

ARVOA DIGILUOVUUDESTA – KEHITTÄMISTARINOITA VALMISTAVASTA TEOLLISUUDESTA

New Art of Reason -projekti, Business Finland

toim. Heidi Myyryläinen ja
Marika Hirvimäki

Kuva: Eetu Karppinen

Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisuja
Saimaa University of Applied Sciences Publications

Arvoa digiluovuudesta – Kehittämistarinoita valmistavasta teollisuudesta

toim. Heidi Myyryläinen ja Marika Hirvimäki

Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisuja

Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 94

ISBN 978-952-7055-65-6 (PDF)

ISSN 1797-7266

2019

Esipuhe

Newarea (New Art of Reason) on ollut LUT-yliopiston ja Saimaan amk:n sekä yritysten kanssa verkottunut Business Finland –tutkimusprojekti ajalla 2016 - 2019. Kaikki tämän julkaisun kirjoitelmat kahta lukuun ottamatta liittyvät yritysten kanssa yhdessä määriteltyjen näkökulmien tarkastelemiseen.

Projektin läpileikkaavat teemat on jaettu julkaisussa kolmeen ryhmään: *Uudet valmistustekniikat, Kohti uusia liiketoimintamalleja ja Yhteistyön ja oppimisen näkökulmia uuden teknologian kehittämisessä*. Projektissa toimintatapana oli määritellä yhdessä yritysten kanssa tutkimuskysymyksiä ennalta uusiin valmistustekniikoihin, liiketoiminnan uudistamiseen ja merkitysjärjestelmiin liittyen.

Uusien valmistustekniikoiden osalta Marika Hirvimäki & Emmi Maijanen kirjoittavat puukuidun 3D-tulostuksen mahdollisuuksista case-tutkimukseen perustuen. Marika Hirvimäki kirjoittaa hydraulilohkojen valmistamisesta 3D-tulostuksella.

Kohti tulevaisuuden liiketoimintamalleja Emmi Maijanen ja Marika Hirvimäki kirjoittavat 3D-tulostuksen arvoketjuista. Aiemmin mainittujen tapaan yrityksen toiveiden perusteella on suunniteltu myös kartoitus, jossa Marika Hirvimäki ja Heidi Myyryläinen kirjoittavat julkisten älyhuonekalujen markkinaan vaikuttavista trendeistä ja esimerkeistä maailmalta huomioiden tuotetta ja sen arvolupausta käyttäjilleen ja asiakkailleen. Mitä teollisten yritysten hankinta- ja myyntitoiminta voisi oppia verkkokaupan logiikasta? Näkökulman aiheeseen kirjoittaa Sami Lanu. Metallien lisäävän valmistuksen (3D-tulostuksen) kustannuksia tarkastelee Marika Hirvimäki.

Yhteistyön, oppimisen ja motivoitumisen haasteet ovat tärkeitä uuden luomisessa ja kilpailukyvyyn virittämisessä. Heidi Myyryläinen tarkastelee uusia oppimiskäsitteitä virtuaalisen todellisuuden ja lisäävän todellisuuden ratkaisusta kokoonpanolinjalle. Heidi Myyryläinen ja Samuli Nikkanen esittelevät projektissa kehitetyn laadullisen tiedonkeruun mallin, jolla asiakkaan arvostuksia voidaan ymmärtää paremmin etätuotetta kehitettäessä. Sari Pärssinen kirjoittaa kulttuurisensitiivisyydestä, joka on tärkeää myös teknologiatuotteissa. Heidi Myyryläinen ja Sari Pärssinen kirjoittavat kehittämisen diskurssien tutkimuksestaan. Yhteistyöstä motivoitumisesta kirjoittavat Heidi Myyryläinen ja Tuula Hämäläinen. Kiitämme kaikkia yhteistyökumppaneita New Art of Reason -projektista.

Vain oppilaista voi tulla mestareita.

- Intialainen sananlasku

Heidi Myyryläinen ja Marika Hirvimäki

Sisällysluettelo

UUDET VALMISTUSTEKNIIKAT.....	4
Puukuidun 3D-tulostuksen mahdollisuudet, <i>Hirvimäki ja Maijanen</i>	4
Hydraullilohkojen valmistaminen 3D-tulostuksella, <i>Hirvimäki</i>	12
Huomioon otettavat asiat metallien 3D-tulostuksessa, <i>Hirvimäki ja Heiskanen</i>	19
KOHTI TULEVAISUUDEN LIIKETOIMINTAMALLEJA.....	27
3D-tulostuksen arvoketjut, <i>Maijanen ja Hirvimäki</i>	27
Julkisten älyhuonekalujen trendejä ja liiketoimintamalleja, <i>Hirvimäki ja Myyryläinen</i>	34
Verkkokaupan logiikka teollisen yrityksen hankinnassa ja myynnissä, <i>Lanu</i>	47
Mistä arvoa ja liiketoimintamallimahdollisuuksia etäseuranta tuotteessa, <i>Myyryläinen</i>	48
Metallien lisäävän valmistuksen (3D-tulostuksen) kustannukset, <i>Hirvimäki</i>	51
YHTEISTYÖN JA OPPIMISEN NÄKÖKULMIA UUDEN TEKNOLOGIAN KEHITTÄMISESSÄ.....	61
Uusia oppimisratkaisuja VR- ja AR-ratkaisuista kokoonpanolinjalle, <i>Myyryläinen</i>	61
Laadullisen tiedon keruun malli etätuotetta kehitettäessä, <i>Myyryläinen ja Nikkanen</i>	77
”Haluttais seurata meidän tuotteita livenä” – Insinöörien ja kehittämispäälliköiden kehittämispuheen sosiaalisen identiteetin ja psykologisen omistajuuden diskursseja, <i>Myyryläinen ja Pärssinen</i>	79
Teknologian loppupään käyttäjä – heilläkin on kulttuuri, <i>Pärssinen</i>	87
Yhteistyöstä motivoituminen, <i>Myyryläinen ja Hämäläinen</i>	89

UUDET VALMISTUSTEKNIIKAT

Puukuidun 3D-tulostuksen mahdollisuudet

Marika Hirvimäki, LUT-yliopisto

Emmi Maijanen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Johdanto

Lisäävällä valmistuksella (engl. additive manufacturing (AM) aka. 3D-tulostus) tarkoitetaan prosessia, jossa kappale valmistetaan kerros kerrokselta 3D-mallin mukaan. Tyypillisesti lisäävää valmistusta käytetään piensarjojen valmistamiseen ja perinteisiä sovellusalueita ovat arkkitehtuuriset pienoismallit, prototyypit, tuotetekninen suunnittelu ja simulointi, valumuotit, työkalut tai niiden osat.

Käytännössä lisäävä valmistus voi tapahtua monella eri tavalla. Tavallisimpia tekniikoita ovat materiaalin pursotus, jauhepetiteknikka ja nesteen fotopolymeerointi. Materiaalin pursotuksessa materiaalia, tyypillisesti polymeeria, pursotetaan suuttimen läpi halutun muodon mukaisesti. Jauhepetiteknikassa puolestaan tulostemateriaali on jauheena, ja sitä sulatetaan kerroksittain laserilla tai elektronisuihkulla, jolloin jauhe sulaa haluttuun muotoon. Tämä soveltuu metalli- ja polymeerijauheille. Nesteen fotopolymeerointi perustuu fotopolymeerin kovettamiseen valolla. Yleisin menetelmä on stereolitografia.

Näiden lisäksi AM-tekniikoihin voidaan lukea myös suoratulostus, vaikka se ei ole standardin mukaisesti omana pääryhmänään. Suoratulostuksessa materiaalin päälle tuotavat materiaalit voivat olla esim. jauheena tai nesteenä. Yksi esimerkki suoratulostuksesta on mustesuihkutulostus. Menetelmän avulla voidaan valmistaa esim. johteita ja eristeitä suorille sekä kaareville pinnoille.

Suurin osa AM-laitteiden materiaaleista on siis metalli tai muovipohjaisia, muovien ollessa vielä suosittumia. Materiaalikirjo on kuitenkin nykyisin hyvin laaja, aina metalleista moniin eri epämetallisiin materiaaleihin. Materiaali voi olla nauhana, jauheena, peltteinä, liuksena tai arkkeina riippuen mitä AM-prosessia käytetään.

Lisäävällä valmistuksella on pitkä historia – ensimmäisiä keksintöjä aiheeseen liittyen tehtiin jo 1960-luvulla. Ensimmäinen muovimateriaalia pursottamalla tulostava kone tuli markkinoille 1991. Jauhepetisysteemin kehittyminen alkoi 1990-luvulla, jolloin myös metallijauheesta valmistettiin ensimmäiset kappaleet lentokoneolosuhteiden tarpeisiin. 2000-luvun alkupuolella keskityttiin uusien materiaalien kehittämiseen, erityisesti muovimateriaalien osalta.

Kuitenkin vasta lähivuosina tekniikka on saavuttanut suuremman kiinnostuksen. Tämä johtuu pitkälti siitä, että 2000-luvun loppupuolella monet patentit alkoivat raueta, minkä seurauksena kilpailu lisääntyi ja koneiden hinnat kääntyivät laskuun. Tämä vauhditti myös alan liikevaihdon kehittymistä, joka lähti huimaan nousuun vuoden 2009 jälkeen ja on 5.7 kertaistunut seitsemän vuoden aikana. Laitteiden, materiaalin ja palveluiden liikevaihto oli yli \$6 miljardia vuonna 2016, josta laitteiden osuus on noin 50 % ja materiaalin sekä palveluiden osuus toinen puoli. Liikevaihdon arvellaan nousevan yli \$20 miljardiin vuonna 2020. (Wohlers Report 2017) Boston Consultin Group on hieman varovaisempi arvioissaan, joiden mukaan markkinan arvo oli vuonna 2015 n. 5 miljardia dollaria ja joiden mukaan markkinan arvo kolminkertaistuu vuoteen 2020 mennessä, jolloin arvo olisi siis 15 miljardia dollaria. Kasvun uskotaan jatkuvan kiihtyvästi niin, että vuonna 2035 markkinan arvo olisi jopa 350 miljardia. (BCG 2017).

Tästä johtuen yhä useampi toimija näkee liiketoimintamahdollisuuksia lisäävän valmistuksen saralla, joka lisää alan kirjoa ja kehitystä. Tässä artikkelissa pohditaan puupohjaisten materiaalien tulostusta sekä mahdollisia sovelluskohteita. Liiketoimintamahdollisuuksien kasvu lisäksi maailmanlaajuiset megatrendit, kuten biomateriaalit ja muovittomuus, vauhdittavat uusien biopohjaisten materiaalien tutkimus- ja kehitystyötä. Aihe kiinnostaa laajasti ja kehitystyölle on olemassa paljon tukea.

Artikkeli on lyhennelmä *New Art of reason (NewArea)* -projektin alla tehdystä laajemmasta tutkimusraportista.

Puuta ja muovia yhdistämällä saadaan puunkaltaista ainetta

Puukuidun 3D-tulostus on jo tällä hetkellä mahdollista, mikäli puuaine on jossakin muodossa (puujauhe tai selluloosakuitu) yhdistettynä muoviin. Sen sijaan täysin muovittomaan ratkaisuun puolestaan tarvitaan vielä paljon kehitystyötä. Mikäli tätä kehitystyötä tehdään aktiivisesti, aika-arviot kehitystyön kestosta vaihtelevat 10-20 vuoteen.

Tällä hetkellä puu-muovi -materiaaleja käytetään pääasiassa materiaalia pursottavissa 3D-tulostimissa. Käyttäjät ovat tyypillisesti yksityisiä kuluttajia, jotka valmistavat pieniä taide- ja sisustusesineitä ns. kotikoneillaan. Materiaali on hienojakoista puujauhetta, jossa on mukana polymeerimuovia tyypillisesti n. 70 %.

Laittevalmistaja kuvailee materiaalista valmistettua kappaletta seuraavasti: "Same look, feel and scent of a real wood piece". Käytännössä muovisuuden kuitenkin tunnistaa kappaleesta. Tämän materiaalin ongelmaksi

on mainittu sen huono kosteuden ja veden kesto, jota voidaan parantaa lakalla ja muilla pintakäsittelyillä. Kappaletta voidaan viimeistellä puun tavoin hiomalla, poraamalla, maalaamalla tai polttamalla.



Kuva 5 Erilaisia kappaleita ja käyttöesineitä, jotka on valmistettu puupohjaisesta materiaalista lisäävällä valmistuksella. (3D-systems)

Myös jauhepetisysteemillä on mahdollista tulostaa puujauhetta hyödyntäen sideaineena polymeeriä. Tällöin tyypillisiä käyttökohteita ovat materiaalille esim. arkkitehtimallit ja sisustustuotteet. Pinnan laatu on rakeinen ja hieman huokoinen, kuten kuvasta 7 voidaan havaita. Materiaalin vahvuus on alhaisempi verrattuna muihin AM-materiaaleihin. (i.materialise 2017)

Sopivan sovelluskohteen löytyessä puupohjaisten tuotteiden valmistus jauhepetisysteemillä voitaisiin tarvittaessa aloittaa nopeasti, koska teknologia, softat ja soveltuva materiaali on jo olemassa. Sen sijaan täysin biopohjaisen jauheen 3D-tulostamista ei tiettävästi tehdä vielä maailmalla, vaikkakin liikkuvan tiedon mukaan osa tutkimuslaitoksista on keskittynyt myös tähän. (Pulp&Paper 2018)



Kuva 7 Puujauheesta valmistettuja kappaleita. (i.materialise 2017)

Puujauheen sijaan selluloosaa hyödyntävät materiaalit ja tekniikat ovat monilta osin vielä tutkimusasteella. Yksi kaupallistetuista on UPM Biocompositesin kehittämä UPM Formi 3D, joka sisältää selluloosakuituja ja PLA:ta. Kappaleet tulostetaan UPM Formi 3D-materiaalista pursottamalla (FDM). Materiaalia saa useissa eri väreissä ja se tuntuu ja näyttää toimittajan mukaan luonnolliselta. Kappaleita voidaan jälkityöstää puun tavoin. Sovelluskohteita ovat mm. arkkitehtuurimallit, prototyypit, lelut ja huonekalut (esimerkkejä kuvassa 10). UPM Formi 3D-materiaalista on mahdollista tulostaa haastavia muotoja esim. onttoja palloja ilman tukirakenteita ja se onkin materiaalin suurin etu verrattuna 100 % PLA:han. Kappaleet voidaan polttaa tai uudelleen sulattaa käytön jälkeen. (UPM Formi 2018).

