja, istuimia, säiliöitä, laatikoita, tietokoneiden runko-osia, turvakypäriä, erilaisia putkia, veneitä, kotitalous- ja konttorikoneita sekä leluja, esimerkiksi legoja. ABS materiaalista voidaan valmistaa myös elintarvikelaatuisia tuotteita. (Edumo.fi 2016.)

PLA eli polylaktidi on yleisimmin käytetty kestopuovi 3D tulostuksessa. Se on ympäristöystävällistä, biologisesti hajoavaa muovia. (Hausman & Horne 2014, 65.) Sitä on saatavilla monia eri värejä. Ne voivat olla läpinäkymättömiä tai läpikuultavia. (France 2014, 93.) PLA on melko jäykkä, kova, sitkeä, sekä hyvin kulutusta kestävä materiaali. Se vastaa monilta ominaisuuksiltaan perinteisiä muoveja. (Edumo.fi 2016.) Tyypillisesti PLA on tehty perunasta tai maissista. Sen vuoksi se saattaa tuoksua vähän makealle, paahdetulle maissinjyvälle lämmitettäessä. (France 2014, 11.) Sitä voidaan tehdä melkein mistä tahansa luonnon kasvisokerista, myös tapiokasta tai sokeriruokosta (Hausman & Horne

2014, 65). PLA- lanka pursotetaan alemmassa lämpötilassa, kuin ABS. Suositeltu tulostuslämpötila on 160 °C – 220 °C astetta. (France 2014, 11.) Tulostuslämpötilan valintaan vaikuttavat muun muassa valitun filamentin eli tulostuslangan väri, tulosteen kerrospaksuus ja muoto, sekä tulostusnopeus. Tulostusjälki on tasalaatuista, koska materiaali sulaa hyvin. Materiaalin kutistuminen on myös vähäistä. (Edumo.fi 2016.) Jos lämmitettyä petiä ei käytetä, voi tuloste vääntyä hieman (France 2014, 11). Tulostusalustalle suositeltu lämpötila on välillä 40 °C – 60 °C astetta. (Edumo.fi 2016.) PLA on hieman hauraampaa, kuin ABS, mutta se ei ole niin joustavaa, kuin nylon (Hausman & Horne 2014, 66). Vetolujuuden maksimiarvon vaihteluväli PLA:lla on 45 – 55 MPa. Pehmenemislämpötila, jossa kappaleet alkavat taipumaan, tai sortumaan kasaan, on 60 °C astetta. (Edumo.fi 2016.) PLA:sta tehdään muun muassa sadekerääjiä ja yksinkertaisia saniteettituotteita, kuten WC-istuimia (Hausman & Horne 2014, 66). Siitä voidaan valmistaa myös esimerkiksi muovipakkauksia, kertakäyttöruokailuvälineitä, jätepusseja, vihannesten ja hedelmien pakkauksia, biohajoavia implantteja, sekä erilaisia sisustus- ja koriste-esineitä. PLA ei sovellu kuitenkaan vaativissa olosuhteissa käytettäväksi, esimerkiksi ulkotyökalujen kahvaosiin. Vaikka UV-valonkestävyys on suhteellisen hyvä, alkaa kappale haurastua altistuessaan UV-valolle. (Edumo.fi 2016.)

LayWoo-D3, LayBrick ja FlexPLA ovat kaikki erilaisia variaatioita PLA:sta. LayWoo-D3 on filamentti, joka näyttää ja tuoksuu puulta. Se on tehty 40 -prosenttisesti kierrätetystä puusta. Sidosaineena on käytetty polymeeriä. Siitä tulee erilaisia sävyjä, jotka vaihtelevat tulostuslämpötilan mukaan. Kylmemmässä lämpötilassa tulee vaaleampia sävyjä, tummempia korkeammassa. Suuttimen lämpötila voi olla 175 °C – 250 °C astetta. Laybrick filamentin karkea rakenne muistuttaa hiekkakiveä tulostettaessa. Sen tulostuslämpötila on 165 °C – 190 °C astetta, jos haluaa sileää jälkeä. Mikäli jäljen on oltava karkeaa, pitää tulostuslämpötilan olla 210 °C – 230 °C astetta. (France 2014, 93.) Joustava PLA on standardin PLA:n johdannainen, mutta ominaisuudeltaan kovaa kuin kumi. Tulostuslämpötila sillä on 210 °C – 220 °C astetta. (France 2014, 95.)

High Impact polystyrene (HIPS) materiaalia voidaan käyttää lopputuotteiden tulostukseen, tai liukenevana tukimateriaalina. Se tulostaa paremmin kuin PVA. Se on myös halvempaa. HIPS-materiaalista tehdyille tulosteille tulee hyvä pinta, jossa tulostuksen jälki ei näy. (France 2014, 94.) Se on styreenin variaatio. Samaa materiaalia käytetään pakkausmateriaalina ja ruoka-astioissa. Iskunkestävällä polystyreenillä on samoja ominaisuuksia kuin

ABS:llä, mutta se liukenee limoneeniin. Se on biologisesti sitruskasveista johdettua, valmistettua liuotinta. HIPS on suhteellisen uusi aine. Sen käyttö on vielä kokeellista. Kuten PVA:ta, myös HIPS:iä käytetään pääasiassa tukiaineena yhdessä muiden tyyppisten termoplastisten muovien kanssa. (Hausman & Horne 2014, 68.)

Nylon on joustava materiaali tulostettaessa ohuita kerroksia. Tulostuslämpötila sille on 235 °C – 260 °C astetta. Sillä on kuitenkin suuri kutistumisriski, jonka vuoksi sitä voi olla vaikea käyttää. (France 2014, 94.) Nylon on helppoa värjätä vaatteiden väriaineita käyttämällä. Se kestää hyvin asetonia. (Hausman & Horne 2014, 67.)

Polyethylene Terephthalate (PET) on kristallinkirkas ja väritön filamentti. Se on vahvaa ja iskunkestävää. Paksumpia kerroksia tulostettaessa saadaan parempi optinen kirkkaus. Tulostuslämpötila on 210 °C – 220 °C astetta. Polycarbonate (PC) materiaalin tulostaminen vaatii korkean tulostuslämpötilan, 280 °C – 305 °C astetta. Tätä filamenttia käytetään vain kokeellisesti. (France 2014, 94.) Esimerkkejä polykarbonaattisovelluksista ovat esimerkiksi CD- ja DVD-levyt, sekä auto- ja ilmailuteollisuuden komponentit. Polykarbonaattilla on korkea naarmunkestävyys, lujuus ja kestävyys. Se kuitenkin vaatii pursottimelle lämpötilan 260 °C astetta, tai enemmän. Tähän eivät kaikki tulostimet kykene. Polykarbonaattimuoveja käytetään luodinkestävän lasin valmistamiseen. Kerrostamalla tulostettava 3d-tulostin luo mikroskooppisen pieniä koloja kerrosten väliin. Tämän vuoksi lopputulos ei ole yhtä vahva, kuin teollisuuden valetut vastaavanlaiset kappaleet. Polykarbonaattiesineet voivat myös muuttua ajan kuluessa, kun ne altistetaan ultravioletivalolle. Ne voivat muuttua läpinäkymättömäksi ja haurastua ajan kuluessa. (Hausman & Horne 2014, 67.)

High – density Polyethylene (HDPE) on vaikea käyttää, koska se kutistuu helposti. HDPE on termoplastinen materiaali, jota käytetään pullojen tekemisessä, sekä muiden kierrätettävien esineiden teossa. Koska HDPE:n kanssa on vaikea työskennellä, se ei ole kovin suosittu 3D tulostuksessa. Kuitenkin pelkästään sen saatavuus monien teollisten sovellusten sivutuotteena kannustaa pyrkimyksiä soveltaa materiaalia lisäävässä valmistuksessa – erityisesti kotikäyttäjille. (Hausman & Horne 2014, 68.) Polycaprolactone (PCL), joka tunnetaan myös nimellä MakerBot Flexible Filament, on biohajoava polyesteri. Sillä on hyvin alhainen sulamispiste: 58 °C – 60 °C astetta. Se voidaan lämmittää kuumassa vedessä ja uudistaa. Se on myös yleisesti tiedetty joko nimellä InstaMorph, tai PolyMorph (France 2014, 94).

PVA polyvinyl alcohol on erikoisuusmuovia, jota käytetään useissa pursotustulostimissa tukirakennetta tulostamaan. PVA pursotetaan tyypillisesti 190 °C asteisena. Se on vesiliukoinen. Sitä voidaan käyttää tukimateriaalin tulostukseen monimutkaisissa 3D -tulostuksissa, joissa on paljon ulokkeita. PVA imee vettä kuin sieni, mikä aiheuttaa ongelmia erittäin kosteissa olosuhteissa. (France 2014, 11.) Se on kallista ja voi olla vaikeaa työstää. Vesiliukoisten materiaalien tukiaineeksi se on kuitenkin suosittu vaihtoehto. Biohajoava teollisuuden liima-aine pursotetaan 180 °C ja 200 °C asteen välissä. Jotkut PVA:n variaatiot ovat johtavaa materiaalia. Niitä voidaan käyttää tulostamaan sähkövirtapiirejä suoraan valmistettävien tuotteiden sisään. Kuitenkin, PVA-painettu materiaali liukenee helposti veteen. Sen vuoksi se täytyy eristää ilmankosteudelta. PVA on yleisimmin käytetty tukimateriaali muun tyyppisille termoplastisille muoveille, koska se voidaan myöhemmin helposti liuottaa veteen. (Hausman & Horne 2014, 67.)

Pursotustulostimia ei ole vaikea sopeuttaa tukemaan muita materiaaleja. Yleinen tapa on lisätä erilainen pursotinruisku, jolla voidaan käsitellä uusia materiaaleja, kuten esimerkiksi suklaata ja savea. (France 2014, 11.) Lukuisia kumimaisia joustavia materiaaleja on myös tulossa markkinoille. Vakiotulostimet pystyvät tulostamaan näitä filamentteja, mutta se vaatii yleensä joitakin pieniä parannuksia tulostimeen, jotta ne saadaan toimimaan. Esimerkiksi tulostusnopeutta joudutaan laskemaan tulostettaessa joustavia materiaaleja. Tulostuslämpötila riippuu tulostimesta. NinjaFlex on hyvin suosittu vaihtoehto, koska sillä on suuri pehmeä kumimainen rakenne. Se on melkein silikonin tuntuinen. Sitä voidaan käyttää ABS:n kanssa. Yhteiskäytöllä saadaan hauskoja uusia kohteita, joissa on sekä pehmeitä, että kovia osia. Tulostuslämpötila on 210 °C – 230 °C astetta. Filaflex on näistä pehmein materiaali. Se tarttuu hyvin mihin tahansa, eikä vaadi pinnoitetta tulostusalustalle. Tulostuslämpötila on 210 °C – 230 °C astetta. Lisää joustavia materiaaleja on tulossa tulevaisuudessa markkinoille. (France 2014, 95.)

Metallien tulostamisessa voidaan käyttää lähes mitä tahansa metalliseosta. Alumiiniseoksia, esimerkiksi ALSi12, titaaniseoksia, esimerkiksi TiAL6V4, nikkelseoksia, esimerkiksi Inconel 718, Inconel 625 ja Haynes 188, teräksiä ja työkaluteräksiä, esimerkiksi 1.4404, 17-4PH, 1.2709 ja rauta-nikkelseoksia, esimerkiksi 1.3912 (Invar). (3DPartners.fi 2015.) Sandvikin valikoimasta löytyy tuhat erilaista lisäävässä valmistuksessa käytettävää metallijauhetta. Valikoimaa löytyy ruostumattomasta teräksestä erilaisiin rautaseoksiin, kobolttiin

ja nikkeliin. Saatavilla olevia ruostumattomia teräksiä esimerkiksi ovat ASTM 304L, 310S ja 316L. (Sandvik.com.) Jokainen materiaali vaatii kuitenkin omat erityiset valmistusparametrinsa, jotta valmistettavasta tuotteesta tulee virheetön (Vtt.fi 2015).

”Metal printing is only for professionals due to massive parameter jungle to handle” (Seminaarimuistiinpanot 2, 2015).

Metallien tulostamisessa pitää ottaa huomioon tulostettavan komponentin paino, tulostusnopeus, tulostuskustannus, metallijauheen laatu, tulostuslämpötila, kaasuuntuminen, materiaalin kestävyys ja lujuus. On myös osattava käyttää tulostinta oikein ja kustannustehokkaalla tavalla. Olemassa olevia kappaleita voidaan korjata tulostamalla niihin uusia osia ja kiinnittämällä ne tuotteeseen myöhemmin. Tämä nopeuttaa korjausta, kun ei tarvitse tehdä uusiksi koko kappaletta. Kaikki tulostamalla valmistetut metallituotteet tarvitsevat loppukäsittelyä. Ensin ne pitää irrottaa alustasta, täyteaine täytyy poistaa ja pinta hioa. Tämän jälkeen tuote kannattaisi pinnoittaa korroosion estämiseksi. (Seminaarimuistiinpanot 2, 2015.)

Tavallista kopiopaperia voidaan myös käyttää lisäävän valmistuksen materiaalina. Se on helposti saatavilla oleva, ympäristöystävällinen ja edullinen materiaali. Esimerkiksi 121.9 cm³ kokoinen kappale maksaa 6.77€. Paperin 3D tulostimet perustuvat laminoititekniikkaan. Valmis tuloste on erittäin vahva, myös ilman värikäsittelyä. Paperista voidaan valmistaa monenlaisia prototyyppejä eri alojen käyttöön. Paperitulosteita on jo käytetty muun muassa lääketieteessä, taiteessa, opetuksessa, teollisuudessa ja viihdekäytössä. (Mcor-technologies.com.)

2.2 Materiaalia lisäävän ja perinteisen menetelmän erot suunnittelun näkökulmasta

Suunnitteluperiaatteet poikkeavat hieman toisistaan riippuen siitä, suunnitellaanko osa koneistettavaksi, vai tulostettavaksi. DFM (Design For Manufacturing) – periaatteiden mukaisesti tuotetta suunniteltaessa, kiinnittää suunnittelija huomiota myös valmistuksen vaatimukseen. Suunnittelijan tulee olla perillä osan valmistusmenetelmästä. Kaikki kustannukset tuotteen valmistuksessa tulee ottaa huomioon. Aina ei halvimmalla tehty osa johda koko tuotteen kustannusten optimoitumiseen. Osien yhteensopivuus kokoonpanossa pitää huolellisesti tutkia ennen lopullisten dokumenttien valmistumista. (Hietikko 2015, 170 – 171.)

Hietikko listaa joitakin osien suunnittelun yleisperiaatteita perinteisellä menetelmällä:

TAULUKKO 1. Suunnittelun yleisperiaatteita perinteisellä menetelmällä.
(Hietikko 2015, 170 – 171.)

Suunnittele osat siten, että ne voidaan valmistaa käytössä olevilla ja standardoiduilla työstökoneilla ja työkaluilla.
Käytä standardimittoja aina kuin mahdollista, jotta osien valmistuksessa selvittää mahdollisimman pienillä koneistuksilla ja muilla työstöillä.
Jos osaan tulee koneistuksia, suunnittele ne siten, että ne voidaan tehdä yhdellä asetuksella.
Valitse toleranssit oikein. Tarpeettoman tiukat toleranssit johtavat usein erikoisprosesseihin tai erikoistyökaluihin valmistuksessa.
Standardoi suunnittelupiirteitä, kuten kierrereiät, lävistettyjen aukkojen muodot, kierretyypit, taivutussäteet jne. Kukin näistä edellyttää omaa työkaluaan tuotannossa, joka edelleen tulee varastoida ja asettaa käyttöön tarvittaessa.
Minimoi kokoonpanon osien määrä. Jokainen kokoonpanon erillinen osa generoi lisää yleiskustannuksia. Osia voidaan eliminoida esimerkiksi yhdistämällä niitä kiinteästi yhdeksi osaksi. Tämä voi lisätä koneistuksen määrää, mutta kokoonpanoaikaa se puolestaan pienentää.

3D – tulostimella valmistettavaksi suunnitellut osat pitää suunnitella eri tavalla, jotta tuloste onnistuu. Materiaalia lisäävällä menetelmällä valmistettavan kappaleen suunnittelu lähtee liikkeelle tulostusprosessista. (Lindqvist 2016, 31.)

DFAM eli Design for Additive Manufacturing – suunnitteluperiaatteella voidaan komponenttien määrää vähentää ja lisätä toiminallisuutta. Suunnittelijalle jää enemmän aikaa käytettäväksi osan toiminnan suunnitteluun ja kappaleen esteettisyyteen. Tavoitteena on maksimoida tuotteen suorituskykyä, joko koon, muodon, hierarkkisen rakenteen, tai materiaali-koostumusten näkökulmasta. Materiaalia lisäävän teknologian avulla voidaan yhdistää eri

osia toisiinsa. Sen avulla voidaan myös vähentää, tai välttää kokonaan osakokoonpanoa. (Honkanen & Kutvonen 2013, 25.) Oheisessa taulukossa (TAULUKKO 2) on esitetty, mitä kaikkea suunnittelijan tulee ottaa huomioon suunnitellessaan kappaletta valmistettavaksi materiaalia lisäävällä menetelmällä.

TAULUKKO 2. Suunnittelun yleisperiaatteita materiaalia lisäävällä menetelmällä.

Suunnittelu lähtee liikkeelle tulostusprosessista. Tulostusmenetelmä ja materiaali on tiedettävä suunnitteluvaiheessa. (Lindqvist 2016, 31.)
Yksi suunnittelusääntö on tavoitella mahdollisimman suurta materiaalin lujutta ja pientä massaa. Olisi toivottavaa, että materiaalia kuluisi mahdollisimman vähän. Tämä onnistuu käyttämällä esimerkiksi onttoja rakenteita. Materiaalia on laitettava vain tarpeellisiin paikkoihin. (Honkanen & Kutvonen 2013, 25.)
Muotoilulla pystytään vaikuttamaan kappaleen lujuusominaisuuksiin (Honkanen & Kutvonen 2013, 25).
Valmistettavan kappaleen minimi seinämäpaksuuden tulisi olla noin 0,7 mm – 3 mm riippuen tulostimesta ja materiaalista. Esimerkiksi SLA-tekniikalla tulostettavan kappaleen seinämän paksuus tulee olla vähintään 1mm (LIITE 4). Mikäli seinä on ohuempi, tulee rakenteesta niin hauras, että tuloste voi rikkoutua jälkikäsittelyvaiheessa. (Löfgren 2015, 15.)
Suuria ohuita pintoja kannattaa välttää, koska ne saattavat vääntyä jäähtyessään (Löfgren 2015, 15).
Liikkuvien osien väliin on jätettävä toiminnan varmistamiseksi riittävästi välystä (Löfgren 2015, 15).
Pinnansuuntaa ja tulostuskulmaa on mietittävä jo suunnitteluvaiheessa porraskuvion välttämiseksi. Porraspinnan muodostamista voi yrittää estää pienentämällä kerrospaksuutta. (Honkanen & Kutvonen 2013, 32.)
Pienimmän kerrospaksuuden käyttö lisää valmistustiedostoja ja tulostusaikaa (Honkanen & Kutvonen 2013, 32).
Suunnitteluvaiheessa on mietittävä, miten päin kappale tulostuu tulostusalustalle. Tulosteen alimmainen pinta on aina huonoin kaikissa tekniikoissa. Tulostussuunta vaikuttaa myös kappaleen mekaanisiin ominaisuuksiin. (Honkanen & Kutvonen 2013, 33.)
Tukirakenteiden määrä kannattaa minimoida kappaleen tarkkuuden parantamiseksi ja jälkikäsittelytarpeen vähentämiseksi. Tukirakenne pitää sijoittaa vähiten tärkeälle pinnalle. Tukirakenteen poistomahdollisuus on myös otettava suunnittelussa huomioon. (Honkanen & Kutvonen 2013, 34.)

Materiaalia lisäävä valmistusteknologia asettaa suunnitteluun rajoitteita. Suunnittelijan on tunnettava valmistusprosessi ja -materiaalit kunnolla pystyäkseen hyödyntämään tekniikkaa. Suunnittelua rajoittavia tekijöitä ovat esimerkiksi kappaleen tarkkuus, valmistusnopeus, toleranssit, pintageometria, seinämäpaksuus, materiaalivalikoima, materiaalien ominaisuudet ja kappaleen koko. On myös osattava ottaa huomioon yhteensopivuus tuotteen muiden osien kanssa. (Honkanen & Kutvonen 2013, 31.)

Kerros kerrokselta muodostuvan kappaleen pinnanlaatu on tärkeä huomioitava asia. Tämän vuoksi on pinnansuuntaa ja kulmaa mietittävä jo suunnitteluvaiheessa porraskuvion välttämiseksi. Siitä huolimatta pinnanlaatu pitää ottaa huomioon myös tulostuksessa. Jälkikäteen pinnanlaatua voidaan korjailla hiomalla, tai helmipuhalluksen avulla. Porraspinnan muodostumista voi yrittää estää pienentämällä kerrospaksuutta. Kaikista pienintä kerrospaksuutta ei kuitenkaan kannata käyttää, koska se lisää valmistustiedoista ja tulostusaikaa. (Honkanen & Kutvonen 2013, 32.)

Oikealla tulostusorientaatiolla voidaan vähentää porrasedefiittiä. Suunnitteluvaiheessa on mietittävä, miten päin kappale tulostuu tulostusalustalle. Kaikissa tulostustekniikoissa tulosteen alimmainen pinta on aina huonoin. Tulostussuunta vaikuttaa tulostetun kappaleen mekaanisiin ominaisuuksiin. Valintaan vaikuttaa myös tukirakenteiden tarve ja erilaiset pinnan laatuvaatimukset. Tukirakenteiden määrä kannattaa minimoida. Silloin kappaleen tarkkuus paranee ja jälkikäsitely vähenee. Mitä vähemmän tukirakenteita on, sitä vähemmän menee aikaa, materiaalia ja energiaa hukkaan. Tukirakenne pitää sijoittaa vähiten tärkeälle pinnalle. Suunnittelussa pitää ottaa myös huomioon esimerkiksi se, miten kappaleen sisällä oleva tukimateriaali saadaan poistettua. (Honkanen & Kutvonen 2013, 33 - 34.)

Suunnittelijan tulee suunnitella kappale nimenomaan 3D-tulostettavaksi. Jos kappaleen pystyy tekemään perinteisellä menetelmällä, se ei ole hyvä 3D – tulostettavaksi. Topologinen optimointi on tärkeää. (Seminaarimuistiinpanot 2, 2015.)

2.2.1 Materiaalia lisäävän valmistuksen hyötyjä

Tulostamalla valmistettavassa kappaleessa raaka – ainetta menee vähemmän hukkaan verrattuna perinteisiin menetelmiin. Varastojen merkitys vähenee, koska osia ei tarvitse valmistaa säilytykseen. Tarvittava osa voidaan valmistaa nopeasti tulostamalla vasta sitten, kun sille tulee tilaus. Kappaleeseen voidaan toteuttaa erittäin monimutkaisia muotoja, esimerkiksi kappaleen sisäisiä onkaloita, jotka on mahdotonta tehdä jyrsimellä. (Mansikkaho 2014, 7 - 8.)

Tulostamalla saadaan valmistettua täysin tiivistä metallia. Tulostetun metallin kiderakenne on lujuuden suhteen paras mahdollinen. Perinteisillä valmistustavoilla tällainen on mahdotonta. Tulostetun kappaleen monimutkaisuus ei vaikuta millään tavalla valmistuskustannuksiin. Tulostamalla valmistetut kappaleet ovat huomattavasti kevyempiä verrattuna perinteisesti valmistettuun. (Piira 2014, 20 – 21.) Metallikappaleiden tulostuksessa ei tarvitse käyttää valumuotteja (Löfgren 2015, 13).

Tuotteet voidaan saada nopeammin markkinoille, kun hyödynnetään 3D-tulostusta jo suunnitteluvaiheessa. Tuotekehityskustannuksia saadaan leikattua, kun pikamalli pystytään tekemään nopeassa aikataulussa. (Aipworks.fi.)

Perinteisellä menetelmällä valmistettavan kappaleen keventäminen maksaa ylimääräistä. Lisäävässä valmistuksessa kappaleen keveys puolestaan alentaa kustannuksia. AM - valmistus sopii erinomaisesti piensarjatuotantoon. Perinteiset tekniikat ovat kuitenkin suuremmissa valmistuserissä kustannustehokkaampia. (Hirvimäki, Nyamekye, Pekkarinen, Piili, Salminen & Väistö 2014, 3.)

Tulostamalla päästään massaräätälöinnistä personointiin. Asiakkaalle voidaan tehdä tuotteeseen yksilöllisiä yksityiskohtia. Tulostamalla kannattaa myös valmistaa arvokkaita varaosia, joiden menekki on vähäistä. Ne ovat kalliita varastoida. Kappaleen painosta voidaan saada yli puolet pois suunnittelemalla se uudelleen tulostamalla valmistettavaksi. Putkistoista saadaan turhia liitoksia ja kulmia pois. Pyöreät muodot on helppo huuhdella ja pitää puhtaana. (Seminaarimuistiinpanot 2, 2015.)

2.2.2 Materiaalia lisäävän valmistuksen heikkouksia

Materiaalia lisäävällä valmistusmenetelmällä on vielä jonkin verran huonoja puolia. Ensinnäkin laadukkaiden tulostimien hinnat ovat vieläkin suhteellisen korkeita. Toiseksi hyvälaatuista tulostusjälkeä tekeville koneille ei pystytä valmistamaan kovin suuria kappaleita. Useat tekniikat vaativat vielä tulosteiden jälkikäsittelyä, mikä tietysti lisää kustannuksia. Osa koneista vaatii lähes laboratoriomaista tilaa, koska tulosteisiin ei saa päästä likaa. Tulostustilassa ei saisi olla myöskään tärinää, koska se voi vahingoittaa koneen laseria. Henkilöstö täytyy olla hyvin koulutettua, koska materiaalia lisäävien koneiden käyttö vaatii paljon osaamista. (Mansikka-aho 2014, 8 - 9.)

Edullisten tulostimien valmistamien tulosteiden laatu, tarkkuus ja lujuus ovat heikompia. Toleroidut reiät ovat hankalia tehdä tulostamalla. Ne vaativat aina koneistamista tulostuksen jälkeen. Suurien tuotantoerien, tai helposti koneistettavissa olevien kappaleiden valmistaminen voi olla hitaampaa. Valmistusmateriaalien hinnat ovat suhteessa kalliimpia, kuin perinteisten menetelmien. Syitä kalleuteen ovat muun muassa materiaalin menekki ja standardoinnin puute. (Piira 2014, 20 – 21.)

Metallien tulostuksessa on vielä paljon haasteita. Tulostusprosessi vaatii suojakaasun käyttämistä, esimerkiksi titaanin kanssa käytetään argonia. Suunnittelijan pitää osata optimoida tukirakenteet niin, että niiden printtaamiseen ei mene liikaa aikaa. Mitä enemmän aikaa kuluu, sitä enemmän kappale maksaa. On osattava valita oikeanlainen pulveri, mielellään puhdasta ainetta. Myös jauheen raekoko on erittäin tärkeä. Hienojakoinen pulveri on vaikea käsitellä tulostimessa. Joissakin tulostimissa saattaa olla jopa 800 erilaista säätöparametria, jotka on opeteltava. Suunnittelussa pitää osata ottaa jälkikäsittelyn tarve huomioon. Kappaleeseen tulee jättää koneistusvara, jotta esimerkiksi ruuvien kierteet saadaan jälkikäteen tehtyä. Tulostettaessa on tiedettävä, mikä tulostuslämpötila millekin pulverille pitää olla. Metallien tulostaminen on hidasta. Vaikka vuorokauden aikana saataisiinkin tulostettua iso kappale, sitä joudutaan jälkikäsittelemään useita viikkoja. (Seminaarimuistiinpanot 2, 2015.)

2.3 3D-Skannaus

Kiinteästä kappaleesta saadaan luotua digitaalinen malli 3D – skannaamalla. Tutkitun kappaleen pinnalta pystytään tallentamaan skannerilla pisteitä. Yhdistämällä kuvat digitaal-

lisesti, saadaan syntymään kuva kappaleesta. 3D – skannerit voidaan jakaa kahteen osaan: ”koskettaviin” ja ”ei koskettaviin”. Sananmukaisesti koskettavalla 3D – skannerilla voidaan koskettaa mitattavaa kohdetta. Ei koskettavalla skannerilla kappaleen pinnalta saadaan mitattua heijastuva säteily. (Piira 2014, 19.) Ei-koskettava skanneri pystyy kaappaamaan erittäin nopeasti miljoonia pisteitä xyz -koordinaatistossa. Informaatio on luonnollisessa koossa. Tieto voidaan muotoilla nopeammin fyysiseksi kappaleeksi, kuin se pystytäisiin muutoin mittaamaan. Ei-koskettavat skannerit voidaan luokitella aktiivisiin ja passiivisiin. Aktiiviset skannerit lähettävät joko säteilyä, tai valoa. Skanneri havaitsee heijastuksen ja kerää informaation järjestyksessä. (Engineering 360 2016.) Passiiviset skannerit havaitsevat säteilyä muista lähteistä, kuten esimerkiksi auringosta. Laserskannaus on yleisin tekniikka, joka teollisuudessa on käytössä. Siinä säteitä heijastetaan laserin avulla skannattavan esineen pinnalle. Sen jälkeen voidaan mitata etäisyys kameran avulla. (Piira 2014, 19.)

2.4 Tulevaisuusnäkymät seuraavat 25 vuotta

Tulevaisuudessa materiaalia lisäävä valmistustekniikka voi syrjäyttää perinteisen valmistuksen. Auto- ja lentokoneteollisuudessa ollaan erityisen kiinnostuneita uudesta menetelmästä. Syynä mielenkiintoon on tekniikan antamat mahdollisuudet kappaleen painon keventämiseen. Se on erittäin tärkeää energiatehokkuuden parantamiseksi. (Mansikka-aho 2014, 9.)

Keinotekoisesti pystytään tulevaisuudessa rakentamaan elävää kudosta tulostamalla eläviä soluja biotulostimella. Esimerkiksi potilaalle pystytään tulostamaan uusi maksa, munuainen tai sydän. Jopa uutta ihoa voidaan tulostaa. Tällä hetkellä tehdään vielä kokeita. Tulostimella pystytään asettamaan soluja tarkalleen sinne, mihin tarvitaan. Tulostuspää liikkuu vasemmalle, oikealle, eteen, taakse, ylös ja alas. Lisäksi tulostin syöttää soluja suojaavaa geeliä tulostuksen aikana. (Explainingthefuture.com 2016.)

Sähköinen toiminnollisuus ja älykkyyys pystytään valmistamaan tulostamalla suoraan laitteisiin ilman piirilevyä (Vtt.fi 2010). Johtavia, eristäviä sekä puolijohtavia musteita tulostamalla saadaan tehtyä elektroniikkaa epätasaisille, taipuisille, venyville pinnoille, tai jopa laitekotelon päälle. Suorituskyky tulostettavilla puolijohteilla on toistaiseksi rajallinen. Kui-

tenkin radiotaajuussuorituskyky on riittävän hyvä, jotta ne soveltuvat monenlaisten langattomien sovellusten, esimerkiksi antureiden toteuttamiseen. Esimerkkinä voisi olla EKG – signaalia mittaava laastarin tyyppinen sensori. Suunnittelussa täytyy kuitenkin ottaa huomioon se, että ihmiskeho muokkaa RF-piirien toimintaa. (Tut.fi 2014.)

Seuraavan kymmenen vuoden kuluessa lisäävän valmistuksen valmistusnopeuden arvioidaan kahdeksankertaistuvan. Laitteistojen hintojen sen sijaan arvioidaan pysyvän samoina. Raaka-ainekustannuksien arvellaan tippuvan kolmanneksella. Sitä vastoin valmiille tulosteelle tehtävän jälkityöstön hinnan oletetaan puolittuvan. Kokonaiskustannuksien arvellaan tippuvan kolmasosaan nykyisestäään. (Hirvimäki & Nyamekye & Pekkarinen & Piili & Salminen & Väistö 2014, 25.)

Professori Hod Lipson Cornellin yliopistosta on kuvaillut 3D-tulostuksen kehitykseen liittyvän neljä vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa luodaan ohjelmistoja, jotka pystyvät itsenäisesti suunnittelemaan 3D-tulostettavia esineitä vaatimusten perusteella. Toisessa vaiheessa voi käyttäjä itse luoda uusia materiaaleja. Kolmannessa vaiheessa tulostimet voivat tuottaa integroituja toimivia systeemejä. Esimerkiksi jo nyt on onnistuttu tulostamalla valmistamaan täysin toimiva kaiutin. Neljännessä vaiheessa siirrytään analogisesta digitaaliseen tulostukseen. (Ketola 2015, 2.)

Ainetta lisäävään valmistukseen liittyviä teknisiä mahdollisuuksia on valtavan paljon. Kehityksen vauhdittajana on useita tekijöitä. Yksi hyvä esimerkki on niin sanottu ilmainen monimutkaisuus. Kaikkein vahvimmin kehitystä hidastaa mielikuvituksen, työkalujen ja hyvien liiketoimintaideoiden puute. (Ketola 2015, 2.)

Today manufacturing is not the constraint. It is our imagination and design tools. We don't have the design tools to allow people to express these designs. (Ketola 2015, 2.)

Osaamisen johtamista tarvitaan, jotta saisimme ihmiset toimimaan oikealla tavalla. Saisimme heidät käyttämään luovammin mielikuvitusta, jotta suunnittelu materiaalia lisäävällä tavalla onnistuisi.

2.5 Osaamisen johtaminen

Mitä on osaamisen johtaminen? Miten se määritellään? Hiltunen (2011, 33) määrittelee johtamisen olevan *”ihmisten ohjaamista johtajan tahdon mukaiseen suuntaan”*. Organisaatioon kohdistuvassa johtamisessakin on kyse ihmisten johtamisesta. Kyse on vuorovaikutuksesta ihmisten välillä. Johtamisen onnistuminen riippuu siitä, miten hyvin vuorovaikutus ihmisten välillä saadaan toimimaan. (Hiltunen 2011, 33.) Torkkolan (2015, 226) mukaan johtaminen on asioiden tehokkaan hoitamisen lisäksi ennen kaikkea ihmisten tunteiden ja käyttäytymisen johtamista.

Osaamisella tarkoitetaan Viitalan (2006, 113) mukaan henkilön inhimillistä pääomaa. Se muodostuu ihmisen tiedoista ja taidoista, valmiuksista, asenteista, sekä kyvystä oppia uutta. Voidaan puhua myös ammattitaidosta. (Viitala 2006, 113.)

Jatkuva osaamisen kehittäminen on Sydänmaanlakan (2009, 63) mukaan osaamisen johtamisprosessin tavoitteena. Osaamisen johtamisella tarkoitetaan sitä, että organisaation visio, strategia ja tavoitteet määritellään ydinosaamisen näkökulmasta. Sen lisäksi täytyy määritellä muu tarvittava osaaminen. (Sydänmaanlakka 2009, 63.)

2.5.1 Strategisen osaamisen johtaminen

Strategia liittyy aina keskeisesti osaamisen johtamiseen. Suunnitelmaa, jonka avulla tähdätään kohti tavoitteiden saavuttamista, kutsutaan strategiaksi. Se antaa suunnan yrityksen toiminnan kehittämiseksi. (Ahloth & Havunen 2015, 22 - 23.) Strategiaprosessin ja sen dokumentoinnin avulla saadaan koko organisaatio omaksumaan, ymmärtämään ja toteuttamaan yhteisiä toimintasuunnitelmia ja linjanvetoja. Työntekijät ovat motivoituneempia toteuttamaan yhteisiä tavoitteita, jos saavat olla mukana asettamassa niitä. (Iloranta & Pajunen – Muhonen 2015, 133.)

