

Uudet tuotantoteknologiat käyttöön pk-yrityksissä: 3D-tulostuksen käyttöönoton haasteita ja ratkaisuja

Miia Martinsuo ja Toni Luomaranta

Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotalouden ja tietojohdamisen laboratorio

Martinsuo, M. & Luomaranta, T. (2018) Uudet tuotantoteknologiat käyttöön pk-yrityksissä: 3D-tulostuksen käyttöönoton haasteita ja ratkaisuja. *Stoori (Suomen Tuotannonohjausyhdistys ry:n jäsenlehti)* (1) 34-37.

Ainetta lisäävä valmistus on tuotantotapa, jossa materiaalia lisätään ja yhdistetään kerroksittain komponentin tai tuotteen aikaansaamiseksi, usein digitaalisen mallin pohjalta. Siihen viitataan puhekielessä 3D-tulostuksena, ja sen uskotaan mullistavan tuotantotapoja erityisesti aloilla, joilla komponentit/tuotteet ovat ainutkertaisia ja haasteellisia valmistaa perinteisin menetelmin. 3D-tulostus on vähitellen ottamassa jalansijaa teollisuudessa sekä muovisten että metallisten komponenttien ja tuotteiden osalta, mutta siihen liittyvä valmistusteknologia kehittyy edelleen nopealla tahdilla ja tehokkaiden liiketoimintaratkaisujen kehittäminen vaatii aikaa ja vaivannäköä. Selvitimme pirkanmaalaisten tuotannollisten pk-yritysten keskuudessa, millaisia esteitä ja haasteita 3D-tulostuksen käyttöönottoon liittyy ja millä keinoin tämän tuotantoinnovaation käyttöönottoa voitaisiin edistää. Tutkimus toteutettiin osana VTT:n ja TTY:n yhteistä Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaa Välkky-projektia (Vaativa digitaalinen valmistus ekosysteemin lisäarvon tuottajana), jossa kehitetään vaativaa digitaalista valmistusta ja ekosysteemin toimintamallia tuottamaan lisäarvoa suomalaisille pk-yrityksille. Tutkimuksen keskeinen tulos on löydös siitä, että 3D-tulostus on nähtävä systeemisellä innovaationa, jonka onnistuminen edellyttää toimitusketjun eri osapuolten aktiivisuutta ja niiden laajempaa yhteistyötä uudenlaisen tuotantotavan leviämiseksi.

3D-tulostus ja sen mahdollisuudet pk-yrityksissä

Tuotannolliset pienet ja keskisuuret yritykset (pk-yritykset) ovat tärkeässä roolissa suuryritysten toimitusverkostoissa. Niillä voi olla keskeinen sija tiettyjen komponenttien, osavalmistusten ja varaosien tuottamisessa ja suuryrityksen resurssijoustavuuden edistämiseksi. 3D-tulostus voi osoittautua joillekin pk-yrityksille houkuttavaksi strategisen kilpailuedun lähteeksi, mutta toisaalta uuden teknologian käyttöönotto ja sen edellyttämät investoinnit voivat olla vaikeita.

3D-tulostuksen houkuttavuus perustuu sen mahdolliseen tehokkuuteen, joustavuuteen ja asiakaslähtöisiin innovaatiomahdollisuuksiin. Uudella tuotantotavalla voidaan tuottaa sellaisia komponentteja ja tuotteita, joita ainetta poistavilla tuotantotavoilla ei välttämättä pystyttäisi valmistamaan. Tuotesuunnittelun uudet vapausasteet, pienerätuotannon mahdollistuminen, asiakaskohtainen kustomoitavuus, toimitusketjun lyhentymisen ja hukan vähentymisen ovat esimerkkejä operatiivisista hyödyistä, joita 3D-tulostuksella voidaan saavuttaa (Weller et al., 2015). Strategisesti uusi tuotantotapa voi merkitä sitä, että tuotantoa voidaan palauttaa halpatyövoiman maista takaisin kotimaahan tai sijoittaa joustavammin lähemmäs asiakkaita (Berman, 2012; Khajavi et al., 2014). Se voi myös aktivoida kokonaan uusia asiakasryhmiä ja tehdä massaräätälöinnistä houkuttavan vaihtoehdon suurivolyymiseksi oletetuissa pitkälle vakioituissa tuotteissa.