Puupohjaisten materiaalin käytön esteenä teollisissa sovelluksissa on kuitenkin edelleen materiaalin kosteuden sietokyky, mekaaniset ominaisuudet, termiset ominaisuudet, prosessin nopeus ja kappaleiden muodon muutokset, jotka tulisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa. (Pulp&Paper 2018)



Kuva 10 UPM Formi3D-materiaalista valmistettuja kappaleita. (UPM Formi, ideas2cycles)

Nanoselluloosa lupaava tutkimussuunta kohti täysin biopohjaisia tulosteita

Täysin biopohjaista materiaalia kehitettäessä nanoselluloosa ja erilaiset selluloosajohdannaiset ovat yksi lupaava tutkimussuunta. Materiaali itsessään on ekologinen ja uusiutuva joten siihen voidaan olettaa liittyvän paljon odotuksia mm. muovin korvaavana materiaalina.

Esimerkiksi Chalmers University of Technologyn tutkimusryhmä on onnistunut tulostamaan nanoselluloosasta biotulostimella kolmiulotteisia kappaleita (kuvassa 11 esimerkkejä). Koska selluloosa ei sula kuumennettaessa tutkimusryhmä ratkaisi ongelman sekoittamalla nanoselluloosaan hydrogeeliä mikä sisälsi 95-99 % vettä. Seos on hyvin viskoottista ja kuivuttuaan kappaleet ovat mekaanisesti hyvin vahvoja ja rakenteet biohajoavia. Tutkimuksen suurin haaste oli kuivattaa muodostuneet 3D-kappaleet ilman, että kappale menettää muotoaan ja tämän takia kuivausprosessi onkin hyvin kriittinen vaihe. Tutkijat ratkaisivat ongelman jäädyttämällä kappaleita ja poistamalla vettä materiaalista sen jälkeen muodon hallitsemiseksi. (Science Daily 2017)

Mahdollisia sovelluskohteita ovat lääketieteen sovellukset mm. implantit, pakkaukset ja sisätilojen koriste-esineet. Lääketieteen sovelluksissa Chalmers yliopisto on käyttänyt materiaalina erittäin puhdasta nanoselluloosaa eng. bacterial nanosellulose (BF). Esimerkkinä he ovat tulostaneet ulkokorvan implantin. (Pulp&paper seminaari 2018) Lääketieteelliset sovellukset ovat yksi tärkeä sovelluskohde, vaikka lainsäädäntö hidastaa etenemistä tällä saralla.

Nanoselluloosa mahdollistaa myös erilaiset sekoitteet esimerkiksi nanohiilikuidun lisäämisen, jolloin voidaan saada aikaiseksi sähköä johtavia kappaleita. Tällöin mahdolliset sovelluskohteet laajenevat esimerkiksi älypakkauksiin ja älytekstiileihin, jotka voivat kerätä ja lähettää digitaalista tietoa. (Science Daily 2017). Älyvaatteiden suosio on ollut vahvassa kasvussa lähivuosina ja kasvun uskotaan kiihtyvän.

Vakiintuminen lääketieteen sovelluksille ja puettaville 3D-tulostetuille vaatteille ja esineille oletetaan tapahtuvan 5-10 vuoden päästä.

Myös VTT on tutkinut nanoselluloosan hyödyntämistä lääketieteensovelluksissa. He ovat yhdistäneet 3D-tulostetun rakenteen, haavan hoitoon käytettävän proteiinin ja elektroniikan yhdeksi tuotteeksi. 3D-rakenteiden on todettu absorboivan nesteitä kolme kertaa tehokkaammin, kuin perinteisten haavojen hoitoon käytettävien sidosten. Proteiinin tehtävä taas on auttaa ihosoluja kasvamaan haavan ympärillä. Nanokuitua ei kuitenkaan ole vielä hyväksytty lääketieteen käyttöön ja sen takia voi mennä vielä vuosia ennen kuin sovellusta on mahdollista hyödyntää sairaaloissa. (Diederik van der Hoeven 2017)



Kuva 11 Tulostettuja selluloosapohjaisia kappaleita (Science Daily 2017, Diederik van der Hoeven 2017)

Suomalaisten AM-markkinoilla toimivien yritysten ajatuksia puukuidusta

Osana tekemäämme selvitystyötä haastattelimme kotimaisia 3D-tulostusalan toimijoita. Näillä haastatteluilla haettiin alan toimijoiden käytännön toiminnan kautta muodostuneita käsityksiä ja näkemyksiä puukuidun 3D-tulostuksen mahdollisuuksista. Lisäksi haastatteluilla haluttiin selvittää yritysten kiinnostusta puukuidun 3D-tulostukseen ja saada lisää tietoa yleisesti 3D-tulostusalan kehityksestä ja toiminnasta.

Haastatteluista kävi ilmi, että yleisellä tasolla kiinnostus erilaisiin muovittomien ja uudenlaisten ratkaisujen kehittämiseen on olemassa. Ajavana voimana kehitystyössä on siis löytää uusia tulostettavia materiaaleja, joita voidaan kierrättää ja kompostoida sekä korvata muovipohjaisia raaka-aineita.

Taustalla tutkimus- ja kartoitustyötä on tehty aiheen ympärillä jo vuosia. Kuitenkaan yritykset eivät tällä hetkellä edistä näitä päämääriä mitenkään aktiivisesti, eikä tämä ole kenenkään liiketoiminnan keskiössä tällä hetkellä. Pääasiassa yrityksissä huomio keskittyy nykyisen tilanteen vakiinnuttamiseen ja nykyisen liiketoiminnan kasvattamiseen, jossa pääasiallisina materiaaleina ovat erilaiset metallit ja muovit.

Monen yrityksen näkökulmasta biopohjaisten materiaalien kehitys on vielä liian varhaisessa vaiheessa ja heidän näkemyksiensä mukaan puhtaan puumateriaalin läpimurto voisi tapahtua 10-20 vuoden päästä. (Arviosta on suljettu pois puumuovi-filamentti, jonka tulostaminen on kaupallistettu jo tällä hetkellä.) Kiinnostusta myös laskee ajatus siitä, että materiaali soveltuu enemmän koriste-esineille kuin teolliseen tarpeeseen.

Jotkut haastatelluista eivät uskoneet täysin biopohjaisten materiaalien tulostuksen olevan koskaan mahdollista. Kaksi haastateltavista painotti puupohjaisen materiaalin hyödyntämistä ensisijaisesti valumateriaalina eikä niinkään tulostusmateriaalina. Osa haastatelluista ajattelivat laajemmin ja näkivät mahdollisuuksia esimerkiksi erilaisten UV-kovetteisten ratkaisujen kautta, jolloin voitaisi kiertää puun lämmönkestävyydestä johtuvat ongelmat. Yksi haastatelluista asiantuntijoista uskoi, että muovin tilalle löydetään vielä luonnon materiaaleista uusia sideaineita, jolloin kappaleista saadaan täysin biopohjaisia ja kappaleita voidaan tulostaa materiaalia pursottamalla tai jauhepetisysteemillä. Sopivia sideaineita voisi löytyä yhteistyössä mm. kosmetiikkateollisuuden kanssa. Erilaisia laiteratkaisuja on jo olemassa ja niitä voidaan tarvittaessa modifioida soveltuviksi uusille materiaaleille, mutta kehitystyössä yhteistyö eri osaamisalueiden välillä on avainasemassa.

Yritysten näkemysten mukaan puukuidun tulostamisen kehitystä edistäisi arvoketjun eri toimijoiden välinen laaja yhteistyö, jossa tehtäisi käytännön kokeiluja. Tähän kuitenkin tarvittaisiin ulkopuolista rahoitusta (esimerkiksi julkisen rahoituksen puolelta) ja jokin yhteinen visio tuotteesta tai ratkaisumallista, joka nähdään

tavoittelemisen arvoiseksi. Tämä visio voi olla hullukin, kunhan se on niin houkutteleva, että se saa yritystoimijat mukaan.

Edelleen haastatteluiden mukaan suuret 3D-tulostuslaittevalmistajat ovat avainasemassa puukuidun tulostamisen kehittymisen myötä. He tuntevat parhaiten erilaiset tulostustekniikat ja mahdollisuudet ja pystyvät määrittelemään kehitystyötä ja sen suuntaa. Oleellista olisi synnyttää yhteistyötä näiden tulostuslaittevalmistajien ja materiaalivalmistajien ja –kehittäjien välille.

Mihin puukuidun 3D-tulostamista kannattaa käyttää?

Puukuidun 3D-tulostuksen kehittymiseen vaikuttaa suuresti se, millaisissa sovelluskohteissa tämän materiaalin ja 3D-tulostuksen yhdistelmän voidaan katsoa tuottavan erityistä lisäarvoa.

Pohdittaessa puukuidun 3D-tulostuksen sovelluskohteita, täytyy huomioida puumateriaalin ominaisuudet, sekä millaisiin asioihin 3D-tulostus erityisen hyvin soveltuu verrattuna muihin valmistusmenetelmiin.

Puumateriaalin ominaisuuksia tarkasteltiin siitä näkökulmasta, miten ne vaikuttavat lopputuotteeseen ja ne voidaan jakaa esimerkiksi seuraavaan 4 kategoriaan:

- 1) puumateriaalin käsittelyyn liittyvät ominaisuudet (pehmeys, jälkikäsittelyn mahdollisuudet, palaa helposti)
- 2) puumateriaalin esteettiset ominaisuudet (tuoksu, "fiilis", lämpö, kauneus)
- 3) puumateriaalin tekniset ominaisuudet (keveys, aseptisyys, eristää lämpöä, kuiturakenne kestävä)
- 4) puumateriaalin liiketaloudelliset ja yhteiskunnalliset ominaisuudet (uusiutuvuus, ekologisuus, kierrätettävyys, edullisuus, kotimaisuus, trendikkyys)

3D-tulostuksen puolestaan soveltuu erityisen hyvin sellaisiin lopputuotteisiin, jotka sisältävät joitain mm. seuraavista ominaisuuksista.

- yksilöllisyys / ainutlaatuisuus (sarjakoko voi olla 1, esim. yksilölliset silmälasin linssit)
- kaukovalmistus (esimerkiksi keskellä viidakkoa)
- monimutkaiset / muuten vaikeasti valmistettavat tuotteet (esim. tietyt valmiit kokoonpanot ja rakenteet)
- prototyypit / pienoismallit
- monien eri materiaalien hyödyntäminen
- skaalautuvuutta vaativat tuotteet (nanosta jättiläisiin)
- kaksiulotteisen muuntaminen kolmiulotteiseksi – saa aikaan muotoja visuaalisesta

Haastatteluaineiston ja hankkeessa järjestetyn työpajan tuloksien valossa parhaimmiksi arvioidut sovellusideat voidaan pääosin jaotella erilaisiin 1) lääketieteellisiin sovelluksiin, 2) sisustuselementteihin, 3) soittimiin 4) pakkausratkaisuihin ja 5) materiaaleihin.

Lääketieteeseen liittyviä ideoita olivat haavasidoskangas, erilaiset yksilölliset apuvälineet ja lääketieteelliset työvälineet. Puumateriaalin aseptisuus soveltuu hyvin lääketieteeseen ja kierrätettävyyys mahdollistaisi kertakäyttöisten työvälineiden ja tuotteiden valmistuksen. 3D-tulostus mahdollistaa myös esimerkiksi haavasidosten osalta rakenteet, joihin voidaan sisällyttää hoitavia aineita. Yksilöllisten apuvälineiden tulee mukautua käyttäjänsä kehoon, toimintaympäristöön tai tarpeeseen, jolloin sarjakokojen jäädessä pieneksi 3D-tulostus on mielekäs vaihtoehto. Lisäksi puumateriaalin esteettiset, käsittelyyn ja kierrätykseen liittyvät ominaisuudet voisivat olla arvokkaita näiden tuotteiden osalta. Biomateriaalisovellusten osalta lääketiede on mahdollisesti vetovoimaisin ala.

Sisustuselementteihin liittyviä ideoita olivat esimerkiksi erilaiset pinnoitukset ja yksilölliset koteloinnit. Nämä tietysti ovat pienen markkinan luksustuotteita. Sen sijaan arkiset huonekalut, autojen sisäosat tai isojen huonekalujen monimutkaiset osat voitaisiin tulostaa, vaikka tuote muuten toteutettaisiin perinteisin valmistusmenetelmin. Sisustuksessa puumateriaalin esteettiset ja tekniset ominaisuudet yhdistettynä puumateriaalin arvostukseen kotimaisuuden ja trendikkyuden kautta ovat merkittäviä.

Soittimia on tehty 3D-tulostamalla jonkin verran. Puumateriaali on kuitenkin useimpien soittimien soinnin kannalta paras vaihtoehto, joten soittimien 3D-tulostuksessa voisi olla paljonkin mahdollisuuksia.

Pakkausratkaisuja tuli myös esiin työpajassa. Erityisesti älypakkausten osalta 3D-tulostus voisi tuoda lisäarvoa.

Viidentenä kokonaisuutena ideoista nousi esiin kuluttajatuotteiden sijaan erilaiset materiaalit. Näitä olivat esimerkiksi puukuitupohjainen tekstiili, eristeet ja katemateriaalit, joskin näissä kaikissa ideoissa 3D-tulostuksen lisäarvo riippuu paljolti toteutustavasta. Yksi idea olisi pyrkiä korvaamaan puukuidulla muovi niissä kohteissa, joissa tällä hetkellä hyödynnetään muovin 3D-tulostusta.

On kuitenkin hyvinkin mahdollista, että paras idea siitä, mitä puukuidusta kannattaisi 3D-tulostaa, on vielä löytymättä. Se voi syntyä alan kehityksen myötä ja käytännön kokeilujen kautta.

Lähteet

Boston Consulting Group (BCG), "How to Position Your Company in the 3D-Printing Value Chain". May 9 2017. <https://www.bcg.com/publications/2017/steel-metals-mining-how-to-position-company-3d-printing-value-chain.aspx> . Viitattu 20.4.2018.

Diederik van der Hoeven 2017, Cellulose nanofibrils pave the way for biobased 3D printing, Bio Based Press, 2017, <https://www.biobasedpress.eu/2017/10/cellulose-nanofibrils-pave-the-way-for-biobased-3d-printing/>, viitattu 19.3.

i.materialise, <https://i.materialise.com/>

Pulp & Paper, 2018. Seminaari, Helsinki. 29.5.2018.