Strateginen johtaminen vastaa kysymykseen *”Mitä tehdään?”*. Se antaa siis suunnan toiminnalle. Strategista ajattelua voidaan kuvailla syvälliseksi laaja-alaiseksi pohdiskeluksi. Se on ihmettelemistä, kyseenalaistamista ja visioimista. (Sydänmaanlakka 2012, 70.) Lähtökohtana strategiasuunnitelman laadinnassa on aina yrityksen visio. Jos haluaa menestyä, täytyy vision olla haastava. (Hietikko 2015, 28.) Tärkeintä Viitalan (2006, 33) mukaan on se, että kaikki ymmärtävät jotakin strategiasta. Niiden, joita asia koskee, täytyy ymmär-

tää mitä asiaa ollaan viemässä, mihin suuntaan ja millä keinoilla. (Viitalan 2006, 33.) Hietikko (2015, 28) on sitä mieltä, että strategisen johtamisen tarkoitus on pyrkiä ymmärtämään menestymisen perusta ja muutospaineet, jotka yritykseen kohdistuvat. Asiat tulee ohjata tietoisesti ja järkevästi ajalehtimisen sijaan. (Hietikko 2015, 28.)

Menestyäkseen on organisaation pyrittävä kehittymään jatkuvasti.

Se, miten organisaatiot kykenevät jatkuvasti uudistumaan notkealla tavalla, on keskeinen menestystekijä. (Juuti & Luoma 2009, 240.)

Raimo Nurmi (2000, 77) kirjoittaa kirjassaan ”Johtaminen ympäristössään”, että organisaatio voi muuttua vain ihmisten muuttuessa. Organisaatiomuutos ja ihmisten muuttuminen siis kulkevat hänen mielestään käsi kädessä. Toisaalta, muutos vaatii aina myös ihmisten muuttumista ja muuntautumiskykyä. (Nurmi 2000, 77.)

2.5.2 Asiantuntijoiden johtaminen

Perinteinen strateginen ajattelu on ristiriidassa asiantuntijaorganisaation johtamisen kanssa, koska asiantuntijat tuntevat oman osaamisalueensa paremmin kuin johto. Sen vuoksi heillä on paljon valtaa oman osaamisalueensa puitteissa. He eivät voi noudattaa päivittäisessä työssä pelkästään johdon luomia strategioita. Tekeminen ja osaaminen kytkeytyvät yhteen. Innovaatiot ovat keskeisessä asemassa. Asiantuntija joutuu jatkuvasti uudistumaan ja ottamaan uusia haasteita vastaan. (Juuti & Luoma 2009, 213.)

Asiantuntijalle työssä tärkeitä asioita ovat palkkausjärjestelmä, mielenkiintoiset ja haastavat työtehtävät, tunne työsuhteen pysyvyydestä, joustavuus, uuden oppiminen, uralla eteneminen ja palautteen saaminen. Kukkola (2013, 97) kirjoittaa:

Asiantuntijuuteen kuuluu koulutus, ongelmien ratkaisutaito, tehtävätietämys, tilanneherkkyys, joustavuus, valmius sopeutua erilaisiin ympäristöihin, autonomia ja yhteisö. Asiantuntijan työ on monimutkaista analysointia, ongelmanratkaisua ja suunnittelua sekä toteutusta. Se on uuden luomista. (Kukkola 2013, 97.)

Yhteistyön merkitys korostuu luovassa asiantuntijaorganisaatiossa. Toiminta voi olla kokeilevaa ja kokemukseen pohjautuvaa. Kilpailun sijaan tavoitteena on yhteistyö. Konfliktien ja

kontrollin välttämiseksi pyritään vuoropuheluun. Rajat ovat joustavia. Diktatorisen johdon sijaan turvaudutaan luottamukseen ja tilannetajuun. Jos työntekijöille muodostuu henkinen vapauden tunne, myös luovuus kukoistaa. (Huuha 2010, 80.)

Asiantuntijaorganisaatio on Kukkolan (2013, 99) mielestä vaikea organisaatio johtaa, koska monet työntekijät ovat keskivertoa terävämpiä. Voimakkaita osakulttuureita muodostuu helposti ja ne vaikeuttavat yksiköiden yhteistyötä. Henkilökemioilla on todella suuri merkitys. Organisaatiokuri on kuitenkin kaiken perusta. Siitä huolimatta asiantuntijoita ei tule johtaa, vaan heitä ohjataan. (Kukkola 2013, 99.)

Asiantuntijoita pitää ohjata antamalla tavoitteita ja seuraamalla säännöllisesti, onko tavoitteet saavutettu. Työskentelyn pitää perustua luottamukseen ja yhdessä tekemiseen. Henkilöstö pitää saada mukaan tekemään yhteistyötä, jotta kukaan ei ala kehityksen jarruksi. Asiantuntijoita tulisi ohjata kysymällä, ei käskemällä, sillä vallankäyttöä vihataan. (Kukkola 2013, 99.)

Hyvässä asiantuntijaorganisaatiossa päätöksenteko on hajautettua. Ympäristön muutoksiin pystytään reagoimaan herkästi. Organisaation tulee olla asiakaskeskeinen ja tiedon pitää kulkea avoimesti. Erilaisuutta, muutoskykyä, osallistumista, avoimuutta ja kehityshakuisuutta arvostetaan. Yhteisö antaa työntekijälle haasteita ja palkitsee onnistumisen. Asiantuntijoille pitää antaa oikeus myös erehtyä, koska kukaan ei ole täydellinen. Sisäistä yrittäjyyttä rohkaistaan ja erilaisia persoonia rekrytoidaan. Erottuvedet pitää hyväksyä, koska jokaisella on oma vahvuusalueensa. Toisia työntekijöitä kuunnellaan ja keskustelu sallitaan. (Kukkola 2013, 99.)

Ruokosen mielestä johtajan pitäisi delegoida päätöksentekoa asiantuntijoille niin paljon, kuin mahdollista. Johtajan tulee kertoa työntekijöille tavoitteet. Samalla kuitenkin tulee antaa vapaus itse etsiä parhaimmat keinot, miten tavoitteet saavutetaan. Asiantuntijoiden johtamisessa on siis kyse itseohjautuvuudesta. Johtajan tulisi osata tehdä itsensä tarpeettomaksi. (Ruokonen 2016, 190.)

Lonka (2015, 39) kirjoittaa:

Hyvin harva pystyy kehittämään minkään tason asiantuntijuutta ilman, että pystyy ottamaan palautetta vastaan ja arvioimaan omaa toimintaansa sitä vasten. Huippuosaajat ovat käyttäneet tarkoitukselliseen harjoitteluun tuhansia

tunteja, mutta se ei yksin riitä. Tarvitaan motivaatiota, sosiaalista tukea sekä systemaattista, tarkoituksellista, päämäärätietoista ja mielellään ohjattua harjoittelua. (Lonka 2015, 39.)

Kehittymisestä on aina saatava palautetta. Asiantuntijalla pitää olla taitoa itsearviointiin, jotta ajattelu kehittyy.

Itsearviointin taidot eivät tule ihmiselle mitenkään luonnostaan, sillä omien sisäisten mallien ja taitojen arvioiminen ja kehittäminen edellyttää sen hyväksymistä, että ei vielä tiedä ja osaa kaikkea. (Lonka 2015, 39.)

Asiantuntijat haluavat jatkuvasti kehittyä ja uudistua. He ovat usein hyvin itsekriittisiä. (Lonka 2015, 39.) Innostaminen, motivointi ja kannustaminen ovat luovuutta vahvistavan asenneilmapiirin aikaansaamisen näkökulmasta hyvin keskeisiä. Luovat ihmiset odottavat esimiesten huomioivan heidän saavutuksiaan. He odottavat, että esimies arvostaa heidän työtään. He myös odottavat palkkiota saavutuksistaan. Luovuus edellyttää ”lupaa” tehdä virheitä. Uuden kehittäminen on aina hallittua riskinottamista. Se on myös rohkeutta vaativa prosessi. Sen lopputulosta ei voi kukaan täysin kontrolloida. (Hietikko 2015, 15.)

2.5.3 Oppimista edistävä johtaminen

Johtajan avaintehtävä on antaa työntekijöiden tiedonluomiselle eli oppimisen toiminnoille merkitys. Ruohotien mukaan ihmiset pyrkivät kehittymään, mikäli ympäristö antaa siihen tukea, haasteita ja mahdollisuuksia. Johtamisen tulee vahvistaa työntekijän sisäistä motivaatiota, jotta hän haluaa ylläpitää ja lisätä ammatillista kompetenssia. Sisäisen motivaation löytyessä myös työympäristöstä tulee innovatiivisempi. (Ruohotie 1998, 139 – 142.)

Oppimista voidaan edistää esimerkiksi kannustamalla työntekijöitä kokeilemaan uutta. Myös ilmapiirin pitäminen avoimena edesauttaa oppimista. Työntekijällä pitää olla tunne, että ei haittaa, vaikka epäonnistuisi. Muita keinoja ovat: jatkuva kouluttautuminen, monimuotoisuuden ruokkiminen, tiedonkulun esteiden raivaaminen ja tulosten mittaaminen. (Ruohotie 1998, 131 – 133.)

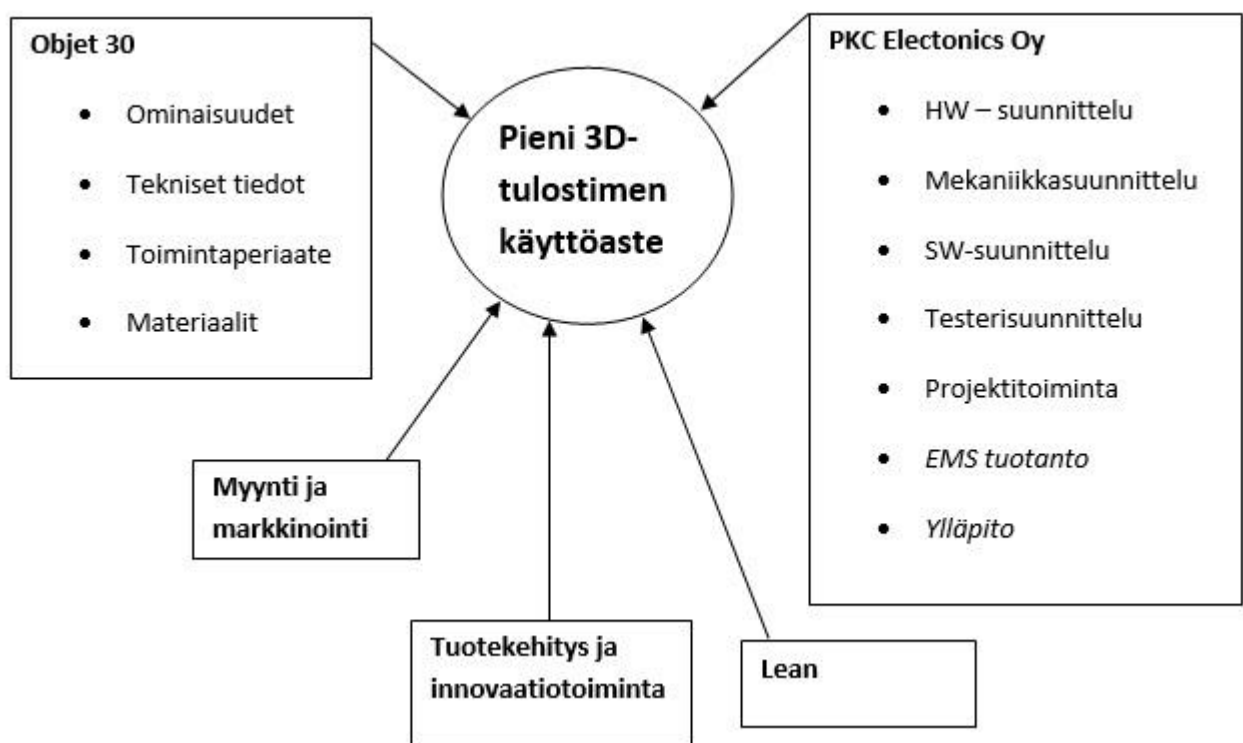
Myöskään motivoimista ja palkitsemista ei tule unohtaa. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi yhteiset opintoretket, palkankorotukset, erilaiset korvaukset, ja tunnustukset. Myös

vaativampaan tehtävään siirtäminen, tai tavoiteltujen tehtävien antaminen, voivat olla jollekin palkinto hyvin tehdystä työstä. (Huuhka 2010, 88.)

Motivaatiota saadaan lisättyä myös, jos työntekijä kokee saavansa vastuuta. Joitakin henkilöitä tunne, että on saavuttanut jotakin suurempaa, motivoi. Tietysti myös positiivinen palaute toimii. Tehtyjen organisaatiotutkimusten mukaan ihmiset eivät saa riittävästi palautetta työstään. Palaute on tärkeää ohjauksen ja oppimisen kannalta katsottuna. Tulospalautteen lisäksi tulee antaa ohjaavaa ja energisoivaa palautetta siitä, miten olemme saavuttaneet tuloksia. (Kauppinen 2014, 203 - 208.)

3 TOIMINNALLINEN VIITEKEHYS

Tutkimuksen toimintaympäristö on kuvattu oheisessa toiminnallisessa viitekehysessä (KUVIO 2). Kuviossa on kuvattu yritys eli PKC Electronics Oy, jonne tutkimus on tehty. Tähän tutkimukseen liittyvät osastot: hardware eli HW -suunnitteluosasto, mekaniikka-suunnitteluosasto, software eli SW- suunnitteluosasto, testerisuunnitteluosasto ja projekti-toiminta. Electronic manufacturing services (EMS) -tuotanto ja siihen liittyvä ylläpito on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle.



KUVIO 2. Toiminnallinen viitekehys.

Lean – menetelmästä on myös kerrottu. Se on tärkeä osa viitekehystä, koska tuotekehityksessä sovelletaan lean-periaatteita. Toimintaympäristöön kuuluu luonnollisesti yrityksessä oleva Objet 30-tulostin, sen ominaisuudet, tekniset tiedot, toimintaperiaate ja saatavilla olevat materiaalit. Keskeisiä aiheita ovat myös myynti ja markkinointi, sekä tuotekehitys ja innovaatiotoiminta.

3.1 Yritys, johon tutkimus tehdään

Tämä työ on tehty PKC Electronics Oy:lle. Se on osa PKC Group – konsernia. Toimipisteet sijaitsevat Raahessa, sekä Kiinan Suzhoussa.

PKC Group on globaali johdinsarjojen, sekä elektroniikan suunnittelija ja sopimusvalmistaja. Johdinsarjaliiketoiminta suunnittelee, valmistaa ja integroi räätälöityjä johdinsarjoja, niihin liittyviä arkkitehtuurikomponentteja, ajoneuvoelektroniikkaa, johtimia ja kaapeleita erityisesti kuorma- ja linja-autoihin, kevyisiin ja vapaa-ajan ajoneuvoihin, maanrakennuskoneisiin, sekä maa- ja metsätalouskoneisiin. PKC:n vahvuuksia ovat massaräätälöinti ja erinomainen kyky integroitua osaksi asiakkaan toimintaympäristöä. Tuotteiden suunnittelu ja tehokas toimitusketjun hallinta tehdään läheisessä yhteistyössä asiakkaiden kanssa, heidän vaatimustensa mukaisesti. (Pkcgroup.com 2014.)

Elektroniikkaliiketoiminta tarjoaa erityisesti testaus- ja teholähteratkaisujen tuotekehitys-, suunnittelu- ja valmistuspalveluita elektroniikka-, telekommunikaatio- ja energiateollisuuteen. PKC Electronicsilla on lähes kolmenkymmenen vuoden kokemus elektromeekaanisten tuotteiden suunnittelusta, valmistamisesta, sekä testaamisesta. PKC:n suunnittelemissa ja valmistamissa tuotteissa käytetään muun muassa koneiden tehon kontrollointiin, elektronisten tuotteiden testaamiseen ja energian säästämiseen. Palvelukonsepti sisältää tuotteen koko elinkaaren kattavat palvelut. (Pkcgroup.com 2014.)

Suunnittelijoita työskentelee sekä Suomessa, että Kiinassa. Elektroniikkasuunnittelutiimin erityisosaamisalueita suunnittelussa ovat teholähteet, digitaali- ja analogiaelektroniikka, sekä RF -suunnittelu. Mekaniikkasuunnittelun asiantuntijoiden erikoisalaa on suunnitella muotteja ja pieniä koneistettavia osia. Erityisosaamista löytyy myös alumiiniprofiilien ja -valujen suunnittelussa. Myös pneumaattisten ja lineaaristen systeemien, sekä lämpö – ja RF – suunnittelu onnistuvat. Ohjelmisto – ja testerisuunnittelutiimin osaaminen sisältää sulautettujen järjestelmien ohjelmointia ja tuotantotestereiden ohjelmistojen suunnittelua sisältäen laatuanalyysit ja -kontrollit, testisekvenssieditorit ja ylläpidon. (Pkcgroup.com 2014.)

3.2 Tuotekehitys ja innovaatiotoiminta

Uusia tuotteita ei kannata suunnitella ilman asiakkaita ja heidän tarpeitaan. Asiakkaan tarve siis ohjaa tuotekehitystä ja – suunnittelua. Tuotekehityksen tulee löytää ratkaisu, joka tyydyttää asiakkaan tarpeen. Ratkaisun on oltava tuotantokustannuksiltaan siedettävä. Useiden tuotekehitysprojektien muodostamaa kokonaisuutta voidaan kutsua tuotekehitystoiminnaksi. (Hietikko 2015, 30.)

Markkinat määräävät, miten laaja tuotevalikoimasta kannattaa tehdä. Tuotekehitystä taas tarvitaan sitä enemmän, mitä laajempi tuotevalikoima on. Liian laaja tuotevalikoima saattaa aiheuttaa sen, että osaaminen hajoaa. Useissa suomalaisissa yrityksissä ei ole osattu mitoitaa oikein innovaatiotoiminnan resursseja. Tuotekehityksen merkitystä ei useinkaan ymmärretä. Tämä johtuu siitä, että sen aikaansaannoksia ei voi mitata samalla tavalla, kuin massatuotannossa. (Hietikko 2015, 31.)

Tuotekehitysprosessi on yrityksen tärkeimpiä prosesseja. Sen avulla pystytään varmistamaan uudistuminen, sekä säilyttämään yrityksen kilpailukyky. Jälkeen jääminen tuotekehityksessä voi olla kohtalokasta. (Lecklin & Laine 2009, 228.) Tuotekehityksen prosesseista voidaan erottaa useita eri tyyppisiä niiden luonteen perusteella. Markkinavetoisissa prosesseissa kehitys alkaa markkinoilla tunnistetusta tarpeesta. Sen jälkeen tarpeen tyydyttämiseksi olemassa olevaa teknologiaa käytetään hyväksi. Teknologiatyöntöprosessissa kehitys alkaa teknologia innovaatiosta, jolle etsitään markkinat. Paranteluprosessissa parannetaan jo olemassa olevaa tuotetta. Räättälöintiprosessi tarkoittaa kertaluonteista asiakastilaukseen pohjautuvaa toteutusta. (Hietikko 2015, 45.)

Tuotteen loppukäyttäjä kannattaa huomioida jo suunnitteluvaiheessa. 3D-tulostin on oiva suunnittelijan apuväline. Järjestelmät, mallit ja rakenteet ovat rationaalisia, mutta niitä käyttävät henkilöt eivät välttämättä ole niinkään. (Antola & Pohjola 2006, 132.)

Luovuus on innovaatioihin ja niiden syntyyn kiinteästi sidoksissa. Se voidaan nähdä ideoiden ja ratkaisumallien tuottamisen edellytyksenä. Idean käytäntöön vieminen kuuluu innovaatiotoimintaan idean kehittämisen lisäksi. On haastavaa, miten työntekijöiden luovuus saadaan näkymään työsuorituksissa. Työkulttuuri ja – ilmapiiri määrittää sen, minkälaisia mahdollisuuksia luovuudelle annetaan. Se myös määrittää, mitkä ideat katsotaan hyväksyttäviksi tai uusiksi. (Hietikko 2015, 15.)

3.3 Lean

PKC Electronics Oy:llä on siirrytty Lean – tuotantoon. Myös tuotekehityksessä hyödynnetään Lean-toimintaperiaatteita. 3D-tulostin sopii erinomaisesti suunnittelun tueksi lyhentämään tuotteen läpäisyaikaa suunnittelussa. Käsitteellä ”Lean” tarkoitetaan kehitysohjelmaa tai johtamistapaa, jolla kehitetään tuottavuutta ja laatua. Turhat tehtävät ja työvaiheet karsitaan pois. Keskeneräisiä töitä pyritään vähentämään ja toimintaa ennakoimaan paremmin. Tavoitteena on, että virheitä ja hukkaa syntyisi mahdollisimman vähän. (Lecklin & Laine 2009, 281.) Torkkola kirjoittaa, että virheiden määrä tulee saada näkyväksi. Ensimmäisenä pitää kuitenkin tehdä sopimus siitä, millaista asiaa virheenä pidetään. Virheiden analysoinnissa tulee käyttää pareto-sääntöä, jolla tarkoitetaan sitä, että kaksikymmentä prosenttia virheistä aiheuttaa seurauksista kahdeksankymmentä prosenttia. (Torkkola 2015, 202.)

Tarkoitus on tehdä oikeita asioita ja tehdä ne kerralla oikein. Lean määrittelee seitsemän hukkaa. Ne ovat töitä, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. Hukkaa ovat tämän perusteella tarpeeton tuotanto tai liikatuotanto, turha odottelu, tarpeettomat materiaalien ja tuotteiden kuljetukset, tarpeeton tai liikatyö, tarpeeton varastointi, tarpeettomat työntekijöiden liikkumiset ja liikkeet, tarpeettomat virheet, tai työn tekeminen uudelleen, tai päällekkäinen työ. (Modig & Åhlström 2015, 72 – 75.) Lecklin ja Laine (2009, 281- 282.) erottavat toiminnan kehittämisessä viisi erilaista vaihetta. Ne ovat arvon määrittäminen, arvoketjun tunnistaminen, virtauksen mallintaminen, imuohjauksen hyödyntäminen ja prosessin mallintaminen.

Hietikon mukaan tuotantovälineiden tehokas käyttö, pienet varastot ja yksinkertainen tuotanto ovat Lean-ajattelussa tärkeitä periaatteita. Tehokkaan tuotannon ja hankintajärjestelmän avulla saadaan tuotettua edullisia lopputuotteita. Tavoitteena on keskittyä asiakkaalle arvoa tuottaviin toimintoihin. Tuotanto rakentuu hyvin usein JOT – (Just On Time) periaatteelle. Tiimijattelu, selkeät tavoitteet, mittarit ja seuranta ovat johtamisen tärkeimpiä kulmakiviä. Vastuu annetaan operatiivisesta toiminnasta vastaaville, koska sieltä löytyy paras asiantuntemus ongelmanratkaisuun. Lean vaatii monitasoisen ja yritteliään henkilöstön onnistuakseen. Lean – ajatteluun kuuluvat seuraavat termit: asiakassuuntautuneisuus, tiimit, kustannustietoisuus, nollavirheajattelu, keskittyminen materiaali- ja tiedonkulkupro-

sesseihin, rinnakkaissuunnittelu, nopeat ja joustavat toimitusketjut. Päämääränä on henkilöstön voimavarojen saaminen yrityksen käyttöön. (Hietikko 2015, 172 – 173.)

Torkkola (2015, 186 – 191) on tutkinut, miten Lean soveltuu asiantuntijatyön johtamiseen. Lean-johtajan tulisi hänen mielestään tuntea Kingmanin yhtälö ja Littlen laki. Kingmanin yhtälöstä puhutaan silloin, kun mitataan käyttöasteen ja vaihtelun vaikutusta. Yhtälön mukaan läpimenoaika pitenee silloin, jos keskimääräinen käsittelyaika, resurssien käyttöaste tai vaihtelu kasvaa. Littlen lain mukaan keskeneräisen työn määrää tulee rajoittaa. Töiden keston vaikuttavat asiakkaan näkökulmasta katsottuna keskeneräisten töiden lukumäärän lisäksi nopeus, jolla töitä valmistuu. Lean-johtajan viisi tärkeintä työtehtävää Torkkolan (2015, 229) mukaan ovat 1.) paikan päälle meneminen 2.) päiväkokoukset ja muut säännölliset palautetilaisuudet 3.) systeemin suorituskyvyn parantaminen ja osien välisen yhteistyön vahvistaminen 4.) tavoitteiden asettaminen ja vastuiden jalkauttaminen 5.) kouluttaminen ja valmentaminen.

Materiaaliin sitoutuneena olevan pääoman tuotto paranee, kun materiaalien lyhyt kiertoaika saavutetaan. Toimituskyvyn parantumisen jälkeen voidaan ylläpitää parempaa tarjontaa. Resurssit pystytään kohdentamaan tasaisemmin ja tehokkaammin nopeammassa tuotannossa. Tämä on erityisen tärkeää elektroniikkateollisuudessa, jossa tuotteiden kysyntä vaihtelee nopeasti. (Hietikko 2015, 128.)

3.4 Myynti ja markkinointi

Tuote, hinta, jakelu ja viestintä ovat markkinoinnin peruskilpailukeinoja. Palvelujen markkinoinnissa pitää ottaa huomioon myös henkilöstö, prosessit ja fyysiset puitteet. Palvelutilanteessa läsnä olevat muut asiakkaat, sekä asiakas itse, vaikuttavat suuresti markkinointiin. Palveluyrityksen tavoitteet ja voimavarat on huomioitava markkinoinnin kilpailukeinojen suunnittelussa ja toteutuksessa. Yhteistyö eri toimintoja suorittavien osastojen kesken on erittäin tärkeää. Se johtaa pidemmän päälle kykyyn tuottaa asiakkaalle laadukas ja arvoa tuottava palvelu. Sen kehittäminen kokonaisuutena on palvelun tuotteistamista. Lähtökohdiana on asiakkaiden tarpeiden tunnistaminen, sekä lisäksi tavoiteltu asema asiakkaiden mielissä. Näiden lisäksi on hyvin tärkeää huolehtia, että kilpailukeinojen käyttäminen on yhdenmukaista valittujen kohderyhmien kanssa. (Lämsä & Uusitalo 2009, 100 – 101.)

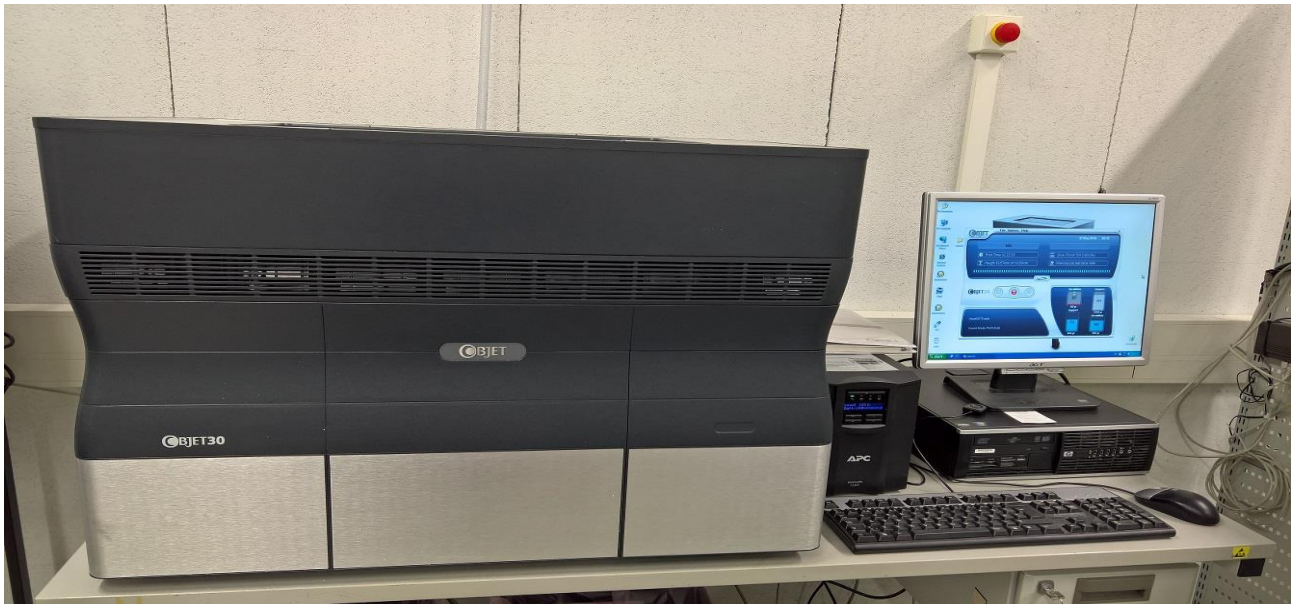
Kotler & Kartajaya & Setiawan (2011, 111 – 116) esittävät markkinoinnissa olevan kymmenen käskyä:

1. Rakasta asiakkaitasi, arvosta kilpailijoitasi.
2. Ole herkkä muutokselle ja valmis muuttumaan.
3. Suojele nimeäsi, tunnista oma identiteettisi.
4. Asiakkaat ovat erilaisia – Lähesty ensin sitä, joka hyötyy liiketoiminnastasi eniten.
5. Tarjoa hyvä kokonaisuus käypään hintaan.
6. Ole aina saatavilla ja levitä hyviä uutisia.
7. Tavoita asiakkaat, pidä heistä kiinni ja kasvata heitä.
8. Liiketoiminta on aina palveluliiketoimintaa.
9. Sääädä liiketoimintaprosessien laatua, kustannuksia ja toimitusvarmuutta.
10. Kerää relevanttia tietoa ja käytä sitä viisaasti.

Tunteet vaikuttavat suuresti ihmisten tekemiin ostopäätöksiin. Kilpailijoita seuraamalla voi löytää heidän vahvuuksia ja heikkouksia, joista on hyötyä itselle. Liiketoimintaympäristö ei pysy samanlaisena. On oltava jatkuvasti valmiina uuteen. Oma tuotemerkki on pystyttävä tuomaan esille kilpailijoita paremmin. On löydettävä ne asiakkaat, joita pystymme auttamaan parhaiten. Hinta/laatu – suhde täytyy pitää kohtuullisena, jotta tuotteet menevät kaupaksi. Asiakkaat pitää oppia tuntemaan henkilökohtaisesti, jotta heitä pystytään palvelemaan mahdollisimman hyvin. Palvelun pitää olla aina vilpittöntä ja empaattista, jotta asiakas saa positiivisen kokemuksen. Asiakkaille annetut lupaukset täytyy aina pystyä täyttämään. (Kotler & Kartajaya & Setiawan 2011, 111 – 116.)

3.5 Objet 30 – tulostimen ominaisuudet

PKC Electronics Oy:llä on Stratasys Objet 30-merkkinen 3D-tulostin. Se painaa yhdeksänkymmentäkolme kiloa. Laite on kahdeksankymmentäkaksi ja puoli senttimetriä leveä, kuuksikymmentäkaksi senttimetriä syvä ja viisikymmentäyhdeksän senttimetriä korkea. Tulostin on sijoitettu laboratorioon pöydän päälle (KUVA 9). Tulostimen edestä oikeasta alareunasta saa avattua luukun tulostusmateriaalipurkeille.



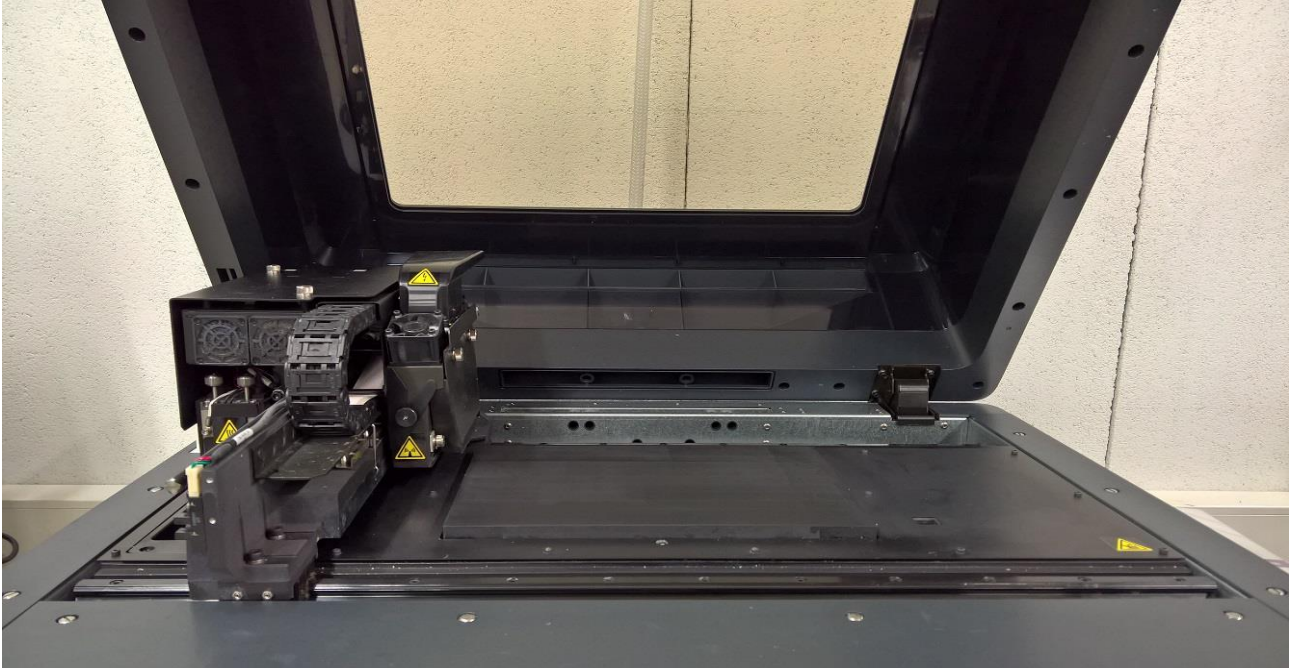
KUVA 9. Objet 30 – tulostin.

Tulostuspäitä Objet 30-koneessa on kaksi kappaletta. Niistä toinen on tukimateriaalille, toinen tulostettavalle mallimateriaalille. Tulostimen mukana tulee Objet Studio – niminen tulostusohjelmisto. Työtiedoston generointi tapahtuu automaattisesti, kuten myös tukimateriaalin työrajojen generointi. Suositeltava tulostimen sijoitus- ja käyttölämpötila on kahdeksastoista asteesta kahteenkymmeneenviiteen asteeseen. Ympäristön kosteuden tulisi olla kolmenkymmenen ja seitsemänkymmenen prosentin välissä. Laitteen tekniset tiedot on esitetty oheisessa taulukossa (TAULUKKO 3).

TAULUKKO 3. Objet 30 tekniset tiedot (Objet 30, 2010).

Tulostusmenetelmä	Objet Polyjet
Rakennekammio mm	300 x 200 x 150 mm
Kerospaksuus	0,028 mm
Resoluutio xyz, dpi	600 x 600 x 900
Print Mode	High Speed 28μ
Tulostusmateriaalin tyyppi	Fotopolymeeri
Tukimateriaali	Pesurilla poistettava
Tukimateriaalin pesulaite	Water Jet System
Tulostuspäät	1 mallimateriaalille ja 1 tukimateriaalille
Tulostusohjelmisto	Objet Studio
Työtiedoston generointi	Automaattinen
Tukimateriaalin työrajojen generointi	Automaattinen
Tulostimen ympäristö	18 - 25 °C, kosteus 30 - 70 %
Tulostimen koko	82,5 x 62 x 59 cm, 93 kg

Koneen rakennekammio (KUVA 10), jonne kappale tulostetaan, on 300 millimetriä leveä, 200 millimetriä syvä ja 150 millimetriä korkea.



