

## 3D-TULOSTUS JA MATERIAALIA LISÄÄVÄ VALMISTUS – TYÖTERVEYTEEN JA -TURVALLISUUTEEN KOHDISTUVAT VAIKUTUKSET

### Johdanto

Tämä 3D-tulostusta käsittelevä asiakirja on laadittu Euroopan työterveys- ja työturvallisuusviraston (EU-OSHA) tilauksesta. Asiakirjassa tarkastellaan keskeisiä kysymyksiä, jotka koskevat 3D-tulostuksen ympärille kehittyvän toimialan tarjoamia mahdollisuuksia ja aiheuttamia haasteita työnantajille, työntekijöille jayrittäjille, jotka työskentelevät esimerkiksi kotona. Tämän asiakirjan tarkoituksena on esitellä 3D-tulostusta ja tarkastella sen mahdollisia vaikutuksia sekä nykyisiin että uusiin työympäristöihin. Asiakirjassa annetaan suosituksia, millaisiin toimenpiteisiin voitaisiin ryhtyä Unionin tasolla sen varmistamiseksi, että 3D-tulostuksen alalla voidaan työskennellä turvallisessa, terveellisessä ja tyydyttävässä työympäristössä.

Mitä 3D-tulostus on?

3D-tulostus on muotisana innovoinnissa ja luovalla alalla. Joillekin voi olla epäselvää, mistä 3D-tulostuksessa on kyse. Materiaalia lisäävä valmistus, työpöydällä tapahtuva tuotanto, pikavalmistus, digitaalinen valmistus – tällä uudella teknologialla on monta eri nimeä.<sup>1</sup> Koska 3D-tulostus on täysin tietokoneistetun tuotteiden suunnittelu- ja valmistusprosessin tulosta, se on osa laajempaa digitaalisen valmistuksen kehitystä.<sup>2</sup> ”3D-tulostuksen” käyttäminen yläkäsitteenä laajalle joukolle uutta digitaalista tuotantoa – kuten CNC-ohjatut (tietokoneistettu numeerinen ohjaus) jyrsinkoneet, laserleikkurit ja tietokoneohjatut teräspiirturit – on harhaanjohtavaa. Esimerkiksi CNC-ohjauksessa on kyse perinteisestä jyrsinkonetekniikasta, mutta koneen liikkeitä ohjataan digitaalisesti. Vaikka nämä tekniikat tarjoavat yhtä suuren vapauden muotojen ja ainutlaatuisuuden osalta, suurin osa digitaalisesta valmistuksesta perustuu materiaalin vähentämiseen kiinteästä aineksesta jyrsimällä, sahaamalla tai leikkaamalla. 3D-tulostuksessa tuote rakennetaan tyhjästä materiaalia lisäämällä. Ytimekkäin tapa kuvata sitä on materiaalia lisäävä valmistus.<sup>3</sup> Tulevaisuudessa näitä kahta digitaalista tekniikkaa (vähentäminen ja lisääminen) voidaan käyttää joustavasti: CNC-koneet ja robotit voidaan muuntaa helposti vähentävästä valmistuksesta materiaalia lisäävään valmistukseen päätä vaihtamalla.

Tässä asiakirjassa ”3D-tulostus” rajataan tarkoittamaan erilaisia tekniikoita vain tietokoneen tiedostoina olemassa olevien tuotteiden valmistamiseksi käyttämällä konetta, joka lisää raaka-aineita kerroksittain, kunnes valmis tuote on muodostettu.<sup>4</sup> Prosessi alkaa tuotteen suunnittelemisesta tietokoneella. Tämän tietokoneavusteisen suunnittelun myötä syntyvä asiakirja (CAD-tiedosto) on käytännössä yksityiskohtainen tulostuskomento.

### Miten se toimii

Tietokoneella luotu suunnitelma jaetaan digitaalisesti tuhansiin kerroksiin; tästä viipaloinnista vastaa ohjelmisto, joka valmistelee suunnitelman tulostuskomennon. Tuotteen digitaalinen tulostustiedosto voidaan valmistaa myös skannaamalla jo olemassa oleva esine kolmiulotteisesti. Nämä tiedot voidaan muuntaa tulostuskomennoksi erityisellä ohjelmistolla. Tällaisten skannereiden hinta voi vaihdella 50 eurosta 50 000 euroon. 3D-pöytätulostin maksaa noin 1 000 euroa.

1 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

2 <http://www.wired.co.uk/article/digital-fabrication>

3 <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>

4 <http://additivemanufacturing.com/basics/>

Ammattilaiskäyttöön tarkoitettu 3D-tulostin prototyyppien luomista ja kehittämistä sekä rajallista tuotantoa varten maksaa 2 000–20 000 euroa. Nykyisen laajamittaisen tuotannon korvaaminen 3D-tulostuksella edellyttää noin miljoonan euron tai vielä suurempia investointeja.

Nykyinen 3D-tulostustekniikka voidaan jakaa kahteen erilaiseen tekniseen prosessiin. Myös niiden vaikutukset tavaroiden tulevaan suunnitteluun, valmistamiseen ja jakeluun poikkeavat toisistaan: sidontatekniikkaa käytetään kehittyneessä ammattimaisessa teollisuustoiminnassa, kun taas pursotustekniikka on vähemmän hienostunut ja yleisemmin käytössä 3D-tulostuksen kuluttajamarkkinoilla ja alhaalta ylöspäin suuntautuvissa kokeiluissa.<sup>5</sup>

## Sidonta

Sidontatekniikassa käytetään tulostinpäätä (jossa on esimerkiksi laser, UV-valo ja kuumennin) sitomaan suihkutettavaa synteettistä materiaalia. Se tuottaa laadultaan parempaa jälkeä ja mahdollistaa useampien materiaalien käytön. Tämä tekniikka edellyttää enemmän tietämystä ja tarkkuutta. Tällaiset 3D-tulostimet ovat kalliimpia, kuten myös niissä käytettävät materiaalit. Sitomista käytetään siksi pääasiassa kehittyneissä ja (puoli)teollisissa prosesseissa.

## Pursotus

Pursotustekniikassa sidotaan materiaalia, jota pursotetaan ajallisesti ja tilallisesti tarkan koreografian mukaisesti. Tämä prosessi on yleisimmin käytössä avoimen lähdekoodin ja kuluttajaystävällisissä 3D-tulostimissa, jotka toimitetaan yleensä vanerirakennussarjoina (esim. Makerbot, Ultimaker ja Airwolf). Pursotettava materiaali voi olla nestettä, jauhetta, synteettistä filamenttia tai orgaanista ainesta, kuten keramiikkaa tai kumia. Monet näistä tulostimista myydään tee-se-itse-rakennussarjoina. Valmistus on nopeampaa ja halvempaa, mutta lopputuote on vähemmän hienostunut.