Science Daily, Cellulose from Wood can be Printed in 3D, Chalmers University of Technology, <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/06/150617091750.htm>, viitattu 5.10.2017

UPM Formi <https://www.upmformi.com/3D-printing/Pages/Default.aspx>

VTT, Cellulose turning into a supermaterial of the future: Broad-based cooperation multiplying the value of Finnish wood, <http://www.vttresearch.com/media/news/cellulose-turning-into-a-supermaterial-of-the-future>, viitattu 5.8.2017

Wohlers Report 2017, 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, Annual Worldwide Progress Report, Wohlers Associates, Colorado, USA, 2017

Hydraulilohkojen valmistaminen 3D-tulostuksella

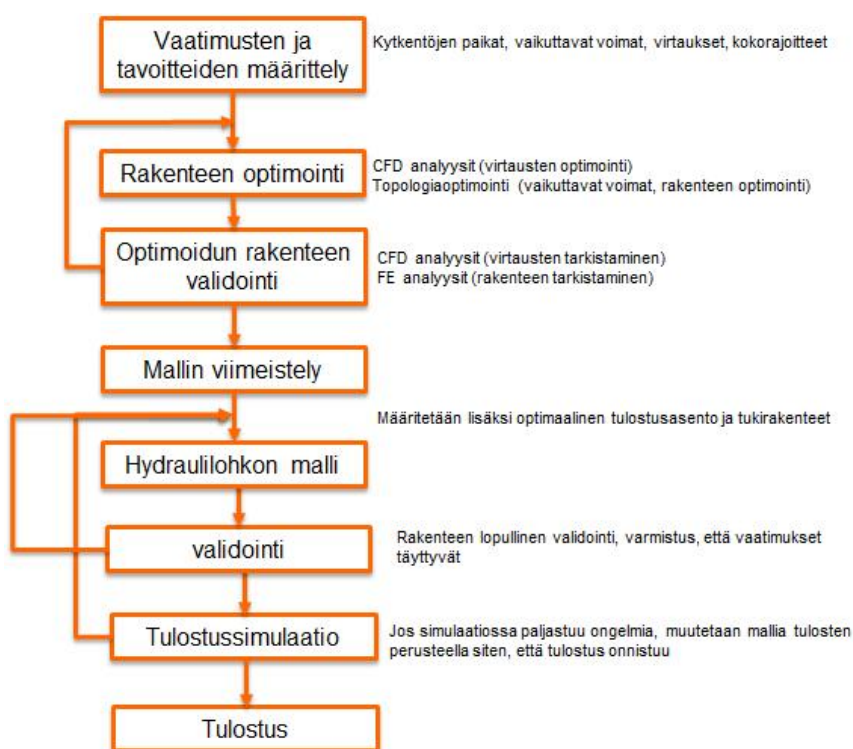
Marika Hirvimäki

Perinteinen valmistus

Perinteisillä menetelmillä hydraulilohko valmistetaan koneistamalla ensin kappale haluttuun kokoon ja poraamalla suoria porauksia kappaleeseen. Valmistustapa aiheuttaa kappaleeseen ylimääräistä painoa ja ylimääräisiä porauksia, jotka täytyy tulpata. Perinteisesti käytetään materiaaleina alumiiniseosta tai ruostumatonta terästä. Alumiinista valmistetut kappaleet ovat halvempia, koska niiden työstäminen on helpompaa. Kappaleet eivät kuitenkaan kestä kovaa kulutusta ja irronneet partikkelit lisäävät kappaleen kulumista. Ruostumattomasta teräksestä valmistetut kappaleet ovat kalliimpia, koska niiden työstäminen on hankalampaa, mutta kulutuskestävyys on parempi. (Renishaw 2019, GKN powder metallurgy).

3D-tulostus, suunnittelun vaiheet

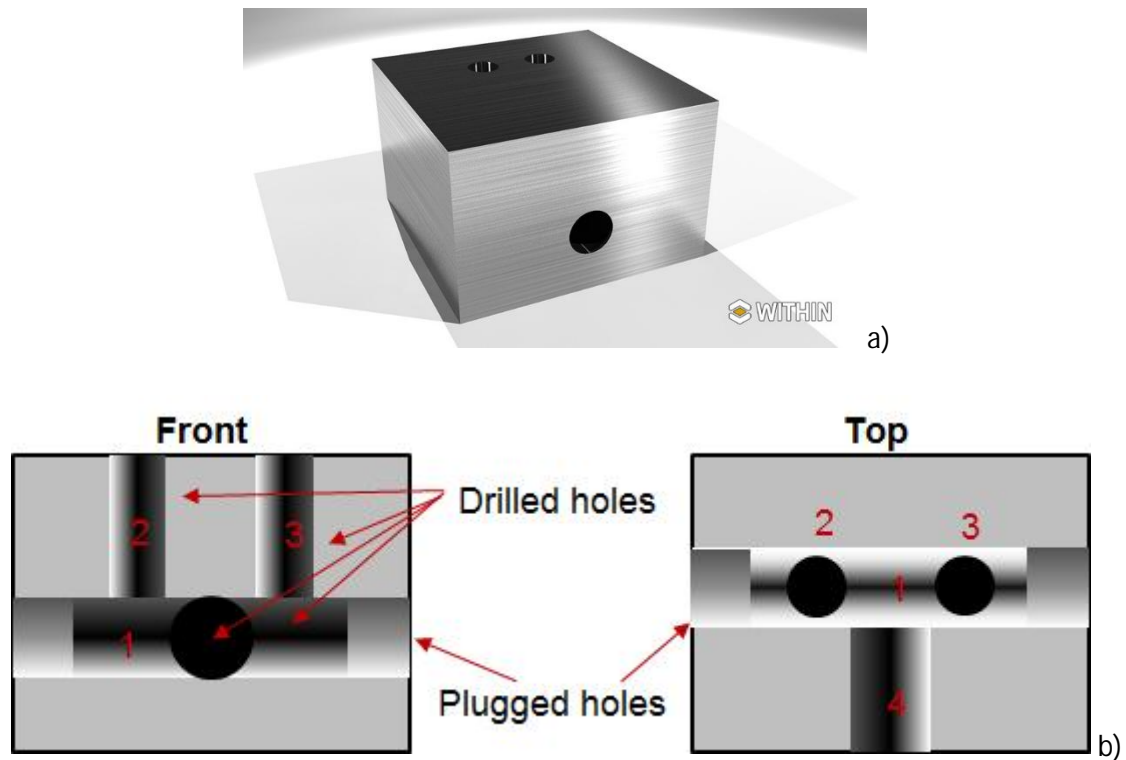
3D-tulostuksen suunnitteluvaiheet voidaan tehdä täysin digitaalisessa muodossa aina tulostukseen asti. (kuva 1). Alussa määritellään tavoitteet ja vaatimukset. Tähän kuuluu mm. materiaali, kokorajoitteet, kytkentöjen paikat, voimat ja virtaukset jne. Rakenteen optimointiin kuuluu virtausten optimointi ja topologiaoptimointi. Topologian optimointi 3D-tulostuksessa tarkoittaa menetelmää, jossa 3D-mallista tehdään kevyempi rakenteen lujuuden kärsimättä. Hydraulilohkon 3D-malliin lisätään vielä manuaalisesti tai ohjelmistojen avulla tukirakenteet, joiden tehtävä on johtaa lämpöä pois kappaleesta ja tukea kappaleeseen mahdollisesti kuuluvia ulokkeita, siltoja ja reikiä. Ennen tulostusta tehdään tulostussimulaatio, jossa arvioidaan tulostuksesta syntyviä jännityksiä ja muodon muutoksia. Näin voidaan varmistaa tulostuksen onnistuminen.



Kuva 1 3D-tulostuksen vaiheet (kuva: Tutkimusapulainen Atte Heiskanen, LUT Laser)

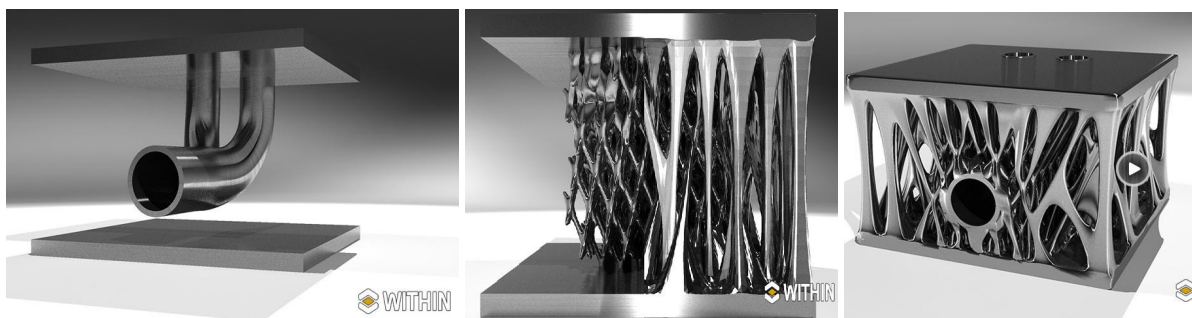
Case esimerkki 1 , Within&EOS

Case-esimerkissä on verrattu perinteisesti valmistettua lohkoa 3D-tulostuksella valmistettuun kappaleeseen. Esimerkki on hyvin yksinkertaisesta kappaleesta, jossa on kaksi syöttökanavaa, jotka yhdistyvät halkaisijaltaan suurempaan ulostulokanavaan. Alkuperäinen design on suunniteltu perinteiselle valmistukselle ja kappaleen valmistamiseen tarvitaan neljä porausta kuten kuvassa 2 on esitetty. Porauksen jälkeen ns. apureiän 1 päät tulpataan. Valmistuksesta johtuen kappaleeseen muodostuu jyrkkiä kulmia, jotka keräävät likaa ja haittaavat nesteen virtaamista. Tämä aiheuttaa tehohäviöitä. (Within 2019)



Kuva 2 Alkuperäinen design (Within 2019)

3D-tulostuksessa materiaalia voidaan lisätä vain sinne missä sitä tarvitaan. Kuvassa 3 on esitetty FEM-optimoitu 3D-malli. Kappaleen ala- ja ylälevyt on jätetty tukemaan kappaletta. Ilman porauksen aiheuttamia rajoitteita kanavisto voidaan suunnitella siten, että nesteen virtaus on siinä optimaalinen. Lisäksi kappale on kevyempi kuin alkuperäinen design eikä vuotoriskiä esiinny, koska kappale voidaan valmistaa kertatulosteena ilman tulppauksia. (Within 2019)

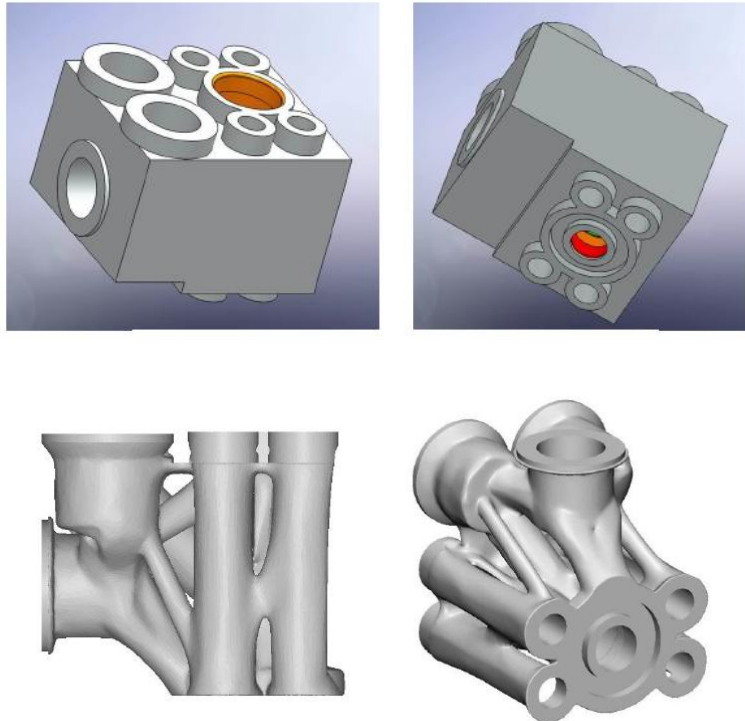


Kuva 3 Uusi design, joka on suunniteltu huomioiden 3D-tulostuksen edut (Within 2019)

Case esimerkki 2, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd & Nurmi Cylinders Oy

VTT ja Nurmi Cylinders Oy case-tutkimuksessa metallisen venttiililohkon muodot on optimoitu jo suunnitteluvaiheessa ja lopputuloksena on saatu 76 % kevyempi lohko, joka säästää tilaa ja materiaalia.

Kanavisto suunniteltiin halkaisijaltaan alkuperäisen ympyrän sijaan ellipsin muotoiseksi, jotta kappaleeseen ei tarvittu sisäisiä tukirakenteita. Koska kanavistoon ei muodostunut jyrkkiä kulmia nesteen virtauksen todettiin tehostuneen (kuva 4). (VTT, VTT & Nurmi)



Kuva 4 Alkuperäinen design (perinteinen valmistus) ja uusi design (3D-tulostukselle) (VTT&Nurmi)

Ensimmäinen prototyyppi valmistettiin H13 työkaluteräksestä ja kappaleen paino oli 0.57 kg (vrt. alkuperäinen 2.5 kg). 3D-tulostetun kappaleen korkeus oli 5 cm ja sen tulostaminen kesti 21 h (kuva 5). Koska kappaleessa ei ole tulppauksia ja se on tulostettu yhtenä kappaleena, vuotoriskit pienenevät huomattavasti. Mallin todettiin täyttävän kaikki kappaleelle asetet vaatimukset jännityksien suhteen (VTT, VTT&Nurmi)

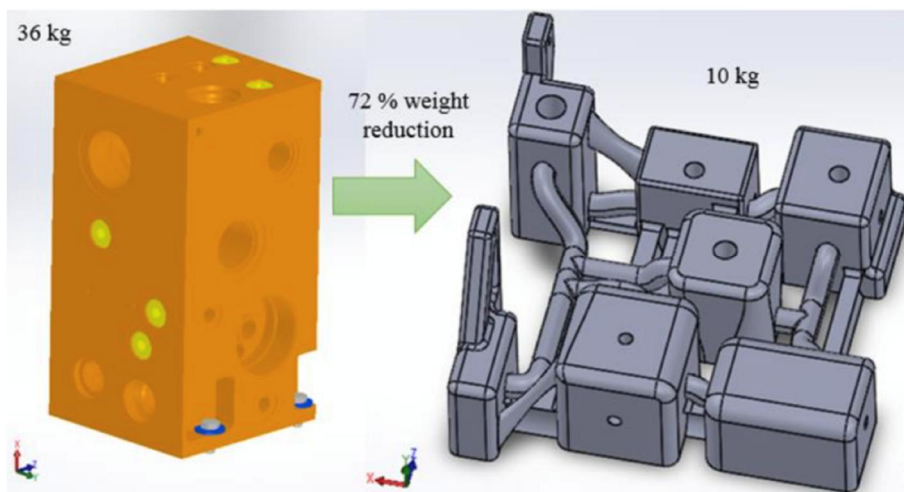


Kuva 5 3D-tulostuksella valmistettu hydraulilohko (VTT&Nurmi)

Case esimerkki 3, Metso Minerals & LUT

LUTilla tehtiin Metso Mineralsille tutkimus hydraulilohkon uudelleen suunnittelusta 3D-tulostuksen näkökulmasta. Alkuperäinen kappale oli suunniteltu valmistettavaksi koneistamalla, minkä takia tuotteessa oli mm. apureikiä joiden avulla tehtiin varsinaiset virtauskanavat. Tulostusta varten kappale suunniteltiin täysin uudelleen, jotta saatiin vähennettyä painoa ja parannettua tuotteen toimivuutta (kuva 6).