Aiemmassa tutkimuksessa on jo tunnistettu erilaisia teknologiaan, strategiaan, organisaatioon, operaatioihin, toimitusketjuihin ja markkinoihin liittyviä tekijöitä, jotka ovat 3D-tulostuksen käyttöönoton kannalta oleellisia (Mellor et al. 2014; Oettmeier & Hofmann 2017). Osassa aiempia tutkimuksia on käsitelty pk-yritysten näkökulmaa, mutta usein suurien yritysten rinnalla siten, ettei yrityskoon tai muiden erityispiirteiden vaikutuksia ole otettu huomioon. Pk-yritysten resurssit, investointihalukkuus ja asema toimitusketjussa kuitenkin voi tehdä niiden 3D-käyttöönotosta suuryrityksistä poikkeavaa. Halusimme selvittää, millaisia haasteita pk-yritysten johto kokee em. tekijöihin liittyen 3D-tulostuksen käyttöönotossa.

Selvitys toteutettiin laadullisena kartoittavana tutkimuksena Pirkanmaan seudun pk-yrityksissä. Haastatteluihin osallistui 17 kohdeyritystä (21 haastateltavaa), jotka ovat pääasiassa pieniä tai keskisuuria yrityksiä, ja ne edustavat kattavasti Pirkanmaalta löytyvää teollisuutta. Yritykset voidaan jakaa karkeasti

neljään luokkaan: Omia tuotteita valmistavat yritykset (5 yritystä), alihankintaa tekevät konepajat (4), suunnittelu- tai insinööritoimistot (5) sekä tulostuspalveluntarjoajat (3). Haastattelussa käytiin läpi ainetta lisäävän valmistuksen osalta vastaajien kokemuksia teknologiasta, käyttöönoton haasteita ja esteitä, vaatimuksia ja ratkaisuja käyttöönoton edistämiseksi ja vaikutuksia yrityksen toimitusketjussa ja yhteistyöverkostossa. Tulokset on esitetty laajemmin tutkimuksen väliraportissa (Luomaranta & Martinsuo 2017).

Pk-yritysten haasteita ainetta lisäävän valmistuksen käyttöönotossa

Tunnistimme haastatteluissa kuudenlaisia haasteita 3D-tulostuksen käyttöönotossa: teknologiaan, strategiaan, operaatioihin, toimitusketjuihin, markkinoihin / ulkopuolisiin suhteisiin ja organisaatioon liittyvät haasteet (Taulukko 1, ryhmittely Mellor et al. 2014 mukaisesti). Teknologisia haasteita kokivat pääasiassa haastateltavat omia tuotteita valmistavissa yrityksissä ja alihankintaa tekevissä konepajoissa. Vaikka 3D-tulostusteknologia on jo käyttökelpoista, se kehittyi edelleen jatkuvasti ja nopeassa tahdissa, joten teknologian kehitys vähitellen ratkaisee suurimmat esiin tulleet haasteet, kuten epäluottamuksen materiaaleja, laatua ja kestävyyttä kohtaan sekä pitkän valmistusajan ja tuotteiden kokoon liittyvät rajoitteet.

Taulukko 1. Yhteenveto haastateltavien kokemista haasteista 3D-tulostuksen käyttöönotossa.

<p>Teknologiaan liittyvät haasteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Epäluottamus materiaaleja, laatua ja kestävyyttä kohtaan • Pitkä valmistusaika ja kokorajoitteet • 3D-tulostusteknologian epäkypsyys 	<p>Operaatioihin liittyvät haasteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sopivia 3D-tulostettavia komponentteja ja käyttökohteita ei ole tunnistettu • Nykyisiä komponentteja ei ole järkevää valmistaa 3D-tulostusteknologialla • Tarvittavaa suunnitteluosaamista ei ole tai tuotekehitysdataa ei saada alihankintaan tarpeeksi
<p>Strategiaan liittyvät haasteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yritystason strategian puuttuminen 3D-tulostukseen liittyen • Investoinnin kalleus • Kilpailijat passiivisia investoimaan 	<p>Toimitusketjuihin liittyvät haasteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Epävarmuus uuden toimitusketjun rakenteesta • Luotettavaa tiedonsiirtoprotokollaa ei yleisesti vielä käytetä, paperipiirustukset ovat edelleen standardi
<p>Organisatoriset haasteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puuttuva tietotaito 3D-tulostusteknologiasta ja sen menetelmille suunnittelusta • Perinteisten valmistusmenetelmien huippuluokan osaaminen • Tuotannon mittaristo ohjaa käyttämään perinteisiä valmistusmenetelmiä 	<p>Markkinoihin / ulkopuolisiin suhteisiin liittyvät haasteet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innostavien esimerkkien ja sovelluskohteiden puuttuminen • Tilauskantaa ei ole olemassa, jolla voitaisiin perustella uutta investointia • Asiakkaat eivät vielä kysy 3D-tulostusteknologian mahdollisuuksista tai 3D-tulostetuista tuotteista • Alihankkijat eivät tarjoa uutta valmistusmenetelmää