## Vanhat ja uudet materiaalit

Ensimmäiset 3D-tulostuksessa käytetyt materiaalit olivat synteettisiä muoveja. 3D-tulostimissa käytettävien materiaalien määrä on kasvanut paljon 10 vuoden aikana. Nykyisin käytetään laajasti myös ”perinteisiä” materiaaleja, kuten keramiikkaa, terästä, lasia ja jopa puuta. Tutkimuksissa on osoitettu, että 3D-pöytätulostimet voivat aiheuttaa riskejä sen vuoksi, että ne päästävät suuria määriä ultrapieniä hiukkasia (hiukkasia, joiden halkaisija on alle 0,1 µm) ja joitakin vaarallisia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC-yhdisteitä) tulostuksen aikana. Tähän mennessä on testattu vain hyvin harvoja filamentti- ja 3D-tulostinyhdistelmiä.<sup>6</sup>

Teollisuuden 3D-tulostuksessa käytettävät materiaalit poikkeavat kotiympäristössä käytettävistä materiaaleista. Viimeksi mainitussa ympäristössä yleisimmin käytettäviä materiaaleja ovat biohajoava polylaktidi (PLA) akrylinitrilibutadieenistryreeni (ABS), joka on öljypohjainen muovi ja siten vaarallisempi käytössä. Ilmanvaihtoa suositellaan PLA:ta käytettäessä, ja se on tarpeen myös ABS:n kanssa.<sup>7</sup>

Teollisessa 3D-tulostuksessa käytetään yleisimmin polyamidia (esim. nylonia) sekä nestemäisessä että jauhemaisessa muodossa. Polyamidi on öljypohjainen muovi. Kuumennuksen aikana vapautuu myrkyllistä höyryä, minkä vuoksi ilmanvaihto on tarpeen. Vielä parempi olisi sijoittaa tulostin suljettuun tilaan, jotta päästöt eivät leviä työtilan ilmaan.

Muovikemikaaleja, kuten epoksihartsia, käytetään stereolitografiassa ja tulostettujen esineiden pintakäsittelyssä. Ne voivat aiheuttaa allergista kosketushottumaa. Kovettumattomiin

<sup>5</sup> <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

<sup>6</sup> <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b04983>

<sup>7</sup> <https://all3dp.com/pla-abs-3d-printer-filaments-compared/>

muovikemikaaleihin ei saa koskea, ja pintojen ja vaatteiden kontaminaatio on ehkäistävä. Myös muut jälki- ja pintakäsittelyssä käytettävät materiaalit voivat olla vaarallisia, ja niitä on käsiteltävä varovasti.

Jauhemaisessa muodossa olevaan polyamidiin sekoitetaan toisinaan alumiinia ; vaikka lopputulos on vähemmän myrkyllinen, tämä materiaali edellyttää silti erityisiä turvallisuuteen ja terveyteen liittyviä toimenpiteitä. Muita teollisuudessa käytettäviä materiaaleja ovat polysulfoni (PSU) ja polyfenylisulfoni (PPSU), jotka ovat molemmat synteettisiä muoveja, jotka edellyttävät ilmanvaihtoon ja käsittelyyn liittyviä varotoimia.<sup>8</sup> Nopeimmin kasvava 3D-tulostuksen osa-alue on metallin käyttö.<sup>9</sup> Se edellyttää ilmanvaihtoon liittyviä toimia, sillä metallia yhdistetään öljypohjaisiin synteettisiin materiaaleihin. Korkeiden lämpötilojen vuoksi tarvitaan myös turvallisuuteen ja käsittelyyn liittyviä toimia. Metallitulostuksen osalta on otettava huomioon, että metallit voivat olla syöpävaarallisia ja että hengityssuojainten käyttö on siksi tarpeen tällaisia jauheita käsiteltäessä.

Uusia materiaaleja ovat älykkäät materiaalit, jotka reagoivat lämpötilan, paineen tai valon vaihteluihin valmistuksen jälkeen. Uusia materiaaleja ovat myös nanohiilet; niitä odotetaan käytettävän laajassa teollisessa mittakaavassa lähitulevaisuudessa. Näiden korkean teknologian materiaalien käyttöönotto edellyttää turvallisuuteen liittyvien kysymysten tarkkaa tutkimista, sillä suurin osa näistä materiaaleista on vielä kokeiluvaiheessa.<sup>10</sup>

Toinen tärkeä tarkasteltava asia on tulostusmateriaalien ja tulostettavien esineiden esi- ja jälkikäsitely. Jauhemaisessa muodossa olevien tulostusmateriaalien osalta on tärkeää ehkäistä näiden jauheiden leviäminen käyttämällä esimerkiksi kohdepoistoa ja valvomalla , että työmenetelmät ovat sopivat. Vaarana on myös (metalli)jauheiden itsesyttyminen, joka olisi huomioitava käyttämällä esimerkiksi Ex-laitteita (mahdollisesti räjähdysvaarallisten alueiden havaitsemislaitteita).

## Uuden teollisen vallankumouksen lupaus

Elämme digitaalisella aikakaudella. Sosiaalinen media muuttaa perinteistä journalismia.<sup>11</sup> Verkkokauppa muuttaa työolosuhteita, sillä verkkokaupasta on tullut pitkälle automatisoitua. Lisäksi 3D-tulostimet muuttavat tapaamme suunnitella, valmistaa ja jakaa kulutushyödykkeitämme digitaalisella aikakaudella. Odotukset 3D-tulostusta kohtaan olivat viime vuosina niin korkealla, että uutta teollista vallankumousta pidettiin välittömänä. Näin arveltiin ainakin *The Economist* -lehdessä vuonna 2012 julkaistussa raportissa.



The Economist, huhtikuu 2012

8 <http://www.stratasys.com/materials/material-safety-data-sheets/fdm>

9 <https://www.3dprintingmaterialsconference.com/3d-printing-materials/metals-are-the-fastest-growing-segment-of-3d-printing-metal-sales-growing-by-32/>

10 <https://www.sculpteo.com/blog/2016/09/28/top-10-future-3d-printing-materials-that-exist-in-the-present/>

11 <http://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/how-journalism-faces-second-wave-disruption-technology-and-changing-audience-behaviour-0>