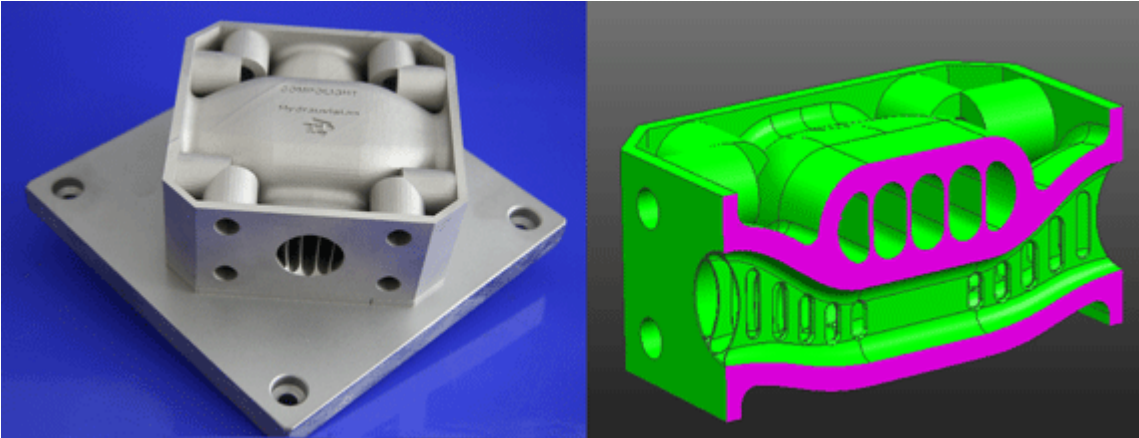
Hydraulilohkoon liitettiin useita komponentteja, joille tuli koneistaa pesät, mikä taas aiheuttaa rajoitteita suunnitteluun. Suurimmat haasteet liittyivät venttiilipesien sijoitukseen sekä kanavien mallinnukseen. Kanavista piti 3D-tulostuksen rajoitteiden takia saada halkaisijaltaan alle 7 mm ja pisaran muotoisia, jotta kanaviin ei tarvitse mallintaa tukirakenteita. Suurin saavutettu etu oli painon pieneneminen 72 % verrattuna alkuperäiseen designiin. Alkuperäinen kappaleen paino oli 36 kg ja uusi design 10 kg (paino on arvioitu suunnitteluohjelman työkalulla). Kuvassa 6 on esitetty alkuperäinen ja uusi design. (Hovilehto 2016, Chekurov 2017)



Kuva 6 Alkuperäinen design ja uudelleen suunniteltu design. (Hovilehto 2016)

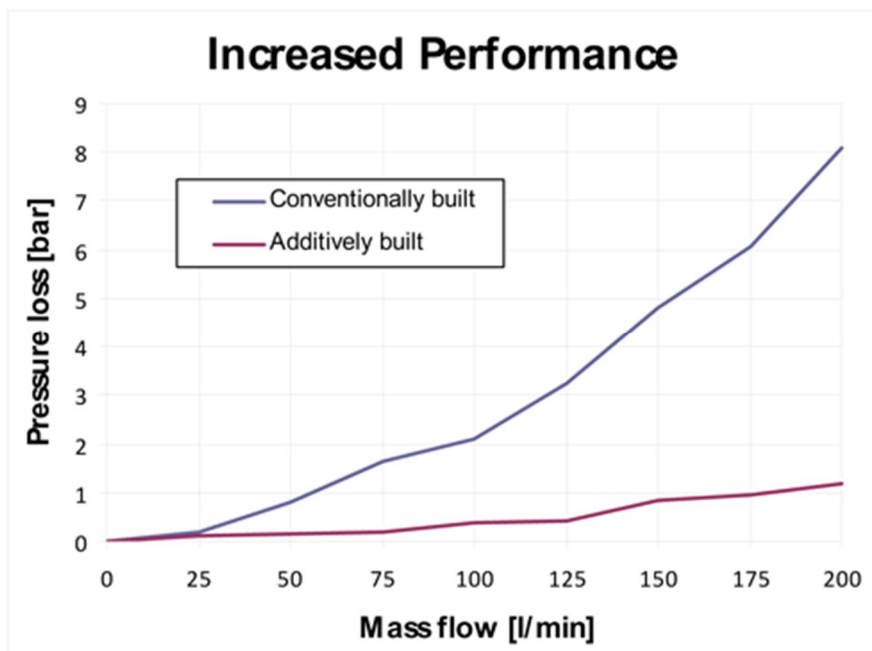
Case esimerkki 4, Fraunhofer IFAM/Compolight

Tutkimuksen tavoite oli verrata lisäävällä valmistuksella valmistettua hydrauliosaa perinteisellä valmistuksella (poraus) tehtyyn kappaleeseen. Kappaleessa kaksi nestevirtaa kohtaa ilman sekoitinta. Alkuperäinen kappale painoi 20 kg ja sen mitat olivat 230 x 230 x 50 mm. 3D-tulostuksella valmistetun kappaleen kanavisto suunniteltiin virtaussimulaatiotulosten mukaisesti (kuva 7). Kappaleen paino oli 0.7 kg ja mitat 80 x 80 x 50 mm. (Metal AM)



Kuva 7 3D-tulostuksella valmistettu hydrauliosa ja sisäiset kanavat. (Metal AM)

Kuvassa 8 on esitetty virtauksen painehäviöt perinteisesti valmistetulle ja AM-tekniikalla valmistetulle kappaleelle. AM-tekniikalla painehäviö on selvästi pienempi kuin perinteisellä menetelmällä valmistetun kappaleen. Lisäksi pinnan laadun todettiin olevan riittävä ilman jälkikäsittelyjäkin osan liittämiseksi putkistoon. 1400 bar testipaineessa kappaleessa ei todettu muodonmuutoksia eikä vuotoja. (Metal AM)



Kuva 8 Painehäviöt perinteinen valmistus vs. 3D.tulostus (Metal AM)

Yhteenveto

Alla on lueteltu tärkeimmät 3D-tulostuksen edut hydraulikomponenteissa. Yhteenveto perustuu kolmeentoista case-esimerkkiin.

Suurimmat edut:

- Kappaleen keventyminen tyypillisesti yli 60 %
- Ei vuotoja
- Optimaalinen virtaus
- Kokoonpanon helpottuminen (ei useita osia)

Edellä esiteltyjen esimerkkien lisäksi muita case-esimerkkejä maailmalta:

- GKN Additive: <https://www.gknpm.com/en/our-businesses/gkn-additive/am-in-action/redesigning-hydraulic-blocks-in-additive-manufacturing/>
- Aidro, useampi case: <https://www.aidro.it/3d-printed-solutions.html>
- Domin Fluid Power Ltd: <https://www.hydraulicspneumatics.com/hydraulic-valves/produce-better-hydraulic-components-metal-3d-printing>
- Penn State CIMP-3D:
- Liebherr-Arrospace:
https://cdn0.scrvt.com/eos/b7f1ec2531a3e139/fb3709f8ddce/CS_M_Aerospace_Liebherr_en_WE_B.pdf
- Lortek&Hine Co: <https://www.amable.eu/cases/hydraulic-block>
- Renishaw: <https://www.renishaw.com/en/hydraulic-block-manifold-redesign-for-additive-manufacturing--38949>
- Bosch Rexroth: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/company/press/index2-32192>
- Mengqi Ma: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1087/4/042056/pdf>

Lähteet

Chekurov, S., Eklund, P., Kujanpää, V., 3D-tulostuksen suunnittelu- ja päätöksenteko-opas yrityksille, Dimecc Results Publications, 1/2017,

http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/122914/diplomityo_hovilehto_mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y

GKN powder metallurgy, <https://www.gknpm.com/en/our-businesses/gkn-additive/am-in-action/redesigning-hydraulic-blocks-in-additive-manufacturing/>

Hovilehto, M., AM-tekniikalla valmistettavan tuotteen suunnittelun karakterisointi, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, diplomityö, 2016:

http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/122914/diplomityo_hovilehto_mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Metal AM, Case study: Hydraulic crossing, <https://www.metal-am.com/introduction-to-metal-additive-manufacturing-and-3d-printing/case-study-hydraulic-crossing/>

Renishaw apply innovation, <https://www.renishaw.com/en/hydraulic-block-manifold-redesign-for-additive-manufacturing--389>

VTT, 3D printing of high-performance, cost-effective, light-weight components, <https://www.vttresearch.com/media/news/3d-printing-of-high-performance-cost-effective-light-weight-components>

VTT ja Nurmi Cylinders Oy, Case Study: Hydraulic valve block redesign for additive manufacturing, https://www.vttresearch.com/Documents/Factory%20of%20the%20future/ValveBlock_VTTInternetVersion.pdf

Within, Case study: Liquid Lattice Demonstrating a Lightweight Load Bearing Engine Block, <http://withinlab.com/case-studies/index7.php>

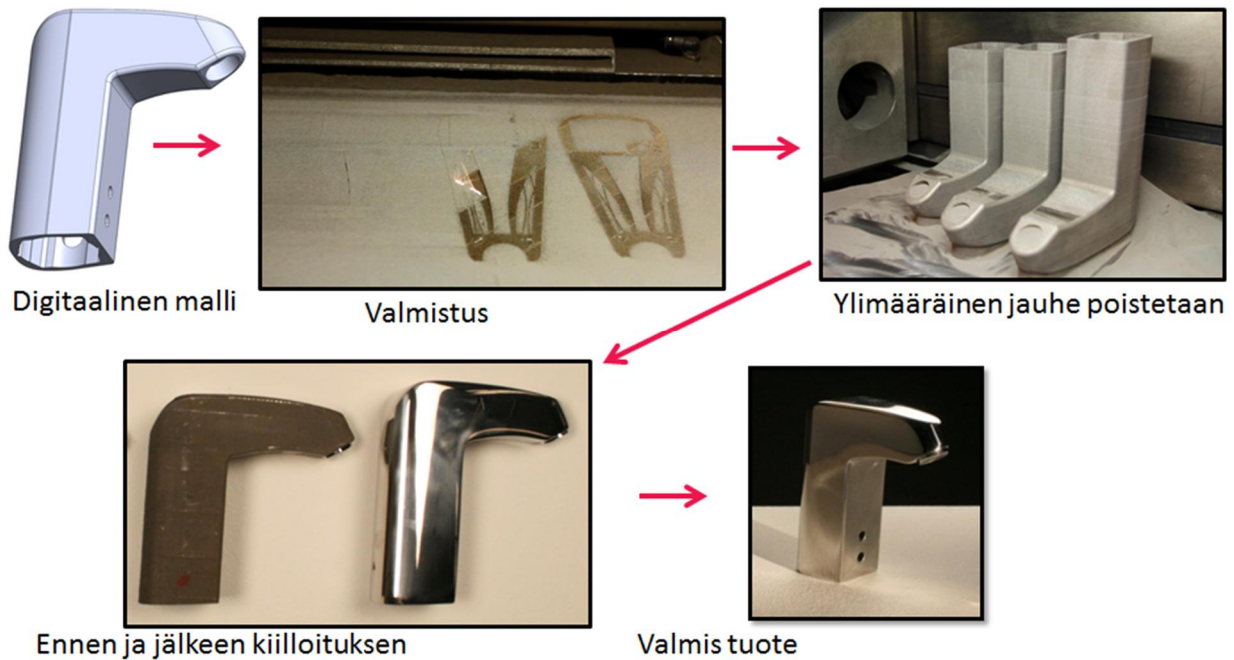
Huomioon otettavat asiat metallien 3D-tulostuksessa

Atte Heiskanen ja Marika Hirvimäki

Metallien 3D-tulostus on suhteellisen monimutkainen prosessi, jossa jokainen vaihe, erityisesti suunnittelu, laitteen valmistelu, rakennus ja jälkikäsittely vaativat aikaa ja asiantuntemusta. (Dongdong 2015). Työn kulku koostuu käytännössä seuraavista vaiheista:

1. Suunnittelu
2. Mallin muutos .STL muotoon
3. .STL tiedoston käsittely
4. Laitteen valmistelu ja osan valmistaminen
5. Jälkikäsittelyt

Alla kuvassa 1 esimerkki hanan valmistuksen eri vaiheista.

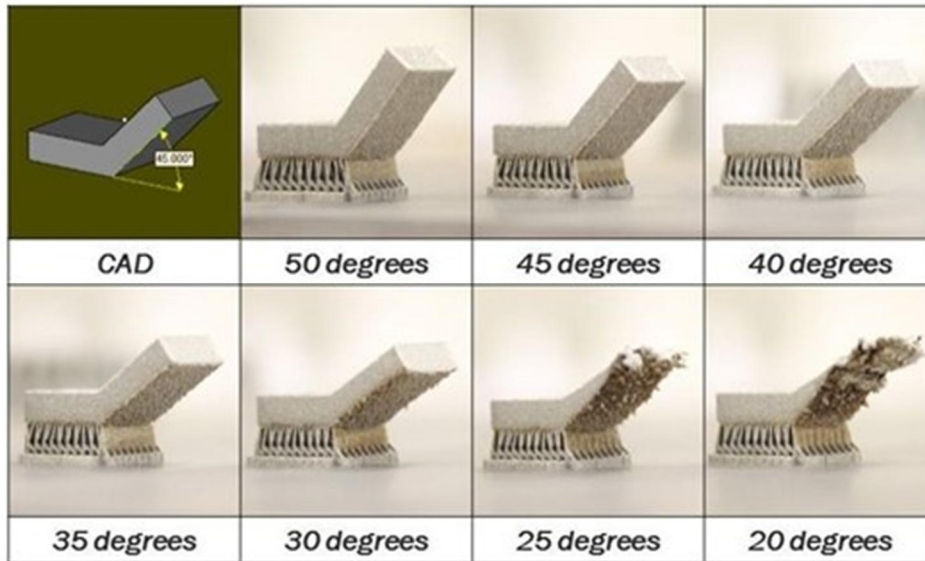


Kuva 1 Hanan valmistuksen vaiheet. Valmistusaika 36 h (Kuva: LUT Laser)

3D-mallinnus

3D-tulostettavan osan suunnittelu voi olla haastavaa ja eniten aikaa vievä osuus koko valmistusketjussa. Osat täytyy suunnitella niin, että ne on mahdollista tulostaa. Tärkeänä osana suunnittelua on ottaa huomioon prosessiin tuotava lämpö, joka voi aiheuttaa mm. lämpöväärityksiä, jotka taas voivat johtaa heikkolaatuisuuteen osaan tai koko tulostuksen keskeytymiseen. Myös tukirakenteiden suunnittelu on juurikin lämmönjohtamisen kannalta oleellista, mutta niiden tehtävä on myös tukea kappaleen rakenteita ja pitää kappale paikallaan. Kappaleen huolellisella suunnittelulla ja tulostusasennolla voidaan vaikuttaa tukirakenteiden määrään huomattavasti. Tukirakenteiden määrä taas vaikuttaa pinnanlaatuun. Lisäksi suunnittelussa täytyy muistaa, että tukirakenteita ei voi laittaa paikkoihin, josta niitä on mahdotonta poistaa, kuten esimerkiksi kappaleen sisällä olevista kanavista. (Rantanen, 2016) Tukirakenteiden ja orientaation lisäksi jo suunnitteluvaiheessa olisi hyvä ottaa huomioon tulostussuunta, joka vaikuttaa pinnan laatuun ja kappaleen mittatarkkuuteen.