Strategiaan liittyvistä haasteista suurimpana oli 3D-tulostuksen strategian puuttuminen ja se, että uudenlaista tuotantotapaa ei ole nostettu strategiseksi painopisteeksi ja sen käyttöönottoon ei ole tartuttu pitkäjänteisen suunnitelmallisesti. 3D-strategian puuttuminen nostettiin esille sekä tuotevalmistajien ja alihankkijoiden että suunnittelutoimistojen haastateltavien toimesta, mutta ei tulostuspalveluntarjoajilla. Toiseksi investointi joko uusiin tuotantolaitteisiin ja osaamiseen tai pelkästään 3D-osaamiseen nähdään vielä liian kalliina. Kilpailijatkin ovat vielä passiivisia uuden teknologian kanssa, jolloin mitään painetta ei kilpailusta synny strategisen tason 3D-päätöksille.

Operaatioihin liittyvä suurin haaste oli se, että oikeita komponentteja tai käyttökohteita ei vielä osata tunnistaa. Uuden teknologian hyödyt voivat koskea tuotetta, prosessia tai toimitusketjua laajemmin, mutta lähes kaikki haastateltavat keskittyivät tuotenäkökulmaan, jolloin teknologian prosessi- ja toimitusketjuvaikutuksia ei tule otettua huomioon. Pääsääntöisesti nykyisiä tuotannossa olevia komponentteja ei ole järkevää valmistaa 3D-tulostamalla, koska nykytuotannon suorituskyky voi olla jo erinomainen, eikä yrityksillä ole vielä tarvittavaa suunnitteluosaamista ja visiota uudentyyppisistä komponenteista ja tuotteista uudelle valmistusmenetelmälle. Insinööritoimistojen haastateltavat myös kertoivat haasteeksi sen, että tuotekehitysdataa ei saada asiakasyrityksiltä tarpeeksi merkittävien optimointien tai innovaatioiden toteuttamiseen.

Toimitusketjuihin liittyvät haasteet koskevat epävarmuutta uuden toimitusketjun rakenteessa ja sitä, mikä on eri yritysten asema toimitusketjussa. Tulostuspalveluntarjoajia lukuun ottamatta yritykset eivät vielä aktiivisesti ”luo” omaa verkostoasemaansa 3D-tulostuksen toimitusketjuissa, vaikka siihen olisi nyt hyvä tilaisuus. Toimitusketjuhaasteet liittyvät myös laajemmin siihen, kuinka tieto liikkuu toimitusketjussa. Koska 3D-tulostus hyödyntää pelkästään digitaalisia malleja, nousee luotettavan tiedonsiirto-protokollan puute yhdeksi suureksi haasteeksi. Paperiset piirustukset tai 2D-kuvat ovat edelleen standardi suunnittelutiedon siirtämiseksi, ja vaikka suunnitelmia lähetetään digitaalisesti, ne ovat vielä laadultaan riittämättömiä.

Organisatoriset haasteet liittyvät uuden teknologian tietotaidon puuttumiseen niin sen hyödyistä kuin valmistusmenetelmistä ja 3D-tulostuksen menetelmälle suunnittelusta. Myös nykytilanne aiheuttaa haasteen: yritykset ovat hyvin tyytyväisiä nykytilaansa, koska käytössä olevat valmistusmenetelmät ovat loppuun asti viritettyjä ja toimintatavat ovat vakiintuneita ja tehokkaita. Tuotannonohjauksen mittaristojen todettiin ohjaavan valmistusta täysin perinteisille menetelmille, koska 3D-tulostuksella valmistettujen osien hyödyt usein realisoituvat vasta tarkasteltaessa tuotteen elinkaarta laajemmin (ei pelkästään valmistuksen osalta).

Markkinoinnin ja ulkopuolisiin suhteisiin liittyvät haasteet koskevat mm. asiakkaiden ostovalmiutta, markkinoiden nuoruutta ja innostavien esimerkkien ja sovelluskohteiden puuttumista. Alihankintaa tekevien pk-yritysten haastateltavista pääosa totesi, etteivät asiakasyritykset ole vielä kyselleet uudesta valmistusmenetelmästä tai sillä valmistetuista komponenteista tai tuotteista. Toisaalta taas komponenttien ja tuotteiden ostajien joukossa koettiin, etteivät alihankkijat tarjoa aktiivisesti kehitysideoita uuden teknologian käyttömahdollisuuksista. Tällöin uudella menetelmällä valmistetuille tuotteille tai komponenteille ei ole kysyntää, joten niiden vaatimien teknologioihin ei haluta investoida. Haastateltavat myös kokivat, ettei innostavia esimerkkejä tai hyviä sovelluskohteita ole vielä osunut eteen.