Tuolloin ennustettiin, että 3D-tulostin on uusi digitaalinen työkalu, joka löytyy pian jokaisesta kodista. Se olisi merkinnyt massatuotannon loppua. Tarkemmin sanottu kyse oli *The Economist* -lehden ennustamasta jälkiteollisesta vallankumouksesta. Kuka tahansa voisi ladata tuotteen digitaaliset suunnitelmat verkosta ja tulostaa tuotteen kotona nappia painamalla. Tuotteeseen olisi mahdollista tehdä muutoksia: esimerkiksi leveäjalkaiset voisivat tulostaa helposti kengät, jotka olisivat lestiltään hieman leveämmät. Tällaisen ainutlaatuisen räätälöidyn tuotteen valmistaminen tulisi yhtä halvaksi kuin massatuotanto kiinalaisessa tehtaassa, mikä heikentäisi valmistusalan taloudellista tilannetta. Uusien tuotteiden kysyntä vähenisi; korjaaminen yleistyi lopulta, koska hajonneiden laitteiden varaosat voitaisiin valmistaa helposti kotona 3D-tulostimella. Koska valmistus siirtyisi ihmisten koteihin, tavaroiden jakeluun tarvitsisi käyttää vähemmän aikaa ja energiaa. Lisäksi kysyntä ja tarjonta kohtaisivat, koska ihmiset tulostaisivat vain tarvitsemansa asiat. Tämä tarkoittaisi varastojen ja ylituotannon häviämistä; tällainen uusi teollinen vallankumous voisi olla myös ympäristöystävällinen.<sup>12</sup>

*The Economist* -lehden artikkelin ajoitus ei ollut sattumaa. 3D-tulostuksen tekniikka oli olemassa jo 1980-luvun puolivälissä. Stereolitografian patentoi vuonna 1984 ranskalainen tutkija Alain Le Mehaute. Kesti kuitenkin vielä 10 vuotta ennen kuin termi ”3D-tulostus” keksittiin. Tuohon aikaan ainoastaan pitkälle erikoistuneilla teollisuudenaloilla, kuten lääketieteellisessä hoidossa, autojen tuotannossa ja ilmailutekniikassa, kokeiltiin korkean teknologian 3D-tulostimia prototyyppien valmistuksessa ja joustavassa tuotannossa. Suuria harppauksia otettiin viimein 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä. Laajamittaisesta 3D-tulostuksesta tuli mahdollista käyttämällä paitsi muoveja myös metallia, johtavia materiaaleja, lasia, keramiikkaa ja jopa orgaanisia kudoksia. Canonin ja Siemensin kaltaiset suuret yhtiöt alkoivat etsiä markkinoita kuluttajaystävällisille 3D-tulostimille. Amerikkalainen Makerbot-yhtiö myi ensimmäisen 3D-tulostimen hieman yli 1 000 eurolla vuonna 2008 ja toi 3D-tulostuksen teknologian suuren yleisön saataville. Samaan aikaan RepRap-tutkimushankkeessa (toisintava nopean prototyypin valmistaja) kehitettiin alkeellinen pöytätulostin, joka koostuu enimmäkseen muoviosista, jotka on mahdollista valmistaa pöytätulostimella. RepRapin mekaaniset osat on mahdollista tilata ennakkoon verkosta. RepRap on toisin sanoen ensimmäinen 3D-tulostin, joka voi toisintaa itsensä – vain hieman yli 200 eurolla. RepRapin ohjelmisto on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, joka on vapaasti ladattavissa.

Lyhyesti sanottuna 3D-tulostus muuttui vuosikymmenessä ainoastaan tietokonenörttien, edelläkävijöitä olevien suunnittelijoiden ja korkean teknologian toimialojen käyttämästä futuristisesta menetelmästä valtavirran kuluttajaystävälliseksi työkaluksi, joka mahdollistaa joustavan valmistuksen kotioloissa. Tai – kuten *The Economist* -lehdessä todettiin – ”uuden teollisen vallankumouksen käynnistäjäksi”. 3D-tulostuksen vaikutukset näkyvät sekä taloudessa että yhteiskunnallisessa ja inhimillisessä mittakaavassa. Merkittävää voi olla ennen kaikkea hyvinvoinnin ja kehityksen lisääntyminen tehokkaan ja räätälöidyn valmistuksen tuloksena. 3D-tulostus tuo mukanaan paikallisen ja kysyntälähtöisen – ja siten kestävämmän – valmistusmenetelmän. Koska 3D-tulostus perustuu avoimen lähdekoodin rakenteeseen, se on perinteistä valmistusalaa avoimempi uusille yrityksille ja pienimuotoiselle innovoinnille. Sen vuoksi 3D-tulostuksessa on kyse paitsi ympäristöystävällisemmästä myös puolueettomammasta teollisesta vallankumouksesta, joka lisää kuluttajien vaikutusmahdollisuuksia.

3D-tulostuksen vaikutukset voidaan jakaa kahdelle eri tasolle seuraavasti:

#### ▪ Yhteiskunnalliset vaikutukset

3D-tulostus vahvistaa sosiaalista osallisuutta. Kuka tahansa voi käynnistää pienimuotoisen yritystoiminnan omassa kellarissaan hyvin pienellä investoinnilla. Siihen tarvitaan vain tietokone, 3D-tulostin ja nopea internetyhteys. Tarvittavat tiedot, ideat ja suuri osa tarvittavista ohjelmistoista ovat vapaasti vaihdettavissa. Digitaalinen valmistus on synnyttänyt niin sanotun maker-liikkeen, jossa kuluttajat valmistavat itse tuotteita. Vaikka maker-liikkeellä on yhtymäpisteitä hakkeroinnin, perinteisten käsitöiden ja tieteellisten kokeiden kanssa, 3D-tulostinta pidetään tämän maailmanlaajuisen suuntauksen keskipisteenä. Maker-liikkeen vaikutusta taloudellisella ja yhteiskunnallisella tasolla on vaikea yliarvioida. 3D-tulostus voi tehdä saman teolliselle tuotannolle kuin mitä Airbnb on tehnyt

12 <https://3dprint.com/144928/3d-printing-environmental/>



hotellialalle: demokratisoida radikaalilla tavalla suunnittelun, valmistuksen ja jakelun. Myös toimintaolosuhteiden valvonta on samalla tavoin vaikeaa 3D-tulostuksessa.

#### ▪ Yksilöt

Lyhyesti sanottuna 3D-tulostus tarjoaa yksityishenkilöille mahdollisuuden saada parempia tuotteita. Yksittäiset toiveet ja tarpeet voidaan täyttää helpommin. Lisäksi tuotteet valmistetaan korvattavissa ja ladattavissa olevista osista, minkä ansiosta ne on helpompi korjata. Tuottavalla kuluttajalla eli *tuottajakuluttajalla* on enemmän vaikutusvaltaa ja mahdollisuuksia parantaa jokapäiväistä elämäänsä. 3D-tulostus vaikuttaa todennäköisesti yksityishenkilöihin voimakkaimmin psykologisella tasolla. Kuten sosiologi Richard Sennett huomautti kirjassaan *The Craftsman*, tavaroiden valmistuksen tarve on juurtunut syvästi ihmisiin. Se mahdollistaa itsensä kehittämisen, omanarvontunnon ja itsensä toteuttamisen. Voidaankin todeta, että ihminen on sitä mitä hän valmistaa. Nykyaikana 3D-tulostuksen kaltaisen digitaalisen valmistuksen mahdollistama maker-liike tarjoaa yksityishenkilöille itsemääräämisoikeuden ja ihmisille mahdollisuuksia muovata omaa elämäänsä sekä psykologisella että materiaalisella tavalla. Maker-liike tarjoaa myös uusia sosiaalisia verkostoja ja yhteenkuuluvuutta, sillä tietoja ja tietämystä jaetaan vapaasti. Maailmanlaajuiset Maker Faire -tapahtumat ovat näiden tee-se-itse-tuottajien kokoontumispaikkoja. Voitaisiinkin sanoa, että 3D-tulostus tuo mukanaan tee-se-yhdessä-liikkeen.