KUVA 10. Tulostimen rakennekammio.

Seuraavassa kuvassa (KUVA 11) näkyy tulostusalustalla olevia valmiita tulosteita, jotka voidaan irrottaa alustasta lastan avulla.



KUVA 11. Valmiit tulosteet tulostusalustalla.

Polyjet -tulostimilla voi valmistaa esimerkiksi toiminnallisia prototyyppijä, työkaluja ja näytettäviä konseptimalleja. Menetelmä soveltuu erityisen hyvin kaareville pinnoille ohuen tuloskerroksen ansiosta. (Aipworks.fi.) Alla olevassa kuvassa (KUVA 12) on Objet 30-tulostimella malliksi tulostettu jakoavain, jota voidaan säätää.



KUVA 12. Tulostettu jakoavain.

Tulostusalustalle mahtuu 293 mm x 191 mm x 148 mm kokoinen kappale. Se on tulosteen maksimikoko. Tulostusmenetelmänä Objet 30-tulostimessa käytetään Objet Polyjet – tekniikkaa, josta on kerrottu jo aikaisemmin luvussa 2.1.6 (KUVA 6). Yhden tulostuskerroksen kerrospaksuus on 0,028 millimetriä. Resoluutio, jolla tulostus tapahtuu, on 600 x 600 x 900. Tulostus moodi on High Speed 28 μ . Tulostusmateriaali, jota tulostimessa käytetään, on tyypiltään fotopolymeeri. Tukimateriaali voidaan poistaa vesipesurilla (KUVA 13). Poistamisessa voidaan käyttää Water Jet System – nimistä konetta.



KUVA 13. Vesipesuri.

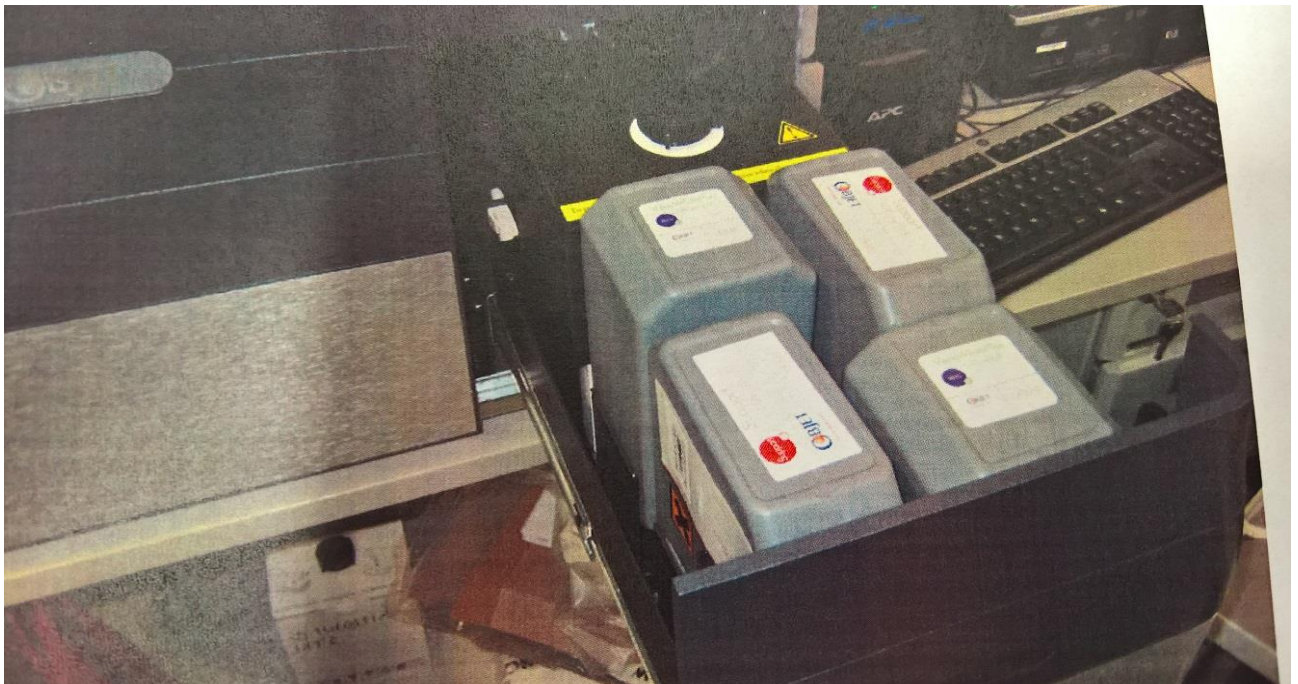
Tulostimeen on saatavilla viittä erilaista materiaalia. Ne on lueteltu seuraavassa taulukossa (TAULUKKO 4).

TAULUKKO 4. Objet 30 tulostimessa käytettävät materiaalit (Objet 30, 2010.)

Materiaali	Materiaalin tyyppi
VeroWhitePlus RGD835	kova
VeroGray RGD850	kova
VeroBlackPlus RGD875	kova
VeroBlue RGD840	kova
DurusWhite RGD430	polypropeeni

Vero – materiaaleja on saatavilla neljää eri väriä: valkoista, sinistä, mustaa ja harmaata. Materiaali on mittatarkkaa, kestäväää ja kovaa. Erittäin hyvin ne soveltuvat pikkutarkkoihin kohteisiin. DurusWhite – materiaalilla voi simuloida hyvin polypropeenia. Tämä soveltuu erityisen hyvin valmistusaineeksi kohteisiin, jossa lujuus, kestävyys, joustavuus ja ulkonäkö ovat tärkeitä. (Aipworks.fi.)

Tulostusmateriaalit tulee säilyttää suljetuissa patruunoissa suojassa auringonvalolta, sekä loisteputkilampuilta (KUVA 14).



KUVA 14. Tulostusmateriaali tulostimessa.

UV – säteily aiheuttaa materiaalille viskositeetin kasvun ja lopulta jähmettymisen, jonka jälkeen niitä ei voi enää käyttää. (Objet 30, 3 – 4.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimuksessa on käytetty niin sanottua triangulaatiota eli useampia menetelmiä valottamaan tutkimusongelmaa. Kysymyksiin on haettu vastauksia käymällä messuilla ja seminaareissa. Tutkimusmatkojen lisäksi on tehty haastatteluita ja kysely. Niiden avulla ongelmaan on saatu vastauksia.

Tutkimus on toteutettu vuosien 2013 ja 2016 välisenä aikana. Yhteensä tutkimuksessa oli mukana 19 henkilöä. Muutamaa myyjää ja kahta suunnittelijaa haastateltiin 1.10.2013 – 15.5.2014 välisenä aikana. Tampereen alihankintamessujen 3D-tulostuksen miniseminaarissa vierailu oli 17.9.2014. Messuilla oli paljon esillä 3D-tulosteiden valmistajia ja laitetoi-
mittajia, sekä joitakin materiaalia lisäävän valmistuksen kouluttajia. Vierailu helpotti kovasti teorian hankkimisessa. Kyselytutkimus tuotekehityksessä tehtiin 19.10.2015 – 11.12.2015 välisenä aikana. Tampereen metallitulostuksen seminaari oli 28.10.2015 – 29.10.2015. Seminaarin yhteydessä haastateltiin erästä kokenutta suunnittelijaa. Helsingin 3D-tulostusseminaarissa vierailtiin 10.11.2015. Seminaareista saatiin paljon, sekä käytännön vinkkejä, että teorian tietoa.

4.1 Tarkoitus ja rajaus

Tutkimuksella on aina oltava jokin tehtävä tai tarkoitus, miksi se tehdään. Tarkoitusta voidaan luonnehtia neljän piirteen perusteella. Se voi olla selittävä, kartoittava, ennustava tai kuvaileva. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 137–138.) Tässä tutkimuksessa on etsitty selityksiä, miksi 3D-tulostin on ollut niin vähäisellä käytöllä. Lisäksi on ollut tarkoitus löytää kehittämiskohteita 3D-tulostimen käyttöön. Työ on tehty keskisuureen elektroniikka-alan yritykseen.

Laadullisen tutkimuksen aineisto on loppumatonta. Sen vuoksi on tärkeää rajata aineisto mahdollisimman tarkasti, jotta työ ei paisu liian laajaksi. (Eskola & Suoranta 2008, 48.) Opinnäytetyö käsittelee materiaalia lisäävän tulostuksen kehittämistä elektroniikkateollisuudessa osaamisen johtamisen näkökulmasta. Työ on rajattu koskemaan PKC Electro-

nics Oy:n tuotekehitystoimintaa. Työssä ei käsitellä 3D-tulostusta kaikkialla elektroniikkateollisuudessa, koska työstä tulisi liian laaja.

4.2 Ongelman asettelu ja rajaaminen

Tutkimus lähtee liikkeelle aina tutkimusongelman asettelusta. Pitää muistaa olla kriittinen. Ongelman asettelu sisältää kysymyksen, tai kysymyksiä, joihin tutkimuksella yritetään hakea vastauksia. (Hakala 2004, 62 – 63.) Tutkimuksen pääongelma on kysymys, jossa hahmotellaan tutkittava kokonaisuus. Lisäkysymykset, eli alaongelmat auttavat saamaan vastauksia myös pääongelmaan. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 128.)

Pääongelmaksi tässä tutkimuksessa on valittu kysymys: ***Miksi 3D-tulostimen käyttöaste on pieni?*** Toive asian selvittämiseksi on tullut työpaikan tarpeesta. Muita lisäkysymyksiä on noussut esille useita:

Voitaisiinko tulostinta hyödyntää mekaniikkasuunnittelun lisäksi esimerkiksi testeri- ja elektroniikkasuunnittelussa?

Osaavatko kaikki käyttää tulostinta?

Mikä estää tulostimen käytön?

Tietävätkö suunnittelijat ja myyjät, millaisia kappaleita meidän 3D-tulostin oikeasti tekee ja mihin se kykenee?

Onko muunlaiselle tulostimelle tai 3D-skannerille mahdollisesti tarvetta?

Ongelman asettelusta on pyritty tekemään mahdollisimman selkeä, jotta aineiston kokoaminen ja analysointikin olisi helpompaa.

4.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Ongelmaa on tutkittu myös käymällä seminaareissa ja alan messuilla, sekä vertailututkimuksella. Kyseessä on empiirinen laadullinen tutkimus. Menetelmänä on käytetty avointa haastattelua yksilöhaastatteluna. Sen lisäksi on tehty kyselytutkimus. Avoimessa haastattelussa tilanne on muistuttanut tavallista keskustelua. Haastattelija ja haastateltava ovat keskustelleet keskenään 3D-tulostuksesta. Haastattelija on tehnyt muistiinpanoja. (Eskola & Suoranta 1998, 64.)

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa puhutaan otoksen sijasta harkinnanvaraisesta näytteestä. Tämä johtuu siitä, että tilastollisten yleistysten sijasta pyritään ymmärtämään jotakin tapahtumaa syvällisemmin. Siinä pyritään myös saamaan tietoa jostakin paikallisesta ilmiöstä, tai etsimään uusia teoreettisia näkökulmia. Hyvin usein haastateltavien määrä näyttää laadullisissa tutkimuksissa Hirsjärven ja Hurmeen mukaan olevan nykyisin viisitoista. (Hirsjärvi & Hurme 2015, 58 – 59.)

4.4 Haastattelu

Haastattelu on periaatteessa keskustelua, mutta haastattelijalla on ohjat. Keskustelusta se poikkeaa siten, että haastattelulla on tavoitteet. Sen avulla pyritään saamaan mahdollisimman päteviä ja luotettavia tietoja tutkittavasta kohteesta. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 207 – 208.) Kvalitatiivisen, eli laadullisen tutkimuksen haastattelumuotoja ovat teema-, lomake, eli strukturoitu- ja avoin haastattelu. Haastattelutyypistä huolimatta kyseessä on aina järjestelmällinen tiedonkeruu. (Vilka 2005, 101.)

Haastattelumuotoja on olemassa useita erilaisia. Lomakehaastattelu tehdään kysymyslomaketta käyttäen. Väitteiden ja kysymysten muoto on siinä ennakkoon määrätty. Avoimessa haastattelussa tutkija ottaa selvää haastateltavan ajatuksista, käsityksistä ja tunteista keskustelun kuluessa. Aihe saattaa jopa muuttua keskustelun aikana. Avoimesta haastattelusta käytetään myös nimityksiä vapaa haastattelu, syvähaastattelu, informaalinen haastattelu, ei-johdettu haastattelu tai strukturoimaton haastattelu. Teemahaastattelu on avoimen ja lomakehaastattelun välimalli. Siinä on tyypillistä, että haastattelun teemat ovat tiedossa, mutta kysymyksiä ei ole tarkasti muotoiltu tai järjestelty. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 208 – 209.) Tässä tutkimuksessa on käytetty hyväksi teemahaastattelua ja avointa haastattelua.

Haastateltavat on valittu työpaikalta sen mukaan, ketkä ovat olleet haastattelu-aikaan töissä. Myyjiltämme on kysytty, onko 3D-tulostuspalvelua myyty, tai tarjottu asiakkaillemme. Jos ei ole ollut, on kysytty syytä, miksi ei ole (LIITE 1).

Kahta suunnittelijaa, jotka ovat käyttäneet tulostinta, on haastateltu myös. Heidän käyttökokemuksiaan on kysytty. Heiltä on kysytty, onko tulostusprosessissa ilmennyt ongelmia

tai haasteita. Heiltä on kysytty myös, mitä vaadittaisiin, jos alettaisiin myymään tulostuspalvelua talon ulkopuolelle (LIITE 1).

Tampereen seminaarissa on haastateltu erästä suunnittelijaa, joka on ollut vuosia Objet – tulostimen kanssa tekemisissä. Hän tiesi paljon myös metallien tulostamisesta. Haastattelu muistutti vapaata keskustelua, joka nauhoitettiin.

4.5 Kysely

Kyselyn avulla voidaan kerätä laaja tutkimusaineisto. Menetelmä on tehokas, koska se säästää tutkijan aikaa. Sama kysely voidaan lähettää yhdellä kertaa suurelle joukolle. Kyselyn huonoja puoliakin löytyy. Ei voida tietää, vastaavatko tutkittavat rehellisesti kysymyksiin. Myös väärinymmärryksiä saattaa sattua. Hyvien kysymysten laatiminen vie tutkijalta aikaa. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 195.)

Kysely (LIITE 2) lähetettiin sähköpostilla lyhyen saatekirjeen kera. Kyselyyn vastaamiseen annettiin aikaa viikko. Mikäli vastausta ei saatu ajallaan, laitettiin vielä uusi posti muistin virkistämiseksi.

Esitetyt kysymykset:

- 1.0. *Oletko hyödyntänyt meillä testilaboratoriossa olevaa 3D – tulostinta?*
 - 1.1. *Jos olet, mihin käyttötarkoitukseen? Mitä tai millaisia kappaleita olet tulostanut?*
 - 1.2. *Jos et ole, miksi et ole käyttänyt?*
- 2.0. *Olisiko meillä tarvetta erilaiselle tulostimelle? Millaiselle?*
- 3.0. *Pystyisitkö hyödyntämään työssäsi metallitulostinta?*
 - 3.1. *Mitä tulostaisit?*
 - 3.2. *Mitä mahdollisuuksia mielestäsi 3D-tulostus eli materiaalia lisäävä valmistus voisi yrityksellemme tuoda?*
- 4.0. *Onko tarvetta saada pienoismalli tai pikamalli ennen lopullisen tuotteen valmistusta?*
- 5.0. *Onko meillä mielestäsi tarvetta 3D-skannerille?*
 - 5.1. *Mihin pystyisit työssäsi hyödyntämään 3D-skanneria?*
- 6.0. *Tuleeko vielä jotakin muuta aiheeseen liittyvää mieleen tai mitä ajatuksia heräsi?*

5 TUTKIMUSTULOKSET

Aineistoa voidaan analysoida erilaisilla menetelmillä. Ne voidaan jakaa selittämiseen ja ymmärtämiseen pyrkivään. Yleensä valitaan sellainen analyysi, jonka avulla saadaan parhaiten vastaus ongelmaan. Tavallisimpia menetelmiä ovat teemoittelu, sisällönerittely, tyyppittely, keskustelu- ja diskurssianalyysi. Tulosten analyysin jälkeen seuraa selitys ja tulkin- ta. Aineistosta esiin nousevat merkitykset täytyy selkiyttää. Tuloksia täytyy pohtia ja tehdä johtopäätöksiä. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 224 - 229.)

5.1 Suunnittelijoiden haastattelut

Haastattelut aloitettiin haastatteleamalla mekaniikkasuunnittelijaa, joka on saanut 3D- tulostimen käyttökoulutuksen laitteen valmistajalta. Sen jälkeen haastateltiin toista meka- niikkasuunnittelijaa, jonka tiedettiin joskus myös tehneen joitakin tulostustöitä. Haastattelu- tilanteet olivat luonteeltaan rentoja ja normaalin keskustelun omaisia. Haastateltavilta ky- syttiin seuraavat kysymykset:

1. *Mitä kaikkea tulostimella on tähän saakka valmistettu?*
2. *Millaisia käyttökokemuksia sinulla on 3D-tulostimen käytöstä?*
3. *Mitä kaikkea tulostimella voisi valmistaa?*
4. *Minkävärisiä tulosteita on mahdollista tulostaa?*
5. *Mitä vaaditaan, jotta tulosteita voitaisiin ryhtyä markkinoimaan talon ulkopuolelle?*
6. *Onko suunnittelussa joitakin rajoitteita?*

Kysymyksiin saatiin haastateltavilta suunnittelijoilta (S1 ja S2) seuraavanlaisia vastauksia:

Olemme valmistaneet kaapeleille valumuotteja. Kustannus on ollut 1/10 oi- keista muoteista. Oikeat muotit olisivat maksaneet 10 000€, tulostettu muotti 1000€. (S1)

Paikallisille konepajoille voisi tulostaa esimerkiksi pienoismalleja isoista ko- neista. (S1)

Valkoisen värin lisäksi on saatavilla myös mustaa, punaista ja sinistä. Ongel- mana on, että väriä vaihdettaessa ainetta menee noin puoli litraa hukkaan.

Uudella värillä pitäisi pystyä tulostamaan paljon, jotta värinvaihto kannattaa. (S1)

Asiakkaille pitää kertoa tiedostomuoto, missä muodossa tulostimelle pitää lähettää tiedosto. (S2)

Kappaleen pitää olla yhtenäinen, umpinainen kappale, eli solid-malli. Jos kappaleen sisällä on reikiä, tulee kappaleen liitoskohtien olla varmuudella kiinni toisissaan. Jos piirustuksessa on aukkoja, tulostin ei ymmärrä, mitä sen pitää tehdä, esimerkiksi pyöreästä pallosta saattaa tulla kantikas. Resoluutio pitää osata määrittää oikeanlaiseksi. Mikäli pyöreä kappale piirretään vain kolmesta eri viivasta, tulostin ei välttämättä tulosta pyöreää. (S2)

Jos tulostuspalvelua aletaan myydä ulospäin, tarvitaan hyvät ohjeet, jotta tulostinta osaa käyttää muutkin, kuin laitevalmistajan antaman koulutuksen käynyt henkilö. Lisäksi tarvitaan myös pikaohje tulostimen käyttämiseen ja puhdistamiseen, sekä valmiin kappaleen puhdistusohje. (S2)

Molemmat suunnittelijat pitivät erittäin tärkeänä sitä, että tuote tai tulostuspalvelu täytyy osata hinnoitella oikein.

Mallintamiselle pitää olla oma hintansa ja ongelmatiedostojen korjaamiselle omansa. (S2)

Meidän tulostimella tulostettavat kappaleet ovat hauraita, eivätkä kestä kovaa räsytystä tai vääntöä. Materiaali on lasimaista ja menee sen vuoksi helposti rikki. Ajan oloon kappaleet haurastuvat ja saattavat muuttaa muotoaan (liian kosteaa tai liian kuivaa). Jauhemalli kestää mielestäni enemmän esimerkiksi porausta. (S2)

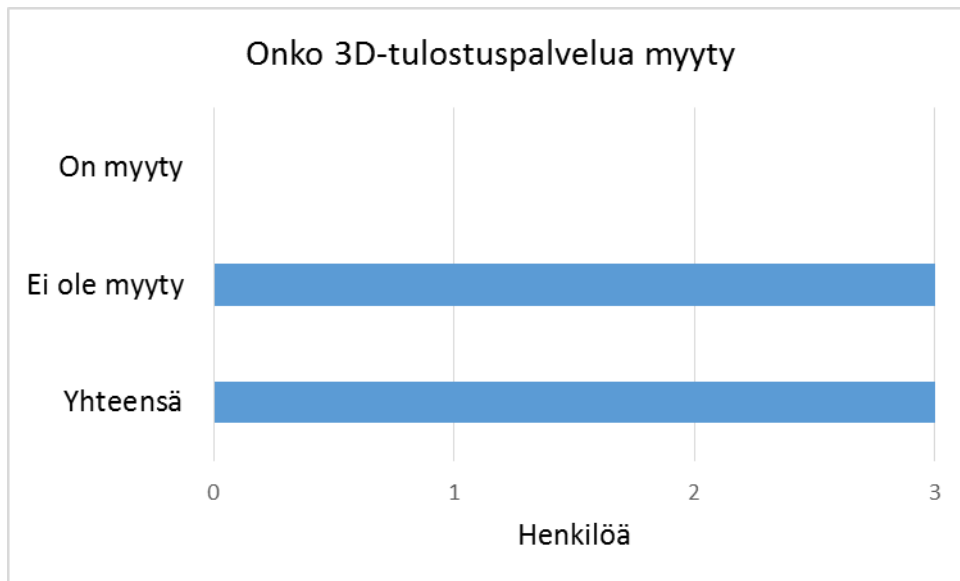
Kannattaisi tutkia, saako tuohon meidän tulostimeen muita materiaaleja. Pitää myös selvittää, että mihin käyttöön nuo meidän tulostimella tulostetut kappaleet on oikeasti suunniteltu? (S2)

Tulosteita ei aina valmistetakaan yrityksen omalla tulostimella. Haastattelun aikana selvisi, että mekaniikkaostajat ovat tilanneet 3D-tulosteita usein joltakin toiselta firmalta. Syynä on ilmeisesti ollut erilainen materiaalityyppi.

5.2 Myyjien haastattelut

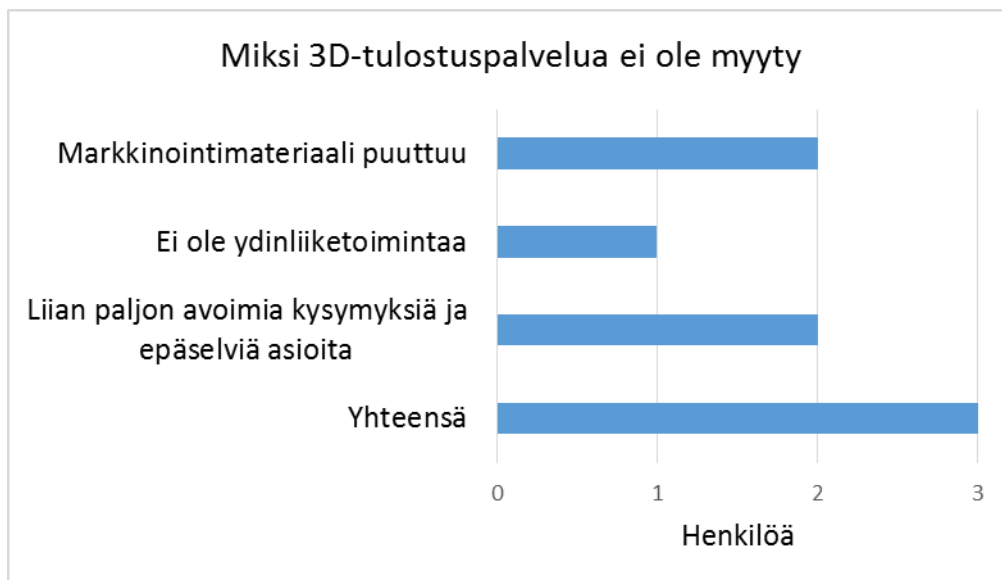
Yrityksen myyjistä haastateltiin 60 % eli 3 henkilöä (M1, M2, M3). Heiltä kysyttiin, onko 3D-tulostuspalvelua myyty, tai tarjottu asiakkaillemme. Jos ei ole myyty, kysyttiin syytä, miksi

ei ole (LIITE 1). Oheisesta kuvasta (KUVA 15.) selviää, että kukaan haastatelluista myyjistä ei ollut vielä tarjonnut palvelua asiakkaille.



KUVA 15. Onko 3D-tulostuspalvelua myyty.

Kaksi (M1 ja M2) kolmesta (KUVA 16) ilmoitti syyksi sen, että on liian paljon avoimia kysymyksiä ja epäselviä asioita.



KUVA 16. Miksi 3D-tulostuspalvelua ei ole myyty.

Jos tulostuspalvelua lähdetään tarjoamaan talon ulkopuolelle, pitää myyjillä olla selvillä pitkä lista asioita:

1. Hinta?
2. Minkä kokoisia kappaleita voidaan tulostaa?
3. Mistä materiaaleista voidaan tulostaa?
4. Toimitusaikataulu eli kuinka kauan valmistukseen menee aikaa?
5. Mitkä ovat käytettävissä olevat henkilöresurssit? (Toimistohenkilö laskutukseen, tuotannonsuunnittelu hoitamaan ajoitus, operaattori hoitamaan valmistusprosessi, mahdollisesti mekaniikkasuunnittelija korjaamaan mahdolliset virheet).
6. Mitkä ovat 3D-tulostimella tulostetun ja SAL-kappaleen erot?
7. Kumpi materiaali on lujempi, tulostettu vai koneistamalla tehty?
8. Molempien materiaalien, eli 3D-tulosteen tai koneistetun kappaleen hyödyt ja haitat?
9. Millaiset käyttötarkoitukset 3D-tulostetulla kappaleella voisi olla?

Kolmas (M3) oli sitä mieltä, että ei kannata lähteä myymään palvelua, koska se ei ole ydinliiketoimintaa. Hän oli kuitenkin sitä mieltä, että toki kannattaisi kartoittaa lähialueen tulosmahdollisuudet.

Kaksi (M1 ja M2) myyjistä on kaivannut markkinointimateriaalia, joka helpottaisi myyntityötä. Kehitysideana yksi haastateltavista ehdotti tehtäväksi myynnille uusia työkaluja. Näitä ovat: **3D-tulostimen myyntiesite ja markkinointivideo**. Niistä tulisi selvittää, mitä kaikkea käytössä olevalla tulostimella pystytään tekemään. Yksi (M2) ehdotti tehtäväksi mallitulostetta, jossa olisi pieniä reikiä ja saranoita. Se helpottaisi ehkä hahmottamaan, mihin materiaali soveltuu.

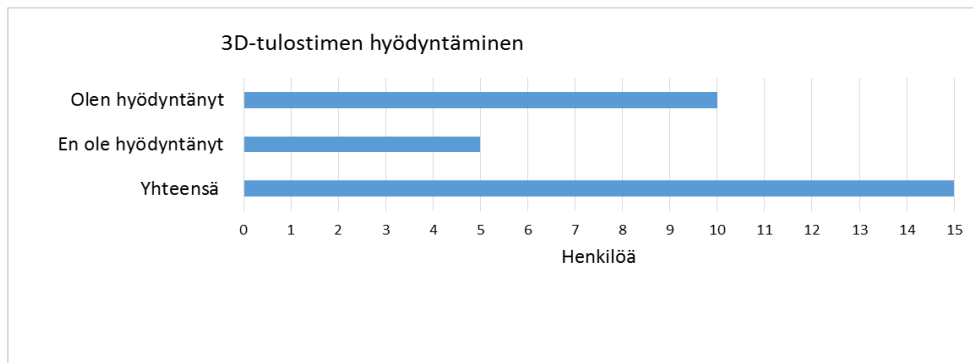
5.3 Kysely

Kysely lähetettiin kahdellekymmenelle henkilölle sähköpostitse (LIITE 2). Viisitoista on vastasi. Vastausprosentiksi muodostui näin ollen 75 %. Kyselyyn annettiin viikko vastausaikaa. Aluksi vastauksia tuli sen verran vähän, että jouduttiin laittamaan muistutusposti. Sen jälkeen vastauksia saatiin hyvin. Kysely tehtiin tuotekehityksen henkilöstölle. Joukossa oli elektroniikka-, mekaniikka- ja testaussuunnittelijoita, sekä projektin vetäjiä. Jokaisesta tiimistä vastasi vähintään kaksi henkilöä. Otanta muodostui sillä perusteella, ketkä olivat kyselyn teon aikaan työpaikalla. Muutamia henkilöitä oli tutkimuksen aikaan lomalla. Tä-

män vuoksi heitä ei otettu mukaan kyselyyn, jotta tutkimuksen tekeminen ei kohtuuttomasti viivästy.

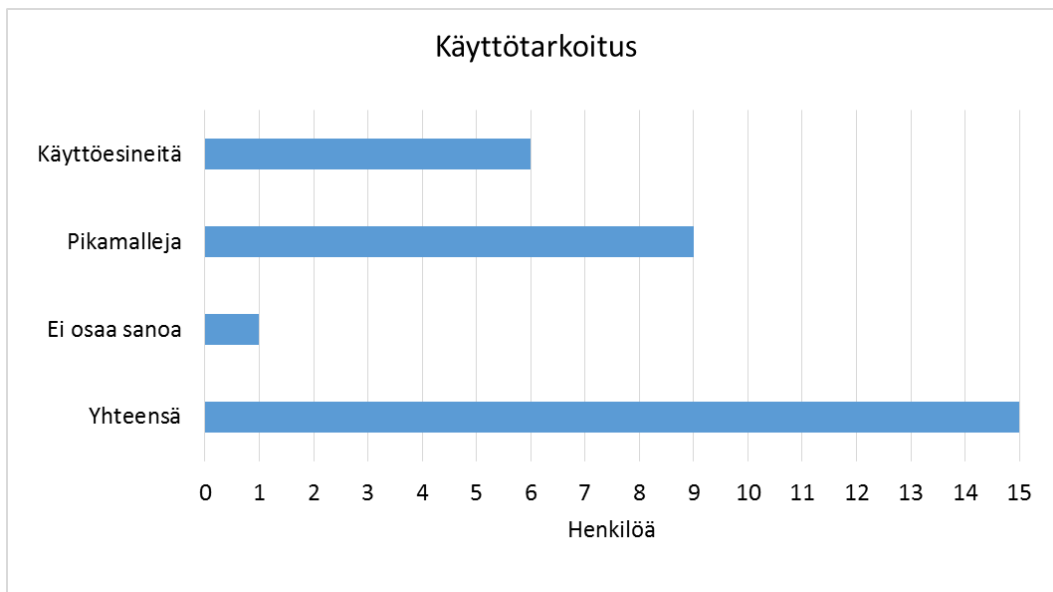
5.3.1 Kyselyn tulokset

Ensimmäisenä kysyttiin: **Oletko hyödyntänyt meillä testilaboratoriossa olevaa 3D-tulostinta?** Viidestätoista kyselyyn vastaajasta (V1 – V15) kymmenen oli hyödyntänyt 3D-tulostinta (KUVA 17).



KUVA 17. 3D-tulostimen hyödyntäminen.

Viisi vastaajaa (V3, V5, V9, V10 ja V13) ei ollut itse hyödyntänyt. Kaksi vastaajista (V9 ja V10) ei ollut itse hyödyntänyt, mutta oli ollut mukana projektissa, jossa tulostinta oli hyödynnetty. Seuraavaksi kysyttiin: **Jos olet hyödyntänyt 3D-tulostinta, mihin käyttötarkoitukseen? Mitä tai millaisia kappaleita olet tulostanut?** Kuusi henkilöä (V1, V4, V6, V8, V9 ja V15) vastasi tulostaneensa käyttöesineitä (KUVA 18).

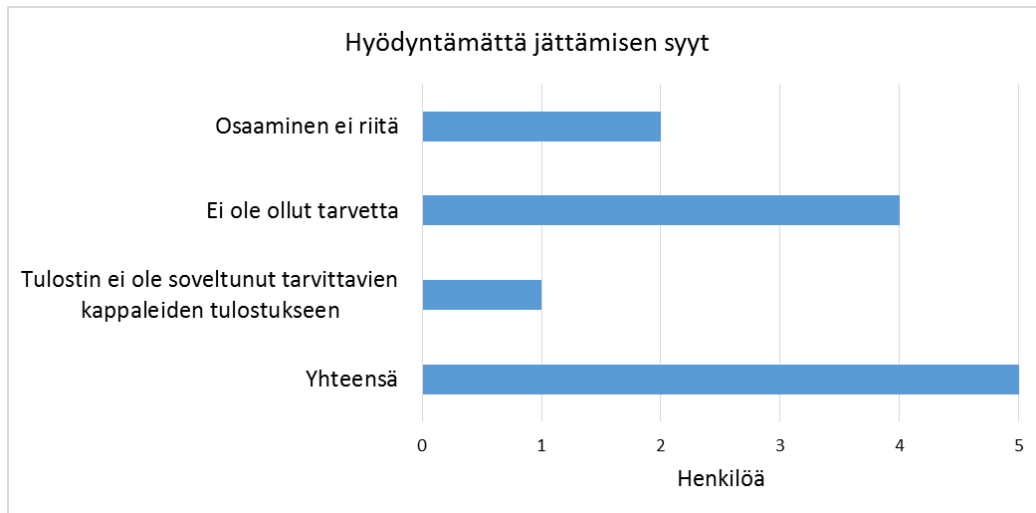


KUVA 18. Käyttötarkoitus.

Esimerkkejä näistä tulosteista olivat puhelimen kuoren irrotustyökalut, dummy – puhelimet, valojohteiden pidikkeet, testerin osat ja näppäinhatut.

Yhdeksän (V1, V4, V6, V7, V8, V11, V12, V14 ja V15) vastaajista oli tulostanut pikamalleja. Oli mallinnettu esimerkiksi valukoteloita, mekaniikkaosia ja muovisen päätykappaleen muoviosia. Yksi vastaajista (V14) kertoi kiinnittäneensä tulosteeseen sähköisiä komponentteja, joiden avulla testaus oli saatu suoritettua loppuun.