3D-tulostuksen kohdalla puhutaan usein suunnittelun vapaudesta, mutta teknologiaan liittyy monia suosituksia jotka vaihtelevat käytetyn laitteen ja materiaalin mukaan. Usein 3D-tulostuksessa puhutaan ns. 45 asteen säännöstä. Koska jauhe ei riitä tukemaan kappaletta alle 45 asteen kulmassa olevat ulokkeet (overhangs) tarvitsevat tukirakenteita ja siksi näitä tulisikin välttää. Mikäli kulma on alle 45 astetta alkaa tukemattoman ulokkeen alapinnalle muodostua karheutta tai pahimmallaan koko kappale saattaa romahtaa (kts kuva 2).




Kuva 2 Kulman vaikutus kappaleen laatuun (Dassault Systemes)












Vaakasuorat reiät joiden halkaisija on yli 6 mm vaativat myös tukirakenteita. Jos halutaan välttää reikien tukirakenteita tulisi näiden isompi kokoisten reikien muoto muuttua esim. pisanan tai ovaalin muotoiseksi. Erityisesti läpireikien kohdalla on syytä huomioida, että reiän tulisi olla halkaisijaltaan yli 2 mm, jotta jauhe saadaan poistettua valmistuksen jälkeen. Alla olevassa taulukossa I on lisää yleisiä ohjeita. Todellisuudessa suosituksen voivat vaihdella huomattavasti eri materiaalien ja laitteiden välillä.

Suunnittelun avuksi on nykyisin tarjolla erilaisia ohjelmistoja. Kappaleen muodon optimointiin käytetään usein ns. topologian optimointiohjelmistoja, joiden avulla materiaalia voidaan lisätä vain sinne missä sitä tarvitaan. Tämä vähentää tarvittavan materiaalin määrään, kappaleen massaa, nopeuttaa tulostusta ja parantaa kappaleen massa/lujuus-suhdetta.

Taulukko I Suunnitteluohjeita 3D-tulostukseen (Brockotter)

DESIGN RULES FOR 3D PRINTING



	Supported Walls	Unsupported Walls	Support & Overhangs	Embossed & Engraved Details	Horizontal Bridges	Holes	Connecting /Moving Parts	Escape Holes	Minimum Features	Pin Diameter	Tolerance
	Walls that are connected to the rest of the print on at least two sides.	Unsupported walls are connected to the rest of the print on less than two sides.	The maximum angle a wall can be printed at without requiring support.	Features on the model that are raised or recessed below the model surface.	The span a technology can print without the need for support.	The minimum diameter a technology can successfully print a hole.	The recommended clearance between two moving or connecting parts.	The minimum diameter of escape holes to allow for the removal of build material.	The recommended minimum size of a feature to ensure it will not fail to print.	The minimum diameter a pin can be printed at.	The expected tolerance (dimensional accuracy) of a specific technology.
											
Fused Deposition Modeling	0.8 mm	0.8 mm	45°	0.6 mm wide & 2 mm high	10 mm	Ø2 mm	0.5 mm		2 mm	3 mm	±0.5% (lower limit ±0.5 mm)
Stereo-lithography	0.5 mm	1 mm	support always required	0.4 mm wide & high		Ø0.5 mm	0.5 mm	4 mm	0.2 mm	0.5 mm	±0.5% (lower limit ±0.15 mm)
Selective Laser Sintering	0.7 mm			1 mm wide & high		Ø1.5 mm	0.3 mm for moving parts & 0.1 mm for connections	5 mm	0.8 mm	0.8 mm	±0.3% (lower limit ±0.3 mm)
Material Jetting	1 mm	1 mm	support always required	0.5 mm wide & high		Ø0.5 mm	0.2 mm		0.5 mm	0.5 mm	±0.1 mm
Binder Jetting	2 mm	3 mm		0.5 mm wide & high		Ø1.5 mm		5 mm	2 mm	2 mm	±0.2 mm for metal & ±0.3 mm for sand
Direct Metal Laser Sintering	0.4 mm	0.5 mm	support always required	0.1 mm wide & high	2 mm	Ø1.5 mm		5 mm	0.6 mm	1 mm	±0.1 mm

Jauhe ja jauheen käsittely

Laitteen valmisteluun kuuluu oleellisena osana jauheen käsittely. Tulostusmateriaalina käytetään erittäin hienojakoista metallijauhetta (15-45 µm), jota voidaan tarvita satoja kiloja. Jauheen käsittely voi olla erittäin työlästä, sillä jauhetta täytyy siivilöidä, sekä siirrellä sisään ja ulos tulostimesta. Hienojakoisessa metallijauheessa on myös turvallisuusriskinsä. Se voi aiheuttaa vahinkoa mm. silmille sekä keuhkoille ja hengityselimille. Jauheen kanssa työskentelevien työntekijöiden tulee aina käyttää asianmukaisia suojarusteita, kuten hanskoja, maskeja ja suojalaseja, jotta he eivät joudu suoraan kosketukseen jauheen kanssa. Lisäksi reaktiiviset materiaalit, kuten alumiini ja titaani, voivat reagoida hapen kanssa ja aiheuttaa vaaratilanteita. Nykyisin uusissa laitteissa saatavilla olevat jauheen käsittelyjärjestelmät kuitenkin helpottavat prosessin jokaista vaihetta. (Bhrate 2017, EOS 2019)

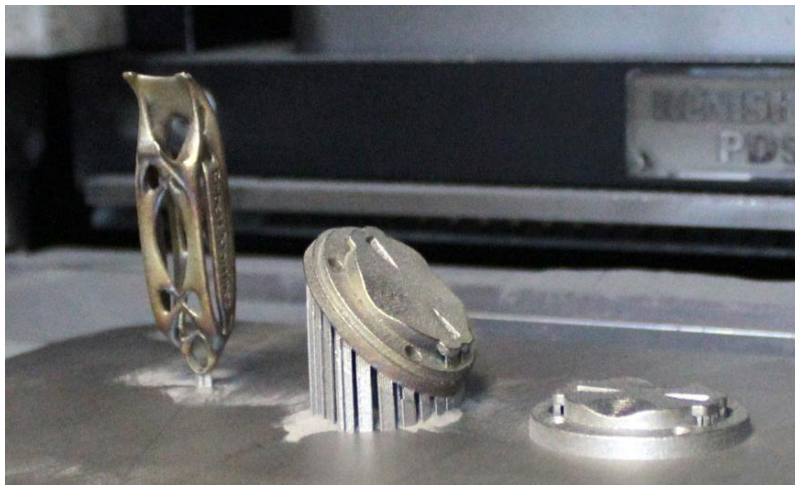
Jauhemateriaalin vaihtaminen ja koneen puhdistaminen on työläs operaatio, joka kestää tunteista päiviin. Siksi laitteita käytetään monesti vain yhdelle ja samalle materiaalille. Vaikka materiaalikirjo on laajentunut, ja laajenee edelleen, materiaalivaihtoehtoja on kuitenkin vähemmän kuin perinteisillä menetelmillä ja jauheen hinta on selvästi kalliimpi kuin kiinteän tavaran. Ruostumaton teräsjauhe maksaa n. 90 e/kg. Materiaalin tarve on kuitenkin vähäisempää kuin perinteisillä menetelmillä sillä materiaalia lisätään vain sinne missä sitä tarvitaan.



Kuva 3 Jauheen käsittelyssä tarvitsee huomioida työturvallisuus (3D Printing Industry 2017)

Parametrit, laitteet ja tulostusnopeus

Tulostusprosessiin liittyy monia parametreja, joiden valinta vaikuttaa tulostuksen nopeuteen ja lopputulokseen oleellisesti. Oikeiden parametrien ja mallin suunnittelu, sekä näillä tulostuksen testaaminen voi viedä paljonkin aikaa. Toisaalta, nykyään on saatavilla tulostuksensimulointiohjelmistoja, joilla malleja ja parametreja voi testata nopeasti.



Kuva 4 3D-tulostettuja kappaleita ja tukirakenteita (Assembly 2018)

Tulostuksessa on myös kokorajoitteita. Jauhepetisulatukseen perustuvilla laitteilla voi tulostaa vain suhteellisen pieniä kappaleita, ja rakennustilavuuden kasvattaminen vaikuttaa huomattavasti laitteen hintaan:

- Pienet laitteet, rakennustilavuus < 10 l (ka. 1.5 l), keskihinta ~200 000€
- Keskikokoiset laitteet, rakennustilavuus >10, < 30 l (ka. 21l), keskihinta ~410 000€
- Suuret laitteet, rakennustilavuus >30 l (ka. 67 l), keskihinta 1 070 000€

Lisäksi laitteen koko rakennustilavuuden hyödyntäminen useita kappaleita tulostaessa, esim. pinoamalla niitä päällekkäin (stacking), on usein haastavaa lämmönjohtumisen takia. Tulostus itsessään vie myös aikaa. Neljän suurimman laitevalmistajan lippulaivamallien tulostusnopeuden on ilmoitettu olevan 100-171 cm³/h.

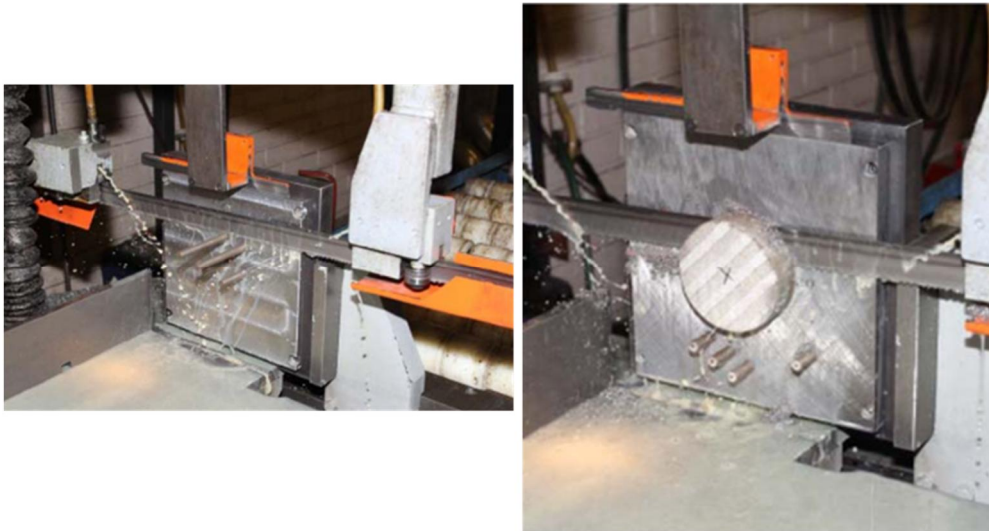
Tämäkin saavutetaan vain useita lasereita käyttäen, ja lasereiden määrän kasvaessa, myös laitteen hinta nousee huomattavasti. (Korpela 2019)



Kuva 5 3D-tulostus kestää lähes poikkeuksetta useita tunteja. (AMFG 2019)

Jälkityöstö

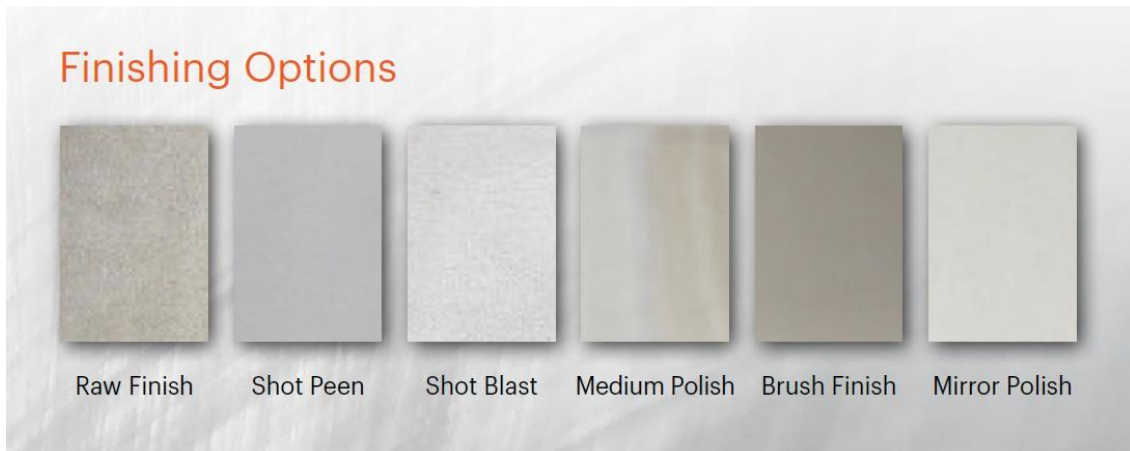
Tulostuksen ja jauheen poistamisen jälkeen osat ovat hitsautuneet tiukasti kiinni rakennusalustaan. Tukirakenteita tarvitaan aina, sillä kappaleen itsensä ei haluta hitsautuvan kiinni alustaan. Lisäksi kappaleen ja rakennusalustan välille tarvitaan yhteys, jotta lämpö johtuu pois kappaleesta. Tukirakenteita tarvitaan usein myös kappaleen tukemiseen, kuten edellä todettiin. Tukirakenteiden poistaminen täytyy usein tehdä manuaalisesti ja voi olla hyvinkin työlästä ja haastavaa sillä materiaali on samaa kuin kappaleessakin eikä tukirakenteita voi pestä tai liottaa pois kuten materiaalin pursotuksessa (FDM).



Kuva 6 Tukirakenteiden irrottaminen.