Maker Faire -tapahtumat

## Kehitystä vallankumouksen sijasta

*The Economist*-lehden raportista on kulunut nyt viisi vuotta, mutta vallankumous ei ole alkanut. Olemme kaukana siitä. 3D-tulostus ei ole edes valtavirtaistunut.<sup>13</sup> Makerbot ajautui lähes konkurssiin vuonna 2015, eikä RepRap ole juuri kehittynyt julkaisemisensa jälkeen. 3D-tulostusalan järjestäytymättömän ja pirstoutuneen luonteen vuoksi sen taloudellisesta panoksesta Euroopan tasolla ei ole olemassa juurikaan lukuja. Olemassa on kuitenkin luotettavia arvioita, joiden mukaan pidemmälle kehittyneissä Euroopan maissa enintään yksi prosentti väestöstä omistaa 3D-tulostimen. Suurin osa 3D-tulostetuista tuotteista valmistetaan kuitenkin kotona ja jaetaan jakamistalouden puitteissa. Teollinen 3D-tulostus on vielä pienimuotoisempaa kuin kotona tapahtuva valmistus. Esimerkiksi koko 3D-tulostusalan arvon arvioitiin olevan Alankomaissa vuonna 2015 noin 45 miljoonaa euroa; se on 0,005 prosenttia maan 888 miljardin euron kokonaisbruttokansantuotteesta. Ei ole olemassa todisteita siitä, että tämä luku olisi merkittävästi suurempi yhdessäkään toisessa Euroopan unionin jäsenvaltiossa. 3D-tulostusala kasvoi vuosittain keskimäärin 30 prosenttia viimeisten viiden vuoden aikana. Vaikka tämä luku tuplaantuisi, kestäisi vielä toiset viisi vuotta ennen kuin 3D-tulostus voisi kilpailla esimerkiksi popmusiikin kaltaisten taloudenalojen kanssa. 3D-tulostuksen vaikutusta on vaikea ennustaa. Yksi asia on varmaa: se ei korvaa olemassa olevaa teollisuutta, vaan täydentää sitä.

3D-tulostuksen käyttöön liittyvä skisma laajenee. Toisaalta nousemassa on uusi, erittäin kehittynyt ja joustava teollisuudenala. Nämä yritykset toimivat esimerkiksi lääketieteellisen hoidon ja autonvalmistuksen aloilla mutta myös muotiteollisuudessa ja jokapäiväisten kulutustarvikkeiden

<sup>13</sup> <http://www.techrepublic.com/article/why-desktop-3d-printing-still-sucks/>

valmistuksessa. Toisaalta taas kasvamassa on pienimuotoinen ja toisinaan jopa teknologialtaan matalan tason tee-se-itse-tuotanto. Näitä mikrotehtaita ja startup-yrityksiä perustavat suunnittelijat, osuuskunnat, pienet yritykset ja epäviralliset verkostot. 3D-tulostuksen käyttö ei ole kuitenkaan vielä levinnyt laajemmalle kuluttajien tasolle. Maker-liike koostuu taitavista amatööreistä ja ensimmäisistä käyttönottajista.

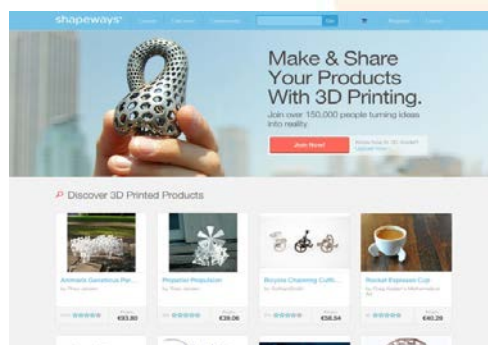
## 3D-tulostinten luoma uusi toimiala

### Työntajien mahdollisuudet ja riskit

3D-tulostus tarjoaa uusia liiketoimintamalleja. Lontoolaisella Open Desk -verkkoalustalla ei ole edes tuotantoyksikköä. Se tarjoaa valikoiman eri puolilta maailmaa tulevien suunnittelijoiden huonekaluja. Kaikki huonekalut valmistetaan puulevyistä. Kun asiakas tekee tilauksen, Open Desk etsii asiakasta lähimpänä sijaitsevan digitaalisen valmistuksen työtilan. Kun valmistuskustannukset on maksettu kyseiselle työtilalle, jäljelle jäävä voitto jaetaan Open Deskin ja suunnittelijan kesken. Tällä tavalla kansainvälisesti toimiva huonekaluliike ei tarvitse juuri muuta kuin tukipalvelun. Shapeways on maailmanlaajuisesti toimiva yritys, jonka avulla ihmiset voivat tulostaa itse suunnittelemaansa tuotteita. Myös ammattisuunnittelijat voivat ladata suunnittelemaansa tuotteet kuluttajien tilattaviksi. Suunnittelija saa tilauksista Shapewaysin maksamat tekijänpalkkiot. Tämä tilausten mukaan toimiva tuotantolaitos on sijoittunut nykyisin vain New Yorkiin, mutta se on pian laajentamassa toimintansa eri puolille maailmaa.

Näin laajassa mittakaavassa 3D-tulostinten parissa työskentelevien yritysten uusiin haasteisiin kuuluvat työterveys ja -turvallisuus.<sup>14</sup> Haasteet liittyvät esimerkiksi kaasuille ja hiukkasille altistumiseen, materiaalien käsittelyyn, staattiseen sähköön, liikkuviin osiin ja paineisiin.<sup>15</sup>

Lisäksi työntekijöiden tarkka valvonta on tarpeen tekijänoikeuksiin ja laittomaan valmistukseen liittyvistä syistä. Esimerkiksi Star Wars -hahmon kopion valmistaminen voi rikkoa tekijänoikeuksia. Kuka olisi tästä vastuussa: suunnittelija, Shapeways vai ostaja? Koska 3D-tulostuksen edellytyksenä on täsmällinen prosessi, työpaikan on oltava puhdas ja järjestyksessä, ja käyttöliittymien ohjeiden on oltava selkeitä ja ymmärrettäviä. Ohjelmoinnissa tai tulostimen säätämisessä ja kalibroinnissa voi tapahtua helposti virheitä. Lisäksi virheellisestä lopputuotteesta seuraa helpommin oikeustoimia, koska kuluttajat ovat nykyisin tietoisia oikeuksistaan.