Tarpeita ja toimenpiteitä käyttöönoton edistämiseen

Haastateltavat kuvailivat yritystensä erilaisia tarpeita 3D-tulostuksen käyttöönoton suhteen, ja ryhmittelimme ne viiteen keskeisimpään kehityskohteeseen (Taulukko 2). Esille nousseet tarpeet ja vaatimukset kohdistuivat haastateltavien kommentteissa useampaan erilaiseen haasteeseen.

Haastatelluista kahdeksan pk-yrityksen edustajaa mainitsi odottavansa 3D-tulostusteknologian kehittymistä ennen kuin päättää sen käytön aloittamisesta. Sen sijaan yhdeksän yrityksen haastateltavat totesivat, että teknologia on aivan tarpeeksi hyvää, että sitä voisi hyödyntää tuotantokäytössä. Oikeiden sovelluskohteiden löytyminen nousee tällöin suurimmaksi tarpeeksi. Löytääkseen uuden valmistustavan oikeat sovelluskohteet yritykset tarvitsevat lisää tietotaitoa. Puuttuvat tiedot voivat koskea yksityiskohtaisia tuotantoon ja tuotteisiin liittyviä asioita ja yhtä lailla suuremman mittakaavan yleisempiä asioita, kuten uuden valmistusteknologian aiheuttamia toimitusketjumutoksia, uuden tarjoaman mahdollisuuksia ja uudentyyppisiä kilpailuvaltteja. Useampi haastateltu mainitsikin, että yritysten johdon on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää uuden teknologian vaikutusten laajuus, jotta käyttöönotto voidaan ottaa yritystason strategiseksi päämääräksi – niin suuresta muutoksesta on kyse.

Taulukko 2. Yhteenveto haastateltavien kokemista 3D-tekniikan käyttöönottoon liittyvistä kehityskohteista.

Kehityskohde	Vaatus
3D-tulostustekniikka	<ul style="list-style-type: none"> • 3D-tulostustekniikkaa ja prosesseja pitää kehittää. • Pitää valikoida oikeat sovelluskohteet ja pilotoida niiden parissa rohkeasti.
Tietotaito	<ul style="list-style-type: none"> • On hankittava sekä yksityiskohtaista valmistusspesifiä tietoa että yleisempää tietoa siitä, kuinka uusi tekniikka muuttaa suunnittelua, tuotantoa ja toimitusverkostoja. • Kannattaa osallistua tutkimus- ja kehitysverkostoihin, joissa tietotaito kehittyy ja saadaan samalla kontakteja pilotointia varten.
Strateginen päätöksenteko	<ul style="list-style-type: none"> • 3D-tulostustekniikan käyttöönotto tulee ottaa strategiseksi päämääräksi. • Yrityksen on ratkaistava, millaisen verkostoaseman se ottaa 3D-tulostuksen uudellisissa toimitusketjuissa.
Digitalisaatio	<ul style="list-style-type: none"> • Digitaalinen ketju suunnittelusta valmistukseen täytyy kehittää. • On käytettävä parempaa tiedonsiirtoprotokollaa.
Yhteistyö	<ul style="list-style-type: none"> • Yhteistyötä ja kumppanuuksia tarvitaan, sillä pk-yritysten on vaikea pärjätä uuden tekniikan käyttöönoton alussa pelkästään omilla resursseillaan.

Käyttöönoton kannalta tarpeelliseksi asiaksi nousi esille digitalisaatioon panostaminen läpi toimitusketjun. Digitaalisen ketjun tarvitsee kulkea katkeamatta suunnittelusta valmistukseen ja laadunvarmistukseen asti ja toimitusketjun asiakkaille ja käyttäjäorganisaatioihin. Myös parempaa tiedonsiirtoprotokollaa on alettava käyttämään. Digitalisaatioon parantuessa päästään irti ajatuksesta, että komponentit on suunniteltava tietylle valmistusmenetelmälle. Kun digitaaliset suunnitelmat ovat hyvälaatuisia ja sisältävät kaiken tarpeellisen tiedon, komponentin valmistaja voi itse määrittää parhaan tuotantomenetelmän, jolloin digitaalinen valmistus on yksi työkalu lisää tuotannon organisoinnissa. Viimeisenä tarpeena yritykset näkivät yhteistyön ja kumppanuuksien lisäämisen, koska muutos koskee useita toimitusketjun toimijoita. Parhaimmillaan tuotantotavan muutos voisi elvyttää hiipuvan tuotantoalan ja luoda kokonaan uusia markkinoita.