Tukirakenteiden poistamisen jälkeen, kappaleet tarvitset lähes aina muutakin jälkikäsittelyä. Kappale voi pinnanlaadun (Ra 5-20 μm), huokoisuuden ja jäännösjännitysten takia tarvita esimerkiksi lämpökäsittelyä tai hiekkapuhallusta. (Korpela 2019) Ennen lämpökäsittely irtonainen jauhe pitää poistaa huolella kappaleesta, jotta jauhe ei pääse sulamaan kiinni kappaleeseen. Mitä monimutkaisempi kappale on ja mitä enemmän siinä on esim. pieniä reikiä sitä enemmän puhdistaminen vie aikaa. Reiät ja kierteet pitää usein viimeistellä käyttämällä perinteistä koneistusta tai vaihtoehtoisesti tehdä jälkikäteen perinteisillä menetelmillä.

Jälkikäsittelyn tarve riippuu aina käyttökohteesta, materiaalista ja käytetystä laitteesta. Jälkikäsittelyn tarve tulisi miettiä jo suunnitteluvaiheessa, sillä se lisää helposti kokonaiskustannuksia huomattavasti ja vähentää 3D-tulostuksen etuja.



Kuva 7 Kiillotettuja esimerkkikappaleita (GPI Prototype)

LÄHTEET

AMFG, Metal 3D Printing: Where are We Today? 2/2019, viitattu 2.5.2019, saatavilla: <https://amfg.ai/2019/02/19/metal-3d-printing-where-are-we-today/>

Assembly, Innovations in Metal 3D Printing, 2/2018, viitattu 2.5.2019, saatavilla: <https://www.assemblymag.com/articles/94886-innovations-in-metal-3d-printing>

Bhrate, D. 2017, Installing a metal 3D Printer: Part 3A (Safety risks). Additive manufacturing, blog post, viitattu: 12.03.2019, saatavilla: <https://www.additivemanufacturing.media/blog/post/installing-a-metal-3d-printer-part-3a-safety-risks>

Brockotter, R., 3D Hubs, Key design considerations for 3D printing, viitattu 26.4.2019, saatavilla: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/key-design-considerations-3d-printing>

Dassault Systemes, SolidWorks Blog, viitattu 10.10.2019, saatavilla: <https://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2017/06/introduction-designing-metal-3d-printing.html>

Dongdong, G. 2015. Laser additive manufacturing for high performance materials. Springer.

EOS, 2019, Material Management for Additive Manufacturing with metal Materials, viitattu 12.03.2019, saatavilla: <https://www.eos.info/material-management-metal>

GPI Prototype & Manufacturing Services, DMLS-Direct Metal Laser Sintering, viitattu 10.5.2019, saatavilla: <https://gpiprototype.com/dmls-direct-metal-laser-sintering>

Korpela, M. 2019. Material needs of Finnish metal and mechanical engineering industry from the perspective of additive manufacturing. Diplomityö, LUT.

Rantanen, E. 2016. Ruostumattoman teräksen jauhepetisulatuksen tukirakenteiden parametrien karakterisointi. Kandidaatintyö, LUT

3DPrinting Industry, UL Introduces Additive Manufacturing Safety Certification for Powder Handling, 2017, viitattu 2.5.2019, saatavilla: <https://3dprintingindustry.com/news/ul-introduces-additive-manufacturing-safety-certification-powder-handling-125380/>

KOHTI TULEVAISUUDEN LIKETOIMINTAMALLEJA

3D-tulostuksen arvoketjut

Emmi Maijanen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Marika Hirvimäki, LUT-yliopisto

Johdanto

Artikkelissa "Puukuidun 3D-tulostuksen mahdollisuudet" käsiteltiin 3D-tulostusta puukuitumateriaalin hyödyntämisen ja alan kehittymisen näkökulmasta. Tässä artikkelissa puolestaan keskitytään markkinoiden tilanteeseen tällä hetkellä ja tarkastellaan sitä, millaisia toimijoita ja arvoketjuja 3D-tulostuksen alalta löytyy.

Kuten "Puukuidun 3D-tulostuksen mahdollisuudet" artikkelissa kuvattu, 3D-tulostus on ollut käytössä jo yli 50 vuotta, mutta liikevaihto lähti kuitenkin huimaan nousuun vasta vuoden 2009 jälkeen ja liikevaihto onkin 5.7 kertaistunut seitsemän vuoden aikana. Laitteiden, materiaalin ja palveluiden liikevaihto oli yli \$6 miljardia vuonna 2016, josta laitteiden osuus on noin 50 % ja materiaalin sekä palveluiden osuus toinen puoli. Liikevaihdon arvellaan nousevan yli \$20 miljardiin vuonna 2020. (Wohlers Report 2017)

Eryisesti metallien 3D-tulostuksen uskotaan olevan merkittävässä osassa markkinan kasvua (n. 100 miljardia) (BCG 2017). Metallien tulostusta edistää piensarjatuotantojen ja yksilöllisesti räätälöityjen osien kysynnän kasvu, joka soveltuu erityisesti monimutkaisiin moottorikomponentteihin, joita käytetään ilmailussa ja erilaisiin lääketieteellisiin sovelluksiin (esim. ortopediset implantit) (3DPrint.com). Yhteensä ilmailu ja lääketiede vastaavat 31% titaaniseosten markkinaosuuksista (3DPrint.com).

Kasuvia aloja metallien tulostuksessa ovat hammaslääketieteen sovellukset ja koruteollisuus (3DPrint.com). Kysyntää on myös esimerkiksi vanhoilla tuotantolinjoilla, joissa varaosia ei ole enää saatavilla.

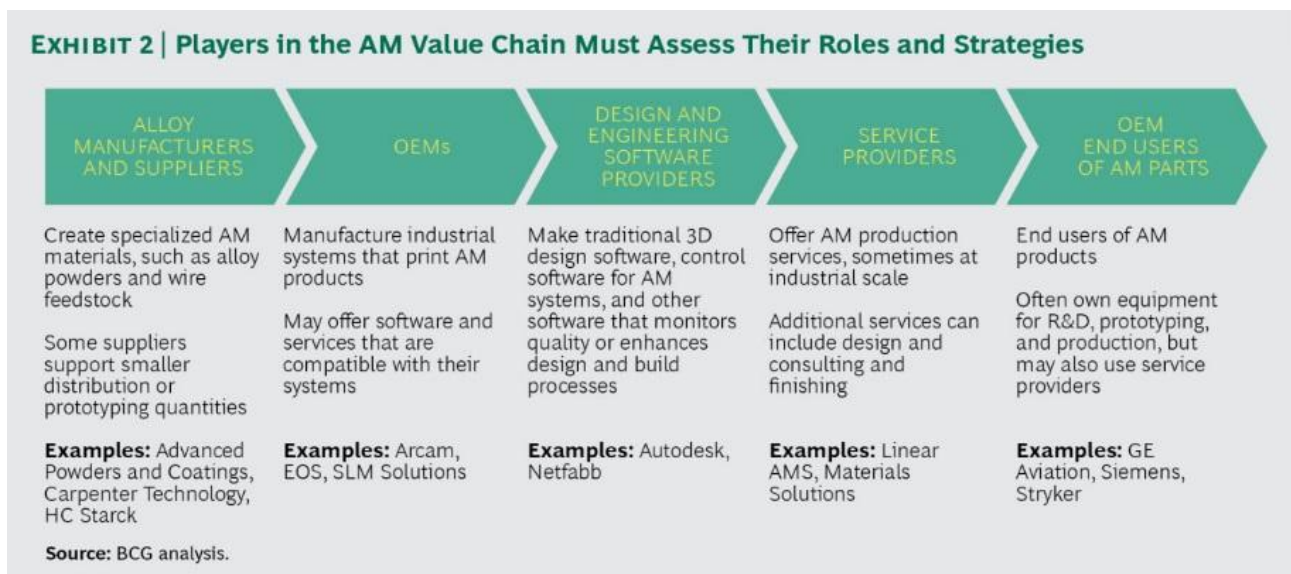
Lisäävä valmistus sopii erityisesti monimutkaisille ja pitkälle räätälöityjen tuotteiden tai hyvin pienien erien valmistukseen, jolloin ei kannata rakentaa suurta kalustoa tuotteiden valmistukseen. (BCG 2017). Lisäävä valmistus vertautuu tässä mielessä siis käsityöhön.

Siitä, kuinka liiketoiminnallinen kasvu käytännössä toteutuu ei ole vakiintuneita arvioita. BCG:n mukaan kasvua syntyy joko siten, että osa yrityksistä tekee tarvitsemansa komponentit tulevaisuudessa itse. Tämä kuitenkin vaatii lisäävän valmistuksen osaamisen hankkimista esimerkiksi yritysostojen kautta. On myös mahdollista, että yritykset päätyvät ulkoistamaan 3D-tulostuspalvelunsa (suunnittelu ja valmistus), jolloin markkina muotoutuu erilaiseksi. (BCG 2017).

Arvoketjun toimijat ja heidän tulevaisuusnäkönsä

Tällä hetkellä ainoastaan metallien ja muovien 3D-tulostukseen liittyy merkittävää liiketoimintaa. Boston Consulting Group on raportissaan tarkastellut metallien 3D-tulostuksen markkinoita ja arvoketjun eri toimijoita (kuva 1). Näitä ovat:

- Materiaalivalmistajat
- 3D-tulostimien laitevalmistajat
- Ohjelmistokehittäjät
- Tulostuspalveluiden tarjoajat
- 3D-tulosteiden loppukäyttäjät (yleensä valmistava teollisuus)



Kuva 1 Lisäävän valmistuksen arvoketju (BCG 2017)

Raportti kuvaa myös sen, mitkä heidän tutkimuksiensa mukaan ovat kunkin toimijan kannalta tärkeimmät trendit toimialalla. Seuraavassa käsitellään näitä kehityskohteita.

Materiaalivalmistajat

Alan alkuvuosina laitevalmistajat suorittivat lähes kaiken kehitystyön sisäisesti. Tähän sisältyi materiaalien kehitys, mekaaninen suunnittelu ja ohjelmistojen kehittäminen. Tuloksena syntyi suljettu malli. Tällainen suljettu malli on edelleen joillakin jo kauan markkinoilla olevilla yrityksillä esim. Stratasys ja 3D-systems. Jotkut yritykset, kuten Farsoon, valmistavat AM-laitteita mutta myös myyvät materiaaliaan muiden laitteiden käyttäjille. Metallien puolella malli on nykyisin avoimempi, koska materiaalin hinta on kriittisempi tekijä ja jos hinta on liian korkea lisäävän valmistuksen käyttö tuotannossa ei ole taloudellisesti mahdollista. Osa materiaalia tuottavista yrityksistä myy tuotteensa suoraan tietyille laitevalmistajalle, joka merkitsee materiaalin omiin nimiinsä ja toimittaa asiakkaalle. Pieni osa toimijoista (ns. kolmannen osapuolen materiaalien tuottajat) myyvät materiaalia suoraan laitteiden käyttäjille. Tämä ryhmä on edelleen pieni mutta määrän on todettu olevan kasvussa erityisesti metallijauheiden osalta. (Wohlers Report 2017)

Lisäävässä valmistuksessa käytettävät materiaalit ovat usein monta kertaa kalliimpia kuin perinteisissä valmistusmenetelmissä käytetyt materiaalit. Esim. tulostuksessa käytettävät termoplastiset polymeerit ja fotopolymeerit maksavat n. \$ 40-50/kg, kun taas ruiskupuristuksessa käytettävät materiaalit maksavat n. \$ 2-3/kg. Tutkimukset ovat osoittaneet, että materiaalin hinta on 10-100 kertaa kalliimpaa, kun kyseessä on lisäävässä valmistuksessa käytettävä materiaali. Yksi suurin syy hintaeroon on edelleen AM-tekniikan suhteellisen pieni kysyntä verrattuna perinteisiin menetelmiin kuten ruiskupuristukseen. Tutkimusten mukaan 1 kg AM-polymeeria kohden myydään 100 000 kg perinteisiin menetelmiin. Toinen merkittävä syy hintaeroon johtuu puhtaasti AM-materiaalien suuremmasta katteesta. Laitteiden valmistajat usein pakottavat asiakkaansa käyttämään omia materiaalejaan käyttämällä takuulausekkeita ja erilaisia ohjelmistojen lukituksia jotka estävät "luvattomien" materiaalien käytön. Toiset ovat kehittäneet ja ylläpitäneet patentteja, jotta vain heidän materiaaliaan käytettäisiin. Materiaalit ovat luonnollisesti toimijoille yksi suuri toistuva tulonlähde. Toki joidenkin AM-materiaalien (esim. metallijauhe) valmistuskustannukset ovat todella suuria mikä myös selittää korkeaa hintaa. (Wohlers Report 2018)

Materiaaleista metalliseoksien kysyntä on tällä hetkellä suurimmassa kasvussa. Kolmannen osapuolen materiaalin tuottajien on tärkeää tehdä läheistä yhteistyötä laitevalmistajien kanssa laitteiden kehityksen alkuvaiheessa, jolloin laitteiden suunnittelussa on mahdollista huomioida eri materiaalien vaatimukset. Mikäli materiaali ei sovellu laitteelle, sitä ei voida käyttää, jolloin materiaalinvalmistajalla ei ole markkinoita omalle tuotteelleen. Muutosten tekeminen laitteisiin jälkikäteen on hankalaa ja kallista. (BCG 2017)

Tällä hetkellä monet metalliseokset eivät ole optimoituja erityisesti huipputulostimiin, joten "perustavaran" tuottajalla riskinä on tuotteesta saatavan hinnan laskeminen tuotteen muuttuessa ns. yleishyödykkeeksi.

Tällaisessa tilanteessa kilpailu on tiukkaa ja hinta on määräävä tekijä, joka ei esimerkiksi suomalaisille yrityksille ole mahdollinen kilpailuetu. (BCG 2017)

Materiaalinvalmistajien pitäisikin panostaa tuotekehitykseen, jotta materiaalin tuottaminen olisi edullista ja toisaalta paremmin tulostukseen soveltuva. (BCG 2017) Yhteistyötä tehdään eri toimijoiden kanssa tällä hetkellä pääosin standardoinnin osalta, mutta yhteistyön lisääminen esimerkiksi tulostuspalveluita tarjoavien toimijoiden, eli materiaalinvalmistajien asiakkaiden kanssa voisi edesauttaa tuotekehitystä.

Yksi tunnetuimpia yrityksiä joka kehittää ja valmistaa itse oman materiaalinsa on maailmanlaajuisesti toimiva EOS, jolla on myös materiaalikehitystä ja muita AM-palveluja Suomessa (EOS Finland Oy). EOS:n lisäksi myös monet muut isot AM-yritykset, kuten 3D Systems, Stratasys ja SLMS solutions tekevät itse oman materiaalikehityksensä ja sen valmistuksen. Esimerkkejä yrityksistä jotka tuottavat ja myyvät AM-materiaalia laitteiden käyttäjille on BASF, Allied Photopolymers, Höganess AB ja Sandvik Materials Technology. Yhteensä materiaalia tuottavia ja myyviä yrityksiä on Wohlersin raportin mukaan 65.