Shapeways

Erityistä huomiota turvallisuuteen on kiinnitettävä, kun markkinoille tuodaan uusia tuotteita. Esimerkki tästä on "De Kamermaker", joka on alankomaalaisen DUS Architects -arkkitehtiyhtiön arkkitehtuurin 3D-tulostintuotantoyksikkö. Tällä äärimmäisen suurella 3D-tulostimella voi tulostaa 50 x 50 cm kokoisia rakennuselementtejä. Mitä tämä merkitsee rakennustyön turvallisuudelle? Bostonissa sijaitsevan Massachusetts Institute of Technology (MIT) -korkeakoulun alainen Neri Oxmanin johtama Mediated

<sup>14</sup> <http://www.cmu.edu/ehs/fact-sheets/3D-Printing-Safety.pdf>

<sup>15</sup> <http://www.additivemanufacturing.media/articles/changing-the-rules>

Matters -tutkimusryhmä tekee parhaillaan kokeita 3D-tulostetuilla rakennelmilla, jotka perustuvat luonnollisiin muotoihin ja rakenteisiin. Lisäksi yleistymässä on hybridivalmistus, jossa vain osa tuotteesta tulostetaan 3D-tulostimilla.

3D-tulostusalalta puuttuu myös yksityishenkilöiden ja kehittyvän teollisuudenalan käyttöön tarkoitettu yleinen standardointijärjestelmä. Se mahdollistaisi osien jakamisen, mikä parantaisi sekä kestävyyttä että turvallisuutta.

Italialais-japanilainen suunnittelustudio Minale Maeda valmistaa Keystones-tuotetta, joka on 3D-tulostettu liitoskappale, jonka avulla voi rakentaa huonekaluja standardoiduista puupaneeleista. Näiden osien vahvuus ja vetolujuus on vahvistettava ja sertifioitava. Tällaisia uusia tuotteita ja teknologioita kehittävät usein tätä varten erityisesti koulutetut yrityksen työntekijät. Mutta kuka valvoo näiden innovaatioiden alkuperää? Riittämätön sääntely voi aiheuttaa jännitteitä työnantajan ja työntekijän välille.

Innovointi 3D-tulostuksella jo olemassa olevassa tuotantolaitoksessa edellyttää suuria investointeja. Etuna on, että sen jälkeen ei enää tarvita investointeja muotteihin tai erikoiskoneisiin prototyyppien testausta varten. Uudet tuotteet voidaan tuoda markkinoille välittömästi ja suhteellisin alhaisin kustannuksin. Uudet tekniikat tarjoavat myös uusia mahdollisuuksia. Esimerkiksi 3D-kynä on tulostin, joka näyttää kynältä ja mahdollistaa 3D-piirtämisen. Terveysteen ja turvallisuuteen liittyvistä syistä nämä uudet kätevät 3D-tulostimet on testattava perusteellisesti, ja niitä on säänneltävä tiukasti, koska kuumeneminen voi aiheuttaa terveysriskejä. Yhä useammassa tällaisessa kynässä käytetään UV-valoa.

On olemassa nk. millenniaalien sukupolvi, joita 3D-tulostuksen kaltaiset innovatiiviset ja digitaaliset teollisuudenalat vetävät puoleensa ja joilla on erilaiset vaatimukset työn laadun suhteen. Yleisesti ottaen tämä tarkoittaa, että sellaisten nuorten työntekijöiden kysyntä kasvaa, joilla on erilainen suhtautumistapa työhön: vapaa-aikaa ja itsensä kehittämistä arvostetaan enemmän kuin rahaa ja varmaa työpaikkaa. Lyhyet työsopimukset voivat olla uusi normi. Korvauksena tästä nuoret työntekijät voivat vaatia (luovia) osallistumismahdollisuuksia ja dynaamista ympäristöä.

Tällainen jatkuva innovointi ja kehitys edellyttävät tutkimus- ja kehitystyötä sekä investointeja osaaviin työntekijöihin ja heidän taitojensa pitämiseen ajan tasalla koulutuksen avulla.<sup>16</sup>

Seuraavassa taulukossa esitetään työolosuhteiden muuttumista joustavan ja tilausten mukaan toimivan tuotannon osalta 3D-tulostuksessa ja perinteisessä teollisessa tuotannossa.

**Taulukko 1: muuttuvat työolosuhteet**

| Perinteinen teollisuus                  | Digitaalinen valmistus |
|---|------------------------|
| Hierarkkinen                            | Demokratisoitunut      |
| Keskittynyt                             | Avoin                  |
| Sääntely                                | Vastuu                 |
| Tuotantokeskeinen                       | Viestintäkeskeinen     |
| Myyntinedistäminen                      | Koulutus               |
| Taloudellinen varmuus/<br>työsuhdeturva | Vapaus ja joustavuus   |

<sup>16</sup> <http://www.pwc.com/us/en/technology-forecast/2014/3d-printing/features/future-3d-printing.html>

## Vaikutukset työntekijöille ja heidän työpaikoilleen

Työpaikkojen tulevaisuuden osalta 3D-tulostuksen (ja myös robotiikan ja muun automatisoidun tuotannon) keskeinen kysymys on, korvaako 3D-tulostus nykyiset työpaikat vai muuttaako se niitä. Vastaus on kyllä ja ei.<sup>17</sup>

Kyllä, koska koneet valtaavat joustavan, käsintehdyn tuotannon. Käsityöläisyys digitalisoituu. 3D-tulostimella on mahdollista valmistaa monimutkaisia ja hienostuneita muotoja, jotka olivat aiemmin mahdollisia vain taitaville käsityöläisille. Metallin ja puun kaltaisten materiaalien 3D-tulostuksen käyttöönoton myötä perinteiset käsityötaidot voivat jäädä tarpeettomiksikin.

Toisaalta vastaus on ei, sillä tämä ei tarkoita väistämättä työttömyyden lisääntymistä. 3D-tulostuksen myötä syntyy uusia työpaikkoja esimerkiksi laitteistojen (esim. 3D-tulostinten) suunnitteluun ja valmistukseen sekä – mikä on vielä tärkeämpää – sellaisten ohjelmistojen luomiseen, joiden avulla koneet voivat suorittaa erilaisia tehtäviä.<sup>18</sup> 3D-tulostus voi avata globaaleja markkinoita. Samaan aikaan valmistus tapahtuu useasti paikallisesti. Siksi aiemmin ns. matalapalkkamaihin ulkoistettu työ voi palata takaisin Eurooppaan. Tämä tarkoittaa, että koulutetuista työntekijöistä on kysyntää, mutta yksinkertaisia käsitöitä valmistavien työntekijöiden kysyntä laskee. Tämä puolestaan tarkoittaa, että ero koulutettujen ja vähemmän koulutettujen työntekijöiden välillä kasvaa.

Muovin hallitseva osuus 3D-tulostuksessa muuttaa merkittäväällä tavalla nykyisiä työolosuhteita. Tällaisten synteettisten materiaalien hyvä sääntely ja sertifiointi on välttämätöntä. 3D-tulostimilla tapahtuva valmistus on kallista ja aikaa vievää.