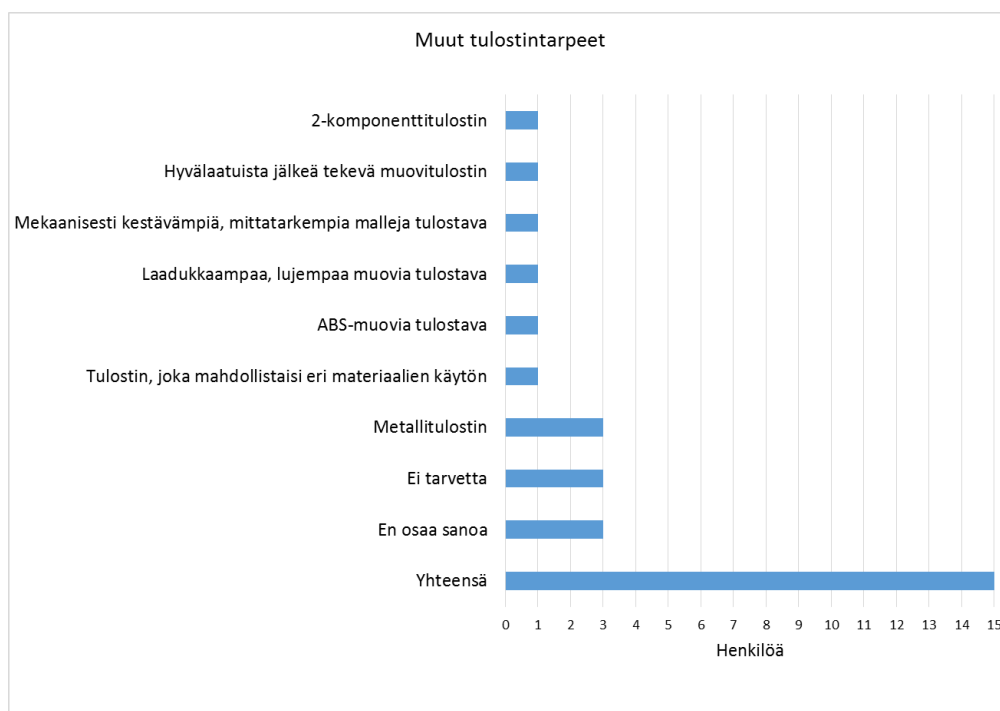
Yksi (V2) ei osannut sanoa, mitä oli tulostanut. Ilmeisesti aikaa tulostuksesta oli kulunut sen verran kauan, että tuloste asia oli päässyt unohtumaan. Tämän jälkeen kysyttiin: **Jos et ole hyödyntänyt 3D-tulostinta, miksi et ole?** Oheisessa kuvassa (KUVA 19) on esitetty tulokset.



KUVA 19. Hyödyntämättä jättämisen syyt.

Kaksi vastaajista (V5 ja V10) kertoi, että ei ole käyttänyt tulostinta puutteellisen ammattitaidon vuoksi. Neljä vastaajaa (V3, V5, V12, V13) kertoi, että ei ole ollut tarvetta tulosteille. Yksi vastaajista (V13) oli sitä mieltä, että käytettävissä oleva tulostin ei ole soveltunut tarvittavien kappaleiden tulostamiseen. Tämän vuoksi hän ei ollut tulostinta hyödyntänyt.

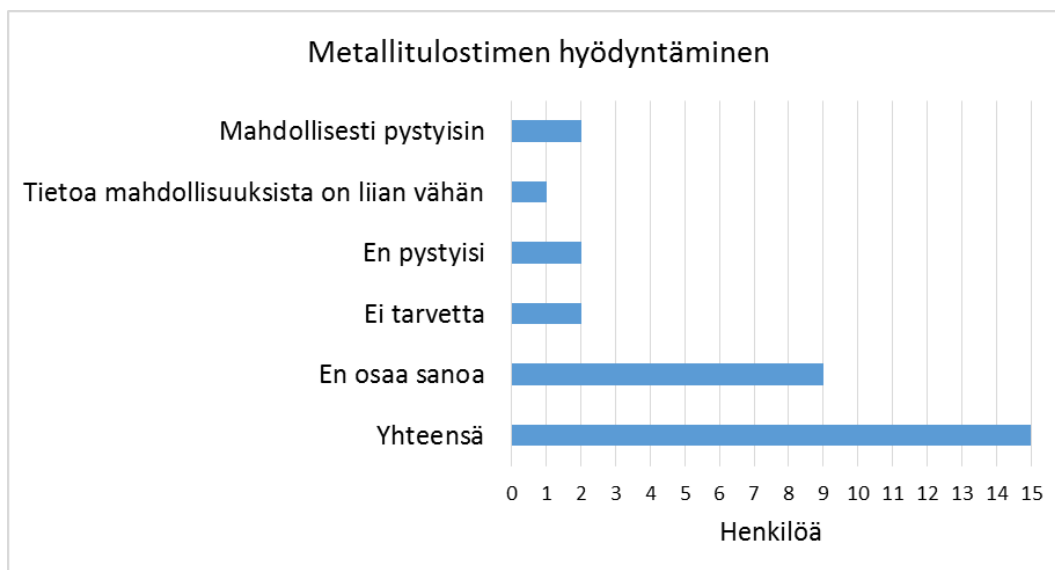
Seuraavaksi tiedusteltiin: ***Olisiko meillä tarvetta erilaiselle tulostimelle? Millaiselle?*** Tähän kysymykseen saatiin monenlaisia vastauksia. Alla olevassa kuvassa (KUVA 20) on esitetty graafisessa muodossa, miten vastaukset jakautuivat.



KUVA 20. Muut tulostintarpeet.

Yksi vastaajista (V8) oli sitä mieltä, että 2-komponenttitulostimelle olisi ollut tarvetta. Toinen (V1) oli sitä mieltä, että hyvälaatuista jälkeä tekevä tulostin olisi hyvä. Kolmannen (V10) mielestä tarvitaan mekaanisesti kestävämpiä ja mittatarkempia malleja tulostava tulostin. Neljäs (V2) halusi laadukkaampaa ja lujempaa muovia tulostavan tulostimen. Viidenelle (V7) kelpaisi ABS-muovitulostin. Kuudes (V14) tarvitsisi tulostinta, joka mahdollistaisi erilaisten materiaalien käyttämisen. Metallitulostinta oli vailla kolme vastaajaa (V1, V4 ja V13). Kolmen (V3, V5 ja V15) mielestä tarvetta muunlaiselle tulostimelle ei ole lainkaan. Kolme (V6, V9 ja V12) ei osannut kommentoida mitään tähän kysymykseen.

Tämän jälkeen tiedusteltiin metallitulostustarpeesta. Kysymys oli aseteltu muotoon: ***Pystyisitkö hyödyntämään työssäsi metallitulostinta?*** Vastaukset on esitetty tiivistetyssä muodossa oheisessa kuvassa (KUVA 21).

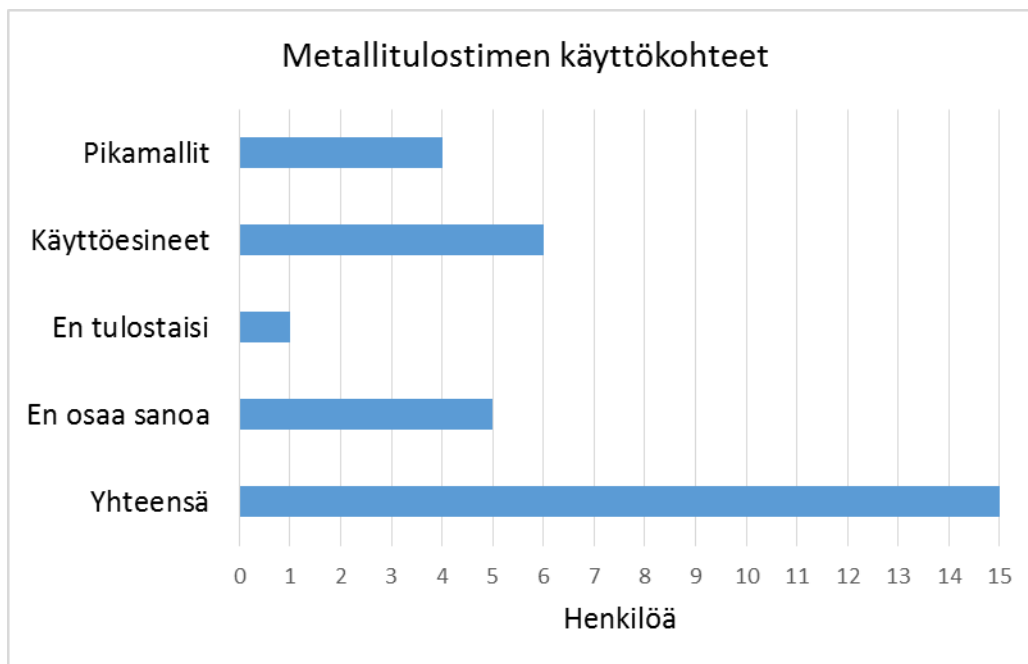


KUVA 21. Metallitulostimen hyödyntäminen.

Kaksi (V6 ja V15) viidestätoista vastaajasta oli sitä mieltä, että pystyisi mahdollisesti hyödyntämään metallitulostinta omassa työssään. Yksi vastaaja (V10) epäili tietävänsä liian vähän metallitulostuksen mahdollisuuksista pystyäkseen hyödyntämään. Kaksi vastaajista (V10 ja V11) oli sitä mieltä, että ei pystyisi hyödyntämään metallitulostinta

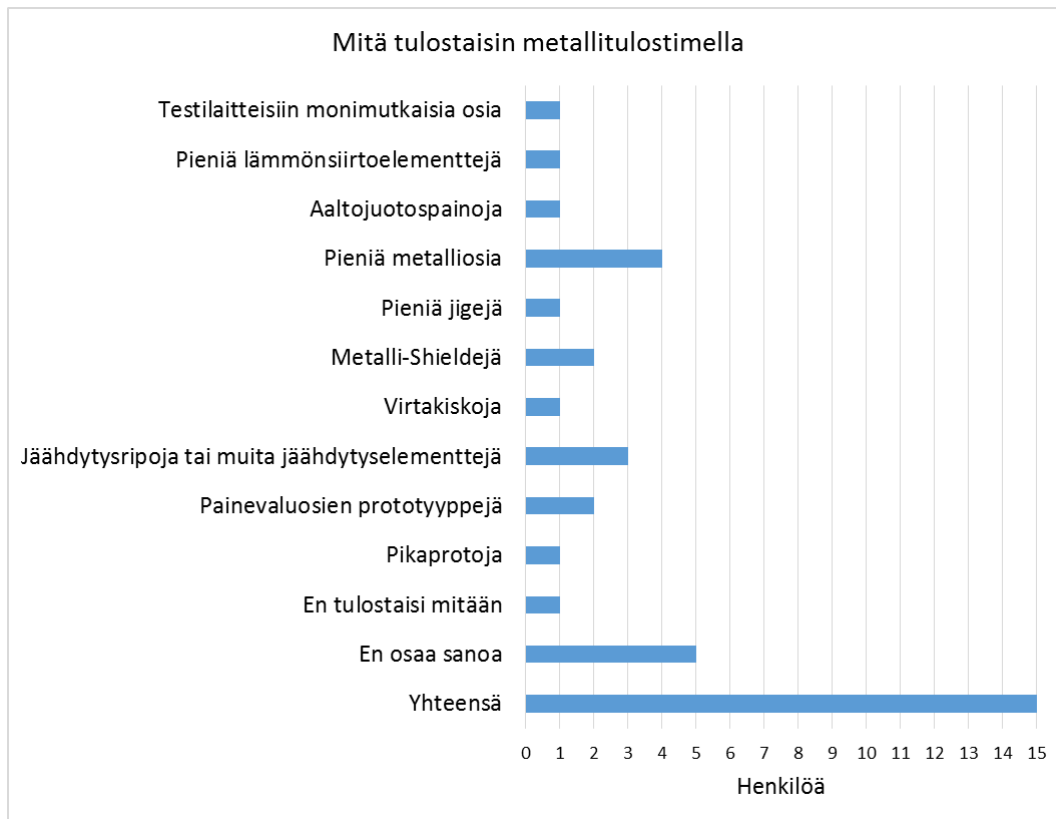
mitenkään. Kaksi (V3 ja V12) puolestaan vastasi, että ei koe metallitulostinta tarpeelliseksi. Peräti yhdeksän vastaajista ei osannut kommentoida kysymykseen mitään.

Seuraavaksi kysyttiin: **Jos meillä olisi metallitulostin, mitä tulostaisit?** Seuraavassa kuvassa (KUVA 22) on esitetty vastaukset kysymykseen yleistetyllä tasolla.



KUVA 22. Metallitulostimen käyttökohteet.

Neljä vastaajaa (V1, V7, V10 ja V12) aikoi tulostaa metallitulostimella pikamalleja tai pikaprotoja. Kuusi vastaajaa (V4, V6, V8, V10, V13, ja V15) ilmoitti tulostavansa erilaisia käyttöesineitä, kuka mihinkin tarkoitukseen. Viisi henkilöä (V3, V5, V9, V11 ja V14) ei osannut sanoa, tulostaisiko mitään tai jos tulostaisi, niin mitä. Yksi vastaajista (V2) ei aikonut tulostaa mitään, koska hän pystyy tekemään kaiken tarvittavan koneistamalla. Seuraavassa kuvassa (KUVA 23) esitetään tarkemmin graafisessa muodossa käyttökohteita metallitulostimen hyödyntämiseen.



KUVA 23. Mitä tulostaisiin metallitulostimella.

Viidestätoista vastaajasta yksi (V15) tulostaisi testilaitteisiin monimutkaisia osia. Syyksi ilmoitettiin, että tulostamalla tehtyjen kappaleiden avulla saataisiin muutettua testilaitteen rakennetta kestävämmäksi ja kevyemmäksi.

Yksi vastaaja (V13) tulostaisi metallitulostimella pieniä lämmönsiirtoelementtejä. Samassa yhteydessä henkilö kuitenkin mainitsi, että samat tarpeet tulevat tyydytetyiksi myös perinteisellä menetelmällä.

Vastaajista yksi (V8) tekisi aaltojuotospainoja, jos mahdollisuus metallien tulostamiseen olisi olemassa. Nykyisellä tekniikalla kyseisten painojen tekeminen on haastavaa, koska niihin pitää tehdä työstöjä useasta suunnasta. Neljä (V6, V7, V10 ja V13) vastasi, että tulostaisi pieniä metalliosia. Pieniä jigejä tulostaisi yksi vastaaja (V6), mikäli hinta olisi sopiva. Kaksi vastaajaa (V4 ja V12) tulostaisi metalli-shieldejä. Niistä olisi apua prototestien aikana. Shieldien avulla voisi säätää tuotteen EMC – ominaisuuksia.

Voisi kokeilemalla yrittää löytää parasta mahdollista muotoa/kokoa osalle (V12).

Yksi vastaaja (V4) pystyisi hyödyntämään metallitulostinta tekemällä virtakiskoja. Niistä olisi apua suurivirtaisissa tuotteissa.

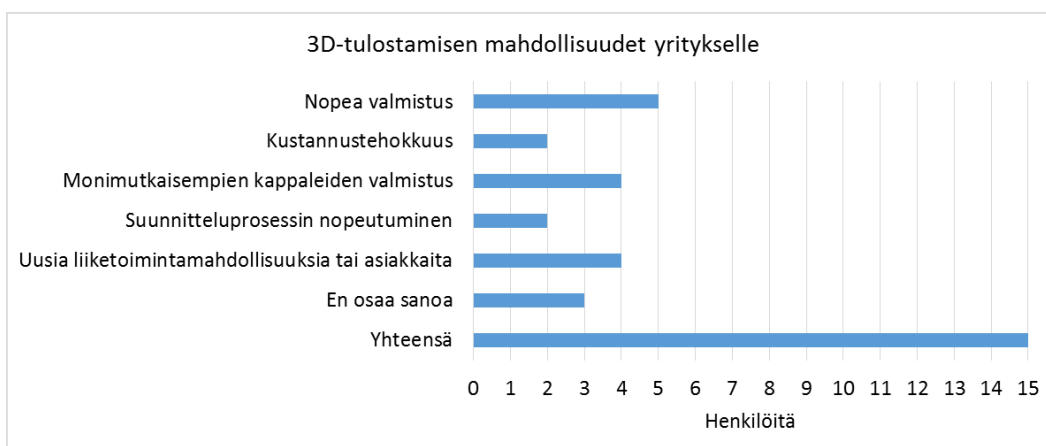
Kolme vastaajaa (V4, V12 ja V13) haluaisi tehdä jäähdytysripoja tai muita jäähdytysselementtejä metallitulostimella. Erityisesti prototestien aikaan tuotteen jäähdytysominaisuuksia saatetaan joutua säätämään.

Kaksi vastaajista (V7 ja V10) ilmoitti, että tulostaisi metallista painevaluosien prototyyppejä.

Esimerkiksi ennen valumuotin tilaamista, osan toiminnollisuuden varmistamiseen (V7).

Yksi vastaajista (V1) ilmoitti tulostavansa pikaprotoja. Hän ei sen tarkemmin eritellyt, min-kälaisia tai mihin tarkoitukseen. Yksi vastaaja (V2) ilmoitti, että ei aikonut tulostaa mitään. Viidestätoista viisi (V3, V5, V9, V11 ja V14) ilmoitti, että ei osaa sanoa.

Tämän jälkeen udeltiin kehitysmahdollisuuksista. Kysymys oli asetettu muotoon: **Mitä mahdollisuuksia mielestäsi 3D-tulostus eli materiaalia lisäävä valmistus voisi yrityksellemme tuoda?** Oheisessa kuvassa (KUVA 24) on esitetty vastaajien pohtimia 3D-tulostuksen mahdollisuuksia yritykselle.



KUVA 24. 3D-tulostamisen mahdollisuudet yritykselle.

Viisi vastaajaa (V7, V9, V11, V13 ja V14) oli sitä mieltä, että tulostusprosessin nopeus tuo etua. Kahden (V1 ja V10) mielestä kustannustehokkuus olisi mahdollisuus.

Joissain tapauksissa myös kappaleen toimitusaika on pienempi, kuin koneistettavan osan. Tuotteisiin voidaan tehdä koteloita ja suoja, jos valmistusmäärät ovat vähäiset. (V11)

Neljä vastaajaa (V1, V10, V14 ja V15) oli sitä mieltä, että 3D-tulostusmenetelmällä pystytään tekemään monimutkaisempia kappaleita.

3D -tulostuksella voisi tulostaa sellaisia kappaleita, jotka ovat muilla valmistusmenetelmillä kalliita, tai mahdottomia valmistaa. (V1)

Kaksi henkilöä (V9 ja V11) koki suurena mahdollisuutena sen, että suunnittelusta saataisiin vieläkin nopeampaa. Suunnittelija voisi myös tehdä enemmän kokeiluja.

3D -tulostaminen mahdollistaa nopeita protoja ja malleja, jolloin design voidaan hahmottaa paremmin käytännössä. (V9)

Tuotteesta saa käsin kosketeltavan mallin lähes suoraan suunnitteluohjelmasta. Mallilla näkee helposti sen sopivuuden ja ergonomian. Myös asiakkaan tuotteesta saadaan malli, jolla sen sopivuus voidaan testata meidän tuotteeseen. (V11)

Neljä vastaajaa (V3, V5, V12 ja V14) pohti, että tulostus voisi tuoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia tai jopa uusia asiakkaita.

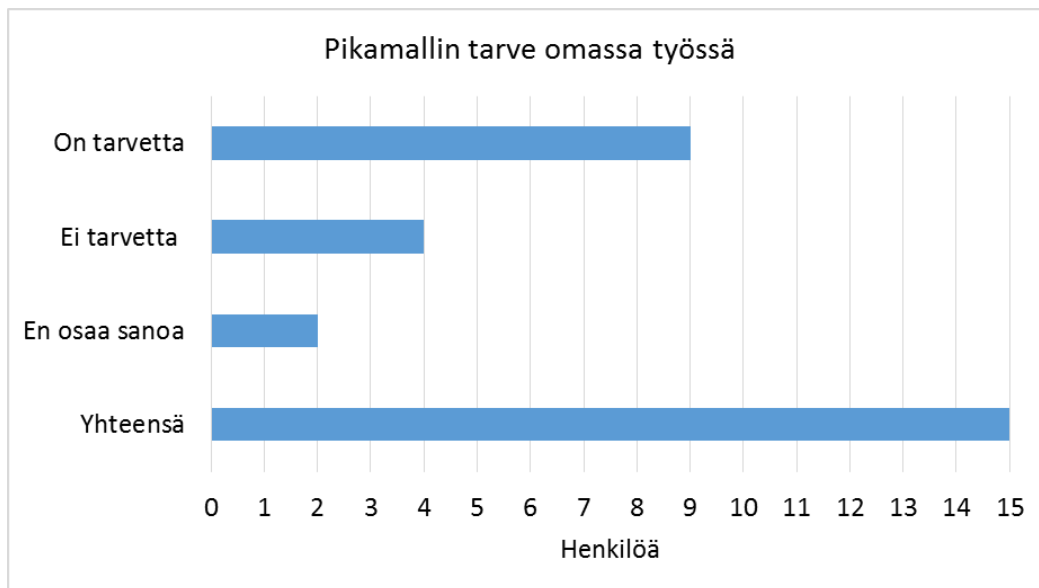
Voisimme markkinoida 3D -tulostusta ulkopuolelle ja myydä palveluja ulkopuolisille. (V5)

Monimutkaisten mallien luominen nopeasti voisi tuoda etuja kovassa kilpailutilanteessa. Tulostimen markkinointi voisi poikia uusia asiakkaita. (V14)

Jos suunnittelua ja ajatusmallia suunnittelun takana muutettaisiin, voisi se avata mahdollisuuksia tälle valmistusmenetelmälle. (V3)

Kolme vastaajaa (V4, V6 ja V8) ei osannut sanoa, toisiko 3D-tulostus uusia mahdollisuuksia.

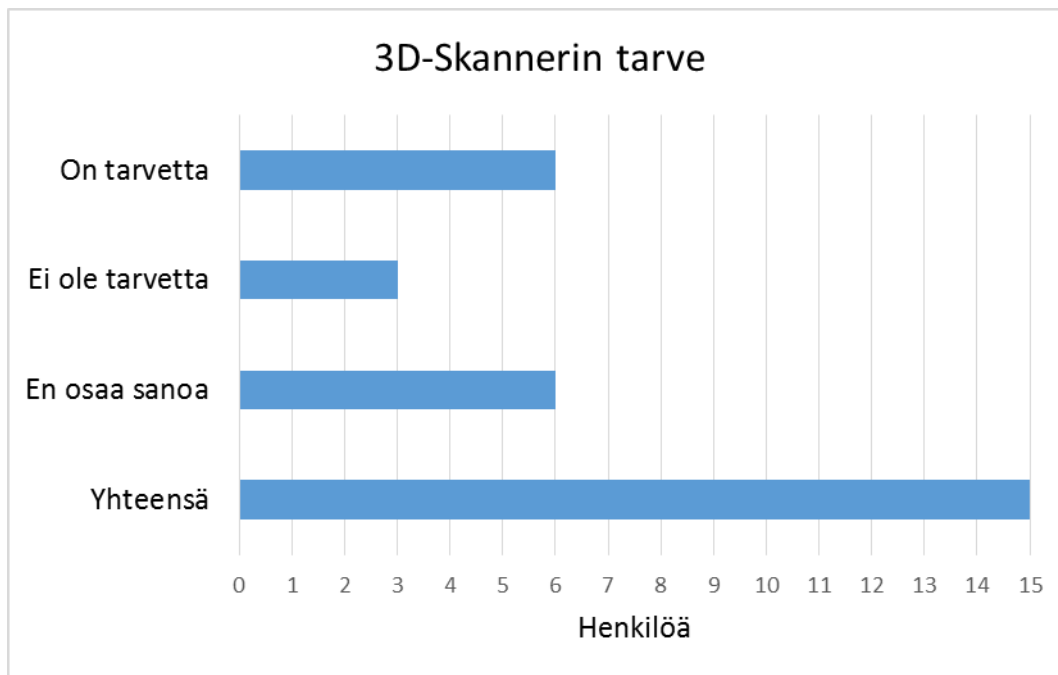
Seuraavaksi kysyttiin pikamallin tarvetta omassa työssä: **Onko tarvetta saada pikamalli ennen lopullisen tuotteen valmistusta?** Vastaukset näkyvät oheisessa kuvassa (KUVA 25).



KUVA 25. Pikamallin tarve omassa työssä.

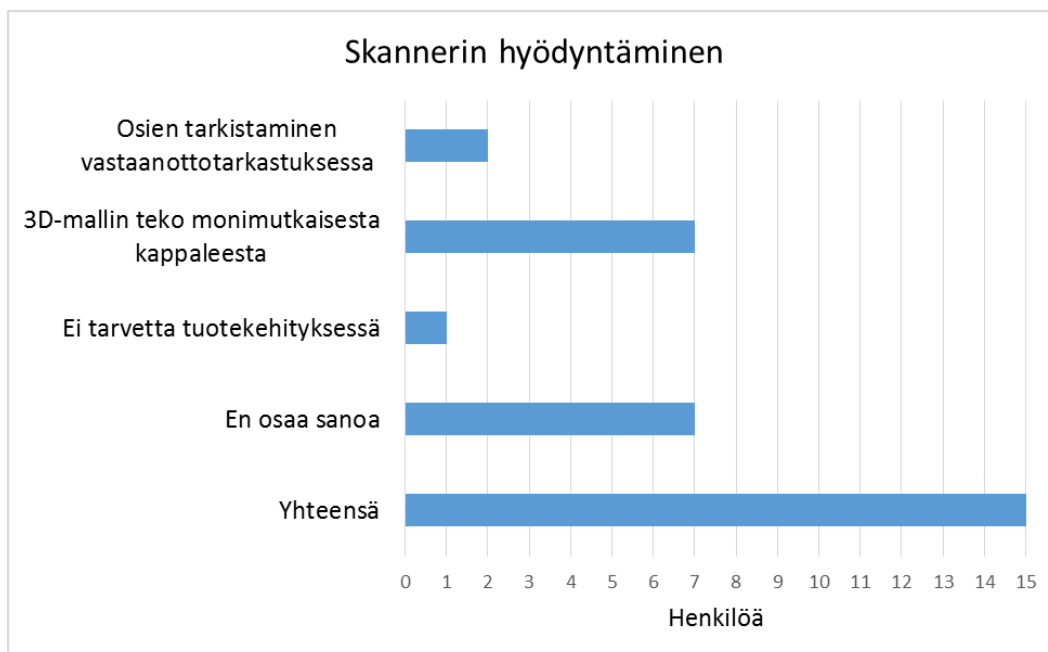
Peräti yhdeksän vastaajaa (V1, V4, V6, V7, V8, V9, V10, V11 ja V13) viidestätoista oli sitä mieltä, että pikamallille on omassa työssä tarvetta. Neljä vastaajaa (V3, V12, V14 ja V15) sitä vastoin oli sitä mieltä, että tarvetta ei ole. Kaksi vastaajista (V2 ja V5) ei osannut sanoa, olisiko mahdollisesti tarvetta.

Seuraavaksi kysyttiin tarvetta 3D-skannerille. Kysymys kysyttiin muodossa: **Onko meillä mielestäsi tarvetta 3D-skannerille?** Yhteenveto tuloksista on esitetty oheisessa kuvassa (KUVA 26).



KUVA 26. 3D-Skannerin tarve.

Viidestätoista vastaajasta kuusi (V1, V2, V3, V8, V10 ja V12) koki, että tarvetta olisi. Kolmen (V5, V13 ja V14) mielestä tarvetta 3D -skannerille ei ole. Peräti kuusi (V4, V6, V7, V9, V11 ja V15) ei osannut sanoa, olisiko tarvetta. Tämän jälkeen tiedusteltiin, mihin skanneria käytettäisiin, jos sellainen olisi. Kysyttiin: ***Mihin pystyisit työssäsi hyödyntämään 3D-skanneria?*** Tulokset on esitetty yhteenvetona alla olevassa kuvassa (KUVA 27).



KUVA 27. Skannerin hyödyntäminen.

Kaksi vastaajaa (V2 ja V10) viidestätoista käyttäisi 3D-skanneria vastaanottotarkastuksessa osien tarkistamiseen tai mittaamiseen.

Vastaanottotarkistuksessa voisivat tarkistaa nykyään mahdottomat mitattavat osat. (V2)

Seitsemän vastaajaa (V1, V2, V8, V10, V11, V13 ja V15) skannaisi tehdäkseen 3D-mallin jostakin monimutkaisesta kappaleesta.

Joskus, kun teemme esimerkiksi messulaitteita, niin meillä ei ole käytössä 3D-fileä, vaan mallinamme sen itse työntömitan avulla. Se on aikaa vievää ja epätarkkaa. (V1)

Yksi vastaaja (V15) pohti, että suunnittelussa 3D-skannerilla voitaisiin ensin mallintaa sellaiset tuotteet, joihin asiakkaalla ei ole ollut toimittaa 3D-mallia.

Saataisiin esimerkiksi painintappien jakauma ja paikoitus hoidettua helpommin, kuin käsin tutkimalla. (V15)

Yhden (V7) mielestä skannerille ei olisi minkäänlaista tarvetta tuotekehityksessä. Peräti seitsemän vastaajaa (V3, V4, V5, V6, V9, V12 ja V14) ei osannut sanoa, mihin skanneria voisi hyödyntää. Viimeisenä kysyttiin: ***Tuleeko vielä jotakin muuta aiheeseen liittyvää mieleen? Mitä ajatuksia heräsi?***

Seitsemällä vastaajalla (V1, V3, V7, V8, V9, V10 ja V12) oli vielä kommentteja annettavana. Yksi vastaaja (V3) oli sitä mieltä, että tällä hetkellä ei ole tarvetta minkäänlaiselle tulostimelle. Kuitenkin tulevaisuudessa voi hyvinkin olla tarvetta, kunhan tulostimien hinnat tulevat sopivalle tasolle.

Eräs potentiaalinen uusi asiakas olisi tarvinnut 3D-tulostusta. En tiedä, mihin homma lopulta kaatui, mutta epäilen, että meidän nykyinen tulostin ei ollut heidän tarpeisiin riittävän hyvä. (V12)

Samainen vastaaja (V12) oli sitä mieltä, että jos tulostuspalvelua halutaan ryhtyä myymään, täytyisi hankkia nykyaikaisempi 3D-tulostin.

En tiedä, että tiedostetaanko ja hyödynnetäänkö tulostuksen mahdollisuuksia riittävästi. (V9)

Eilisen mahdottomuudesta voi tulla yllättävänkin mahdollista ja soveltamiskelpoista. (V10)

Useammankin mielestä ainetta vastaavan teknologian kehitystä ja mahdollisuuksia pitää seurata säännöllisesti, koska tekniikka kehittyy nopeasti eteenpäin.

Tulostusmuovi, jota nykyisessä laitteessa käytetään, on suhteellisen haurasta. Sillä ei voi tulostaa osia, jotka tulevat kovaan käyttöön. Lisäksi nykyisen tulostimen apuaineen poistaminen on työlästä ja hidasta riippuen tietenkin tulosteen rakenteesta. Laite on myöskin niin vähällä käytöllä, että sen tulostusvalmiuteen saamiseen menee aikaa. Pari kertaa on myös käynyt niin, että se ainoa henkilö, joka käyttöönoton hallitsee, on juuri tarpeen ilmaantuessa ollut lomalla. (V8)

Kahdeksan vastaajaa (V2, V4, V5, V6, V11, V13, V14 ja V15) ei kommentoinut enää mitään tähän viimeiseen kysymykseen.

5.4 Seminaarihaastattelu

Tampereen metallien 3D-tulostusta käsittelevän seminaarin jälkeen haastateltiin erästä suunnittelijaa, joka on työskennellyt vuosia Objet – tulostimen parissa. Haastattelusta haluttiin saada vastauksia joidenkin Objet 30-tulosteiden haurausongelmaan, sekä lisätietoa muun muassa metallitulostimista ja skannereista. Haastattelu oli keskustelua, joka nauhoitettiin ja litteroitiin jälkeensä. Haastattelu kysymyksineen ja vastauksineen löytyy tutkimuksen liitteenä (LIITE 3).

Haastattelussa selvisi, että PKC:n Objet 30 – tulostimella tulostettuja kappaleita voi puhdistaa veden lisäksi lipeäliuoksella. Ennen lipeäkäsittelyä poistetaan mekaanisesti kaikki tukiaine, mikä lähtee. Sen jälkeen tuloste laitetaan muutamaksi tunniksi sopivan vahvuiseen lipeäliuokseen. Tukimateriaali liukenee ja puhdistaa tummentumat pois. Lipeä ei tunkeudu tulosteen loppumateriaaliin, vaan pehmittää ainoastaan tukiaineen pois. Lopuksi tulostuskappaleelle täytyy kuitenkin tehdä vielä vesipesu. Lipeäkäsittely on työläämpi, kuin vesipesuri, mutta joskus prosessi on perusteltua tehdä. Vedellä ei saa aina poistettua

kaikkea tukimateriaalia. Jos tulosteen pintaan jää tukiainetta, se voi alkaa hapettua ajanlooon. Musta materiaali on vähän helpompi puhdistaa, koska UV – valo ei pääse menemään niin syväälle, kuin valkoisessa materiaalissa. (LIITE 3.)

Jos tulostettu kappale maalataan, se pitää ensin hioa. Sen jälkeen täytyy tehdä pohjamaalaus ja välihionta. Vasta sen jälkeen voidaan maalata automaalilla suihkepullosta. Kappaleista saadaan hienomman näköisiä maalaamalla. (LIITE 3.)

Objet 30 -tulosteet eivät ole niinkään käyttötuotteita, vaan tarkoitettu pikamalleiksi. Suunnittelija suositteli käyttötuotteiden tulostamiseen pulverinailonia. Sen materiaaliarvot ovat paljon vakaammat. Toisaalta, Objetilla on nykyään olemassa uudempia koneita, joilla pystytään tulostamaan monimateriaaleja. Esimerkiksi kovia ja pehmeitä materiaaleja pystytään sekoittamaan. (LIITE 3.)

Suunnittelijalta kysyttiin myös käyttökokemuksia 3D – skannerista. Hän vastasi, että se tekee kyllä STL – muotoisen tiedoston. Yleensä sitä ei kuitenkaan voi suoraan käyttää, vaan sitä joutuu muokkaamaan, jotta tiedosto saadaan tulostuskelpoiseksi. Esimerkiksi, jos kappaleessa on reikä, niin skannatessa se ei ole oikeasti reikä. Ongelmana skanneissa on se, että se tekee kolmioverkkoja. Suora pinta ei ole oikeasti suora, vaan lähes suora kolmioverkko. Käyttö vaatii opiskelua. (LIITE 3.)

5.5 Vastaavatko tulokset tutkimuksen pääongelmaan

Tutkimuksella saatiin vastauksia kysymyksiin. Tutkimuksen pääongelma oli määritelty kysymykseen: **miksi 3D-tulostimen käyttöaste on pieni?** Suurimpana ongelmana oli se, että henkilöstöllä oli puutteelliset tiedot ja taidot. Mikäli henkilöstö olisi koulutettu heti tulostimen saavuttua yritykseen, olisi käyttöastekin todennäköisesti paljon suurempi. Myyjät olisivat voineet helpommin markkinoida tulostinta asiakkaille, jos markkinointimateriaali olisi ollut olemassa.

Myös alaongelmiin löytyi vastauksia. Ensimmäinen alaongelma oli: **voitaisiinko tulostinta hyödyntää mekaniikkasuunnittelun lisäksi esimerkiksi testeri- ja elektroniikkasuunnittelussa?** Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että 3D-tulostinta voitaisiin käyttää

hyödyksi testeri- ja elektroniikkasuunnittelussa. Tämä vaatisi kuitenkin erilaista tulostinta. Toiveena oli metallitulostin.

Kysymykseen **osaavatko kaikki käyttää tulostinta**, saatiin tutkimuksella vastaus: eivät osaa. Jotta nykyisen tulostimen käyttöastetta saataisiin nostettua, tulisi henkilöstöä kouluttaa.