Laitevalmistajat

Wohlers Report 2017 selvityksen mukaan vuonna 2016 maailmalla oli 97 teollisten AM-laitteiden valmistajaa ja kehittäjää (laitteiden hinta yli \$5000). Näistä 97 laitevalmistajasta 19 yritystä on myynyt yli 100 laitetta. Moni toimijoista kehittää pelkästään uutta tekniikkaa, eikä laitteita ole vielä kaupallisesti saatavilla. Tavoitteena on usein kehittää variaatioita jo olemassa olevista prosesseista ja vain muutamaa uutta kehitteillä olevaa prosessia ei ole vielä nähty markkinoilla.

Suomessa toimii tällä hetkellä kaksi laitevalmistajaa: Prenta Oy ja miniFactory Oy. Kumpikin suomalainen laitevalmistaja käyttää materiaalina muovifilamenttia ja prosessina materiaalin pursotusta. Suomessa on myös pikavalmistusyhdistys, Firpa, joka on perustettu vuonna 1998 edistämään 3D-tulostuksen tunnettavuutta Suomessa sekä parantamaan toimijoiden välistä verkostoa. Kaikki Suomessa olevat AM-laitteet materiaaleineen on listattuna Firpan sivuilla osoitteessa: http://www.firpa.fi/AM_lista_viimeisin.pdf. Maailmalla suuria tunnettuja laitevalmistajia ovat mm. Renishaw, HP, SLM Solutions, EOS, Lithoz, Stratasys, Voxeljet ja 3D Systems.

Laitekehityksessä suuntauksena tällä hetkellä on laitteet, joilla voidaan valmistaa entistä isompia kappaleita ja joiden käyttäminen on aikaisempaa helpompaa. Toisaalta tavoitteena on myös saada vielä pienempiä ja tarkempia kappaleita valmistettua AM-tekniikalla. Prosessin nopeuttaminen on yksi tärkeimpiä kehityskohteita, koska tämä vaikuttaa suoraan yksittäisen kappaleen hintaa ja tekee tulostamisesta näin

olleen taloudellisesti kilpailukykyisempää. Laitteiden hinnat ovat nykyisin vielä korkeita, johtuen osittain kalliista komponenteista mutta suurin syy on pienet myyntivolumit. Jatkuvasti kiihtynyt kilpailu laitevalmistajien kesken on kuitenkin kääntänyt laitehintoja alaspäin. (Wohlers Report 2017)

Laitevalmistajilla on tällä hetkellä suurin osaamispääoma markkinoilla 3D-tulostuksen suhteen. Kilpailu kuitenkin kovenee myös laitevalmistajien keskuudessa ja heidän olisikin hyvä erikoistua johonkin, esimerkiksi tiettyihin materiaaleihin. (BCG 2017). Tämä kehityskulku voi tukea myös puukuidun tulostamisen mahdollistumista, mikäli joku laitevalmistaja siihen haluaa erikoistua tulevaisuudessa. Laitevalmistajien tulee työskennellä tiiviissä yhteistyössä materiaalitoimittajien lisäksi palveluntarjoajien ja loppukäyttäjien kanssa (yhteiskehittäminen asiakkaiden kanssa).

Ohjelmistokehittäjät

Tulostimien ohjelmistojen kehittyminen on helpottanut laitteiden käyttöä ja toiminallisuutta. Näistä yhtenä esimerkkinä on Ultimakerin Cura, jolle Slic3r tarjoaa ilmaisen ja avoimen vaihtoehdon. Simplify3D on tuonut markkinoille ohjelmistoja, joilla 3D-malli voidaan viipaloida ja Autodesk tarjoaa CAD-tuotteita ilmaiseksi mm. opettajille ja opiskelijoille maksullisten tuotteidensa lisäksi. Muutama ohjelmistoyritys keskittyy tiedostojen korjaamiseen ja näistä esimerkkinä voidaan mainita laajasti käytetty Autodesk Netfabb. Netfabb on maksullinen, mutta sille on olemassa ei-kaupallinen ja avoin vaihtoehto Meshlab.lta. Lisäksi on olemassa monia muitakin ohjelmistovalmistajia ja ohjelmistoja, joista yhtenä esimerkkinä voidaan mainita Autodesk Within, jolla kappaleisiin saadaan kevennettyä rakenteita. Suomessa ohjelmistokehitystä tekee yksi yritys, Deskartes, joka on toiminut aktiivisesti 90-luvun alusta lähtien.

Ohjelmistoja kehitetään suhteessa johonkin laitteeseen ja materiaaliin, joten ohjelmistokehittäjien on tärkeää tehdä yhteistyötä laitevalmistajien kanssa (BCG 2017). Esimerkiksi puun 3D-tulostamiseen liittyy omat erikoispiirteensä, jotka tulee huomioida myös ohjelmistotasolla. Ohjelmistojen avulla voidaan mm. vaikuttaa paljon lopputuotteen laatuun ja ohjelmistojen onkin mainittu olevan tässä avainasemassa. (Pulp&Paper seminaari 2018)

Toisaalta haastatteluissamme alan toimijat pitivät 3D-tulostukseen liittyviä ohjelmistoja yhtenä helpoimmin muokattavissa ja sovellettavissa olevista kohteista, eivätkä he nähneet ohjelmistoja puukuidun 3D-tulostamisen esteenä. Yleisesti voidaan sanoa, että ohjelmistot taipuvat hyvin eri materiaaleille. Enimmäkseen ohjelmistokehittäjät tekevät yhteistyötä laitevalmistajien ja ohjelmistojen käyttäjien, eli esimerkiksi tulostuspalveluiden tarjoajien tai loppukäyttäjien kanssa. Koska markkinoilla on jo olemassa

paljon ilmaistuotteita, ohjelmistovalmistajien täytyy keskittyä erityisesti erikoisratkaisujen tuottamiseen pysyäkseen kilpailussa mukana.

Tulostuspalveluiden tarjoajat

Palveluiden tarjoajia ovat niin kutsutut "3D-tulostusfirmat", kuten esimerkiksi suomalainen Materflow ja Hollannissa perustettu ja New Yorkissa toimiva Shapeways. Näiltä toimijoilta yritykset ja yksityiset asiakkaat voivat siis hankkia 3D-tulostettua kappaleita, mutta ainakin tällä hetkellä näiltä toimijoilta toivotaan pelkän laitteen käyttämisen lisäksi suunnittelua ja konsultointia (BCG 2017). Kysyntää on myös "avaimet käteen" – palveluita tulostettujen osien suhteen (BCG 2017). Tulostuspalveluiden tarjoajan asema voi olla vaikea ylläpitää ja hallita, koska toimijalta odotetaan samanaikaisesti johtajuutta sekä osaamisessa, että kustannustehokkuudessa. Tälle toimijakunnalle Boston Consulting Group povaa erilaisia yritysostoja ja yhdistymisiä lähitulevaisuudessa (BCG 2017).

Toisaalta tulostuspalveluiden osuus on kasvanut paljon ja esimerkiksi Materflow'n osalta markkina on muuttunut. Aiemmin tilattiin enemmän tulosteita tuotekehityksen tueksi prototyyppihin, mutta nykyisin n. 80% menee lopputuotantoon. Tämä kehityssuunta tarjoaa tulostuspalveluita tarjoaville toimijoille tarvittavaa kasvua, sillä lopputuotannon osalta markkinan potentiaalinen koko on aivan eri suuruusluokkaa kuin esimerkiksi prototyyppien ja esittelykappaleiden osalta.

Tällä hetkellä tulostustoimijat pyrkivät saamaan laitekapasiteetistaan yhä enemmän irti esimerkiksi laitekokoa ja määrää kasvattamalla ja suuntana on massavalmistus uniikkien tuotteiden sijaan.

Loppukäyttäjät

Viimeisin toimija arvoketjussa ovat loppukäyttäjät. Loppukäyttäjillä on suurin taloudellinen hyötymispotentiaali. Tämä voi toteutua, mikäli he pystyvät kehittämään uusia 3D-tulosteita sisältäviä tuotteita ja säästämään näin valmistuskustannuksissa. Toisaalta loppukäyttäjillä on myös tällä hetkellä suurin riski siitä, miten he onnistuvat ajoittamaan 3D-tulostuksen hyödyntämisen. Heillä on myös suurin valta valita mihin suuntaan he lähtevät toimintaansa kehittämään, eli kuinka paljon uskovat 3D-tulostuksen hyötyihin ja millä aikavälillä. (BCG 2017).

Tällä hetkellä suurimpia hyödyntäjiä ovat esimerkiksi elektroniikkavalmistajat kuten Electrolux, joka tulostaa varaosansa. Tällä he säästävät tuotteiden kuljetuskustannuksissa ja tämä mahdollistaa heille tuotteiden

nopean päivityksen, koska pienemmät tuotantosarjat eivät ole enää niin suuri ongelma. Kuten jo aiemmin mainittua, myös erikoisia ja yksilöllisiä kappaleita tarvitsevat lääketieteen ja ilmailun sovellukset ovat suurimpia hyötyjiä.

Mikä liiketoimintamalli tuottoisin?

Vaikka metallien 3D-tulostus on pisimmälle viety tekniikka 3D-tulostuksen saralla, sillekään ei ole vielä syntynyt selkeää voittavaa liiketoimintamallia. On mahdollista, että raaka-aineet, tulostuslaitteet ja sopimustulostaminen voi muuttua ajansaatossa ns. yleishyödykkeiksi, jolloin kilpailu on tiukkaa ja määräävä tekijä on hinta. (BCG) Tällöin suurin liiketoimintapotentiaali on 3D-tulosteiden hyödyntämisessä.

Materiaalivalmistajien osa on hankala. Tällä hetkellä esimerkiksi metallitulosteissa lopputuotteen hinnasta materiaalin osuus n. 5%, jolloin volyymin tulee olla todella suuri, jotta liiketoiminnasta tulee kannattavaa. Tämä voi olla yksi syy siihen, että osa toimijoista valmistaa tai valmistuttaa itse oman materiaalin (esimerkiksi EOS).

Tällä hetkellä avainasemassa metallien 3D-tulostuksessa ovat laitevalmistajat. Heillä on eniten vuorovaikutusta ja osaamista verkostossa. Kehittymisen suuntaa määräävät kuitenkin ensisijaisesti tulosteita viime kädessä tuotteissaan hyödyntävät tahot. Tulevaisuudessa suurimmat hyötyjät saattavat olla ne kenellä on suurin osaamis pääoma ja joiden toiminta perustuu aineettomaan arvонуontiin (esim. suunnittelijat) ja toisaalta ne keille 3D-tulostus mahdollistaa merkittävät kustannussäästöt (osien valmistajat).

Lähtökohtaisesti silloin kun tuotannon koko on pieni ja tulostamalla voidaan välttyä tuotteen valmistusta varten tarvittavan työkalun valmistukselta, 3D-tulostus nousee kannattavaksi vaihtoehdoksi toteuttaa työ. Kaikkein hyödyllisintä 3D-tulostaminen on markkinoilla, joilla on kysyntää räätälöinnille, joustavuudelle, monimutkaiselle suunnittelulle tai jolla on korkeat lopputuotteiden kuljetuskustannukset (Weller, Kleer & Piller, 2015). Onnistumisen kannalta on oleellista myös se, että lopputuotteiden suunnittelijat pystyvät luomaan asiakkaan tarpeet yksilöllisiä ja monimutkaisia tuotteita (Weller, Kleer & Piller, 2015).

Kustannussäästöjä voi syntyä tuotannon tehokkuuden lisäksi mm. kuljetuskustannuksissa ja siitä, että suurempi tuotevalikoima voidaan toteuttaa edullisemmin. Onkin todennäköistä, että toiminta näiden ääripäiden (hyvin yksilöllinen – suuret tuotannot) välillä pysyy perinteisten valmistusteknologioiden piirissä. On kuitenkin mahdollista, että tulevaisuudessa edullisen työvoiman maissa valmistamisesta nykyisin saatavat hyödyt pienenevät. Tätä aiheuttavat esimerkiksi koventuvat vaatimukset nopeudesta ja sanktiot

myöhästymisestä sovituisista toimitusajoista. Toisaalta lisääntyvät hyödyt toisenlaisesta tuotantotavasta muuttuvat merkittävimmiksi, esimerkiksi tuotevalikoiman kasvattaminen ei enää aiheuta samanlaisia kustannuksia. (Weller, Kleer & Piller, 2015). Toimittiinpa missä tahansa roolissa 3D-tulostusalalla, yhteistyö arvoketjun eri toimijoiden välillä hyödyttää kaikkia ja vie kehittyvää alaa eteenpäin.

Lähteet

Boston Consulting Group (BCG), "How to Position Your Company in the 3D-Printing Value Chain". May 9 2017. <https://www.bcg.com/publications/2017/steel-metals-mining-how-to-position-company-3D-printing-value-chain.aspx> . Viitattu 20.4.2018.

Christian Weller; Robin Kleer and Frank T. Piller, (2015), [Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited](#), *International Journal of Production Economics*, 164, (C), 43-56

Piller, Frank & Weller, Christian & Kleer, Robin. (2015). Business Models with Additive Manufacturing— Opportunities and Challenges from the Perspective of Economics and Management. 39-48. 10.1007/978-3-319-12304-2_4.

Pulp & Paper, 2018. Seminaari, Helsinki. 29.5.2018.

Wohlers Report 2017, 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, Annual Worldwide Progress Report, Wohlers Associates, Colorado, USA, 2017

Wohlers, T. and Gornet T., Wohlers Report 2017, History of Additive Manufacturing, <http://www.wohlersassociates.com/history2017.pdf>, viitattu 1.10.2017, salasana: wohlers

Julkisten älyhuonekalujen trendejä ja liiketoimintamalleja

Marika Hirvimäki, LUT-yliopisto

Heidi Myyryläinen, Saimaan amk

Teollinen valmistaja yritys on perustanut spin-off yrityksen. Uusi yritys kehittää uutta tuotettaan julkisten älyhuonekalujen markkinoille. Kartoitamme trendejä, esimerkkejä maailmalta ja valittujen esimerkkityötapojen liiketoimintamalleja.

Älykkäitä huonekaluja tai rakenteita ideoidessa voi kiinnittää huomiota tulevaisuuden teknologiatrendeihin. Näiden arvellaan muuttavan radikaalisti maailmaa 5-10 vuoden sisällä tuoden mukanaan verkoston, jossa yhdistyy vahvasti käyttäjät, esineet ja palvelut. Esineet ovat vuoropuhelussa käyttäjän kanssa, mutta myös toisten esineiden kanssa, jotka muodostavat esineiden parven keräten tietoa ympäristöstä. Käyttäjille esineet antavat luonnollisen kokemuksen digitaalisessa ympäristössä.