Näitä tehtäviä suorittaville henkilöille aiheutuvat seuraukset voivat olla perusteellisia, kuten on asian laita muidenkin digitaalisten teknologioiden (kuten robotit ja tekoäly) osalta. Työ voi olla tylsää ja epäluovaa, aivan kuin katselisi maalin kuivumista. Samaan aikaan 3D-tulostustekniikka on melko monimutkaista ja edellyttää tarkkaa keskittymistä. Virheitä tapahtuu helposti, ja pienimmätkin virheet johtavat merkittäviin vikoihin lopputuotteessa.

3D-tulostusta ympäröivä innovatiivinen ilmapiiri tekee toimialasta puoleensavetävän. Kuten monissa startup-yrityksissä, työntekijät tuntevat houkutusta tehdä pitkiä työpäiviä; lisäksi työn ja työn ulkopuolisten toimintojen välinen raja voi hämärtyä. Suuri osa 3D-tulostuksen parissa työskentelevistä yrityksistä on nuoria, minkä vuoksi yritykset voivat olla vähemmän järjestäytyneitä. Henkilöstön suuren vaihtuvuuden vuoksi työntekijöiden järjestäytyminen voi olla vaikeaa. Kohtuullinen palkkataso, työajat sekä turvalliset ja terveelliset työolosuhteet ovat tärkeitä.

## Oman liiketoiminnan käynnistäminen kotona

3D-tulostuksen myötä voi syntyä epävirallinen tuotantoketju. Demokraattinen maker-liike tarjoaa ihmisille mahdollisuuden käynnistää oma liiketoiminta kotoa käsin. Aivan kuten Steve Jobs, joka oli kokenut tietokonealan yrittäjä käynnistäessään yrityksensä autotallissaan, suurin osa 3D-tulostuksen parissa työskentelevien pienien yritysten ja startup-yritysten johtajista on ns. puoliammattilaisia. Heistä syntyy hajanainen toimiala, jota on vaikea säännellä. Yksittäinen 3D-tulostusyrittäjä voi työskennellä kotonaan tai epävirallisessa toimitilassa (esim. autotallissa), joka ei sovellu ammatilliseksi ympäristöksi. Esimerkiksi ergonomia, hyvä sisäilma, työtunnit ja tasapaino kodin ja työpaikan välillä voivat joutua koetukselle.

Selvästi suurin 3D-tulostuksen haaste itsensä työllistävälle työntekijälle on epävarmuus. Kun kaikista voi tulla valmistajia 3D-tulostimen ansiosta, *joukkoistamisen työntekijöiden* välille voi syntyä kilpailua. Markkinat ovat osoittaneet, että 3D-tulostuspalvelujen hintojen sääntely voi olla vaikeaa. Sosiaalisten oikeuksien ja taloudellisen sääntelyn puute voi luoda taloudellisia paineita. Luovien edelläkävijöiden joukosta voi syntyä digitaalinen työväenluokka. Tässä *keikkataloudessa*, joksi sitä kutsutaan Yhdysvalloissa, itsensä työllistävät 3D-tulostusalan työntekijät siirtyvät yhdestä toimeksiannosta toiseen. On olemassa vaara, että syntyy nykyajan vaeltavien käsityöläisten luokka. Turvassa ei

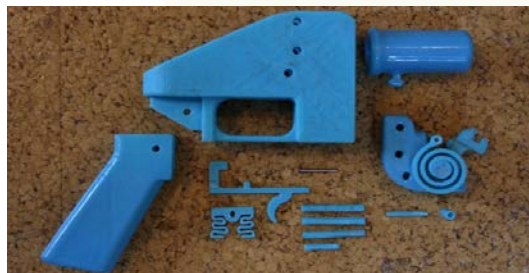
17 <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.5437/08956308X5606193>

18 <http://www.forbes.com/forbes/welcome/?toURL=http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2014/09/15/demand-for-3d-printing-skills-is-accelerating-globally/&refURL=https://www.google.nl/&referrer=https://www.google.nl/>



olisikotonaan tuotteita valmistava toimija, joka valvoo myyntiään ja jakeluaan tarjoamalla tuotteitaan Etsyn tai eBayn kaltaisilla verkkoalustoilla. Verkoarvostelut korvaisivat kellokorttijärjestelmän. Jälkikapitalistisen talouden lupaus voi muuttua hyperkapitalismiksi, jossa moni valvoisi tuotantoa, mutta jossa kukaan ei valvoisi sosiaalisen ja taloudellisen turvan vähimmäismäärää.

Tällaiset uudenlaiset pienyritykset tarjoavat dynaamisia, mutta epävarmojakin työmahdollisuuksia. Tällä nopeasti kehittyvällä toimialalla tänään tehdyt innovaatiot voivat olla huomenna vanhentuneita. Yritysten, joissa oikeudellinen vastuu on jaettusunnittelijan, valmistajan ja yrittäjän kesken, korvausvastuu vikojen tai heikon laadun yhteydessä voi olla epäselvä. Tämä voi aiheuttaa korvausvastuuseen liittyvää epävarmuutta. Jos verkkoon on tullut vapaasti (laittomasti) ladattaviksi kaikenlaisia tuotteita, piratismilta ja tekijänoikeusrikkomuksilta ei voida välttyä.<sup>19</sup> Tarvitaan sääntelyä ja luotettavia työsopimuksia. Näiden oikeudellisten kysymysten lisäksi tilanteesta voi aiheutua eettisiä ongelmia. Liberator Gun on käsiase, jonka voi tulostaa 3D-pöytätulostimilla lataamalla tulostusohjeet verkosta.<sup>20</sup>



Liberator Gun

Erityismaininnan ansaitsevat valmistuslaboratoriot eli fablab-yhteisötyötilat ("fablab" on englanninkielinen lyhenne sanoista "fabrication laboratory" eli valmistuslaboratorio), joissa on digitaalisia ja analogisia laitteita. Valmistuslaboratorioilla on tärkeä rooli yksityishenkilöiden vaikutusmahdollisuuksien lisäämisessä, sillä ne tarjoavat mahdollisuuden luoda itse älykkäitä laitteita. Niitä voidaan pitää henkilökohtaista käyttöä varten kotioloissa tapahtuvan 3D-tulostuksen ja uusien yritysten välisenä puuttuvana linkkinä. Valmistuslaboratoriot ovat avoinna yleisölle sillä ehdolla, että valmistusprosessi dokumentoidaan. Maailmassa on yli 250 valmistuslaboratoriota (joista yli 100 on Euroopassa). Niiden avulla on luotu yksi maailman suurimmista 3D-tulostuksen ja muun digitaalisen valmistuksen avoimen lähdekoodin tietokannoista. Valmistuslaboratorioiden määrä kasvaa yhä. Suurin osa niistä on voittoa tavoittelemattomia ja tarjoaa yksityishenkilöille maksuttomia palveluja, kuten kurseja ja työpajoja; myös kaupallisten valmistuslaboratorioiden määrä on lisääntynyt. Työtilat toimivat epäviralliselta pohjalta, joten työolosuhteita koskevia vaatimuksia ei aina noudateta. Työtiloissa on herkkiä laitteita, kuten laserleikkureita ja tietokoneistettuja jyrsinkoneita, joten turvallisuuteen näissä työtiloissa on kiinnitettävä erityistä huomiota. Myös vähimmäisikä ja enimmäistyöntunteja koskeviin vaatimuksiin on tärkeä kiinnittää huomiota.