Kolmas alaongelma oli: **mikä estää tulostimen käytön?** Puutteellisten tietojen ja osaamisen lisäksi tulostusmateriaali osoittautui rajoittavaksi tekijäksi. Olemassa olevaan tulostimeen saa vain muutamaa materiaalia, joita ei voi jokaiseen paikkaan käyttää hyödyksi. Objet 30 – tulostin olisi mahdollista vaihtaa uudempaan, johon olisi tarjolla parikymmentä erilaista materiaalia. Metalleja varten tarvittaisiin kokonaan eri tulostin. Tulostimien hinnat ovat tulleet reilusti alaspäin.

Neljänneksi alaongelmaksi määriteltiin kysymys: **tietävätkö suunnittelijat ja myyjät, millaisia kappaleita meidän 3D-tulostin oikeasti tekee ja mihin se kykenee?** Tähänkin kysymykseen saatiin vastaus: kaikki eivät tiedä. Koulutus korjaisi tämänkin ongelman.

Onko muunlaiselle tulostimelle tai 3D-skannerille mahdollisesti tarvetta? Tämä oli viides alaongelma. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että ilmeinen tarve on olemassa. Useimmat tutkituista henkilöistä nostivat esille parempilaatuisen muovitulostimen. Myös metallitulostin tuli useasti esille. Skannerillekin tuntui löytyvän tarpeita. Käyttökohteita löydettiin myös tuotannon puolelta vastaanottotarkastuksesta.

5.6 Yhteenveto tuloksista

Tuloksista poimittiin syitä, miksi 3D-tulostimen käyttöaste on niin pieni. Esille nousseita syitä löytyi useita. Ne on esitetty oheisessa taulukossa (TAULUKKO 5).

TAULUKKO 5. Yhteenveto tuloksista.

Ei ole ollut tarvetta.

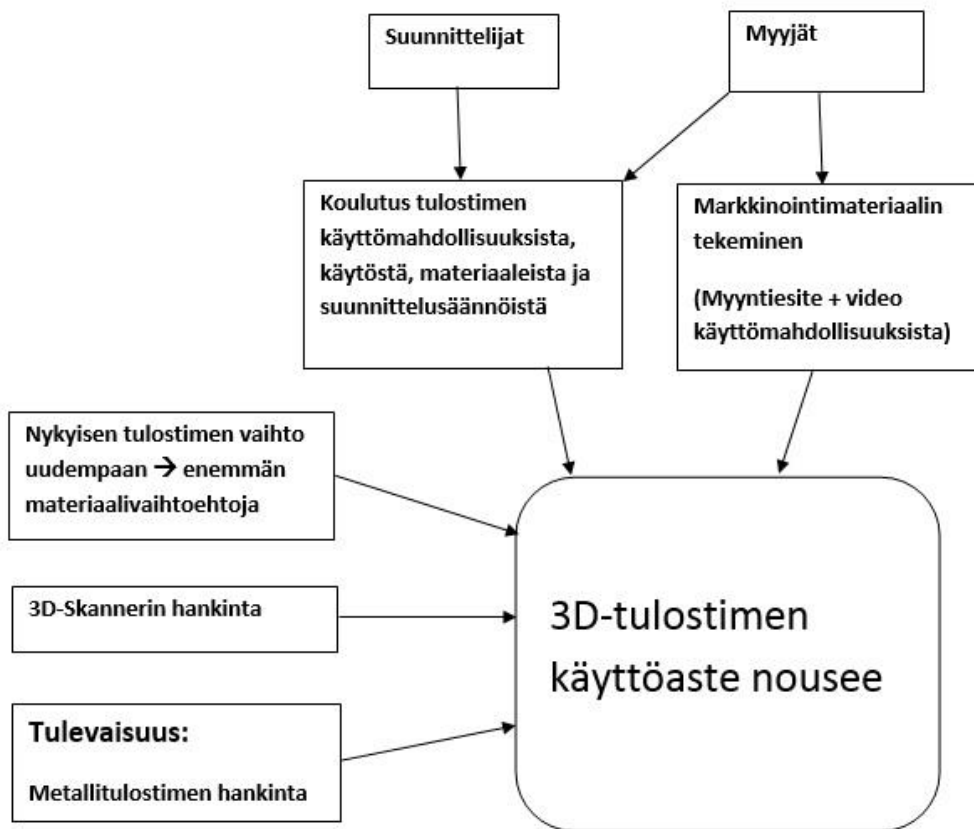
3D-mallinnusohjelman käyttöosaaminen puuttuu.
3D-tulostinta ei osata käyttää.
Ei tiedetä, mihin 3D-tulosteita voisi käyttää.
Puutteelliset ohjeet, tai niiden puute.
Virheelliset käsitykset.
Vääränlainen tulostusmateriaali.
Ei ole ydinliiketoimintaa.
Tulosteita tilataan muualta sisäiseen tarpeeseen.
3D-skannerin puute.
Resurssien puute.

Pieneen käyttöasteeseen saatiin listattua kaikkiaan yksitoista erialaista syytä. Yleistettynä syynä käyttämättömyyteen on ollut muun muassa tietojen ja taitojen puuttuminen.

5.7 Tutkijan näkemys, keskeisin tulos

Tutkimuksessa nousi vahvasti esille osaamisen kehittämisen tarve. Puutteita löytyi niin tiedoissa, kuin taidoissakin. Ei tiedetty, mihin tulostinta kannattaisi käyttää tai miten tulostinta käytetään. Tuotekehityksen henkilöstölle olisi hyvä pitää tulostimen käyttökoulutus. Tulostimen käyttäjälle on opinnäytetyön lomassa valmistunut ”Tulostimen käytön pika-opas”, jonka avulla tulostamisessa pääsee alkuun. Osalla tuotekehityksen henkilöistä löytyi puutteita ainetta lisäävän valmistuksen perusteista. Esimerkiksi ei ollut tiedossa, että 3D-tulostimella ei ole tarkoitus korvata olemassa olevia menetelmiä. Tarkoitushan on nimittäin valmistaa sellaisia kappaleita, joita ei muilla menetelmillä pystytä tekemään. Toki voidaan valmistaa myös koneistettavissa olevia osia. Siihen ei kuitenkaan kannata ryhtyä, jos kappale pystytään koneistamalla tekemään edullisemmin.

Objet 30 -tulostimella valmistettavat tulosteet ovat pääasiassa tarkoitettu pikamalleiksi. Mikäli tulosteita on tarkoitus käyttää esimerkiksi kännykän kuorina, kannattaa tulostettu kappale pinnoittaa esimerkiksi automaalilla. Se ei kuitenkaan saa olla materiaalia syövyttävää. 3D-tulostimen käyttömahdollisuuksista olisi hyvä pitää jonkin asteinen tietoisuus. Myyjien ja projektinvetäjien työtä helpottaisi, jos 3D-tulostimesta olisi olemassa markkinointimateriaali. Toiveena oli, että tehtäisiin video ja esite. Tutkimuksen tulos on esitetty oheisessa kuvassa (KUVIO 3).



KUVIO 3. Tutkimuksen tulos.

Nykyisen tulostimen käyttöaste saadaan nousemaan, kun annetaan myyjille ja suunnittelijoille koulutus. Heidän tulisi tietää käytettävissä olevat materiaalit ja niiden ominaisuudet. Mikäli skanneri hankitaan, tarvitsee senkin käyttöön pienen koulutuksen, jotta suurin hyöty saataisiin irti. Myös suunnittelusäännöt tulee käydä läpi. Myyjille pitäisi kouluttamisen lisäksi tehdä markkinointimateriaali.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen ydinasia on analysoida, tulkita ja tehdä johtopäätöksiä kerätystä aineistosta. Analyysivaiheessa yleensä selviää, minkälaisia vastauksia ongelmiin saadaan. (Hirsjärvi & Remes & Sajavaara 2013, 221.) Tavoitteena laadullisessa tutkimuksessa on luoda aineistoon selkeyttä ja tuottaa uutta tietoa tutkittavasta kohteesta lisäämällä aineistoon informaatioarvoa analyysin avulla. Tulkintojen tekeminen on tutkimuksen ongelmallinen vaihe, koska sitä ei ole ohjeistettu. Tulkitseminen riippuu tutkijan tieteellisestä mielikuvituksesta. Laadullisen analyysin ja tulkinnan tekemiseen on olemassa kaksi lähestymismallia. Ensimmäisessä mallissa tulkinnat perustuvat tiivistä aineistoon. Toisessa tavassa tutkija käyttää aineistoa teoreettisen ajattelun lähtökohtana, apuvälineenä tai tulkinnan lähtökohtana. (Eskola & Suoranta 1998, 138 - 145.) Tässä tutkimuksessa sovellettiin ensimmäistä tapaa.

Tässä tutkimuksessa tultiin osittain samoihin tuloksiin, kuin Hanhela (2015, 22) on päässyt. Hän on opinnäytetyönään tekemässään tutkimuksessa tutkinut materiaalia lisäävän valmistuksen käyttöä Pirkanmaalaisissa yrityksissä vuonna 2015. Yrityksille tehdyssä kyselyssä selvisi, että materiaalia lisäävässä valmistuksessa pitäisi parantaa muun muassa tulostimen tulostusnopeutta, tulostettavan materiaalin ominaisuuksia, valmistettavien kappaleiden pinnanlaatua, ohjelmistojen käytettävyyttä, tulostushintaa ja materiaalivalikoimaa.

Tässä tutkimuksessa nousi myös esille tulostettavan materiaalin ominaisuudet ja niiden parantaminen. Yksi haastateltavista vastasi, että materiaali on lasimaista ja menee sen vuoksi helposti rikki.

PKC Electronics Oy:llä on valmistettu enemmän pikamalleja, kuin käyttöesineitä. Suurin osa Hanhelan (2015, 23) kyselyyn vastanneista yrityksistä taas suunnitteli enimmäkseen lopputuotteiden valmistamista materiaalia lisäävällä menetelmällä. Toiseksi eniten yritykset tekivät erilaisia markkinointi- ja muita malleja. Valumuotteja ja prototyyppjejä eivät yritykset kovin paljoa valmistaneet.

Hanhelan (2015, 24) tekemässä tutkimuksessa selvitettiin myös yritysten 3D-tulostus osaamista ja koulutustarvetta. Lähes kaikki kyselyyn vastanneet arvelivat tarvitsevansa koulutusta materiaalia lisäävään valmistuksen saralla. Suurimpana koulutustoiveena esitet-

tiin laitteiden käyttökoulutus. Toiseksi nousi yleiskoulutus, joka sisältäisi teknologian valinnan, suunnittelun ja käytön. Vastaajista suurin osa kaipasi sellaista koulutusta, jossa käydään läpi yleisellä tasolla 3D-tulostusta ja olemassa olevia materiaaleja ja tekniikoita.

Tässä tutkimuksessa nousi myös vahvasti esille osaamisen kehittämisen tarpeet. Kyselyyn vastanneet henkilöt ovat suorittaneet mielessään tiedoistaan ja taidoistaan itsearviointia vastatessaan. Itsearviointi edellyttää kriittistä ajattelua. Täytyy pystyä arvioimaan, miten osaamiselle määritellyt kriteerit ja vaatimukset toteutuvat omassa työssä ja niissä suoriutumisessa. (Hätönen 2005, 40 – 41.)

Osaamisen merkitys yksilölle ja organisaatiolle on suuri. Monimutkainen, jatkuvasti muuttuva ympäristö vaatii ihmisiltä työssään moniosaamista ja kokonaisuuden hallintaa. Se vaatii myös sellaista osaamista, jossa yhdistyvät niin teoreettinen tieto, kuin käytännön kokemus. Osaaminen tulee ymmärtää yksilön ja organisaation voimavarana. Jatkuva uudistuminen ja tavoitteiden saavuttaminen edellyttävät osaamista. Organisaatiossa osaaminen ei ole ainoastaan yksilöiden tietojen ja taitojen yhteenlaskettu summa. Se rakentuu organisaation käytäntöihin, tietovarantoihin ja prosesseihin. (Hätönen 2005, 7.)

Luovuudella, erikoistumisella, taidoilla ja innovaatioilla saavutetaan kilpailuetua. Kaikkeen tarvitaan mahdollisuutta oppia uutta, sekä taitoa käyttää opittua tietoa. Kehittämisessä oleellista on vahvistaa pätevyyskäsitteitä. Myös oppimisilmapiiristä pitää tehdä luonteva. Jotta uuden oppiminen olisi mahdollista, tulee oppimisen esteet poistaa. Tulevaisuutta ajatellen tulisi osata löytää ne osaamisalueet ja avaintekijät, jotka tulevat olemaan tärkeimpiä. Kun ne ovat löytyneet, niitä tulee alkaa kehittää. Organisaatiokulttuurin muovaamisessa osaaminen on erittäin tärkeä työkalu. Erityisesti silloin, kun aletaan miettiä millaista osaamista kullakin työntekijällä tulisi olla. (Hätönen 2005, 7.)

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa luotettavuuden kriteeri pääasiassa on tutkija itse. Luotettavuuden arviointi koskee koko tutkimusprosessia. Kvalitatiiviset tutkimusraportit voivat olla henkilökohtaisia ja sisältää tutkijan omaa pohdintaa. Sen vuoksi validiteetti ja reliabiliteetti eivät sellaisenaan sovellu kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuuden perusteiksi. (Eskola & Suoranta 1998, 152.) Aineiston tulkinnan voidaan sanoa olevan reliabeeli silloin, kun se ei sisällä ristiriitaisuuksia. Mielestäni ristiriitaisuuksia ei tästä tutkimuksesta löydy. Aiheena materiaalia lisäävä valmistus on hyvin ajankohtainen. Laadullis-

ten aineistojen arvioinnissa kannattaa kiinnittää huomiota aineistojen yhteiskunnalliseen merkittävyyteen ja riittävyteen, analyysin kattavuuteen, arvioitavuuteen ja toistettavuuteen. (Eskola & Suoranta 1998, 154 – 156.)

Reliaabeliudella tarkoitetaan, että samaa henkilöä tutkittaessa saadaan jokaisella tutkimuskerralla sama tulos. Jos sama kysely tehtäisiin uudelleen, olisivat vastaukset todennäköisesti samansuuntaisia. Tulos voi myös olla reliaabeli, jos kaksi arvioitsijaa päätyy samanlaiseen tulokseen. Reliaabelius voidaan myös määritellä kolmannella tavalla: tutkimus on reliaabeli, jos kahdella rinnakkaisella tutkimusmenetelmällä saadaan sama tulos. (Hirsjärvi & Hurme 2015, 186.)

Aineiston riittävyttä ja analyysin kattavuutta on myös pohdittava. Tämän tutkimuksen aineisto on riittävä, koska kyselyvastauksia oli viisitoista. Näiden lisäksi tehtiin haastatteluita, joilla saatiin samansuuntaisia tuloksia. Laadullisessa tutkimuksessa on vaikea ennalta määrätä riittävää aineiston kokoa. Eräs vaihtoehto on saturaatio. Se tarkoittaa sitä, että aineisto on riittävä, jos uudet tapaukset eivät enää tuota uutta tietoa. On havaittu, että noin viisitoista vastausta on riittävä määrä. (Eskola & Suoranta 1998, 154 – 156.)

Laadullisessa tutkimuksessa validiteetin arvioimisella tarkoitetaan sekä kerättyjen aineistojen, että niistä tehtävien tulkintojen arviointia. Onko aineisto valittu oikein, jotta voidaan mahdollisimman hyvin ja osuvasti vastata tutkimuskysymyksiin. (Ruusuvoori & Nikander & Hyvärinen 2010, 26.) Tulokset voisi mielestäni yleistää koskemaan kaikkien uusien laitteistojen käyttöönottoa. Mikäli yritykseen ostetaan mikä tahansa uusi laite, kannattaa koko henkilöstölle antaa koulutus, jotta laitteesta saadaan täysi hyöty irti. Henkilöille, joiden työnkuvaan laite ei varsinaisesti kuulu, voisi antaa lyhemmän tietoisuuden.

Seminaarihaastattelussa (LIITE 3) paljastui, että Objektilla tulostettuja kappaleita voisi kokeilla liottaa lipeäliuoksessa. Valmistajalta voi kysellä tarkempia ohjeita. Liotuksen jälkeen tukimateriaali olisi helpompi pestä pois. Tulemme jatkossa todennäköisesti kokeilemaan, olisiko liuotuksesta meille hyötyä.

Jotta tulostinta olisi helpompi markkinoida, tehdään markkinointiesite. Siitä tulee käydä ilmi ainakin seuraavat asiat: 1. Sovelluskohteet, joissa valmiita tulosteita voi käyttää. 2. Tulostettavan kappaleen maksimi koko. 3. Hinnoittelu. Suunnittelutyö kannattaa hinnoitella tunti-

taksan mukaan. Materiaalikustannusten lisäksi täytyy ottaa huomioon tulostusaika, tukimateriaalin puhdistus ja mahdollinen jälkikäsittely. 4. Toimitusaika.

Jatkossa henkilökunnalle täytyy antaa koulutus 3D-tulostuksesta. On tärkeää tietää, mitä 3D-tulostus on? Mitä meidän tulostimella pystytään tulostamaan? Tämä on tärkeää, jotta tulostimesta saataisiin suurin hyöty. Tuotannon työntekijöillä voi olla paljon hyviä ideoita, miten tulostinta voisi hyödyntää.

Kyselyn perusteella tulostusmateriaalien valikoimaa pitäisi lisätä. Objet 30 – tulostimeen ei ole saatavilla muita materiaaleja. Mikäli jatkossa tulee olemaan tulostustarpeita muille materiaaleille, kuin polymeereille, voisi olemassa olevan tulostimen rinnalle harkita edullisen lankatulostimen hankkimista. Suomesta löytyy esimerkiksi laitevalmistaja, jonka tulostimella saa tulostettua satoja, ellei jopa tuhansia erilaisia materiaaleja. Muun muassa elektronikkateollisuuteen hyvin soveltuvaa ESD – materiaalia. Lisäksi laitteella pystyttäisiin tulostamaan puu-, metalli-, hiilikuitumuoveja, grafeeni johdannaisia, sekä PLA, ABS, Nylon, Petg ja joustavia muoveja, kunhan materiaali on vähintään 30 % muovia. ESD – materiaalista voitaisiin tehdä muun muassa tuotannon jigien kasaukseen apuvälineitä. (Prenta.fi, 2015.)

Markkinoilta löytyy tulostuslaitteista useita eri malleja riippuen tulostusalustan koosta. Tulostimien hinnat jäävät pitkästi alle 10 000 euron. Suuria lämpöjä vaativille materiaaleille sopiva Prenta Duo XL SE 3D-tulostimen tulostusala on noin 40cm x 20cm x 20 cm (xyz). Laitteessa on kaksi suutinta, mikä mahdollistaa kaksiväristen kappaleiden tekemisen. Suuttimien tulostuslämpötila on 150 °C – 275 °C. Siinä on suljettu tulostuskammio. Sen avulla lämpö ei karkaa ja tulostuskaasut saadaan pysymään pois huoneilmasta. Laite maksaa verkkokaupassa 4990,00€. (Prenta.fi, 2015.)

Avoimella tulostusalustalla oleva Prenta Duo XL 3D-tulostin on edullisempi, vaikka sen tulostusalusta on yhtä suuri, kuin Duo XL SE:llä. Sen hinta verkkokaupassa on 3490,00€. Tämän tulostimen huono puoli on se, että sillä ei pysty tulostamaan korkeaa lämpöä vaativia materiaaleja, kuten esimerkiksi ESD-filamenttia. Ilman umpinaista tulostuskammiota ei lämpö pysy tulostimen sisällä. Näin ollen kappale ehtii jäähtyä liikaa kesken tulostuksen. (Prenta.fi, 2015.)

Mikäli lankatulostinta ei hankita, voisi nykyisen Objet 30- tulostimen toki vaihtaa myös uudempaan malliin, jossa olisi enemmän materiaalivaihtoehtoja. Esimerkiksi samankokoisella rakennuskammiolla varustettuun Objet 30 Prime – malliin on saatavilla kahtatoista erilaista materiaalia. Koneen normaalihinta on 37 000€ (LIITE 5). Valmistaja lupaa hyvittää vanhan koneen vaihdossa.

Metallien tulostaminen on sen verran haasteellista, että näkisin järkevimmäksi hankkia ensin lisäkoulutusta mekaniikkasuunnittelijoille. Tulostamalla valmistettava kappale täytyy osata suunnitella eri tavalla, kuin koneistettava. Lappeenrannan teknillinen yliopisto järjestää metallien tulostuksen koulutusta. ”Metallien 3D-tulostustekniikat ja – laitteistot” – niminen kahden päivän koulutus pitää sisällään kunkin tekniikan perusteiden lisäksi muun muassa muotojen ja toimintojen, sekä tukirakenteiden suunnittelun. Myös parametreja ja niiden vaikutuksia käydään läpi. Parin päivän koulutuksen hinta on 1090€ + alv 24 %. (Developmentcentre.lut.fi 2016.) Opiskelun jälkeen voisi metallitulosteita aluksi tilata niitä valmistavalta yritykseltä. Metallitulostimien hinnat ovat vielä korkeat, joten oman laitteen ostoa ei kannata, ellei sen käyttöaste tule olemaan kovin suuri. Saatavilla olevan hinnaston mukaan edullisin metallitulostin 40mm x 60mm x 35mm tulostusalustalla maksaa 100 932€. Kalleimpien hinnat ovat yli 2 miljoona euroa (LIITE 5).

Seminaarihaastattelussa (LIITE 3) kävi ilmi, että skannaus ei aina nopeuttaisikaan tulostusprosessia. Syynä tähän on se, että skanneri tekee kolmioverkkoja. Tämän vuoksi tiedostoa joudutaan vielä muokkaamaan, jotta se saadaan tulostuskelpoiseksi. Suunnittelija suositteli ensin lainaamaan skanneria koekäyttöön joksikin aikaa. Siispä Hankitaan mekaniikkasuunnitteluun koekäyttöön muutama erilainen 3D-skanneri. Tämän jälkeen on helppompaa tehdä investointipäätös skannereista, kun tiedetään, millainen laite meille soveltuu, vai onko sille oikeasti laisinkaan käyttöä.

Tutkimuksen avulla saatiin kerättyä paljon uutta tietoa. Tutkimuskysymyksiin saatiin hyviä vastauksia. Tutkimus oli erittäin mielenkiintoinen tehdä aiheen ajankohtaisuuden vuoksi.

Siitä huolimatta tutkittavaa jäi vielä muillekin. Seuraavaksi voisi tutkia, löytyisikö tuotannon puolelta materiaalia lisäävän valmistuksen sovelluskohteita. Myös asiakkaillemme voisi tehdä kyselyn, olisiko heillä 3D-tulostustarpeita. Aluksihan oli tarkoitus tehdä kyseinen tut-

kimus tämän tutkimuksen yhteydessä. Se jouduttiin kuitenkin jättämään pois, koska työ olisi paisunut liian suureksi.

Kaikki paikalliset suunnittelutoimistot ja konepajat voisi myös käydä läpi kyselyin tai haastatteluin. Mielenkiintoista olisi myös tehdä vertailututkimus jonkun vastaavanlaisen yrityksen tuotekehityksen suunnittelijoille ja verrata tuloksia tähän tutkimukseen.

LÄHTEET

Ahlroth, M. & Havunen, R. (2015): Pomo puun ja kuoren välissä. Liettua: BALTO Print.

Aipworks.fi. Viitattu 25.3.2016. Saatavissa: http://www.aipworks.fi/stratasys_objet.

Antola, T. & Pohjola, J. (2006): Innovatiivisuuden johtaminen. Helsinki: Edita Prima Oy.

Arcam.com. Viitattu 1.12.2016. Saatavissa: <http://www.arcam.com/>

Bothmann, O. (2014): 3D-Printers A Beginner's Guide. United Kingdom: K2 print Ltd.

Custompart.net (2009): Viitattu 30.3.2014. Saatavissa: <http://www.custompartnet.com/>

Contourcrafting.org (2014): Viitattu 1.12.2016. Saatavissa: <http://www.contourcrafting.org/>

Developmentcentre.lut.fi (2016): Viitattu 20.5.2016. Saatavissa:
<http://developmentcentre.lut.fi/koulutukset.asp?kid=3573>

Edumo.fi (2016): Viitattu 27.11.2016. Saatavissa:
<https://edumo.fi/category/artikkelit/>

Engineering 360 (2016): 3D Scanners Information. Viitattu 25.5.2016. Saatavissa:
http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/inspection_tools_instruments/3d_scanners.

Eskola, J. & Suoranta, J. (1999): Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 3. painos. Tampere: Vastapaino.

Explainingthefuture.com (2016): Viitattu 10.10.2016. Saatavissa:
<http://explainingthefuture.com>

Firpa.fi (2016): Viitattu 28.11.2016. Saatavissa: <http://www.firpa.fi>

France, A. (2014): Make: 3D Printing. Sebastopol, CA: Maker Media.

Hausman, K. & Horne, R. (2014): 3D Printing For Dummies. New Jersey: John Wiley & Sons.

Hakala, J. (2004): Opinnäytetyöopas ammattikorkeakouluille. 2. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Hanhela, J. (2015): Materiaalia lisäävän valmistuksen käyttö Pirkanmaalaisissa yrityksissä. Bachelor's thesis. Viitattu 1.5.2016. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93529/Hanhela_Jarmo.pdf?sequence=1.

Hietikko, E. (2015): Tuotekehitystoiminta: Helsinki: BoD – Books on Demand.

Hiltunen, A. (2011): Johtamisen taito – elämän mittainen matka. 3. painos. Sanoma Pro Oy.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2015): Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Gaudeamus Helsinki University Press. (e-kirja).

Hirsjärvi, S. & Remes, P. & Sajavaara, P. (2013): Tutki ja kirjoita. 15. - 17. painos. Porvoo: Bookwell Oy.

Hirvimäki, M., Nyamekye, P., Pekkarinen, J., Piili, H., Salminen, A. & Väistö, T. (2014): Katsaus lisäävän valmistuksen (aka 3D-tulostus) mahdollisuuksiin ja kustannuksiin metallisten tuotteiden valmistuksessa. Viitattu 15.11.2016. Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/102281/141205%20FAST%20COINS%203D%20tulostus%20LUT%20FV.pdf?sequence=2>

Honkanen, K. & Kutvonen, R. (2013): Ainetta lisäävä valmistus Pohjois – Savossa – Suunnitteluperiaatteet ja yritysten näkökulma. Leka tutkimusraportti. Viitattu 1.5.2016. Saatavissa: <https://leka-hanke.wikispaces.com/file/view/LEKA-Ainetta-lisaava-valmistus-tutkimusraportti.pdf>.

Huuhka, M. (2010): Luovan asiantuntijaorganisaation johtaminen. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Hätönen, H. (2005): Osaamiskartoituksesta kehittämiseen. 4. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Iloranta, K. & Pajunen – Muhonen, H. (2015): Hankintojen johtaminen. Ostamisesta toimitajamarkkinoiden hallintaan. Tallinna: AS Pakett.

Juuti, P. & Luoma, M. (2009): Strateginen johtaminen. Miten vastata kompleksisen ja postmodernin ajan haasteisiin? Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Kauppinen, T. (2013): Johtamisen pelikirja. Voitettavat pelit ”Must Win Plays”. Johtamisen sisäpeli. Helsinki: Printservice Oy.

Kauppinen, T. (2014): Johtamispelin voittaminen. Strategisen ketteryyden pelikirja ”Winning the Game”. Helsinki: Printservice Oy.

Katajamäki, S. (2014): Aloite Kolmiulotteisen tulostimen hankkimiseksi. Opinnäytetyö. Viitattu 13.2.2016. Saatavissa:

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83503/Katajamaki_Saku.pdf?sequence=1.

Ketola, P. (2015): Materialise World Conference 2015 havaintoja. 3D-tulostuksen akatemia. Viitattu 29.3.2016. Saatavissa: <https://tredeafi.aldone.fi/site/assets/files/7618/materialisekonferenssiraportti2015.pdf>.

Kotler, P. & Kartajaya, H. & Setiawan, I. (2011): Markkinointi 3.0. Tuotteista asiakkaisiin ja ihmiskeskeisyyteen. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy. (e-kirja).

Kukkola, E. (2013): Joukkoja johdetaan edestä – Näkökulmia hyvään johtamiseen. Viro: Meedia Zone OÜ.

Lecklin, O. & Laine, R. (2009): Laadunkehittäjän työkalupakki. Innovatiivisen johtamisjärjestelmän rakentaminen. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Lindqvist, M (2016): Lisäävän valmistuksen tarpeen kartoitus Kaakkois-Suomessa. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto. Diplomityö. Viitattu 28.8.2016. Saatavissa: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/122915/Diplomityo_Lindqvist_Markku.pdf?sequence=2

Lonka, K. (2015): Oivaltava oppiminen. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Lämsä, A-M. & Uusitalo, O. (2009): Palvelujen markkinointi esimiestyön haasteena. 1.-5. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Löfgren, J. (2015): 3D-tulostusmenetelmien käyttö auton osien valmistuksessa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö (AMK). Viitattu 18.5.2016. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/92321/Lofgren_Jani.pdf?sequence=1

Mansikka-aho, P. (2014): Materiaalia lisäävä valmistus. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö (AMK). Viitattu 24.5.2016. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76604/Mansikka-aho_Pekka.pdf?sequence=1

Modig, N. & Åhlström, P. (2015): Tätä on lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Neljäs painos. Halmstad: Bulls Graphics AB.

Mcortechologies.com (2015). Viitattu 29.11.2016. Saatavissa: <http://mcor technologies.com/wp-content/uploads/2015/06/MCOR-PrinterBrochureNEW-EU-Finnish.pdf>

Nurmi, R. (2000): Johtaminen ympäristössään. Tampere: Tammer – Paino.

Objet 30 (2010): Desktop 3D Printing System User Guide. Objet Geometries Ltd.

Piira, M. (2013): 3D- Tulostimen hankinta. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö (AMK). Viitattu 22.2.2014. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63732/Piira_Marko.pdf?sequence=1

Pkcgroup.com (2014): Viitattu 10.1.2015. <http://www.pkcgroup.com/electronics.html>

Prenta.fi (2015): Viitattu 28.11.2016. Saatavissa:

<http://www.prenta.fi/index.php/laitteet-palvelut/3d-tulostimet/prenta-duo-xl>

Ruohotie, P. (1998): Motivaatio, tahto ja oppiminen. Helsinki: Oy Edita Ab.

Ruokonen, M. (2016): Biteistä bisnestä! Digitaalisen liiketoiminnan käsikirja. Jyväskylä: Saarijärven Offset Oy.

Ruusuvuori, J. & Nikander, P. & Hyvärinen, M. (2010): Haastattelun analyysi. Tallinna: Tallinna Raamatutrükikoda.

Sandvik.com: Viitattu 29.11.2016. Saatavissa: <http://smt.sandvik.com/>

Salmi, M. & Partanen, J. & Tuomi, J. & Chekurov, S. & Flores, I. & Björkstrand, R. & Lehtinen, P. (2015): Tekes projekti SuperMachines loppuraportti. Viitattu 15.1.2016. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-3709-7>.

Seminaarimuistiinpanot 1 (2015): Metallien 3D -tulostus seminaari Tampereella 28.10.2015.

Seminaarimuistiinpanot 2 (2015): 3D – tulostus seminaari Helsingissä 10.11.2015.

Sydänmaanlakka, P. (2009): Jatkuva uudistuminen. Luovuuden ja innovatiivisuuden johtaminen. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Sydänmaanlakka, P. (2012): Älykäs johtaminen 7.0. Miten kasvaa viisaaksi johtajaksi? Liettua: BALTO print.

TAMK-Journal (2016): 3D-Tulostuksesta boostia liiketoimintaan. Viitattu 24.2.2016. Saatavissa: <http://tamkjournal.tamk.fi/3d-tulostuksesta-boostia-liiketoimintaan-2/>

Tekniikkatalous.fi (2015): Viitattu: 1.12.2016. Saatavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/incoming/2015-06-23/Lujabetoni-ja-Fimatec-yhteisty%C3%B6h%C3%B6n-Betonielementtej%C3%A4-myyntiin-tulostamalla-3324426.html>

Torkkola, S. (2015): Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Liettua: BALTO print.

Tut.fi (2014): Viitattu 12.11.2016. Saatavissa: <http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/uutiset-ja-tapahtumat/vaitostiedotteet/tulostettavalla-elektroniikalla-voidaan-toteuttaa-langattomia-sovelluksia-p070633c2>

Viitala, R. (2006): Johda osaamista! Osaamisen johtaminen teoriasta käytäntöön. 2. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Vilkka, H. (2005): Tutki ja kehitä. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Vtt.fi (2015): Viitattu 29.08.2016. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/>

Vtt.fi (2010): Viitattu 18.10.2015. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/tulostamalla-elektroniikka-suoraan-tuotteiden-pintaan-jo-valmistusvaiheessa>

Wikipedia.org: Viitattu 2.7.2016. Saatavissa: www.wikipedia.org.

3DPartners.fi (2015): Viitattu 29.11.2016. Saatavissa: <http://www.3dpartners.fi/>.

3D-tulostus.wikispaces.com (2016): Viitattu 2.12.2016. Saatavissa:
<https://3d-tulostus.wikispaces.com/>

PKC Electronics Oy:n suunnittelijoiden haastattelukysymykset

- 1. Mitä kaikkea tulostimella on tähän saakka valmistettu?*
- 2. Millaisia käyttökokemuksia sinulla on 3D-tulostimen käytöstä?*
- 3. Mitä kaikkea tulostimella voisi valmistaa?*
- 4. Minkävärisiä tulosteita on mahdollista tulostaa?*
- 5. Mitä vaaditaan, jotta tulosteita voitaisiin ryhtyä markkinoimaan talon ulkopuolelle?*
- 6. Onko suunnittelussa joitakin rajoitteita?*

Myyjien kysymykset

- Onko tulostuspalvelua myyty/tarjottu asiakkaillemme?*
- Jos ei ole myyty, miksi ei ole?*

SÄHKÖPOSTIKYSELY

Moi,

Teen opinnäytetyötä aiheesta 3D-tulostus. Olisin kiitollinen, jos sinulla olisi hetki aikaa vastata alla oleviin kysymyksiin tämän viikon kuluessa:

1. Oletko hyödyntänyt meillä testilaboratoriossa olevaa 3D – tulostinta?
 - 1.1 Jos olet, mihin käyttötarkoitukseen? Mitä tai millaisia kappaleita olet tulostanut?
 - 1.2 Jos et ole, miksi et ole käyttänyt?
2. Olisiko meillä tarvetta erilaiselle tulostimelle? Millaiselle?
3. Pystyisitkö hyödyntämään työssäsi metallitulostinta?
 - 3.1. Millaisessa?
4. Mitä mahdollisuuksia mielestäsi 3D-tulostus eli materiaalia lisäävä valmistus voisi yrityksellemme tuoda?
5. Onko tarvetta saada pienoismalli tai pikamalli ennen lopullisen tuotteen valmistusta?
6. Onko meillä mielestäsi tarvetta 3D-skannerille?
 - 6.1. Mihin pystyisit työssäsi hyödyntämään 3D-skanneria?
7. Tuleeko vielä jotakin muuta aiheeseen liittyvää mieleen tai mitä ajatuksia heräsi?

Kiitos jo etukäteen!

Best Regards,

-Helena-

Seminaarihaastattelu, Tampere 2015

H: Haastattelija

S: Suunnittelija

H: Tässä on tällainen Objet 30:llä tulostettu kappale. Onko sulla näistä muista tulosmateriaaleista niin kuin kokemusta?

S: Kyllähän meillä Oulussa oli Objet käytössä eli tämä on tuttu materiaali.

H: Okei, pinnoititteko te noita?

S: Maalauksia oli jonkun verran.

H: Automaalillako?