Johtopäätökset

Aikaisempi tutkimus on keskittynyt 3D-tulostuksessa tekniikan varhaisiin omaksujiin, joita löytyy jo useilla toimialoilla erityisesti koskien vaatuvia erikoiskomponentteja ja –tuotteita. Uusi tuotantotapa voisi mahdollistaa uudellisuuksia myös vakaiksi ajatelluilla toimialoilla kuten koneenrakennuksessa, jossa traditionaalisena on ollut aineen poistava valmistus ja yhteistyö alihankkijoiden ja muiden kumppanien kanssa. Tässä tutkimuksessa olemme nostaneet esille erilaisten pk-yritysten näkökulman nimenomaan 3D-tulostuksen käyttöönoton haasteisiin ja vaatimuksiin konepaja- ja prosessiteollisuudessa. Tunnistetut haasteet ovat ratkaistavissa, mutta vaativat sekä strategisia että operatiivisia toimenpiteitä. Yritysten on harkittava strategiansa 3D-tulostuksen käytölle ja omalle roolilleen toimitusverkostossa, hankittava ajantasaista tietoa uusista tekniikoista ja lähdettävä rohkeasti kokeilemaan 3D-tulostettuja tuotteita ja komponentteja ottaakseen niistä oppia. Yritysten kannattaa osallistua tekniikan kehitykseen ja

tutkimukseen omien sovellusesimerkkiensä kautta ja lisätiedon hankkimiseksi, kiinnittää resursseja sekä suunnitteluun että kokeilemalla oppimiseen ja todennäköisesti uudistaa toiminnanohjauksensa mittaristoja ja arviointikäytäntöjä uudelle tuotantotavalle sopivaksi.

Tämän tutkimuksen myötä on käynyt selväksi, että 3D-tulostaminen ei ole vain yhden yksittäisen yrityksen eristynyt kehityshaaste, vaan se on systeeminen innovaatio (Chesbrough & Teece 2002), joka vaatii tuoteinnovaation rinnalle prosessi- ja toimitusketjuinnovaatioita ja yhteistyötä useamman toimijan kesken. Havaitimme, että yrityksillä toimitusketjun eri vaiheissa (laitevalmistus, alihankinta, palvelut, suunnittelu) on jonkin verran erilaisia kokemuksia haasteista ja niiden ratkaisuista, ja käytännössä nämä yritykset kytkeytyvät toisiinsa nimenomaan osana laajempaa toimitusketjua. Systeeminen innovaatio vaatii yritysten keskinäistä yhteistyötä, pitkäjänteisyyttä teknologiasta ja sen vaatimuksista oppimisessa ja riskialttiitakin investointeja. Ei ole itsestään selvää, minkä yritysten pitäisi omistaa 3D-tulostimet ja millaisella ketjulla suunnittelu ja valmistuksen ohjaus uudella valmistustavalla tehdään yritysten välisissä suhteissa. Jatkamme tutkimustamme nimenomaan koskien toimitusketjunäkökulmaa ainetta lisäävän valmistuksen käyttöönottoon ja sen edistämiseen.

Lähteet

- Berman, B. (2012), "3-D printing: The new industrial revolution", *Business Horizons*, Vol. 55 No. 2, pp. 155–162.
- Chesbrough, H. & Teece, D. (2002), "Organizing for innovation: When is virtual virtuous?" *Harvard Business Review*, Vol. 80 No. 2, pp. 127–136.
- Khajavi, S.H., Partanen, J. & Holmström, J. (2014), "Additive manufacturing in the spare parts supply chain", *Computers in Industry*, Vol. 65 No. 1, pp. 50–63.
- Luomaranta, T. & Martinsuo, M. (2017), *Ainetta lisäävän valmistuksen käyttökokemukset, käyttöönoton haasteet, vaatimukset ja tulevaisuuden mahdollisuudet pirkanmaalaisissa pk-yrityksissä. Vaativan digitaalisen valmistuksen-projekti Välkky: Yrityshaastatteluiden yhteenveto. Julkaisematon raportti, Tampereen teknillinen yliopisto. 21 s.*
- Mellor, S., Hao, L. & Zhang, D. (2014), "Additive manufacturing: A framework for implementation", *International Journal of Production Economics*, Vol. 149, pp. 194–201.
- Oettmeier, K. & Hofmann, E. (2017), "Additive manufacturing technology adoption: An empirical analysis of general and supply chain-related determinants", *Journal of Business Economics*, Vol. 87, pp. 97–124.