Valmistuslaboratorio

19 <https://www.technologysleage.com/2015/09/top-3-legal-issues-of-3d-printing/>

20 <http://www.3ders.org/articles/20151130-what-are-the-legal-aspects-of-3d-printing-a-european-law-firm-weighs-in.html>

## Viitteitä tulevaisuudesta

Uudet innovaatiot vaikuttavat 3D-tulostukseen ja työympäristöihin. Viisi tärkeintä tulevaa innovaatiota ovat seuraavat:

### Elintarvikkeet

Joustava tuotanto ja luomisen vapaus tarjoavat mahdollisuuksia elintarviketeollisuudessa. Nykyisin 3D-tulostuksessa käytetään enimmäkseen nestemäisessä muodossa olevia elintarvikkeita, kuten suklaata. Lähitulevaisuudessa 3D-tulostimia voidaan käyttää raakoihin elintarvikkeisiin, jotka käsitellään myöhemmin esimerkiksi kuumentamalla tai jotka jalostetaan esimerkiksi fermentoinnin tai idättämisen kaltaisten luonnollisten prosessien avulla. Tämä voi aiheuttaa hygieniaan, turvallisuuteen ja yleisiin työolosuhteisiin liittyviä haasteita, esimerkiksi ergonomiaan.

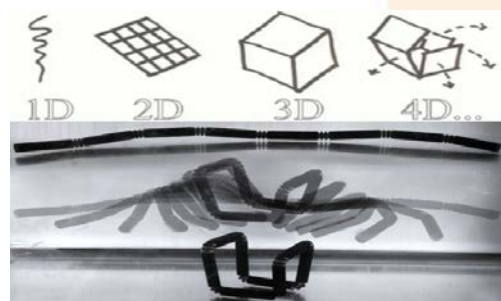


Elintarvikkeiden 3D-tulostus

## 4D-tulostus ja älykkäät materiaalit

Älykkäillä materiaaleilla on yksi tai useampi ominaisuus, jota voidaan muuttaa merkittävästi hallitulla tavalla ulkoisilla ärsykkeillä, kuten lämpötilan, voiman, valon, kosteuden, pH-arvon ja sähkö- tai magneettikenttien avulla. 3D-tulostimella valmistettuina nämä älykkäät materiaalit voivat muodostaa esineitä, jotka reagoivat ympäristöönsä muuttamalla esimerkiksi muotoaan tai kovuuttaan. Tätä prosessia kutsutaan 4D-tulostukseksi, koska esineet muuttuvat uudelleen ajan kuluessa. Nämä muutokset voivat olla seurausta herkkyydestä valolle, paineelle tai lämpötilalle. Osalla näistä materiaaleista voi olla ”muisti”; se tarkoittaa, että ne muuttuvat takaisin alkuperäiseen muotoonsa, kun olosuhteet muuttuvat uudelleen. Monet näistä materiaaleista ovat pitkälti kokeellisessa vaiheessa, eikä niiden terveydelle ja hygienialle aiheuttamista riskeistä ole vielä varmuutta. Sääntelyä on vaadittu.<sup>21</sup>

## 4D-tulostus



4D-tulostus

21 <http://journal.georgetown.edu/programmable-matter-4d-printings-promises-and-risks/>

## Biotulostus

Orgaanisen ja/tai elävän kudoksen 3D-tulostamista kutsutaan biotulostukseksi. Biotulostimissa on soluja tuottava biotulostuspää, joka liikkuu edestakaisin ja sijoittaa solut oikeille paikoilleen. Ajan kuluessa tämän avulla voidaan rakentaa orgaanisia esineitä monissa erittäin ohuissa kerroksissa.<sup>22</sup> Solujen tuottamisen lisäksi biotulostimilla voidaan myös pursottaa liukoista geeliä tukemaan ja suojelemaan soluja tulostuksen aikana ja sen jälkeen. Sieniä tai levää sisältävien ”elävien” materiaalien tulostamisessa on tehty useita onnistuneita kokeiluja. Älykkäiden materiaalien tavoin tästä tekniikasta aiheutuu riskejä terveydelle ja hygienialle. Lisäksi siihen liittyy eettisiä kysymyksiä.<sup>23</sup>



Biotulostus

## Nanotulostus

Yhdistämällä 3D-tulostus nanoteknologiaan voidaan muovata esineitä nano- tai molekyyllitasolla. Tämä tarkoittaa teoriassa, että materiaalia lisäävän valmistuksen avulla voidaan valmistaa minkä tahansa muotoinen esine mistä tahansa materiaalista missä tahansa muodossa ja minä tahansa määrinä. Tämä tekniikka on kuitenkin teoreettisella tasolla..

## Johtopäätökset

3D-tulostimen vaikutukset työpaikkojen fyysiseen turvallisuuteen jäävät todennäköisesti rajallisiksi. Riskejä on, mutta uusia fyysiseen turvallisuuteen liittyviä riskejä on tuskin odotettavissa. Kyse on ennen muuta koneesta, joka tarvitsee suhteellisen vähän manuaalista ohjausta. Suurin osa 3D-tulostuksessa käytettävistä materiaaleista tunnetaan, kuten tunnetaan myös niiden kaasupäästöistä, materiaaleille altistumisesta, materiaalien käsittelystä ja staattisesta sähköstä aiheutuvat terveysvaikutukset.

Vaikutukset työntekijöiden hyvinvointiin voivat olla merkittäviä. 3D-tulostuksesta voi aiheutua riskejä, jotka liittyvät työn epävarmuuteen, työtunteihin, korvausvastuuseen, työn yksitoikkoisuuteen ja rutiininomaisuuteen sekä kehityksen mukana pysymiseen koulutuksen avulla. Lisäksi 3D-tulostuksesta aiheutuu turvallisuusriskejä, jotka liittyvät kokeiluvaiheessa olevien koneiden käyttöönottoon. On suositeltavaa, että työympäristöä koskeviin muutoksiin reagoidaan unionin tasolla, koska 3D-tulostuksessa on kyse maailmanlaajuisesta taloudenalasta. Asiaan olisi reagoitava seuraavalla kolmella tasolla:

### 1. Valvonta ja varmentaminen

Millaisia innovaatioita on syntymässä? Miten todennäköistä on, että innovaatio pannaan täytäntöön laajassa mittakaavassa? Onko kyseinen tekniikka patentoitu tai muulla tavoin suojattu? Kuka on vastuussa vioista? Voidaanko käytettyjä materiaaleja jäljittää?