S: Se oli automaalia. Tietyt pohjamaalit tarttuivat aina hyvästi siihen ja sen jälkeen pystyi normaalisti maalaamaan.

H: Tämähän on siitä huono materiaali, että kun tämä on UV-valolla kovetettu niin tämä jatkaa prosessia ajan oloon.

S: rupee kellastumaan pikkuhiljaa. Onkohan tämä sitten kunnolla pesty? Jos tähän pintaan jää tukiainetta, niin sehän kyllä hapettuu.

H: Sehän voi olla, että tästä ei ole puhdistettu kunnolla. Pikamalli on pitänyt saada äkkiä. Jos ajattelee elektroniikkateollisuutta, niin mitä muita materiaaleja me voitaisiin siellä käyttää?

S: Kyllä varmasti nuo muovien pulverikoneet tulee ensimmäisenä mieleen. Ne olisi käyttökelpoisia ja halpoja. Sitten jos työkaluja tehdään, niin sitten nämä metallien pulverisint-
raukset voisivat olla hyviä. EOS 270 M on se kone ja olikohan se Eden 240 se toinen. Sitten muovitulosteissa sitten pölypuolella on sitten tuo varmasti mielenkiintoinen, Nylon-pulverikone. Siitä nylonista tulee lujia juttuja, enemmän käyttökelpoisempia tulosteita, ei ole hauras materiaali.

H: okei, sittenhän tulee tietenkin se ESD-materiaali

S: Mutta sitten en muista, onko niillä ESD-materiaalia, mutta siellähän on niin alumiini kuin lasiseosnailonit, joilla saadaan ominaisuudet muuttumaan. Eli sillä saadaan, kun normaali nailon on aika joustava, sitkiä, jos siihen laitetaan Aluminide eli alumiinipöly sekkaan, niin siitä tulee enempi semmoinen. Sen kimmokerroin puolittuu eli menee tuplaten kovemmaksi ja sitten sen vetomuotoilu niinku pienenee. Niillä on niitä räätälöityjä materiaaleja käytössä siellä Jyväskylässä.

H: Tää on tosi mielenkiintoinen aihe kyllä, mutta tieto on niin hajallaan repaleisena siellä sun täällä. Itse kaipaisin niin kuin semmoista yhteenvetoa näistä materiaaleista ja niiden ominaisuuksista ja lujuudesta ja näistä niin kuin kuinka paljon kärsii vääntää, eli mikä on murtumispiste? Olis hirmu kiva, kun olisi olemassa jonkinlainen materiaalien soveltuvuustaulukko, josta voisi vain katsoa, mikä sopii mihinkin.

S: Mekinhän silloin aikaisemmin tehtiin paljon työkaluja sillä Objetilla ja sitten oli kaikenlaisia koteloita ja muita pikkujuttuja. Monen näköistä sillä Objetilla tehtiin. 50 projektia meni vuodessa läpi. Jokaisessa projektissa käytettiin jotenkin Objettia. Materialize euroopassa, joka tekee koko ajan niitä juttuja, niin oppimiskäyrä on paljon nopeampi.

H: Millä tekniikalla se teidän Objet sitten toimi, oliko se nesteestä vai jauheesta vai?

S: Se oli niinku nesteestä. Objetiinhan on kaikki nestekoneita. Stratasys osti Objetin tehtaat, mitkä oli Israelilaiset. FTM-koneet on stratasyksellä.

H: Aika kova työhän näissä on puhdistaa sitten, jos on niin kuin monimutkaisempi.

S: Oletteko käyttäneet lipeäkäsittelyä? Objetilta saa lisää tietoja. Tukimateriaali liukenee sopivan vahvuiseen lipeäliuokseen. Se puhdistaa tummentumat pois. Se ei niin kuin tunkeudu tähän loppuaineeseen, mutta pehmittää tukiaineen pois. Se on työläämpi, kuin vesipesuri, mutta joskus se on perusteltua, että kannattaa käyttää liotusta.

H: Pitääkö sille sitten olla joku erillinen astia, mihin se sitten laitetaan?

S: Yleensä meillä oli joku petrimalja tai joku, johon sitten laitettiin ensin mekaanisesti puhdistetut osat...ja joksikin aikaa laitettiin lipeäliuokseen ja sen jälkeen vesipesurilla pestiin tukiaine.

H: No, onko se lipeä kallista sitten?

S: Lipeähän ei maksa oikeestaan minkään vertaa. Se on ihan kymmeniä euroja säkki. Työaika on se merkittävä, ei materiaalin hinta. Liutusajat korkeintaan tunteja, joskus seuraavalle päivälle.

S: äkkiseltään tuntuisi, että vesipesurin veden lämpötilalla ei pitäisi olla merkitystä. Musta on vähän helpompi materiaali puhdistaa, kun se valo ei pääse niin syvälle menemään, kuin tässä valkoisessa materiaalissa.

S: Jos maalataan tulostettu kappale, pitää ensin tehdä hionta, pohjamaalata, välihionta, ja vasta sen jälkeen maalata automaalilla ihan klik klik pullosta. Kappaleet olivat hienon näköisiä messuillakin esiteltyinä. Asiakkaiden tuotteen markkinoille vientiaikaa lyhennettiin näillä.

H: Mihin sää ajattelisit, että mihin tätä meidän Objetti tulostinta kannattaisi käyttää sitten? Voiko näitä käyttää muuten, kuin pikamalleina?

S: Se on se riski siinä, että jos näistä tehdään käyttötuotteita, niin että se käyttöikä ei ole riittävän pitkä. Mutta esimerkiksi se voisi olla, että joitakin juttuja no autopuolella ei ole perusteltua, että se saadaan jo myytyä ensimmäisellä epävarmalla kappaleella, joka kestää muutaman kuukauden, niin ehkä se on jo asiakkaalla käytössä jonkin aikaa, ja sitten vaihdetaan kestävämpi kappale tilalle. Mutta sitten jos käytetään tätä Jyväskylän menetelmällä tehtyä pulverinailonia, niin sehän saadaan jo täysin toimivaksi. Sen materiaali arvot ovat paljon vakaammat, niin sitähan voi ajatella, että sitähan, että pystytään antamaan asiakkaalle jo täysin toimivia prototyyppisiä heidän tuotteisiinsa, kunnes saadaan tehtyä esim. koneistamalla, tai kun ruiskuvalumuotti tulee, jolla saadaan tehtyä lopullinen, kestävämpi versio.

S: Silloinhan se olisi perusteltua, että vaikka joku liitin tai mikä nyt onkaan rakenne asiakasprojekteissa, että pystyisi tulostamaan esimerkiksi nailonista liittimen asiakkaalle testi-käyttöön ensimmäisiin prototyyppisiin ja jopa piensarjassa tuotantoon, jotta ne saavat sen homman pyörimään. Ei tarvitsisi odotella ruiskuvalumuottia. Tuotekehitys on tuolla puolella se suurin bisnespaikka tällä hetkellä.

H: Justiin mietin, että voikohan tätä käyttää tuolla taidepuolella, kun Raahessahan on se Lybecker, voisikohan tätä käyttää heillä?

S: Se varmasti riippuu vähän. Hinta varmastikin ratkaisee.

H: Nyt kun sitten mietitään, että onko tämä meidän kone jo sitten liian vanhaa tekniikka jo, niin mitä mieltä olet?

S: Toisaalta, Objetilla on siellä tullut parempiakin koneita, joilla pystytään ajamaan monimateriaaleja, sekoittamaan materiaaleja, esim. kovaa ja pehmeää. Voidaan tehdä erilaisia kumiseoksia. Mutta toisaalta, jos sillä pystyy tekemään asioita luotettavasti, jos se toimii ja ne osat ovat vielä kilpailukykyisiä, niin en olisi poistamassa sitä vielä käytöstä.

H: Kenties en ehkä paperitulostimella tämmöistä tekisi.

S: En tiijä vielä, mutta ainakin eilen kuulosti, että se on paljon kehittynyt se paperitulostimien laatu. Se pitäisi tutkia ihan oikeasti, että mihin ne pystyy.

H: Miten se vasara, kun sehän näytti ihan puulta? Mutta siinäkinhän oli kaikki pintakäsittely sitten. Se oli maalattu.

S: Niin justiin. Se oli käyty läpi uudestaan. Ehkä enemmän on arkkitehtipuolella se paperijuttu sitten.

H: Sitä mietin itse, että jotain huonekaluja voisi tulostaa tällä meidän tulostimella.

S: joo, esim nukkekoti ja kalusteet. Maalaa sitten vain ne.

S: vedin sen uudet valmistustekniikat – pienryhmän. Millaisia juttuja te kävitte läpi siinä teidän soitinryhmässä?

H: Ilkka aikoi tulostaa ukulelen 3d tulostimella. Kitarassa se ei ole oikein hyvä vielä, kun se vaikuttaa siihen ääneen. Ei akustisia kitaroita, vaan sähkökitaroita.

Huilun voisi kokeilla tehdä. Voisi kokeilla tehdä aivan uudenlaisen huilun, jossa on useampia putkia. Ja sitten niitä kitaroita, jos haluaa sellaisen persoonallisen kitaran. Varaosia soittimiin voisi valmistaa tulostamalla. Kitaran kaulan viritys napikoita voisi tulostaa persoonallisempia. Sähköurkujen koskettimet voisi tehdä tulostamalla.

S: Siitähän tulisi hieno, kun tulostaisi ja kirkkaalla aineella sitten pinnottaisi. Siellä saattaisi sitten olla jokin kuvio siellä koskettimen sisällä.

Tuolla oli silloin se 3D-tulostettu bändi siellä Firpan seminaarissa keväällä. Siellä oli se ruotsalainen professori, joka oli tehnyt puolenkymmentä sähkökitaraa suunnilleen. Siellä oli justinsa niitä. Se oli tehnyt justinsa silleen, että mikä se on se perälaudan se muoto, se perälauta oli ensinnäkin ontto. Siinä oli päällä jonkinlainen verkkorakenne. Mutta siellä saattoi olla vaikka minkälaisia juttuja siellä sisällä. Ihan hienon näköisiä taideteoksia oli.

H: Sitä mietittiin, että se ei välttämättä ole vielä edullisempi. Vaan pitää tehdä persoonallisia, että joku on valmis maksamaan mitä vain, että saa sellaisen persoonallisen näköisen soittimen. Että se hinta ei toistaiseksi ainakaan ole edullisempi.

H: kun kappale joudutaan taivuttamaan, se murtuu yhdestä kohdasta. Tuli mieleen, että jos se tehtäisiin tulostamalla, se ei murtuisi.

S: Toinen materiaali, jossa on pidempi murtovenymäraja, niin se ei murtuisi. Materiaalin vaihto voisi auttaa.

S: Hampaitahan ne nyt tekee massatuotteina metallitulostimella. Hampaan kruunuja tulostetaan metallitulostimella. Se on kaikista kilpailukykyisin vaihtoehto. Edullisin menetelmä. Ohuita rakenteita, joita ei saada tehtyä hyvin muilla menetelmillä.

H: Haluan selvittää:

-Mitä kaikkia tekniikoita on olemassa?

-Mitä kaikkia materiaaleja voi tulostaa?

Nämä helpottaa sitten, kun oikeasti tarvitsee miettiä, mitä materiaalia tarvitaan, esimerkiksi kumitutteja olisi tarvittu.

S: Objetin uudella koneellahan on sitä kumimaista materiaalia. Riippuu vähän, mitä sen materiaalin täytyy kestää (lämmönkesto jne)

Jyväskylän nailonkoneella saadaan tehtyä kovia materiaaleja. Uusimmalla Objetilla saa tehtyä pehmeitä materiaaleja. Esim. Oulussa on varmasti esimerkkikappaleita näistä Objetin pehmeistä materiaalitulosteista.

H: tuli semmoinen mieleen, että oletko sä käyttänyt noita 3D – scannereita?

S: Jonkun verran on kokemusta.

H: Mihin niitä kannattaa käyttää? Kannattaako tällaista pitkulaista kappaletta esimerkiksi skannata (Mikkitelinen pidike tms)

S: esim tämä kappale, vaikka olisi kuinka hyvä skanneri, niin minä luultavasti mallintaisin tämän uudestaan eli re-engineering. Työntömitalla vain mitat ja muutamat piirteet rakentaisin uudestaan. Silloin saisin niinkö solidimallin, jota voi oikeasti muokata ja suorat pinnat olisivat suorita pintoja, eikä mitään kolmioverkkoja, jotka on lähes suorita. Sillä saadaan se kokonaisuus pysymään hallinnassa.

H: Elikkä jos sen skannerilla skannaa, niin sekö ei sitten tee valmiiksi sitä stl-tiedostoa?

S: No, sillä voi tehdä samanlaisen, mutta siellä saattaa olla nurkissa semmoisia epämääriäisiä. Joku jodan pää on ihan ok skannata ja tulostetaan samanlaisena. Jos joku on tehty aikaisemmin koneistamalla ja siitä halutaan skannata ja tulostaa se sama kappale. Niin se on jo sama tehdä siinä vaiheessa, että mitataan toiminnalliset mitat työntömitalla ja vähän mallinnetaan uudelleen.

S: Esimerkiksi silloin, kun uusi puhelinmalli oli justiinsa julkaistu ja siitä haluttiin tehdä 3D-malli. Niin meillä oli silloin huippuluokan skanneri. Elikkä siitä saatiin tosi hyvä verkko siitä, mutta se oli niin kuin käyttökelvoton, koska silloin kun sen teki, se oli kutakuinkin kymmekunta piirrettä, mitä siihen piti rakentaa, että se oli niinku mallinnettu. Siinä meni ehkä joku kolme tuntia aikaa siinä takakuoren teossa, ehkä skannauksessa meni tunti kaikkine siirtoineen ja korjauksineen. Ja siinä just sitten se kuitenkin oli, että se oli sitten täysin muokattavissa se 3D malli sen jälkeen, kun se oli tehty solidi-malli. Sitä pysty sitten muokkaamaan haluttaessa niitä nurkka riä erikokoisiksi, pursottamaan taakse suoraan pinnasta materiaalia, takapinta oli oikeasti suora että siitä sai helposti kiinni, verrattuna siihen, että se olisi ollut tarkkakin stl, mikä on ensinnäkin se tarkka pintamalli siitä takakuoresta ja sitten siihen olisi pitänyt laittaa erillinen osa, joka olisi sitten törmännyt siihen että niistä olisi saatu yhdistettyä uusi juttu. Skannaus on hyvä juttu moneenkin paikkaan, mutta se pitää aina miettiä, että mikä on lopputuloksen kannalta paras.

H: Joo, elikkä sillä ei saada semmoisia tarkkoja?






S: Yleensä siinä tulee ongelmaksi se, että jos on vaikka kappaleessa reikä, niin se ei ole oikeasti reikä vaan se on semmoinen kolmionhärdeksi se reikä, niin se esimerkiksi koneistukseen ja muuhun niin siinä ei ole semmoista tarkkaa juttua, jolla pääsee eteenpäin.

H: Sitä ollaan kans mietitty sitä skanneria, että minkälaisia ja minkä hintaisia ne on ja että olisiko semmoiselle skannerille käyttöä?

S: Jos löytyy semmoisia skeissejä, niin on semmoisia yrityksiä, jotka skannaa, niin kannattaa käyttää heidän koneitaan ja heillä on se ammattitaito, niin sillä pääsee testaamaan justiinsa sitä tasoa, että mitä tullee lopputulokseksi.














Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi / numero	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskamero (b x d x h mm)	Materiaalit	Kermospaksuus	Hinta	
 3D By Flow www.3dbyflow.com info@3dbyflow.com	3D By Flow	440 x 325 x 480	215 x 215 x 150	Punoketeväet materiaalit	0.05 mm	2500 €	
 3DCeram 3Dceram.com info@3dceram.com	CeramMaker	1000 x 2300 x 2300	300 x 300 x 100	Alumina, Zirkonia, Hyocsytytite / TCP	0.010 - 0.125 mm	300 000 €	
 3Dfactories www.3dfactories.de info@3dfactories.de	Easy3DMaker	400 x 400 x 500	200 x 200 x 250	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	2149 €	
	Pro3DMaker	700 x 600 x 500	400 x 250 x 190	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	3649 €	
	Macro3DMaker		1000 x 1000 x 1000	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	75 000 €	
	ProPro3DMaker	600 x 700 x 500	400 x 250 x 190	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	17 000 €	
 3D Igo www.3d-igo.de p.schlautmann@3d-igo.de	Visiow3DPrinter	440 x 300 x 340	150 x 150 x 150	ABS, PLA	0.1 - 0.2 mm	350 €	
	FFD 150			Keraamiipasta		20 000 €	
 3D Systems www.3dsystems.com info@3dsystems-europe.com	Cube personal printer	260 x 260 x 340	140 x 140 x 140	ABS, PLA	0.25 mm	1269 \$	
	Cube X		275 x 275 x 201			2157 \$	
	Cube X Duo	515 x 515 x 598	230 x 275 x 201	ABS, PLA	0.125 mm	2811 \$	
	Cube X Trio		105 x 275 x 201			3465 \$	
	Cube 3	335 x 338 x 290	152 x 152 x 152	ABS, PLA	75 µm	1000 \$	
	Cube X	575 x 575 x 591	275 x 285 x 240	ABS, PLA	75 µm	2000 \$	
	BotMill Glider	505 x 407 x 356	203 x 203 x 140	ABS, PLA	0.3 mm	1395 \$	
	BFB RapMen 3.1 Universal	650 x 570 x 820	single: 270 x 205 x 210 double: 190 x 205 x 210			0.25mm	1190 €
	BFB RapMen 3.1 Ultimate	490 x 500 x 810	270 x 205 x 210	ABS, PLA (värillisiä / lämpökäsitteisiä)	0.125 mm	1450 €	
	BFB 3000 Plus Single	515 x 515x 590	single: 275 x 275 x 210 double: 230 x 275 x 210 triple: 185 x 275 x 210			0.125mm	2500 €
	BFB 3000 Plus Double					2050 €	
	BFB 3000 Plus Triple					3240 €	
	V-Jet40	650 x 655 x 787	220 x 171 x 203	FTI-GH Natural (akryyli)	0.102 mm	3 900 €	
	Projekt 1000	622 x 1003 x 775	171 x 203 x 178	VisiJet FTI (valkoinen)	102 µm	93 300 \$	
	Projekt 1200		43 x 27 x 180	VisiJet FTX Green	30 µm	4900 €	
	Projekt 1500	622 x 1003 x 775	171 x 203 x 203	VisiJet FTI (valkoinen, punainen, harmaa, sininen, musta, keltainen)	102 / 152 µm	14 500 \$	
	Projekt CPX 3000 & Projekt CPX 3000Plus	737 x 1257 x 1504	HD & HDHQ: 268 x 185 x 203 UHD (9000) : 127 x 178 x 152 UHD-XHD (3000Plus): 203 x 178 x 152	VisiJet CPX200 (vaha)	HD & HDHQ: 30µm UHD (9000Plus): 20µm XHD: 15µm		
	Projekt CP 3000	737 x 1257 x 1504	268 x 185 x 203	VisiJet® CP200 (vaha)	30µm		
	Projekt HD 3000 & Projekt HD 3000Plus	737 x 1257 x 1504	HD: 268 x 185 x 203 UHD (9000) : 127 x 178 x 152 UHD-XHD (3000Plus): 203 x 178 x 152	VisiJet EX200 (suomolinen) VisiJet SR200 (suomolinen, harmaa, sininen) VisiJet H200	HD: 30µm, UHD: 29µm XHD (vaih 3000Plus): 16µm		
	Projekt SD 3000	737 x 1257 x 1504	268 x 185 x 203	VisiJet EX200 (suomolinen) VisiJet SR200 (suomolinen, harmaa, sininen)	30µm		
	Projekt DP 3000 (Dental)	737 x 1257 x 1504	HD Mode: 268 x 185 x 203 XHD Mode: 127 x 178 x 152	VisiJet® DP200 (akryyli)	0.028-0.05 mm		
	Projekt SD 3500	838 x 1422 x 1753	268 x 185 x 203	VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, S300 support, VisiJet® X	30µm	51 900 €	
	Projekt HD 3800	838 x 1422 x 1753	HD Mode: 268 x 185 x 203 UHD Mode : 127 x 178 x 152	VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procast, S300 support, VisiJet® X	HD: 30µm UHD: 30µm	89 200 €	
	Projekt HD 3500Plus	838 x 1422 x 1753	HD Mode: 268 x 185 x 203 UHD Mode : 203 x 178 x 152 XHD Mode : 203 x 178 x 152	VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procast, S300 support, VisiJet® X	HD: 30µm, UHD: 29µm, XHD: 15µm		
	Projekt 3500 HDMax	749 x 1194 x 1511	268 x 185 x 203	VisiJet® X, VisiJet® Crystal, VisiJet® Proplast, VisiJet® Navy, VisiJet® Techplast, VisiJet® Procast	HD: 30µm HD: 29µm UHD: 29µm XHD: 15µm	83 300 €	
	Projekt CP 3500	749 x 1207 x 1543	268 x 185 x 203	VisiJet Procast - vaha	30µm	83 600 €	
	Projekt CPX 3500 & CPX 3500 Plus	749 x 1207 x 1543	268 x 185 x 203	VisiJet Hi-Cast - vaha	16 - 33µm	Aik. 75 200 €	
	Projekt 3500 CPXMax	749 x 1194 x 1511	268 x 185 x 203	VisiJet Hi-Cast	HD: 33µm HDHQ: 30µm UHD: 20µm XHD: 15µm	89 300 €	
	Projekt MP 3600	749 x 1207 x 1543	268 x 185 x 203	VisiJet Stoneplast	32 µm	82 500 €	
	Projekt DP 3600	749 x 1207 x 1543	268 x 185 x 203	VisiJet Dentcast	29 - 32 µm	79 800 €	
	Projekt 3610 SD	749 x 1194 x 1511	268 x 185 x 203	VisiJet M3 X, Proplast, Navy, Techplast, Procast	32 µm	51 900 €	
	Projekt 3610 HD				29 -32 µm	70 800 €	
	Projekt 3610 HD Plus				16 - 32 µm	77 600 €	
	Projekt 3610 CP				CP: 33 µm	62500 €	
	Projekt 3610 CPX				CPX: 16-33 µm	77 500 €	
	Projekt 3610 CPX Plus				CPX Plus16-33 µm	84 500 €	
	Projekt 3610 MP				MP: 32 µm	86 500 €	
	Projekt 3610 DP				DP: 29 - 32 µm	83 800€	
	Projekt 4900	1620 x 1520 x 800	203 x 254 x 203	VisiJet C4 Spectrum	0.1 mm	83 000 €	
	Projekt 5000	1531 x 908 x 1450	580 x 303 x 300	VisiJet MX	HS: 64 µm HD: 31µm UHD: 29µm	151 800 €	
Projekt 5500 X	1700 x 900 x 1880	523 x 381 x 300	VisiJet CR-CL, CR-MVT, CP-BK	29 µm	56 000 €		
Projekt 6000 SD		Präsa : 250 x 250 x 250 Käivökoko : 250 x 250 x 125 Lyyhyt : 250 x 250 x 50	VisiJet® Flex, Tough, Clear, HiTemp VisiJet® e-Store (MD-5e)	HD: 8-125 mm XHD: 0.075-0.090mm UHD: 0.125-0.1 mm	179 000 € 189 000 € 211 000 €		
Projekt 7000 HD	787 x 737 x 1829						
Projekt 8000 MD / MP							
Projekt 7000 SD	984 x 854 x 1829	Präsa : 380 x 380 x 250 Lyyhyt : 380 x 380 x 50	VisiJet® Flex, Tough, Clear, HiTemp VisiJet® e-Store (MD-5e)	HD: 8-125 mm XHD: 0.075-0.090 mm UHD: 0.125-0.1 mm	262 500 € 284 500 € 298 500 €		
iPro 9000 SLA Centre	2120 x 1580 x 2210	ROM 690M: 690 x 390 x 300 ROM 790GII: 690 x 790 x 80 ROM 790I: 690 x 790 x 270 ROM 790F: 690 x 790 x 690 ROM 18000I: 1800 x 790 x 690	Accura Plastic (harvitt) (kaaja valkoinen, sinivalkoinen ABS, PP ja PC)	0.05-0.15 mm	1 043 900 €		
iPro 8000 SLA Centre	1260 x 2220 x 2280	ROM 690M: 690 x 390 x 300 ROM 790GII: 690 x 790 x 80 ROM 790I: 690 x 790 x 270 ROM 790F: 690 x 790 x 690	Accura Plastic (harvitt) (kaaja valkoinen, sinivalkoinen ABS, PP ja PC-18)	0.05-0.15 mm	439 000 €		
ePro 140 / 230 SLS Centre	1840 x 1850 x 1970 1840 x 1850 x 2200	140 : 550 x 550 x 450 230 : 590 x 590 x 790	Duralform® muovit CastForm® PS muovit (puhallett)	0.08 - 0.15mm	369 000 € 449 000 €		
Sinterstation HD SLS System	2134 x 1346 x 1981	381 x 320 x 457	Duralform muovit, LaserForm AS metalli, CastForm PS muovit (puhallett)	0.08-0.15 mm	2009 malli		
Sinterstation Pro SLSSystem	DM050-600 x 800 x 2500 DM050-1800 x 1400 x 2500	DM100: 81,25 x 80 DM250: 250 x 250 x 220	Ruostumaton teräs, työstökäsitelty, tiivis, kollektiivirok	DM100: 30/50µm DM250: 50/75 µm	DM 100 2010 malli		
ePro 80 SLS Centre	2077 x 1420 x 2040	381 x 320 x 457	Duralform® muovit	0.08-0.15mm			
ePro 140 SLS Centre	1840 x 1850 x 1970	580 x 580 x 460	Duralform® PS muovit (puhallett)	0.08-0.15mm			
ePro 230 SLS Centre	1840 x 1850 x 2200	580 x 580 x 750		0.08-0.15mm			
Prox 400		500 x 500 x 500	Ruostumaton teräs, työstökäsitelty, ei ruostuvalmistusmetallit, supersekoitett	10 - 100 µm	1 000 000 \$		
Prox 500		381 x 320 x 457	Duralform ProX	0.08 - 0.15 mm	480 000 €		
Prox 500 Plus		381 x 320 x 457	Duralform ProX, Duralform ProX GP Duralform ProX AF+	0.08 - 0.15 mm	500 000 \$		

Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (B x d x h mm)	Rakennuskammiot (B x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 <p>3D Systems www.3dsystems.com info@3dsystems-europe.com</p>	Prox 800	1900 x 1650 x 2400	850 x 750 x 950	Accura muovit	0.08 mm	800 000 \$
	Prox 980	2200 x 1800 x 2250	1500 x 750 x 950	Accura 25, Accura CastPro	0.08 mm	1 000 000 €
	Viper SLA System	1340 x 890 x 1780	280 x 280 x 280	Accura muovit, Accura CastPro	0.02-0.10mm	
	Analyze Digitala	1806 x 1380 x 2010	890 x 370 x 600	Analyze MLS MicroLightSwitch 70200	50 - 150 µm	
	Projet 160 (2Printer 150)	740 x 790 x 1400	236 x 185 x 127	Kipakomposiittit, valkoinen	0.1mm	12 900 €
	Projet 260C (2Printer 250)	740 x 790 x 1400	236 x 185 x 127	Kipakomposiittit, 64-bit värit	0.1mm	22 800 €
	Projet 360 (2Printer 350)	1220 x 790 x 1400	203 x 254 x 203	Kipakomposiittit värillisiä	0.09-0.1 mm	23 000 €
	Projet 460 Plus (2Printer 450)	1220 x 790 x 1400	203 x 254 x 203	Kipakomposiittit värillisiä	0.09-0.1 mm	34 900 €
	Projet 560 Pro (2Printer 650)	1890 x 740 x 1450	254 x 361 x 203	Kipakomposiittit värillisiä	0.09-0.1 mm	51 900 €
	Projet 660 Pro (2Printer 650)	1890 x 740 x 1450	254 x 361 x 203	Kipakomposiittit värillisiä	0.09-0.1 mm	36 200 €
	Prox 300 (Pneus P16 SLM)	2400 x 2200 x 2400	250 x 250 x 200	Metallit	10-50µm	805 000 €
	Prox 200 (Pneus P16 SLM)	1200 x 1500 x 1950	140 x 140 x 100	Metallit / keraami	10-50µm	304 000 €
Prox 100 (Pneus P16 SLM)	1200 x 770 x 1950	100 x 100 x 80	Metallit	10-50µm	155 000 €	
Prox DMP 300		275 x 275 x 400		Tiibani, roterit, N718	Säätöväliä, 30 & 60µm	
 <p>3DUino www.3duino.com info@3duino.com</p>	Enjoy	240 x 270 x 330	100 x 100 x 150	PLA	0.1 mm	500 €
 <p>Accufusion Inc www.accufusion.com info@accufusion.com</p>	LC105		200 x200 x 450	Tiibani, ruostumaton teräs, Inconel		
 <p>Aconity3D GmbH www.aconity3d.com info@aconity3d.com</p>	One		Ø 400 x 400	metallipulverit		500 000 €
	Lab		Ø 50-170 x 150			250 000 €
	Mini		Ø50-100 x 150			150 000 €
 <p>Additive Industries additiveindustries.com team@additiveindustries.com</p>	MetalFAB1		420 x 420 x 400	metallipulverit		1 500 000 €
 <p>AFINIA www.afinia.com sales@afinia.com</p>	Afinia H-Series 3D Printer	245 x 280 x 350	140 x 140 x 135	ABS	0.15 - 0.40 mm	1599 \$
 <p>ALOROBOTICA www.zeus.alorobotica.com contact@alorobotica.com</p>	ZEUS ALL-In-One 3D Printer	549 x 377 x 388	204 x 153 x 145	PLA	0.06 mm	2500 \$
 <p>ARCAM www.arcam.com info@arcam.com</p>	EBM A12	2000 x 900 x 2000	250 x 250 x200	Tiibani sekoitet, CoCr ja muut high end metallit	50-100 µm	519 000 € 2000 (net)
	Arcam A2	1850 x 900 x 2000	250 x 200 x 400		50-100 µm	619 000 € (net)
	Arcam A1	1850 x 900 x 2200	200 x 200 x 180		50-100 µm	
	Q10	1850 x 900 x 2200	200 x 200 x 180		50 µm	
	Q20	2300 x 1300 x 2600	Ø360 x 360			
	A2X		200 x 200 x 380			
 <p>ALF Beijing Long Yuan Automated Fabrication System (AFS) www.lyafs.com</p>	AFS-500	2880 X 1210 X 2180	500 X 500 X 500	Tiibani sekoitet	0.1-0.3mm	975 000 \$
	AFS-300	2050 X 930 X 1830	360 X 360 X 500	velu PS, vaha, keraamiset, PS	0.08-0.3mm	
	LaserCore-5300	1950 X 1480 X 2600	700 X 700 X 900	Keraamiset	0.1-0.35mm	
 <p>ARBURG ARBURG GmbH www.arburg.com contact@arburg.com</p>	Freeformer		230 x 130 x 250	Ruokapintaisia pellettä, ABS, polyamid, polycarbonaatti, TPE,TPU	0.2-0.3 mm	120 000 €
 <p>ASIGA Asiga www.asiga.com info@asiga.com</p>	FreeForm Pico		30 x 40 x 100 (F-mode) 19 x 25.4 x 106 (LP-mode)	Photopolymeeri	säätöväliä 1 µm väliin.	7000 \$
	Pico Pico30	220 x 225 x 505	50 x 31.2 x 75			5000 \$
	Pico Pico33		42.5 x 26.5 x 75			3000 \$
	Pico Pico27		35 x 21.8 x 75			5000 \$
	Pico Pro 50	450 x 490 x 500	95 x 54 x 200			25 000 \$
	Pico Pro 75		144 x 81 x 200			25 000 \$
	Pico 2	460 x 560 x 500	51.2 x 30 x 75			11 000 \$
 <p>ATUM 3D www.atum3d.com info@atum3d.com</p>	Atum 3D v1.5	395 x 340 x 570	96x60x250 144x90x250 192x120x250	Photopolymeeri	12.5 - 100 µm	13 000 €
 <p>B3CREATOR, LLC b3creator.com b3creator@b3creator.com</p>	B3Creator	790 x 470 x 305	51 x 35 x 206 - 102 x 76 x 206 Rippujen XY resoluutioista	B3R1-Red	6.35 - 101.6 µm	4995 \$
 <p>BCND Technologies www.bcnd3dtechnologies.com info@bcnd3dtechnologies.com</p>	Sigma	450 x 446 x 580	210 x 207 x 210	PLA, ABS, Filaflex, PVA, HIPS, komposiittit	50 µm	1800 €
	Lux	545 x 450 x 1650	250 x 150 x 300	photopolymeeri	25 µm	
	BCND+	490 x 480 x 455	262 x 200 x 200	PLA, ABS, Nylon, HIPS, PVA, Laybrick, Laywood, Filaflex	0.1 mm	1000 €
	BCNDR	Ø370 x 960	Ø170 x 180	PLA	0.1 mm	500 €
 <p>THERMTEC Beijing Tiertime Technology www.thermtec.com/en/ overseas@thermtec.com</p>	Inspire G200	620 x 650 x 9500	150 x 200 x 200	ABS	0.2 - 0.4mm	
	Inspire G250	710 x 750 x 1100	150 x 200 x 250	ABS	0.2 - 0.4mm	6999 €
	Inspire G265	720 x 850 x 1650	265 x 265 x 310	ABS	0.2 - 0.4mm	
	Inspire G290	720 x 850 x 1650	265 x 290 x 320	ABS	0.2 - 0.4mm	17 000 €
	Inspire A370	1490 x 910 x 1800	300 x 330 x 370	ABS	0.175 - 0.4mm	
	Inspire A450	1500 x 970 x 1810	360 x 380 x 450	ABS	0.15 - 0.4mm	39 000€
	UP Box	495 x 520 x 495	265 x 205 x 205	ABS, PLA	0.1 mm	900 €
	Up mini 2	295 x 365 x 365	120 x 120 x 120		0.15 mm	599 \$
 <p>DO-IT s.r.o. www.bc3d.cz/en/ sales@bc3d.cz</p>	DeeRed	1050 x 800 x 2180	400 x 400 x 800	ABS, PLA, tulake PVA		15 000 €
	DeeGreen	495 x 395 x 390	150 x 150 x 150	PLA	0.08 mm	1900 €
	DeeOrange	400 x 380 x 354	130 x 130 x 100	ABS, PLA	0.08 - 0.25mm	1700 €
 <p>BigRep GmbH http://bigrep.com</p>	BigRep ONE.2	1800 x 1700 x 1990	1100 x 1067 x 1097	PLA	0.1 mm	36 000 €
 <p>bq Mundo Reader, S.L. www.mundo3d.com</p>	bq Witbox (1 suutinta) bq Witbox (2 suutinta)	505 x 388 x 450	267 x 210 x 200	PLA	0.1 mm	1400 € 1600 €







Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammitto (b x d x h mm)	Materiaalit	Kermospaksuus	Hinta	
botObjects Limited http://botobjects.com demis@botobjects.com	ProDesk3D	395 x 395 x 475	275 x 275 x 300	PLA, PVA, ABS	25 - 200 µm	3800 €	
BLUEPRINTER Blueprinter ApS www.blueprinter.dk info@blueprinter.dk	BluePrinter M15 M2	1000 x 600 x 600	180 x 200 x 140	Termoplastinen pulveri M-lex	0.1 mm	12 500 €	
	M3		200 x 157 x 150		0.1 mm	25 000 €	
carima Carima Co. Ltd. www.carima.com carima@carima.co.kr	Master	525 x 710 x 1080	Master 2018 - 200 x 190 x 200 Master 2011 - 200 x 112 x 200 Master 1287 - 120 x 67 x 290	Akryylipohjainen, epoksi-pohjainen, uretaanipohjainen, valkoviivattu	0.05 - 0.01mm tai 0.025 - 0.1mm		
	Master plus S		200 x 112 x 200		0.0125-0.1 mm		
	Master plus M		130 x 75 x 250			10 000 €	
	Master plus J		80 x 45 x 200			31 000 \$	
	Master Lab		85 x 53 x 120				
	Master EV	635 x 500 x 1330	200 x 112 x 200				
	DP110	380 x 250 x 743	110 x 82 x 190				
	Master DP 545		80 x 45 x 200				
CARTESEO MaukCC www.mauk.cc info@carteaso.nl	CarteasoM	510 x 530 x 810	200 x 200 x 200	XT, PLA, ABS, PP, PC, BioFila, Armital ECC, NinjaFlex		4400 €	
	CarteasoW	710 x 530 x 810	400 x 200 x 200			5800 €	
	CarteasoE	710 x 530 x 810	400 x 200 x 400				
CB-printer.com www.cb-printer.com contact@cb-printer.com	3D Printer CB-printer.com		200 x 200 x 180	ABS, PLA	0.1 mm	1700 €	
chooedge ltd chooedge.com info@chooedge.com	Choc Creator		175 x 175 x 70	suklaa		2995 €	
CMET Inc. http://www.cmet.co.jp/en/	RM-6000 II		610 x 610 x 500	Stereo litografia materiaalit			
	RM-3000		300 x 300 x 250			400 000 €	
	A10Mini-8000		800 x 600 x 400			200 000 €	
	A10Mini-4000		400 x 300 x 300				
CONCEPT Laser GmbH Concept Laser GmbH www.concept-laser.de info@concept-laser.de	Mlab coating Mlab coating R	705 x 1848 x 1220	50 x 50 x 80 70 x 70 x 80 90 x 90 x 80	CL 200S, Remanium star CL, CL80CU kalkulu, hopeaseos R malli laakot: CL 41T1 ELLI	15 - 50 µm	150 000 € 170 000 €	
	M1 coating	2362 x 1536 x 2308	250 x 250 x 250	ruostumatonta terästä, kuumatyöstöterästä, nikkelipohjainen seos, kobolttikromi,	20 - 80 µm	350 000 €	
	M2 coating	2440 x 1530 x 1992	250 x 250 x 250	Remanium star CL	20 - 80 µm	435 000 €	
	M2 coating multi-laser	2706 x 1818 x 1995	250 x 250 x 250	laakot: M2 alumiini jätteenä seos	20 - 80 µm	600 000 \$	
	M3 Linear	2570 x 1990 x 2180	300 x 350 x 300		20 - 80 µm	2012 malli	
	X Line 1000k	4415 x 3070 x 3900 - 4500	630 x 400 x 500		30-200 µm	1 500 000 €	
	X line 2000R		600 x 400 x 500			1 500 000 €	
DELTA TOWER Delta Tower http://shop.deltatower.de/ support@3dteamfactory.com	Delta Tower V2	Ø 550 x 1400	Ø 330 x 580	PLA, ABS, XT, Nylon	0.1 - 0.5 mm	6000 €	
DING NINJA DING NINJA 510K http://en.dingninja.com	Lasertec 65 Additive Manufacturing machine			metallit		600 000 €	
Cutwell Limited www.cutwell.co.uk b.hawkesworth@cutwell.net	SeeTheFirst	400 x 400 x 140	190 x 135 x 125	PLA	0.1 mm	1400 €	
dentona Dentona AG www.dentona.de mailbox@dentona.de	pro3dure feb-10		44 x 28 x 70	GR-12, GR-13	0.01 - 0.1 mm	6950 €	
	pro3dure feb-12		80 x 50 x 100	GR-10, GR-11, GR-12, GR-13	0.01 - 0.1 mm	23 950 €	
	pro3dure feb-13		75 x 125 x 100	GR-10, GR-11, GR-13	0.01 - 0.1 mm	27 950 €	
Desktop Factory www.desktopfactory.com info@desktopfactory.com	12Sci 3D Printer	635 x 432 x 508	127 x 127 x 127	nylon komposiitti pulveri	0.254mm	\$4 995 2009 malli	
Delta Micro Factory Corp www.pp3dp.com sales@pp3dp.com	UPI 3D Printer	245 x 260 x 330	140 x 140 x 135	ABS, PLA	0.2- 0.4 mm	1990 €	
	UPI mini	240 x 355 x 340	120 x 120 x 120	ABS	0.25 mm	890 \$	
	UPI Plus 2	245 x 260 x 350	140 x 140 x 135	ABS, PLA	0.15 mm	1900 €	
Dimension 3D Printing www.dimensionprinting.com info@dimensionprinting.com	Dimension 1200 wa BST	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 305	ABS Plus	0.33mm	Katko Strataysa Ltd	
	Dimension 768 SGT/BST	686 x 914 x 1041	203 x 203 x 305	ABS Plus	0.254 - 0.33mm		
DWS DWS Systems www.dwsystems.com info@dwsystems.com	DigitalWax 010 Plus	600 x 435 x 400	200 x 200 x 60	Valkoviivattu hartat	0.01-0.15mm	2008 malli	
	DigitalWax 015	630 x 605 x 467	200 x 200 x 60		0.01-0.15mm		
	ULTRAVIOLET 029	800 x 545 x 1395	110 x 110 x 60		0.01-0.15mm		
	DigitalWax 008	390 x 495 x 560	65 x 65 x 90	DC, vahamallikaavus DM, korkeapintaiset DL, funktionaaliset mallit RF, vahamallikaavus hammaslääkäreille RD, hampaiden jäljennökset		16 000€	
	DigitalWax 028	390 x 495 x 570	65 x 65 x 90		10-100 µm	41 000€	
	DigitalWax 028+	390 x 515 x 733	90 x 90 x 90			62 000€	
	DigitalWax 029	545 x 800 x 1390	110 x 110 x 70				
	DigitalWax 029+	545 x 800 x 1390	150 x 150 x 100				
	DigitalWax 030	1150 x 1450 x 2100	300 x 300 x 300				
	Dfab desktop	300 x 300 x 300	Max 5 elementin siltä		Tempote	10-100 µm	
	Dfab chassis	300 x 300 x 1060				10-100 µm	
	DigitalWax 0200	390 x 515 x 733	130 x 130 x 90		RD, teräspöiden jäljennökset DL, kirkkain sädelewise RF, vahamallikaavus hammaslääkäreille	10-100 µm	24 000 €
	DigitalWax 020K	610 x 660 x 1400	150 x 150 x 200		DC, vahamallikaavus DM, korkeapintaiset DL, funktionaaliset mallit	10-100 µm	109 000 €
	DigitalWax 028J Plus	390 x 515 x 733	90 x 90 x 90	Kunnon malli materiaali	10-100 µm	55 000 €	
	DigitalWax 008J	315 x 335 x 630	50 x 37 x 100	DC, vahamallikaavus DM, korkeapintaiset DL, funktionaaliset mallit RF, DigitalWax kit	10-100 µm	10 000 €	
	DigitalWax 0200/K	380x515x733	130 x 130 x 90			30 000 €	
	Xlab	420 x 630 x 590	Ø180 x 180	Valkoviivattu	10-100 µm	5000 €	





Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammiolo (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 BEAM / EasyCLAD Systems www.easyclad.com contact@easyclad.com contact@beam-machines.com	EasyCLAD VC LF300	1500 x 1400 x 2000	400 x 350 x 200	SS 316L, CpTi, Ti6V, Ti6Zr4, INCO 718, INCO 625, Stellite 6-12-21-25, WC + NiCo pohjainen, H13, D7, F15, Työkalutekniikka CPM 10V, M2, Waspalloy, SS410, 440, Hatfield steel, Cu pohjainen	0.1 - 0.3 mm		
	EasyCLAD Magic	4370 x 3936 x 3500	1400 x 800 x 1000			0.2 - 0.8 mm	
	EasyCLAD VH LF4000	4480 x 3950 x 3500	650 x 700 x 500			0.1 - 0.3 mm / 0.5 - 1.2 mm	
	EasyCLAD VI LF4000	2090 x 1860 x 2720	950 x 900 x 600			0.1 - 0.3 mm / 0.5 - 1.2 mm	
 EPESTO LLC www.epesto.us info@epesto.us	Mobile	1200 x 1500 x 2000	400 X 250 X 200	Teräsoseikat, alumiinioseikat, staannoitukset, nikkelipohjaiset osat, kupariseikat, koboltti	0.2 - 0.8 mm	800 000 € 1 500 000 €	
	Magic 2.0	3000 x 2500 x 3500	1200 x 700 x 700				
	EPESTO 557		1500 x 1500 x 2100				
	EPESTO 535		1500 x 900 x 1500				
	EPESTO 434		1200 x 900 x 1200				
 Envisiontec www.envisiontec.com info@envisiontec.com	Perfactory Aurora	450 x 450 x 450	50 x 45 x 100	Nanocure RC25, WIC1000, R11 Nanocure RC25, WIC1000, R11 Nanocure RC25, WIC1000, R11, S1300 PIC100, E-Shell 200 series Nanocure RC25, Wic1000, R11, S1300 PIC100, E-Shell 200 series, E-Shell 300 WIC 300 WIC 300, E-shell 200, 300, RCP25 & 35 WIC 300 WIC 300 WIC 300 WIC 300 S1900 S1900 Nanocure RC25, Wic1000, R11, S1300 PIC100, E-Shell 200 series E-Shell 300 Uusita vaihtoehtoja 115 x 72 x 150 84 x 52.5 x 230 192 x 120 x 150 150 x 120 x 150 368 x 229 x 356 444.5 x 255.9 x 500 tai 220 x 250 x 500 40 x 30 x 100 190 x 100 x 250 aa 200 x 127 x 200 aa 229 x 140 x 203 241 x 140 x 203 - 257 x 155 x 253 254 x 155 x 233 279 x 154 x 233 254 x 381 x 330 457 x 457 x 457 279 x 184 x 75 150 x 150 x 140 100 x 75 x 100 40 x 30 x 100 140 x 79 x 100 300 x 200 x 200 45 x 25 x 100 50 x 45 x 100 E-WALX E-Applicator M, E-Denstone Peach M, E-Guard M, Clear Guide M, E-Partial M, Ortho Tough M ABS sulatteen, E-ox, E-denstone, E-glass ABS Fluo M, EC300 M, EC3000 M, HTM140 M, RC1090 M, Q-Vision M	25 - 35 µm	2010 malli	
	Perfactory Desktop	450 x 450 x 450	30 x 40 x 100			25 - 35 µm	2008 malli
	Perfactory Mini Multi Lens	730 x 450 x 1350	45 x 34 x 230 - 90 x 55 x 230			15 - 50 µm	
	Perfactory Standard Zoom	730 x 450 x 1350	100 x 90 x 230 - 200 x 190 x 230			25 - 150 µm	2008 malli
	Perfactory Standard UV	730 x 450 x 1350	100 x 75 x 230 - 140 x 105 x 230			25 - 40 µm	
	PtoCare Perfactory DDP	450 x 450 x 450	50 x 45 x 100			25 - 90 µm	2010 malli
	Dental High Productivity DDP	730 x 450 x 1350	90 x 65 x 230			25 - 90 µm	
	Dental Desktop DDP	450 x 450 x 450	30 x 40 x 100			25 - 35 µm	
	Dental Mini DDP	730 x 450 x 1350	59 x 43 x 230			15 - 90 µm	2008 malli
	Dental High productivity	730 x 450 x 1350	100 x 90 x 230 - 190 x 140 x 230			15 - 90 µm	
	Perfactory Zixema	1220 x 1400 x 2300	304 x 228 x 381			25 - 150 µm	
	Perfactory Xjade	1220 x 1400 x 2300	457 x 304 x 508			25 - 150 µm	
	DDSP Digital Desktop Shell	450 x 450 x 450	100 x 75 x 100			25 - 150 µm	2010 malli
	DDSP Digital Shell Printer UV W/ERM	730 x 450 x 1350	140 x 105 x 230			25 - 150 µm	
	Perfactory 3 Mini Multi W/ERM	730 x 450 x 1350				15 - 150 µm	
	Perfactory 4 Mini XL W/ERM	730 x 450 x 1350				15 - 150 µm	
	Perfactory 4 Mini W/ERM	730 x 450 x 1350				15 - 150 µm	
	Perfactory 4 Standard W/ERM	730 x 450 x 1350				25 - 150 µm	
	Perfactory Zixema	1503 x 1503 x 2286				25 - 150 µm	
	Perfactory Xjade	1503 x 1503 x 2286				25 - 150 µm	
	Perfactory Micro	230 x 180 x 580				25 - 35 µm	14,300 \$
	Ultra HR UV	740 x 750 x 1170				15 - 100 µm	
	Ultra HR	740 x 750 x 1170				15 - 100 µm	
	Ultra2	736 x 752 x 1168				15-100 µm	2010 malli
	Ultra	736 x 752 x 1168				25-100 µm	2010 malli
	Ultra 3SP / Ultra 3SP HD	740 x 750 x 1170				25 - 100 µm	
	Zixema 3SP	630 x 1400 x 1800				50 - 100 µm	
	Xjade 3SP	1530 x 1400 x 1800				50 - 100 µm	120 000 €
	3Dent	740 x 750 x 1170				25 - 100 µm	
	Bioplotter	975 x 623 x 773				95 000 - 150 000 €	
	Perfactory Micro Ortho	230 x 250 x 510				50 - 100 µm	
	Weldline	395 x 254 x 584				25 - 35 µm	
	Vide	395 x 250 x 787				25 - 150 µm	20 000 €
	Vector 3SP	910 x 910 x 1520				50 - 100 µm	50 000 €
	Micro Plus Hi-Res	228 x 241 x 638				25 - 75 µm	
Micro Plus Advantage	228 x 241 x 638						
 EOS Manufacturing Solutions EOS Electro Optical Systems www.eos.info info@eos.info	FORMIGA P 100	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330	Polyanidi ja polyetyreeni materiaalit, sulatteen alustat tyhjiä, hiilikuusta tyhjiä ja polyanidiä sisältäviä materiaaleja Polyanidi ja polyetyreenimateriaalit, sulatteen alustat tyhjiä, hiilikuusta tyhjiä ja polyanidiä sisältäviä materiaaleja Polyanidi ja polyetyreeni materiaalit, sulatteen alustat tyhjiä, hiilikuusta tyhjiä ja polyanidiä sisältäviä materiaaleja	0.1 mm	180 000 - 100 000 € inc. (2008)	
	FORMIGA P 110	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330			0.06 - 0.12 mm	
	EOSINT P350	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620			0.1 mm	295 000 - 340 000 € inc. (2008)
	EOSINT P356	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620			0.06 - 0.15 mm	
	EOSINT P366	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 600			0.06 - 0.18 mm	
	EOSINT P730	2250 x 1550 x 2100	700 x 380 x 580			0.12mm	730 000 - 815 000 € inc. (2008)
	EOSINT P790	2250 x 1550 x 2100	730 x 380 x 580			0.06 - 0.15 mm	
	EOSINT M 250Dented	1950 x 1100 x 1850	250 x 250 x 200				
	EOSINT P 800	2250 x 1500 x 2100	700 x 380 x 580				
	EOS M 290	2500 x 1300 x 2190	250 x 250 x 325				
	EOSINT M 290	2200 x 1070 x 2290	250 x 250 x 325			20- 80 µm	
	EOSINT M 270	2000 x 1050 x 1940	250 x 250 x 215			20- 40 µm	440 000 - 475 000 € inc. (2008)
	EOSINT M 400	5351 x 2200 x 2355	400 x 400 x 400				1 250 000 €
	EOSINT S 750	1420 x 1400 x 2150	720 x 380 x 380				595 000 € inc. (2008)
EOS Precise M360	800 x 950 x 2250	800 x 95					
EOSINT M100	800 x 950 x 2250	8100 x 85			200 000 €		
 Evobeam GmbH www.evobeam.com info@evobeam.com	SLxVAM		100 x 100 x 100	Ti, Zr, Nb, Ta, Mo, W, Inconelli		350 000 €	
	Evolver	850 x 840 x 540	270 x 210 x 210	PLA, ABS, FRF	0.15 mm	11 000 €	
 ExOne www.exone.com europ@exone.com	S-Max	7000 x 3586 x 2850	1800 x 1000 x 700	Kaivostehtävä	0.20-0.50 mm	1 400 000 \$	
	S-Print	2250 x 2584 x 2114	750 x 380 x 400	Kaivustehtävä		800 000 \$	
	M-Print	2250 x 2584 x 2114	750 x 400 x 400	metallijauhe			
	M-Lab	955 x 711 x 1095	40 x 50 x 35	metallijauhe	0.050 mm	85 000 \$	
	M-Flux	1574 x 1275 x 1552	400 x 250 x 250	metallijauhe	0.1 mm		


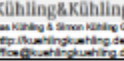






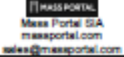





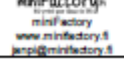

Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Vainija	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskaavio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 FABRISONIC Fabrisonic LLC www.fabrisonic.com info@fabrisonic.com	SonicLayer R200		800 x 300 x 150	Metallit			
	SonicLayer 4000 / 4000R		1000 x 810 x 810				
	SonicLayer 7200		1800 x 1800 x 900				
 formlabs Formlabs www.formlabs.com info@formlabs.com	Form 1	300 x 280 x 450	125 x 125 x 165	Akrylaatti photopolymeeri	25 µm	3299 \$	
	Form 1+	300 x 280 x 450	125 x 125 x 165	Akrylaatti photopolymeeri	25 µm	2800 €	
	Form 2	350 x 330 x 520	145 x 145 x 175	Akrylaatti photopolymeeri	25 µm	3300 €	
 FELIX Printers FELIXrobotics www.felixprinters.com info@felixprinters.com	Felix 1.5	450 x 500 x 530	235 x 205 x 200	PLA	0.05 mm	1299 €	
	Felix 2	450 x 500 x 530	255 x 205 x 235	PLA	0.05 mm	1400 €	
	Felix 3		255 x 205 x 235	PLA	0.05 mm	1500 €	
	Felix Pro 1		255 x 245 x 225	PLA, PETG, Paa, ABS, PVA, puumainen, lasimainen	0.05 mm - 0.25 mm	2200 €	
 FORTUS Fortus 3D Production Systems www.fortus.com info@fortus.com	Fortus 200mc	666 x 854 x 1041	203 x 203 x 203	ABSplus	0.178 - 0.33 mm	Katso Strateya Ltd	
	GAIA Multitool		8300 x 360	Keraamit		5000 €	
 GAIA ALL-TOOL TITAN 3D gaiaalltool.com	FIBER 1500		1200 x 800 x 1500				24 000 €
	 German RepRap GmbH www.germanreprap.com	Prfotec X400	650 x 650 x 700	400 x 400 x 360	ABS / PLA / HDPE / PP / PE	0.1 mm	1800 €
Neo		330 x 330 x 330	150 x 150 x 150	PLA		800 €	
X350		600 x 444 x 517	350 x 200 x 210	ABS / PLA, PS, PVA	0.02 mm	2499 €	
X350 pro		600 x 444 x 517	350 x 200 x 210	ABS, PLA, PS, PVA, TPU, Carbon3D, Layerwood, Laybrick, PP, Beeslay, Soft-PLA, SmartABS	0.02 mm		
X1000		1380 x 1700 x 1300	1000 x 800 x 600	PLA	0.5 mm	28500 €	
 D-Metal Guangdong GYNDAYA 3D Technology Co.,LTD www.gyndaya.com info@gyndaya.com	DMetal-50	1030 x 810 x 630	50 x 50 x 50	rosteri, titaaniseoskaset, kobolttikromi, alumiini-seoskaset	5-50 µm		
	DMetal-100	1500 x 750 x 1700	250 x 250 x 300		10-100 µm		
	DMetal-250	2150 x 1000 x 2050	250 x 250 x 300		10-100 µm		
	DMetal-400	2150 x 1000 x 2050	400 x 400 x 400		10-100 µm		
 D-FORGE Sondermaschinenbau www.dforge.at office@dforge.at	72 L		620 x 400 x 250	Metallien purseus		25 000 €	
	140 L		700 x 500 x 400			50-70 µm	
 HP www.hp.com	HP DesignJet 3D printer	762 x 660 x 660	203 x 152 x 152	ABS+ (monokromi)	0.25mm	€11 080 (2012 malli)	
	HP DesignJet Color 3D printer	762 x 660 x 660	203 x 152 x 152	ABS+ (3 väriä)	0.25 & 0.33mm	€16 260 (2012 malli)	
	HW 203	475 x 385 x 325	230 x 150 x 150	ABS, PLA	0.1-0.5mm	1000 \$	
	HW 303	350 x 350 x 550	200 x 200 x 475	ABS, PLA	0.1-0.4mm	1100 \$	
	HW 304	350 x 350 x 550	205 x 205 x 300	ABS, PLA	0.1-0.4mm	1000 \$	
 HUCWAY www.hucway.cn	Huaway 3D-150		158 x 158 x 150	PLA	0.1-0.5mm	499 \$	
	F6251P	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320	nylon, miiniväli-, hiikkulu, lasikuitu vahvistettu nylon	0.06 - 0.3 mm		
	HT251P	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320		0.06 - 0.3 mm		
	F5402P	2580 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 - 0.3 mm		
	H5402P	2580 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 - 0.3 mm		
	S5402P	2580 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 - 0.3 mm		
	F6271M	1750 x 1420 x 1860	275 x 275 x 320	rosteri, kobolttikromi	0.02 - 0.1 mm		
 HUNTSMAN Creating the possibilities Huntsman Advanced Materials www.huntsman.com patrick.villaverde@huntsman.com	Aradite Digitalis	1805 x 1360 x 2010	650 x 370 x 600	Aradite MLS MicroLightSwitch 70200	50 - 150 µm	2010 malli 3D systems ostama. Katso 3D Systems	
	 Innovation Med Tech GmbH www.innovation-medtech.de k.maringer-pagelow@innovation-medtech.de	D00	2200 x 2500 x 800	150 x 755 x 255	photopolymeeri	25-150 µm	300 000 €
D05		2200 x 2500 x 800	150 x 755 x 255	photopolymeeri	25-150 µm	350 000 €	
M120		2000 x 1950 x 1250	500 x 600 x 400	photopolymeeri	50-150 µm	250 000 €	
 InraTek www.inratel.com sales@inratel.com	MX-3		1000 x 800 x 650	Metallit			
	MX-4						
	MX-250		250x250x250				350 000 \$
	MX-450		450x450x350				800 000 \$
	MX-1000		1000x600x650				1 000 000 \$
	MX-Grand		4000x1000x1000				2 000 000 \$
 iRAPID Rapid GmbH www.irapid.de info@rapid.de	iRapid BLACK 3D-Printer	500 x 350 x 400	250 x 150 x 120	PLA	0.05 mm	990 €	
	 Kavros Pte Ltd. www.kavros.com sales@kavros.com	SP4300	375 x 425 x 470	56 x 35 x 100	ABS-like (ABS-LC100), CoolGrey ABS-like (ABS-LC115), Castable Resin (CAG-T-CC205), High Temperature Resistant (HTR-305)	10-100 µm	21 500 \$
SP5200		375 x 425 x 470	80 x 50 x 100	10-100 µm		25 500 \$	
93D mini		270 x 190 x 175	44 x 28 x 70	10-100 µm		5000 \$	
Ortholab 362			120 x 75 x 100			24 000 \$	
 KEYENCE Keyence Corporation www.keyence.de info@keyence.de	Ortholab 405		120 x 75 x 100			25 000 \$	
	Aplite-3000	944 x 700 x 1360	297 x 210 x 200		15-20 µm	50 000 €	



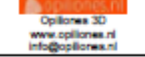


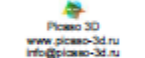
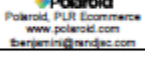

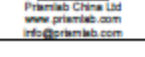
Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Välittäjä	Koneen tyyppi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammiot (b x d x h mm)	Materiaalit	Kermos- pakkaus	Hinta	
 KLONER3D Kloner3D www.kloner3d.com info@kloner3d.com	KLONER3D 120	300 x 300 x 300	120 x 120 x 120		0.1 mm		
	KLONER3D 140	290 x 325 x 490	140 x 130 x 120		0.035 mm		
	KLONER3D 150 H	300 x 300 x 600	150 x 140 x 340		0.1 mm		
	KLONER3D 300H	400 x 490 x 690	320 x 280 x 330		0.1 mm		
	KLONER3D 240	400 x 490 x 600	220 x 240 x 140		0.035 mm		
	KLONER3D 320	510 x 490 x 600	300 x 240 x 140		0.035 mm		
	KLONER3D 240TWIN	690 x 490 x 600	380 x 240 x 140		0.035 mm		
	KLONER3D 500	690 x 490 x 600	500 x 240 x 140		0.035 mm		
 Kühling&Kühling Jonas Kühling & Simon Kühling GbR http://kuehlingukuehling.de/ office@kuehlingukuehling.de	Kühling&Kühling RepRap Industrial 3D printer	800 x 600 x 800	200 x 185 x 280	ABS, PVA, PLA, PC, PA	0.1 mm	5000 €	
 LITHOZ Lithoz GmbH www.lithoz.com/ office@lithoz.com	Cerfab 7500	1200 x 600 x 1800	75 x 43 x 150	Lithoz HP 500 (alumiinioksid), Lithozon ZnO2, Lithozone Ca3(PO4)2	40 µm	200 000 – 250 000 €	
	Cerfab 8500		115 x 64 x 150				285 000 €
 Leapfrog Leapfrog www.lfrog.com	Creatr	500 x 600 x 500	290 x 270 x 200	ABS, PLA, PVA	Min 0.15 mm	1250 €	
	Creatr HS	600 x 600 x 500	290 x 270 x 180	ABS, PLA, PVA, Nylon	Min 0.05 mm	1800 €	
	Creatr HS Lite	633 x 486 x 523	280 x 270 x 180		0.1 mm	1700 €	
	Xeed	800 x 600 x 500	370 x 340 x 290	ABS, PLA, PVA	Min 0.1 mm	5460 €	
	Creatr HS XL	633 x 486 x 930	270 x 270 x 590	ABS, PLA, PVA, Nylon	0.2 mm	4000 €	
 Lincsolution Lincsolution lincsolution.com Choi10816@naver.com	Link Pro		200x210x250	Materiaalin purkutus		2200 €	
	Link Pro+		180x240x310			31000 €	
 Lulzbot www.lulzbot.com info@lulzbot.com	TA2 3D Printer	680 x 520 x 515	258 x 275 x 250	ABS, PLA, HIPS, PVA, puu filamentti	0.075 – 0.35 mm	2195 \$	
	AO-101 3D Printer	464 x 483 x 381	200 x 190 x 100	ABS, PLA	0.075 – 0.75 mm	1725 \$	
 MakerBot http://lulzmakerbot.com contact@makerbot.com	Thing-O-Matic	300 x 290 x 400	120 x 120 x 150	ABS, PLA, HDPE Sokettuvaruste, Maapähkinä voi, Silkoni	0.25-0.5mm	700€ 700€ 2010 malli	
	MakerBot Industries Cupcake CNC	300 x 290 x 400	100 x 100 x 120				
	Replicator	320 x 467 x 381	225 x 145 x 150	ABS, PLA	0.2-0.3mm	1750 \$	
	Replicator 2	490 x 420 x 380	285 x 153 x 155	PLA	0.1 mm	1890 €	
	Replicator mini		100 x 100 x 125	PLA	0.2 mm	1375 \$	
	Replicator (5th generation)	525 x 441 x 410	252 x 199 x 150	PLA	0.1 mm	2900 \$	
	MakerBot Replicator Z18		305 x 305 x 457	PLA	0.1 mm	6900 \$	
	MakerBot Replicator ZX	490 x 420 x 531	250 x 150 x 150	ABS	0.1 mm	2800 \$	
 MAKERGOD makergod.com info@makergod.com	Thor		250 x 185 x 210	PLA	40 µm	2000 €	
 Mass Portal Mass Portal SIA massportal.com sales@massportal.com	Pharaoh Delta 3D printer	320 x 310 x 630	Ø 200 x 200	PLA, ABS, PET, PS	0.02 – 0.6mm	2500 €	
 Mbot3D www.mbot3d.com info@mbot3d.com	Mbot Cube II	405 x 405 x 410	200 x 200 x 200	ABS, PLA	0.125 – 0.3 mm	1499 \$ (1 suuttim)	
 Moor Technologies Moor Technologies www.moor-technologies.com deinde@moortechnologies.com	Matrix 300	900 x 700 x 800	257 x 170 x 150	A4 Paper/ A4 Paperi	0.1 mm	1900€ (2011) 2940€ (2010)	
	Moor Matrix	1180 x 755 x 750	297 x 210 x 150			0.1 mm	24 250 € 2000 malli
	Moor lite	900 x 700 x 800	256 x 159 x 150			0.1 mm	35 000 €
	Matrix 300+	900 x 700 x 800	256 x 159 x 150			0.1 & 0.19 mm	830 €/vienti 2940 €
	Arka	690 x 503 x 633	240 x 205 x 125		Paperi	0.1 mm	6000 \$
 Metsuura www.metsuura.co.jp info@metsuura.de	Lumex Avance 25	1800 x 2500 x 2432	250 x 250 x 185	Ruostumatonta teräspohjainen pulveri, titaanipulveri, titaanioksidi-pulveri	20 µm	600 000 €	
 MicroJet Microjet Technology CO LTD www.microjet.com	CometruJet T51	1110 x 680 x 1220	203 x 203 x 254	Muovipohjainen jauhe	0.08 – 0.12 mm		
	CometruJet T52a	1110 x 680 x 1220	203 x 203 x 10	Muovipohjainen jauhe (värilt)			
	CometruJet T52	1110 x 680 x 1220	203 x 203 x 254	Muovipohjainen jauhe (värilt)			
	CometruJet T163	1480 x 820 x 1320	300x 300 x 254	Muovipohjainen jauhe (värilt)			
 MikroCraft www.mikrocraft.com info@mikrocraft.com	MikroCraft™ 3D Printer	205 x 208 x 335	43 x 27 x 180	UV kovettuva hartali	50 µm	2159 \$	
 MiniFactory MiniFactory www.minifactory.fi jens@minifactory.fi	mifa3D	395 x 335 x 335	140 x 150 x 120	PLA	0.1 -0.32 mm	750 €	
 MTT MTT Technologies Group www.mtt-group.com info@mtt-group.com	SLM 125	750 x 1490 x 1000	125 x 125 x 125	Ruostumatonta terästä 316L, ja 17-4PH, H13 työkaluterästä, alumiini Al-Si-12Mg ja Al- Si-10Mg, Ti-taani CP, Ti-6Al-4V ja Ti-6Al- 7Nb, kobolttikromi (ASTM F75), Inconel 718 ja 625	20-100 µm	Verho malli. Vinyli jakaantunut SLS Solutione ja Renishaw	
	SLM250	1800 x 800 x 2200 (2008) 870 x 1700 x 2050	250 x 250 x 390 (2008) 250 x 250 x 320 (x,y,z) 2 lasijärjestelmästä 350		20-100 µm		
	SLM 100	800 x 800 x 2200	Ø 125 mm x 80 mm	Ruostumatonta terästä, työkaluterästä, Ti-taani seoskivi, Cr-nickel, kulta, alumiini seoskivi, kobolttikromi	20-100 µm		

Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (D x d x h mm)	Rakennuskammio (D x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 Neotech AMT GmbH www.neotech-amt.com info@neotech-amt.com	AJ 45X	1400 x 1085 x 2165	800 x 500 x 250	Johdatavat metallit & polymeerit, puoliophtaat, vaeräosat, eristävät			
	AJ 15XE	1220 x 870 x 1670	650 x 450 x 250				
	LBS 45XE	1480 x 1510 x 2080	1000 x 650 x 250				
 Objet Geometries www.objet.com info@objet.com	Eden 250	870 x 735 x 1200	250 x 250 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, Biobioyväit Veroclear ja FullCure 720, PP:n kaltaisen DuranWhite, Tagge-komposiittit ja Veroclear	15µm	Yritys yhdistänyt Stratasysin kanssa. Kaikki Stratasys Ltd	
	Eden 360	870 x 735 x 1200	250 x 250 x 200	FullCure720, Veroclear, DuranWhite, ja DuranWhite	15- 30µm		
	Alerte 20	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure720, Veroclear	28 µm		
	Objet 30	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure720, Veroclear/Veroclear, Veroclear, Veroclear, Veroclear, DuranWhite, Polypyrroleniin kaltaisen	28 µm		
 Omni3D www.omni3d.com sales@omni3d.com	Factory 2.0	1070 x 770 x 1200	500 x 500 x 500	PLA, ABS		20 000 €	
 Optilinea 3D www.optilinea.nl info@optilinea.nl	Optilinea M		Ø310 x 405	PLA	0.09 - 0.32mm	2000 €	
	Optilinea L		Ø500 x 745	PLA	0.09 - 0.32mm	2500 €	
	Optilinea XL						15 000 €
 Optomec, Inc. www.optomec.com info@optomec.com	Aerocool Jet 300 Series	1500 x 1500 x 2200	300 x 300	Johdatavat metallit & polymeerit, puoliophtaat, vaeräosat, eristävät	100 nm - 2 µm		
	Aerocool Jet Display Lab	1500 x 1500 x 2200	370 x 470				100 nm - 2 µm
	Aerocool Jet Solar Lab	1500 x 1500 x 2200	300 x 300				100 nm - 2 µm
	LENS 850-R	2700 x 2700 x 2700	900 x 1500 x 900	Tiitaani, Inconel, terästä, kobolttia, alumiini, stääliä, komposiittit	0.3 mm		
	LENS MR7	1200 x 1500 x 2000	300 x 300 x 300		0.3 mm		
	LENS 850-R (2011)	3000 x 3000 x 3000	1000 x 1500 x 1000	Tiitaani (CP Ti, Ti-6Al, Ti-6Zr2) työkäsiteltyä (H13, A2, S7)	500µm		
	LENS 750 (2011)	3000 x 1500 x 2500	300 x 300 x 300	ruostumatonta terästä (304, 316, 420, 17-4 PH) Supermetallit (IN625, IN718, Hastel X) muita lämpökestäviä seoksia	500µm		
	MSD 300 (2008) Aerocool Jet 300	300 x 1200 x 1500	300 x 300	Laaja valikoima materiaaleja ja seoksia sisältäen alumiiniin, teräseen, kobolttiin, nikkelin, ruostumatonta terästä, vaeräosia, alumiini- ja keraamisia osia	0.002 - 0.8mm		
	MSD SOLAR LAB (2008) Aerocool Jet Sole Lab	300 x 1200 x 1500	300 x 300	polymeerit, liima-ainetta ja kiinnittimiä	0.002 - 0.8mm		
 Phenix Systems www.phenix-systems.com contact@phenix-systems.com	T-wal II		254 x 254 x 203	Metalli / kerami		3500 €	
	PM100T	1450 x 1250 x 1900	Ø 100 x 100	Metalli / kerami	10-60µm	3D Systems osastun Phenixin, kaikkien 3D Systems	
	PM250	3250 x 1300 x 2400	Ø 250 x 300	Metalli / kerami	10-60µm		
	PXS Dental	1200 x 770 x 1950	1200 x 770 x 1950		Kobolttikromi		10-60µm
PM100T Dental	1450 x 1250 x 1900	Ø 100 x 100		Metalli	10-60µm		
 Pico3D www.pico3d-3d.ru info@pico3d-3d.ru	Pico3D Builder	470 x 422 x 441	200 x 200 x 200	ABS, PLA	0.1 mm	2200 €	
	Designerpro 250	490 x 390 x 350	200 x 200 x 210	ABS, PLA	0.05 mm	3000 €	
 Polaroid, PLR E-commerce www.polaroid.com benjamin@polaroid.com	ModelSmart 250S		250 x 150 x 150	PLA	50 - 380 µm		
 POM Group, Inc www.pomgroup.com info@pomgroup.com	DMD3000	1500 x 1500 x 1600	800 x 600 x 400	H13, S7, 420SS, 316SS, In625, In718, Ti, Ti6Al4V, Invar, H13, S7, 420SS, 316SS, CPM1V, CPM10V, Cermet, C250, C275, IN625, IN718, Wasp seokset, Invar, Stellite6, Stellite21, Stellite31, Ti, Ti6Al4V	0.25 - 1.0mm	2008 malli	
	DMD2600	4100 x 2700 x 2400	1400 x 800 x 450		0.1 - 1.4mm		
	DMD505	5700 x 3200 x 3200	1800 x 800 x 750 (5 akselia) 2000 x 1000 x 750 (3 akselia)		0.1 - 1.4mm	2008 malli \$1 400 000	
	DMD1050 (2008)	3100 x 1900 x 3100	750 x 500 x 400 (5 akselia) 800 x 500 x 450 (3 akselia)		0.25 - 0.7mm	2008 malli \$600 000	
	DMD IC 106	1500 x 1200 x 1300	500 ulottuvuus 5 akselinen robotti		0.1-0.5 mm	350-450 k\$	
	DMD 44R96R	4100 x 4100 x 3100, 44R	2000-3000 ulottuvuus 5 akselinen robotti		0.5-1.8 mm	600-800 k\$	
	DMD 1051050	4100 x 3000 x 3200; 5-akselia	300 x 300 x 300 (35 akselia)		0.25-0.7 mm	650-800 k\$	
	DMD5050	4400 x 800 x 4100; 5-akselia	1200 x 1200 x 600 (5 akselia)		0.1-1.5 mm	870-1000 k\$	
	SYNERGY5 (Deposition-subtraction by Dry-µEDM)	3400 x 8500 x 3200; 5-akselia	300 x 300 x 300 (35 akselia)		0.4-1.8 mm	1400-1700 k\$	
 Phenix Oy www.phenix.fi riku.ruuska@phenix.fi	Phenix Duo	495 x 425 x 360	200 x 200 x 200	PLA, ABS, PVA/hig, Flec-filamentit, puukuitufilamentit, metalliseosfilamentit, hiilikuituseokset, grafiinifilamentit	0.05-0.4mm	2400 €	
	Phenix Duo XL	715 x 425 x 360	400 x 200 x 200		0.05-0.4mm	2500 €	
 Printbot http://www.printbot.com	Printbot jr		101 x 101 x 101	PLA	50 - 100 µm	499 \$	
	Printbot LC (v2)		152 x 152 x 152		50 - 100 µm	799 \$	
	Printbot PLUS (v2)		203 x 203 x 203		50 - 100 µm	999 \$	
	Rapid 200		100 x 200 x 200	valokovettuvat	50 - 100 µm	43 000 €	
 Prinlab China Ltd www.primlab.com info@primlab.com	Rapid 300		150 x 300 x 300	valokovettuvat	50 - 100 µm		
	Rapid 400		216 x 380 x 380	valokovettuvat	50 - 100 µm		
	Rapid 600		300 x 600 x 600	valokovettuvat	50 - 100 µm		
	M390 Producer	1900 x 2010 x 2250	840 x 660 x 550	valokovettuvat	0.050-0.150 mm	380 000 €	
 Pro3ways www.pro3ways.com/en/ contact@pro3ways.com	i3D Producer	1850 x 1800 x 1800	150 x 950 x 150	komposiitit, keramiitit, metallit	0.040-0.075 mm	390 000 €	
	i3E Producer	2100 x 600 x 2250	720 x 230x 100	ikkalattien seokset	0.050 mm	250 000 €	
	Promaker L5000	1800 x 1200 x 1980	400 x 330 x 400	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker L5000D	1800 x 1200 x 1980	400 x 330 x 200	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker L6000	2200 x 1200 x 1980	600 x 330 x 400	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker L6000D	2200 x 1200 x 1980	600 x 330 x 200	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker L7000	2200 x 1200 x 1980	600 x 330 x 400	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker L7000D	2200 x 1200 x 1980	600 x 330 x 200	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker L8000	2200 x 2100 x 2100	840 x 660 x 550	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	Promaker D3E	2130 x 800 x 2000	720 x 230 x 150	valokovettuvat	25 - 150 µm		
	ProMaker P2000 HT	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320		0.05 mm	190 000 €	
	PROMAKER P2000 SD	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320		0.05 mm	190 000 €	
	ProMaker P4000 X	2580 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 mm	410 000 €	
	ProMaker P4000 HS	2580 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 mm	410 000 €	
	ProMaker P4000 SD	2580 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 mm	410 000 €	
















Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammiot (b x d x h mm)	Materiaalit	Kermospaksuus	Hinta
Prodim International BV www.prodim-systems.com	Orao		250 x 220 x 190	PLA, ABS, Nylon, PVA	0.1 mm	1900 €
	OrcaBot XXL		360 x 280 x 230	PLA, ABS, Nylon, PVA		3895 €
Prometal RCT GmbH www.prometal-rct.com info@prometal-rct.de	S-15	3354 x 3101 x 2212	1500 x 750 x 70	Kaeväusheikka	0.15-0.4 mm	1 400 000 \$ (2011) malli: Nimi muuttunut EuDra
Protonaprint www.protonaprint.com info@protonaprint.com	Print270 Color 3D	480 x 470 x 780	270 x 270 x 250	PLA, ABS, PVA (eri väriset)		2.650 €
Quant 3D www.quant3d.com info@quant3d.com	Q1000	1330 x 753 x 819	350 x 350 x 350	ABS, ESD ABS, PLA, HIPS, PETG	0.1 mm	20 000 €
RAISE3D www.raise3d.com info@raise3d.com	N1	352 x 528 x 651	305 x 305 x 305	PLA, PLA+, ABS, PC, PETG, R-Res, TPU, HIPS, prossi- tai puusäkelöitä	0.01 - 0.25 mm	1800 \$
	N2	616 x 590 x 750	305 x 305 x 305		0.01 - 0.25 mm	2500 \$
	N2 Plus	616 x 590 x 1112	305 x 305 x 610		0.01 - 0.25 mm	3300 \$
F & B rapid production www.rapidproduction.org/ support@rapidproduction.org	MetalBro400 V2	800 x 800 x 800	400 x 400 x 400	PLA		5700 €
	MetalBro500 V2	800 x 800 x 1100	400 x 400 x 600	PLA		8484 €
	MetalBro1000 V2		400 x 400 x 1000	PLA		13 470 €
	MetalBro300	680 x 600 x 750	300 x 300 x 250	PLA		2950 €
rapidshape Rapid Shape GmbH www.rapidshape.de info@rapidshape.de	530		50 x 31 x 80	Yläosat: GP 100 Valmistus: GP 200 / GP 201 / GP 202	25 - 100 µm	20 000 €
	530 L	248 x 620 x 320	83 x 45 x 80			
	030 Dental		110 x 62 x 80	Yläosat: GP100, GP101 Valmistus: GP 200 Biodylaeracipha: pyynnöksi Komposiitit allkonmuutti: CM 300	25 - 100 µm	
	030L Dental		110 x 80 x 80			
	550 V2 mini	590 x 570 x 680	76 x 42 x 90 95 x 53 x 90 124 x 70 x 90			
	550 V2 mid			Yläosat: GP100, GP101 Valmistus: GP 200 Biodylaeracipha: pyynnöksi Komposiitit allkonmuutti: CM 300	10 - 100 µm	2012 malli
	550 V2 maxi	690 x 590 x 570	84 x 48 x 200 122 x 69 x 200 150 x 85 x 200			
	550 LED mini	590 x 570 x 680	76 x 42 x 110 95 x 53 x 110 124 x 70 x 110			
	550 LED mid			Yläosat: GP100 Valmistus: GP 200 CP 201, CP 202 Biodylaeracipha: pyynnöksi Komposiitit allkonmuutti: CM 300	25 - 100 µm	
	550 LED maxi	590 x 570 x 680	153 x 86 x 155 192 x 108 x 155			
590			Yläosat: GP101 Valmistus: GP 200 CP 201, CP 202 Komposiitit allkonmuutti: CM 300	25 - 200 µm		
590 L	573 x 400 x 1540	70 x 52 x 90 105 x 59 x 90 153 x 96 x 150				
HA 50 uv	690 x 590 x 570		Yläosat: GP101	25 - 100 µm		
HA 60 uv LED	690 x 590 x 570					
HA 90	573 x 400 x 1540					
REALIZER realizer GmbH www.realizer.com info@realizer.com	SLM 50	800 x 700 x 500	8 70 x 40	Työkalutekniikka, ruostumatonta terästä, CoCr, Inconel, titaani, kulta	10 - 50 µm	
	SLM 100	900 x 800 x 2400	125 x 125 x 100	Työkalutekniikka, ruostumatonta terästä, CoCr, Inconel, titaani, alumiini, kulta	10 - 50 µm	
	SLM 125	600 x 550 x 800	125 x 125 x 200	ruostumatonta terästä, CoCr, titaaniseokset		250 000€
	SLM 250	1800 x 1000 x 2200	250 x 250 x 300		20 - 100 µm	
	SLM 300	1800 x 1000 x 2200	300 x 300 x 300	Työkalutekniikka, ruostumatonta terästä, CoCr, Inconel, titaani, alumiini	20 - 100 µm	450 000 €
	SLM 300i	2200 x 1380 x 1850	300 x 300 x 300			
RENISHAW renishaw.com info@renishaw.com	AM250	1700 x 800 x 2050	245 x 245 x 300 (x2) 2 laakerinottolaa 360	Avoimiin systeemiin Ruostumatonta terästä, työkalutekniikka, alumiini titaani, kobolttikromi, Inconel	25 / 50 µm	
	AM125	1350 x 800 x 1900	120 x 120 x 125		20-100 µm	2012 malli
	RenAM 500 M		250 x 250 x 350			500 000 €
	AM 400		250 x 250 x 300			
RICOH RICOH COMPANY, LTD www.ricoh.com	Ricoh AM 95500P	21000 x 1520 x 2400	550 x 550 x 500	PA11, PA12, PA6, PP polypropaeni	0.08 - 0.2 mm	600 000 €
ROBO3D www.robo3dprinter.com robo3dprinter@gmail.com	Robo 3D ABS+PLA Model		254 x 228 x 203	ABS, PLA	0.1 mm	559 \$
	Robo 3D PLA Model		254 x 228 x 203	PLA	0.1 mm	559 \$
Roboze www.roboze.com info@roboze.com	One	550 x 450 x 500	280 x 220 x 200	Flex, function, strong, ultra	50 µm	6000 €
	One 400+					
ROKID http://en.3dconprinter.com info@rokid.co.kr	3dcon Plus	467 x 324 x 380	328 x 148 x 150	PLA	0.08 mm	
	3dcon Multi	483 x 340 x 469	280 x 148 x 160	PLA, ABS, Nylon, PVA yms.	0.025 mm	6000 €
	3dcon Pro	511 x 402 x 570	300 x 205 x 245	PLA, ABS, Nylon, PVA yms.	0.025 mm	1000 €
	3dcon H700	511 x 402 x 1030	300 x 205 x 680	PLA, ABS, Nylon, PVA yms.	0.025 mm	6000 €
	3dcon AEP	511 x 402 x 570	300 x 205 x 255	PLA, ABS, Nylon, PVA, Ultem, PC yms.	0.025 mm	
ROLAND DGA www.rolanddg.com dgn-ids@rolanddg.com	ARM-10	430 x 385 x 450	130 x 70 x 70	ImageCure photopolymeeri	0.01 mm	7000 \$
Scakey INC www.scakey.com	Scakey DM		5790 x 1220 x 1220	Elektronisuhkutekniikka		
Shearid Hengfong Intelligent machine Co. Ltd. www.china-tpm.com china@tpm.com	SPG250J	1295 x 815 x 1705	250 x 250 x 100	photopolymeeri	0.07-0.2 mm	
	SPG350B	1565 x 965 x 1930	350 x 350 x 250		0.05-0.2 mm	
	Laser SP5800B	2065 x 1245 x 2220	600 x 600 x 400			
	Laser SP6000B	1860 x 1240 x 1930	600 x 600 x 400			
	Laser SP6450B	1665 x 1035 x 1930	450 x 450 x 350			
	Laser SP6250E	1295 x 815 x 1705	250 x 250 x 150			0.07-0.2 mm
	SPG250M	1295 x 815 x 1705	250 x 250 x 250			
	UV SCPS350B	790 x 890 x 1600	350 x 350 x 250			0.1-0.2 mm
	UV SCPS390	1795 x 965 x 1895	350 x 350 x 350			0.05-0.3 mm


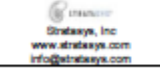


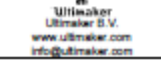
Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kermos- pakkaus	Hinta
 Shanghai Union Technology www.union-tek.com/ baryfacu@union-tek.com	R15200	1590 x 890 x 2000	360 x 360 x 300	DSM SOMOSin materiaalit	0.05-0.25mm	
	R15400	1690 x 896 x 2000	460 x 460 x 360		0.1-0.5mm	260 000 €
	R156000	1700 x 812 x 19200	600 x 600 x 400		0.1 mm	896 €
 Sharebot S.r.l. www.sharebot.it info@sharebot.it	Kinet-3D	310 x 350 x 330	140 x 100 x 100	PLA		
	Next Generation	450 x 450 x 410	250 x 200 x 200	ABS, ABS Plus, PLA, Nylon, TPU, Polytymene, Cristal Flux, PLA Brick, PLA Flux, PLA Thermosense, PET	0.05 mm	1900 €
	XXL	950 x 490 x 410	700 x 250 x 200	PLA-0, TPU, Nylon-Carbon	0.1 mm	
	Voyager SnowWhite	690 x 290 x 400	54 x 96 x 100 100 x 100 x 130	PA12	20/100 µm	35 000 €
 SHINING 3D TECHNOLOGY http://www.shining3d.com/ sales@shining3d.com	Einatert S	300 x 320 x 390	160 x 160 x 160	PLA	0.15-0.35 mm	700 €
	Einatert L	442 x 497 x 489	310 x 220 x 200	PLA	0.15-0.35 mm	
	ISLA-690	1220 x 1400 x 2000	650 x 600 x 400	GP 365nm	0.05-0.2 mm	
	ISLA-490	1100 x 1400 x 1800	460 x 460 x 400	365nm valokovettava neste	0.05-0.2 mm	
 Sindoh Co., Ltd http://idolprinter.sindoh.com	3DWGX	421 x 433 x 439	210 x 200 x 195	PLA, ABS	0.05 - 0.4 mm	
 Sinterit www.sinterit.com contact@sinterit.com	Lisa	650 x 550 x 450	130 x 170 x 130	PA12	0.06-0.15mm	7000 €
 Sintermask Technologies www.sintermask.com www.fabster.de sales@sintermask.us info@fabster.com	Pollux 32	1250 x 2100 x 1799	210 x 300 x 500	Polyamidi ja lasi	50 - 120µm	
	Zorro High Speed	2200 x 700 x 2000	210 x 300 x 800	Muovijauheet (sukermäkipöytä alle 450C°)	25 - 250µm	250 000- 450 000€
	Fabster	580 x 480 x 580	230 x 230 x 210	termostaattiset muovit	25 - 400 µm	1000 €
 Sintefac www.sintefac.com	Sintefac		110 x 110 x 110	PA12	100 - 150 µm	5000 €
	SI			PA12	100 - 150 µm	10 000 €
 Siemens Group www.siemens.com info@siemens.com	Myrint 100	1390 x 760 x 1600	Ø100 x 100	Proxi, kobolttikromi, rosteeri	10 µm	160 000 €
 SLM Solutions GmbH www.slm-solutions.com info@slm-solutions.com	SLM 125 HL	1350 x 1900 (2400) x 800	125 x 125 x 75	Tiitani, itaantiseokset, työkälu- ja ruostumatonta terästä, alumiiniseokset, kobolttikromi, Inconel	20 µm - 75 µm	
	SLM250 HL	1650 x 1900 (2400) x 1000	250 x 250 x 350		20 µm - 75 µm	
	SLM280 HL	1800 x 1900 (2400) x 1000	280 x 280 x 350		20 µm - 100 µm	500 000 €
	SLM 500 HL	3000 x 2000 (2500) x 1100	500 x 280 x 325		20 µm - 200 µm	1 000 000 €
 Solido www.solido3d.com ren@solido3d.com	SD300 Pro	770 x 465 x 420	160 x 210 x 135 (XYZ)	Tekniset muovit monilla eri värillä	0.17mm (Z)	2010 malli 9500€
	SD300 3D Printer	750 x 410 x 420	210 x 160 x 135	Tekniset muovit monilla eri värillä	0.165mm	2008 malli \$15,000
 Solidoodle www.solidoodle.com support@solidoodle.com	Solidoodle 3D Printer, 2nd Generation	292 x 298 x 298	152 x 152 x 152	ABS, PLA	0.1 mm	499 \$
	Solidoodle 3D Printer, 3rd Generation	343 x 396 x 396	203 x 203 x 203	ABS, PLA	0.1 mm	799 \$
 Solidescape, Inc. www.solid-escape.com precision@solid-escape.com	D75+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101	DentalCast - Kappaleet InduraFill - Tukimateriaali	0.0254 - 0.0508mm	32779€
	D66+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101		32779€	
	T76+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101		32779€	
	R96+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101	InduraCast - Kappaleet InduraFill II - Tukimateriaali	0.0127 - 0.0762 mm	22005€
	T612 Benchtop 2	711 x 495 x 495	304 x 152 x 152		30956€	
	3ZPRIO	558 x 495 x 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support	Käyttäjän valittavissa alin 6.33 µm	45 890 \$
	3ZSTUDIO	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 50.8	3Z Model, 3Z Support	Käyttäjän valittavissa	24 890 \$
	3Z MAX	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support		49 890 \$
	3Z Lab	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 50.8	3Z Model, 3Z Support		29650 \$
	Contact 600		152.4 X 152.4 X 101.6			50 000 \$
	Solidescape® MAX2	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support	26.4µm	
	MAX3		152 x 152 x 101			56 000 \$
 Soongon www.soongon.com cs@soongon.com	MakerPI M2041	360 x 360 x 736	200 x 200 x 410	PLA, ABS, PHA	0.05-0.30mm	
	MakerPI M2030	360 x 360 x 536	200 x 200 x 300	PLA, ABS, PHA	0.05-0.30mm	
	MakerPI M2048	360 x 360 x 736	200 x 200 x 480	PLA, ABS, PHA	0.05-0.30mm	
 SportRay www.sportray.us	MoortRay	391 x 391 x 508	127 x 91 x 203	valokovettavat - valjettaen, kirjas, oranssi, vihreä	20 µm	3900 \$
	SterRay	429 x 339 x 729	122 x 91 x 228		20 µm	2000 \$
 Stratasys FORTA 3D PRINTING Stratasys Ltd www.stratasys.com info@stratasys.com	Objekt 1000	2600 x 1800 x 1800	1000 x 800 x 500	ABS like, High Temperature, Bio- Compatible, iipinkiyhli VeroClear ja FullCure 720, PPF:n kaltainen DunzeWhite, Tango kuuminkalvat ja Vero materiaalit.	16 µm	500 000 €
	Objekt 500 Connex3 Color Multi-material 3D Printer	1400 x 1280 x 1100	490 x 390 x 200		16 µm	241 000 €
	Objekt Connex500	1420 x 1120 x 1130	500 x 400 x 200		16-30µm	220 000 € (2008)
	Objekt Connex360	1420 x 1120 x 1130	360 x 360 x 200		16-30µm	
	Objekt Connex260	870 x 735 x 1200	260 x 260 x 200		16-30µm	

Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros-paksuus	Hinta	
 <p>Stratasys FOR A BETTER WORLD Stratasys Ltd www.stratasys.com info@stratasys.com</p>	Objet 260 Connex 1	870 x 735 x 1200	288 x 282 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray VeroBlue, Tango family, RG0720, VeroClear, Endur Dura, MED10, RG0620	16 µm		
	Objet 260 Connex 2	870 x 735 x 1200	288 x 282 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray VeroBlue, Tango family, RG0720, VeroClear, Endur Dura, MED10, RG0620, ABS Ite	16 µm		
	Objet 260 Connex 3	870 x 735 x 1200	288 x 282 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray VeroBlue, Tango family, RG0720, VeroClear, Endur Dura, MED10, RG0620, ABS Ite	16 µm		
	Objet 360 Connex 1	870 x 735 x 1200	342 x 342 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray VeroBlue, Tango family, RG0720, VeroClear, Endur Dura, MED10, RG0620	16 µm		
	Objet 360 Connex 2	870 x 735 x 1200	342 x 342 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray VeroBlue, Tango family, RG0720, VeroClear, Endur Dura, MED10, RG0620, ABS Ite	16 µm		
	Objet 360 Connex 3	870 x 735 x 1200	342 x 342 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray VeroBlue, Tango family, RG0720, VeroClear, Endur Dura, MED10, RG0620, ABS Ite	16 µm		
	Objet 500 Connex 1	1400 x 1260 x 1100	480 x 390 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, Ispiniikkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltaiset Durawhite, Tango kummitalut ja Vero materiaalit.	16 µm		
	Objet 500 Connex 2	1400 x 1260 x 1100	480 x 390 x 200	ABS Ite, High Temperature, Bio-Compatible, Ispiniikkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltaiset Durawhite, Tango kummitalut ja Vero materiaalit.	16 µm		
	Objet 500 Connex 3	1400 x 1260 x 1100	480 x 390 x 200	ABS Ite, High Temperature, Bio-Compatible, Ispiniikkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltaiset Durawhite, Tango kummitalut ja Vero materiaalit.	16 µm		
	Objet Eden 500V	1320 x 990 x 1200	500 x 400 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, Ispiniikkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltaiset Durawhite, Tango kummitalut ja Vero materiaalit.	16-30µm	150 000 € (2000)	
	Objet Eden 350V	1320 x 990 x 1200	350 x 350 x 200		16-30µm	100 000 € (2000)	
	Objet Eden 350	1320 x 990 x 1200	350 x 350 x 200		16µm	100 000 € (2000)	
	Objet Eden 250V	870 x 735 x 1200	288 x 282 x 200		16-30µm		
	Objet Eden 250VS	870 x 735 x 1200	288 x 282 x 200		16-30µm		
	Objet 30 Pro	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure705, VeroClear Transparent, RG0620 High Temperature, VeroWhitePlus Opaque, VeroBlue Opaque, VeroBlack Opaque, VeroGray Opaque, DuraWhite	28 µm		
	Objet 30 Prime	825 x 620 x 590	294 x 192 x 148.6	Bio-compatible (MED10), VeroWhitePlus VeroBlue, VeroBlack, VeroGray, TangoGray, TangoBlack, Dura, Endur, VeroClear, RG0720	28 µm	37 000 €	
	Objet 24	825 x 620 x 590	240 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhite	28 µm	16 900€	
	Mojo 3D Printer	630 x 490 x 530	127 x 127 x 127	F430 ABSplus Ivory	0.17 mm	9 900 \$	
	uPrint SE	635 x 690 x 787 (1. kammio) 635 x 690 x 940 (2. kammio)	203 x 152 x 152	ABS Plus	0.254mm	11 999 €	
	uPrint SE Plus	635 x 690 x 800 (1. kammio) 635 x 690 x 953 (2. kammio)	203 x 203 x 152	ABS Plus (valkoinen, ruskeus, punainen, sininen, harmaa, mustainen), kaltaiset, vihreä	0.254mm / 0.330mm	15 500 €	
	Dimension Elite	838 x 737 x 1143	203 x 203 x 305	ABS Plus	178 - 254mm	24 150 €	
	Dimension 1200 wa STT	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 305	ABS Plus	0.254 - 0.33mm	26 800 €	
	Forus 250mc	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 282	ABSplus	0.178 - 0.33 mm	60 000 - 75 000€	
	Forus 350mc	1281 x 895 x 1692	395 x 254 x 254 tai 406 x 365 x 406	ABS-M30, PC-ABS, PC	0.127 - 0.33 mm	90 000 - 140 000€	
	Forus 380mc		365 x 305 x 305	ABS-M30, ABS-M30, ABS-ESD7, ASA, PC-ISO, PC, FDM Nylon 12	0.127 - 0.33 mm		
Forus 400mc	1281 x 895 x 1692	395 x 254 x 254 tai 406 x 365 x 406	ABS, ABS-M30, ABS-M30, PC-ABS, PC-ISO, PC, Ultem 9085, PPSF / PPSU	0.127 - 0.33 mm	115 000-175 000€		
Forus 450mc		406 x 365 x 406	ABS-M30, ABS-M30, ABS-ESD7, ASA, PC-ISO, PC, FDM Nylon 12, ULTEM 9085, ULTEM 1010	0.127 - 0.33 mm			
Forus 900mc	2772 x 1683 x 2281	914 x 610 x 914	ABS-M30, ABS-M30, PC-ABS, PC, PC-ISO, Ultem 9085, PPSF / PPSU	0.178 - 0.33 mm	260 000-400 000€		
Objet 500 Dental Selection	1400 x 1260 x 1100	480 x 390 x 200	Clear Bio-compatible, VeroGlow, VeroDent, VeroDentPlus, VeroWhite, VeroMagenta, TangoPlus, TangoBlackPlus	16µm			
Objet 260 Dental Selection	870 x 735 x 1200	288 x 282 x 200		16µm			
 <p>Stratasys, Inc www.stratasys.com info@stratasys.com</p>	FDM Maxum	2235 x 1118 x 1961	800 x 500 x 600	ABS, luku keuhkoi ABS	0.127 - 0.254mm	Yhtya yhdistäyt Objekt kanssa. Käyttö Stratasys Ltd	
	 <p>TRUMPF www.trumpf-laser.com Yhteydet: net@trumpf.de</p>	TruLaser Cell 7020		4000 x 1500/2000 x 750	Työkaluterä, rotaat, alumiinioksidit, staali, titaanioksidit, nikkelioksidit, kuparioksidit, Laserhiilisaate.		
TruLaser Cell 7040			4000 x 1500/2000 x 750				
TruLaser Cell 3000			420 x 420 x 220				490 000 €
TruLaser Cell 3010			1020 x 500 x 400				
TruLaser Cell 3008			800 x 500 x 400				
TruLaser Cell 3004			400 x 400 x 300				
TruLaser Cell 3009			500 x 800 x 400				
TruLaser Cell 1100							
Truprint 1000	1446 x 1680 x 730	Ø100 x 100		Työkaluterä, rotaat, alumiinioksidit, staali, titaanioksidit, nikkelioksidit, pronssi	20 µm	170 k€	
Truprint 3000		Ø300 x 400				300 - 700 k€	
 <p>TPM 盈普光电 Trump Precision Machinery www.trumpaysiem.com info@trumpaysiem.com</p>	Elite 3500	1280 x 1340 x 2100	380 x 380 x 600	C.R.P technology S.R.L:n pulveitt	0.15 tai 0.2 mm		
	Elite 5000	1410 x 1340 x 2100	480 x 480 x 600		0.15 mm		
 <p>Ultimaker Ultimaker B.V. www.ultimaker.com info@ultimaker.com</p>	Ultimaker Original	340 x 480 x 350	210 x 210 x 205	PLA	20 - 200 µm	1194 €	
	Ultimaker 2	340 x 395 x 390	210 x 210 x 220	PLA, ABS	20 - 200 µm		

Lähde: http://www.firpa.fi/AM_konematriisi_viimeisin.pdf. Luettu 11.11.2016.

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kermos- paksuus	Hinta
 Voxel3D www.voxel3d.co hello@voxel3d.co	Voxel3D		100 x 150 x 100	PLA, johtava muovi	200 µm	6000 \$
 Voxeljet voxeljet technology GmbH www.voxeljet.com info@voxeljet.de	VX4000	1900 x 2800 x 7000	4000 x 2000 x 1000	PMMA / Sand	0.12 - 0.3 mm	1 394 000 €
	VX2000	4900 x 2500 x 2300	2060 x 1060 x 1000	PMMA / Sand	0.12 - 0.4 mm	1 000 000 €
	VX 1000	2400 x 2800 x 2000	1060 x 600 x 500	PMMA / Sand	0.1 - 0.3 mm	964 000 €
	VX800	2000 x 2200 x 2200	650 x 450 x 500	PMMA / Sand	0.1 - 0.15 mm	530 700 - 460 000 €
	VX500	1800 x 1800 x 1700	500 x 400 x 300	PMMA / Sand	0.08 - 0.15 mm	278 000 €
	VX200	1700 x 900 x 1500	300 x 200 x 150	PMMA / Sand	0.15 mm	120 000 €
 Wing2Production www.wing2production.com info@wing2production.com	VX2000 Softflex 280	4000 x 2800 x 2200 388 x 388 x 363	850 x 500 x 7 60 x 120 x 110	Valokovettavat	0.3 mm	524 000 €
	Softflex 650	388 x 388 x 363	128 x 120 x 110		25-200 µm	26 000 €
 Wilboox www.wilboox.com service@wilboox.com	Wilbox	480 x 475 x 620	250 x 200 x 200	ABS, PLA	0.1 mm	2000 \$
 HUST Wuhan binhu mechanical& electrical co., ltd bjhd.tct.cn/ binhu@binhust.com	HRP-IB	1750 x 960 x 1500	450 x 350 x 350	paperi	0.05 - 0.3 mm	
	HRP-BA	1880 x 1100 x 1700	600 x 400 x 500			
	HRPL-I		350 x 350 x 350			
	HRPL-II		600 x 600 x 500			
	HRPS-3A	1900 x 900 x 2070	300 x 300 x 450	polymeeri-, metalli-, kerami- ja kassavahkekapulevent		
	HRPS-3A	2030 x 1050 x 2070	400 x 400 x 450			
	HRPS-3W	2270 x 1150 x 2070	500 x 500 x 400			
	HRPS-3Y	2270 x 1150 x 2070	500 x 500 x 400			
 3D GROUP 3d-group.com/	Rapet 200		108 x 192 x 192	photopolymeeri	33 µm	
	Rapet 300		162 x 288 x 288		50 µm	65 000 €
	Rapet 400		216 x 384 x 384		50 µm	85 000 €
	Rapet 500		324 x 576 x 576		50 µm	85 000 €
	ESAM 88	1727 x 1727 x 2794	711 x 625 x 1600	Titan ja sen sekoit., Inconel, turgiten, rosteri, alumiini-sekoit., teräs, nikkelisekoit.		
	ESAM 88	1727 x 1727 x 2794	1219 x 989 x 1600			
	ESAM 110	2794 x 2794 x 2794	1778 x 1194 x 1600			
	ESAM 150	3810 x 3810 x 3048	2794 x 1575 x 1575			
ESAM 300	7620 x 2743 x 3383	5791 x 1219 x 1219				
 Xery 3D www.xery3d.com marketing@xery3d.com	Lapelle	320 x 300 x 340	100 x 100 x 100	PLA / PVA	0.1 - 0.5 mm	400 \$
	Smart 225	470 x 300 x 375	225 x 150 x 150	PLA / PVA	0.1 - 0.5 mm	500 \$
	Smart 300M	595 x 400 x 430	300 x 200 x 200	PLA / PVA	0.1 - 0.5 mm	700 \$
	Super 300M	595 x 400 x 430	300 x 200 x 200	PLA / PVA	0.1 - 0.5 mm	300 \$
	Hero	582 x 483 x 512	300 x 200 x 200	PLA / PVA	0.1 mm	2000 \$
	Valon	805 x 755 x 1600	300 x 300 x 300	PLA / PVA / ABS	0.1 - 0.4 mm	10 000 \$
	Victory	1640 x 1175 x 2100	350 x 350 x 650	PA 12	0.06 - 0.12 mm	200 000 \$
	de Vinci 1.0 AIO	488 x 510 x 958	250 x 200 x 190	ABS	0.1 mm	300 €
de Vinci 2.1 AIO	488 x 510 x 958	150 x 200 x 190	ABS	0.1 mm	499 \$	
de Vinci 1.0	488 x 510 x 958	200 x 200 x 200	ABS	0.1 mm	750 €	
de Vinci 2.0 Duo	150 x 200 x 200	150 x 200 x 200	ABS / PLA	0.1 mm	800 €	
de Vinci 1.1 Plus	200 x 200 x 200	200 x 200 x 200	ABS / PLA	0.1 mm	800 €	
Nobel 1 / Nobel 1.0 A	280 x 337 x 590	128 x 128 x 200	photopolymeeri	0.02mm	1900 €	
Nobel 1 Mini		150 x 150 x 150			269 \$	
de Vinci Junior 1.0					549 \$	
de Vinci Junior 2.0 Mts					499 \$	
 Z-Corporation www.zcorp.com usa@zcorp.com	ZPrinter 310 Plus	740 x 960 x 1090	203 x 254 x 203	Kipakomposiitti; suora valaaminen; Elastomeerit; vaherallakomposiittien	0.089 - 0.203mm	3000 yleensä ostett. Kato 3D Systems
	Spectrum Z 510	1070 x 790 x 1270	254 x 366 x 203	Kipakomposiitti	0.089 - 0.203mm	
	Zprinter Ultra	711 x 775 x 1820	260 x 160 x 190	6500 fotopolymeeri	50 tai 100 µm	
 Xian Bit Xian Bit Laser Technologies LTD www.xa-bit.com/en sales@xa-bit.com	BLT-C1000		1500 x 1000 x 1000	rosteri, staeri- ja nikkelisekoit.		
	BLT-C600		600 x 600 x 1000	rosteri, staeri- ja nikkelisekoit.		
	BLT-S300		250 x 250 x 1000	rosteri, staeri- ja nikkelisekoit., alumiini		
	BLT-S200		105 x 105 x 200	alumiini- ja staerisekoit., rosteri, korkealämpötilan sekoit., kuparisekoit.		
 Zmorph ZMorph ap. z o.o. http://zmorph3d.com	Zmorph 3D printer	530 x 595 x 460	290 x 226 x 165	ABS, PLA, PVA, nylon	0.025 mm	1500 €
	Inventure	350 x 350 x 400	140 x 140 x 140	Z-ULTRAT, Plus	0.14mm	2300 €
 Zortrax S.A. zortrax.com	M200	245 x 430 x 430	200 x 200 x 180	Z-ABS, Z-ULTRAT, Z-HIPS, Z-GLASS, Z-PETG, PC-ABS	0.09 mm	1800 €

Lähreit:

The TCT Magazine 11 08 vol. 16 no. 6, The TCT Magazine 11 09 vol. 17 no. 6
 The TCT Magazine 10 10 vol. 18 no. 5, The TCT Magazine 11 10 vol. 18 no.6,
 The TCT Magazine 09 11 vol. 19 no.5, The TCT Magazine 11 11 vol. 19 no.6,
 The TCT Magazine 09 12 vol. 20 no.5, The TCT Magazine 11 12 vol. 20 no.6,
 TCT 2013 Buyers's Guide of AM and 3D Printing Machine Manufacturers

Laitevalmistajien internetsivut, Euromold messut 2008-2015. Formnext messut 2015.

Mahdollisista virheistä tai puutteista voi ilmoittaa mikka.salmi@aalto.fi.