<sup>22</sup> <http://www.explainingthefuture.com/bioprinting.html>

<sup>23</sup> <http://www.computerworld.com/article/2486998/emerging-technology/bio-printing-human-parts-will-spark-ethical--regulatory-debate.html>

Nämä ovat muutamia esille nousevia kysymyksiä. 3D-tulostukseen liittyvien muutosten valvonta edellyttää jatkuvaa vuoropuhelua toimialalla. Tämä voidaan toteuttaa helpoiten ja edullisimmin perustamalla verkkoalusta, johon sekä työntekijät että työnantajat voivat osallistua. Yhteyden pitämiseksi tuottajakuluttajiin (tuotteita itse valmistaviin kuluttajiin) ja heidän valvomiseksi voidaan käyttää Euroopan valmistuslaboratorioiden laajaa verkostoa.

## 2. Sääntely ja sertifiointi

3D-tulostuksen dynaamisen, alhaalta ylöspäin suuntautuvan ja toisinaan kokeellisen luonteen vuoksi alan sääntely on puutteellista. Sertifiointi voi olla yksi väline. Nykyisin tällaista sertifiointia ovat tehneet vain korkean teknologian yritykset, jotka suojelevat tarkoin suurien investointien avulla kehittämiään tuotantotekniikoita. 3D-tulostusta työympäristöissä on säänneltävä seuraavista syistä:

### ▪ Laatu ja turvallisuuden valvonta

3D-tulostukseen vaikuttaa jatkuvasti uusien tekniikoiden ja materiaalien kehittäminen. Tästä aiheutuu sekä 3D-tulostinten että valmistettujen tuotteiden turvallisuuteen liittyviä riskejä.

### ▪ Korvausvastuu

Uusien tekniikoiden ja materiaalien käyttöönotosta voi aiheutua teollis- ja tekijänoikeuksiin sekä luovaan omistajuuteen liittyviä kiistoja työnantajan ja työntekijän välillä. Koska suunnitelmat ovat (enimmäkseen) maksutta saatavilla verkossa, uusia riskejä liittyy myös tekijänoikeusrikkomuksiin ja korvausvastuuseen viallisten tai heikkolaatuisten tuotteiden osalta. Vakiomuotoiset sopimukset ja oikeudellinen neuvonta voivat olla tarpeen.

### ▪ Työntekijöiden hyvinvointi

3D-tulostusta ympäröivä globaali talous ja dynaaminen startup-ilmapiiri voivat aiheuttaa stressiä työntekijöille, joihin kohdistuu suurempia työtunteihin, joustavuuteen ja vastuuseen liittyviä vaatimuksia. 3D-tulostusteollisuus koostuu pääosin startup-yrityksistä ja uudenlaisista mikrotehtaista, minkä vuoksi työntekijöiden järjestäytyminen ammattiyhdistyksiin on rajallista.

### ▪ Terveys ja turvallisuus

Materiaalien käyttö ja päästöt voivat aiheuttaa terveysriskejä.

### ▪ Työpaikkojen epävarmuus

Erittäin innovatiivisella toimialalla työpaikat voivat olla epävarmoja. Tätä voidaan vähentää tarjoamalla kouluttautumismahdollisuuksia, joiden avulla työntekijöiden osaaminen pidetään ajan tasalla.

### ▪ Osallistuminen

3D-tulostinten kaltaisten automatisoitujen koneiden kanssa työskenteleminen voi lisätä stressiä. Koulutus voi vaikuttaa myönteisesti työntekijöiden motivaatioon. 3D-tulostuksessa työskentelevät ovat tavallisesti melko nuoria. Työnantajien olisi ryhdyttävä myös lisätoimiin työntekijöiden motivaation ylläpitämiseksi vastuun jakamisen ja joustavien työolosuhteiden tarjoamisen avulla.

## 3. Koulutus

Yksittäisiin työympäristöihin liittyvien haasteiden lisäksi 3D-tulostus tarjoaa myös mahdollisuuksia työmarkkinoiden tasa-arvoisuuden parantamiseksi. Elämme verkostoitumiseen ja teknologiaan



perustuvassa tietoyhteiskunnassa. Ero niiden ihmisten, joilla on teknologia saatavillaan ja tietämystä siitä, ja niiden, joilla ei ole, välillä kasvaa. 3D-tulostuksen ja sen taustalla olevan makerliikkeen ansiosta tiedot ovat edullisesti ja suhteellisen helposti saatavilla verkon välityksellä. Tämän maker-liikkeen tärkeimpiä verkostoja ovat valmistuslaboratoriot. Kasvava teknologiakuilu voidaan kuroa umpeen tekemällä yhteistyötä valmistuslaboratorioiden kanssa koulutuksen tarjoamisessa, mikä johtaisi tasavaroisempiin työmarkkinoihin. Tämä on erityisen merkityksellistä Euroopan taloudellisessa tilanteessa, jossa päätavoitteita ovat yksilöllisyys, avoimuus ja innovointi.

## Lisäaineistoa

- *Printing Things. Visions and Essentials for 3D Printing.* Dries Verbruggen (editor). ISBN 9783899555165. Gestalten, 2015
- *Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive.* Lucas Evers & Bas van Abel (editors). ISBN 9789063692599. BIS Publishers, 2011
- *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World.* Jeremy Rifkin. ISBN 9780230341975. St. Martin's Griffin, 2013
- *Fabricated: The New World of 3D Printing.* Hod Lipson & Melba Kurman. ISBN 9781118350638. Abe Books, 2013
- *Makers: The New Industrial Revolution.* Chris Anderson. ISBN 9780307720962. Crown Business Publishers, 2012
- *The Maker Movement Manifesto: Rules for Innovation in the New World of Crafters, Hackers, and Tinkerers.* Mark Hatch. ISBN 9780071821124. MacGraw-Hill Education, 2013
- *3D Printing: The Next Industrial Revolution.* Christopher Barnatt. ISBN 9781484181768. Create Space Independent Publishers, 2013
- *Postcapitalism: A Guide to our Future.* Paul Mason. ISBN 9781846147388 Allen Lane Publishers, 2011

*Tämä tausta-asiakirja perustuu Jeroen Junten kirjoittaman pidemmän artikkelin tiivistelmään, ja asiakirjaan on sisällytetty viraston yhteyspisteiden verkostoilta saadut tiedot.*

*Artikkelin tilasi Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto (EU-OSHA). Sen sisällöstä sekä siinä mahdollisesti esitetyistä näkemyksistä ja päätelmistä vastaavat yksin laatijat, eivätkä ne välttämättä vastaa EU-OSHA:n kantaa.*