Ideoidessa on hyvä kiinnittää huomiota myös megatrendeihin, jotka auttavat hahmottamaan kokonaisuuksia ja tulevaisuuden näkymiä. Megatrendit kuvaavat pitkäkestoisia ja hitaasti muuttuvia toisiinsa sidoksissa olevia ilmiöitä. Megatrendejä on olemassa kymmenittäin, mutta tässä raportissa on poimittu vain oleelliset aiheen kannalta. Megatrendit ovat luonnollisesti osittain samoja teknologiatrendien kanssa.

Teknologiatrendit

Gartner julkaisee vuosittain analyyskejä, jotka ovat kattavia ja monitasoisia. Nämä analyysit auttavat yrityksiä mukauttamaan liiketoimintamallejaan tulevaisuutta varten. Gartnerin uusi käsite on "the intelligent digital mesh", mikä tarkoittaa verkostoa jossa yhdistyy käyttäjät, esineet ja palvelut. Arvion mukaan vuorovaikutuksemme teknologian kanssa tulee muuttumaan radikaalisti seuraavan 5-10 vuoden aikana. Vuorovaikutusalustat sekä lisätty todellisuus tuottavat luonnollisempaa vuorovaikutusta digitaalisen maailman kanssa. (Stein Opsal)

Trendit voidaan jakaa kolmeen teemaan, jotka täydentävät toisiaan:

1. The intelligent theme tutkii sitä miten tekoäly tulee osaksi kaikkia teknologioita.
2. The digital theme keskittyy fyysisen ja digitaalisen maailman väliseen yhteyteen ja pyrkii luomaan luonnollisia ja kokonaisvaltaisia sekä digitaalisesti vahvistettuja kokemuksia
3. The mesh theme liittyy ihmisten, yritysten, esineiden ja palvelujen välisen yhteyden hyödyntämiseen.

Gartnerin analyysin mukaan vuonna 2022 näihin trendeihin liittyvät teknologiat ovat jo vakiintuneita. Liiketoiminnassa kannattaa kiinnittää huomiota teknologiatrendeihin, joilla voi vahvistaa tuotteita.

Alla trendit vuodelle 2018 (Stein Opsal):

1. Tekoälyn alusta. Luodaan järjestelmiä, jotka oppivat ja sopeutuvat. Kriittisiä tekijöitä on käyttää tekoälyä parempien päätösten tekemiseen ja liiketoiminnan uudistamiseen sekä ekosysteemin luomiseen.
2. Älykkäämmät sovellukset ja analyysit. Nämä muuttavat työskentelytapaamme ja itse työpaikan rakennetta. Tulevaisuudessa lähes kaikki sovellukset ja palvelut tulevat hyödyntämään tekoälyä. Tällä hetkellä on jo olemassa tällaisia sovelluksia, kuten virtuaaliset asiakasavustajat.
3. Älykkäät esineet. Älykkäät esineet hyödyntävät tekoälyä tuottaakseen kehittyneitä toimintoja ja toimiakseen luonnollisessa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Tulevaisuudessa siirrytään erillisistä laitteista yhdessä toimivien laitteiden parviin, jossa laitteet toimivat yhdessä ihmisestä riippumattomasti. Yhtenä jo olemassa olevana esimerkkinä on älytalot.
4. Digitaaliset kaksoset. Digitaalinen kaksonen on kohde tai malli, joka kuvastaa yksilöllistä fyysistä kohdetta. Digitaalisen kaksosen erottaa esim. CAD suunnittelusta, kaksosten yhteys todelliseen maailmaan reaaliaikaisesti
5. Cloud the edge. Reunalaskenta eli edge computing tarkoittaa tietojenkäsittelytopologiaa, jossa informaation prosessointi, tiedonkeruu ja toteutus sijoitetaan lähemmäs lähteitä. Pilvilaskenta eli cloud computing on tietojenkäsittelyä, jossa elastinen skaalattava teknologia toimitetaan internet-pohjaisena palveluna.
6. Dialog Platform eli vuoropuhelualustat. Siirrytään käyttäjistä jotka ymmärtävät teknologiaa teknologiaan joka ymmärtää käyttäjää. Puheen ja kirjoitetun kielen lisäksi teknologia ymmärtää näkö-, haju-, maku- ja tuntoaistia. Tämän lisäksi voidaan analysoida kasvonilmeitä ja terveyden tilaa.
7. Kokonaisvaltaiset ja vangitsevat kokemukset. Vuoropuhelualustat muuttavat tapaa, jolla ihmiset toimivat vuorovaikutuksessa digitaalisen maailman kanssa. Virtuaalinen todellisuus, lisätty todellisuus ja yhdistetty todellisuus taas vaikuttavat ihmisten kokemaan digitaaliseen maailman. Näiden yhdistetty muutos johtaa kokonaisvaltaisempaan käyttökokemukseen.
8. Blockchain eli lohkoketju. Lohkoketjuteknologia muuttaa tavan jolla muodostetaan luottamussuhteita esim. tapa millä käsittelemme sopimuksia. Lohkoketjun tarkoitus on turvata luottamus erilaisissa ympäristöissä. Näin muodostuu uudenlainen luottamustila, joka korvaa auktoriteetit. Tunnettu esimerkki lohkoketjuteknologian hyödyntämisestä on virtuaalivaluutta bitcoin.
9. Tapahtumalähtöinen malli. Malli hyödyntää prosessin eri vaiheita ja liikkeitä, esim. toteutettaessa ostotilausta alusta reagoi muuttuviin käyttökonteksteihin ja integroi järjestelmän erilaisten elementtien toimintoja.
10. Jatkuva sopeutuminen riskiin ja luottamukseen. Digitaalinen liiketoiminta edellyttää kehittyneempää käytettävyyden suojausta, kun järjestelmät ja tiedot avataan digitaaliseen verkkoon.

Kehittyneiden ja kohdennettujen hyökkäysten vuoksi yritysten on huolehdittava jatkuvasta sopeutumisesta riskeihin ja luottamusarviointeihin.

Megatrendit

Sitra tutkii vuosittain megatrendejä. Listassa on 10 aiheen kannalta tärkeintä trendiä (Sitra)

1. Verkoston joukkovoima ja sosiaalinen pääoma. Tuo mukanaan yhteisöllisyyden ja verkostoitumisen.
2. Eliniät pitenevät ja väestö vanhenee. Toimintakyvyn merkitys tule ikää merkittävämmäksi tekijäksi.
3. Kaupungistuminen jatkuu. Arvion mukaan vuonna 2050 n. 70 % maailman väestöstä asuu kaupungeissa. Tärkeää on vaikuttaa ja ymmärtää millaisiksi kaupungit muodostuvat (slummit vs. älykkäät ja rikkaat kaupungit)
4. Terveys ja hyvinvointi korostuu. Ihmisillä on käytössä parempia hoitoja, mutta samalla eriarvoisuus kasvaa.
5. Ymmärrys maapallon kantokyvystä ja ympäristönäkökulmista kasvaa. Ajatus yhdestä yhteisestä maapallosta kasvaa. Lisäksi ekologisuus yhdistettynä teknologiaan synnyttää uusia fiksuja ja kilpailukykyisiä tuotteita. Huoli luonnonresurssien riittävyydestä ja ilmastomuutoksesta muodostaa uusia haasteita. Kiertotalouden merkitys kasvaa.
6. Luovuus synnyttää työtä ja hyvinvointia. Ihmiset etsivät merkityksellisyyttä elämäänsä (taide, elämykset, tunteet)
7. Teknologia lisääntyy ja jakaa väestöä. Eri ikäryhmät käyttävät teknologiaa toisistaan poikkeavalla tavalla. Pikkuhiljaa teknologian ymmärtämisestä tulee kansalaistaito. On selvää, että digitalisaation merkitys tulee kasvamaan, tekoälyn käyttö laajenee ja robotiikka lisääntyy ja sitä kautta työn rakenne ja tehtävät muuttuvat.
8. Hyperkonnektiivisuus syvenee. Verkkopohjaisten palveluiden käyttö lisääntyy ja kaiken kattava yhteys syvenee. Toisaalta tälle voi olla tulossa myös vastatrendi, jossa ihmiset sanoutuvat irti verkosta.
9. Vertais- ja jakamistalous yleistyvät. Teknologia mahdollistaa erilaisten asioiden tuottamisen, kuluttamisen ja jakamisen helposti.
10. Lohkoketjut mahdollistavat hajautetun toiminnan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä ettei kolmatta osapuolta enää tarvita varmistamaan maksutapahtumia, tiedon paikkaansa pitävyyttä ja yleisesti vuorovaikutuksen luotettavuutta.

Älykkäät huonekalut: esimerkkejä tuotteista ja niiden liiketoimintamalleista

Nostamme esimerkkejä älykkäistä huonekaluista ja tiloista ja analysoimme päälinjoja niiden liiketoimintamalleista. Kirjallisuudessa on useita erilaisia määritelmiä ja viitekehyksiä liiketoimintamalliin. Liiketoimintaa harjoittavalla yrityksellä on aina liiketoimintamalli, eli tapa miten he toimivat. (Chesborough 2006) Liiketoimintamalli kuvaa perusteet, miten organisaatio luo, välittää ja taltioi arvoa. (Osterwalder & Pigneur 2010) Tässä tarkastelussa keskitymme erityisesti tarkastelemaan itse tuotetta ja millaista arvolutausta tuote välittää ja keitä sen asiakas- ja käyttäjäryhmiin kuuluu. Tarkasteluun on otettu mukaan vain julkisia huonekaluja, joissa on teknologian tuomaa älykkyyttä. Funktionaaliset huonekalut ilman digitaalisuutta ja pienet koriste-esineet sekä tuotteet jotka sisältävät vain mm. latausominaisuuden on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Muuttuvat älykkäät työtilat

Steelcase valmistaa julkisten tilojen toimistokalusteita (kuva 1). Pääsegmenttinä on terveys- ja koulutusorganisaatiot. Kalusteet soveltuvat auloihin, odotustiloihin ja toimistoihin. Tilaratkaisut pyritään järjestämään niin, että ne tukevat erilaisia toimintoja, kuten keskusteluja, tiedon jakamista, työn tekemistä ja lepoa. Käyttäjiä ovat terveys- ja koulutusorganisaatioiden asiakkaat ja ostavana asiakkaana puolestaan usein nämä organisaatiot tai niihin liittyvät järjestöt ja yhtiöt. Steelcase find-sovelluksen avulla työntekijä voi etsiä itselleen parhaimman tilan sen hetkiseen tarpeeseen ja varata tilan käyttöönsä. Steel Rise-sovellus taas kannustaa liikkumaan ja muuttamaan asentoa päivän aikana (Steelcase). Steelcasen kumppaneita ovat Blu Dot, Moooi, Bolia, nanimarquina, Carl Hansen & Son, Sagegreenlife, EMU, SnapCab, Extremis, Uhuru, FLOS, Viccarbe, Microsoft, West Elm. Mitchell Gold+ ja Bob Williams.



Kuva 1

Steelcase älykäs työtilaratkaisu (Steelcase)

Martela on yhteistyössä PwC:n kanssa kehittänyt vastaavanlaisen konseptin. Tullessaan työpaikalle työntekijä voi valita vapaana olevan työpisteen sovelluksen avulla. Mikäli hän haluaa työskennellä tietyn henkilön kanssa, voi sovelluksen avulla valita vierekkäiset pöydät. Sovellus myös muistaa omat asetukset ja nostaa pöydän korkeuden halutuksi ja ohjelma myös muistuttaa, kun on aika vaihtaa asentoa (Martela).

Ergonomisia tuoleja, jotka muistuttavat oikeanlaisesta asennosta on monella valmistajalla. Näistä yhtenä esimerkkinä voi mainita Axia Smart Chairin, joka antaa palautetta sovelluksen avulla istumakäyttäytymisestä ja –asennosta. Myös korkeutta säädettäviä sähköpöytiä on käytössä jo monessa tilassa (bma Ergonomics). Usein näissä ostajana ovat organisaatiot, ja arvo heille on työntekijöiden hyvinvointiin, arvostukseen ja maineeseen liittyvät tekijät.

Älylattia

- Älykkäitä lattiaratkaisuja on kehitetty luomaan turvaa, viihdyttämään ihmisiä ja seuraamaan asiakaskäyttäytymistä. Esimerkiksi saksalainen yhtiö Future Shape on kehittänyt älykkään lattian SensFloor®in, joka lähettää hälytyssignaalin, mikäli henkilö kaatuu lattialle. Tämä ominaisuus tuo turvaa kaatuvalle esimerkiksi vanhukselle viestittämällä hoitohenkilöstölle ongelmasta. Keskivertoasuntoon älylattian hinta on 27 000 \$. Samanlainen tuote on MariCaren Elsi-älylattia. Älylattiat ovat verrattavissa kosketusnäyttöihin ja ne antavat tietoa liikkeestä, paikasta ja kehon asemasta suhteessa liikkeeseen. Elsi-älylattia sisältää erilaisia ajustus- ja hälytysominaisuuksia ja tiedonkeruu-ominaisuuksia. Asiakassegmenttinä on molemmissa tapauksissa hoiva- ja palvelukodit, sairaalat, kuntoutuskeskukset mutta myös kuluttajamarkkinat, yksittäiset kotitaloudet. Käyttäjärühmäksi molemmissa tuotteissa on suunnattu vanhuksat. Toisaalta arvoa luvataan myös hoitohenkilöstölle säästyneellä työajalla, kun asiakkaan liikkumista ja poikkeustilanteita voi seurata etähälytyksen avulla. Toisaalta arvoa voivat tuottaa myös nämä ominaisuudet, jos käyttäjä kokee ne pelillisinä ja motivoivina. (SilverEco.org, MariCare)

Pavagen-älylattia (kuva 2) tuottaa energiaa liikkeestä. Energia voidaan suunnata esimerkiksi LED valaistukseen, datan keräämiseen ja käsittelyyn. Pavagen-lattian brändiin liitetään myös kestävyys-arvoja, ja energiaa voidaan suunnata myös ympäristötekijöiden, kuten ilmanlaadun monitorointiin. Kohdemarkkinana ovat ensisijaisesti kaupunkitoimijat, kauppakeskukset, urheilualan brändit ja oppilaitokset erityisesti suurkaupungeissa, Lattian toimintoihin kuuluu tiedon kerääminen ihmisten liikkeistä julkisilla paikoilla. Tämän avulla on mahdollista arvioida esim. asiakasmäärää tietyssä pisteessä. Pavagen –brändissä dataa ei ainoastaan kerätä vaan tarjotaan sen hyödyntämistä myös elämyksellisillä tavoilla ihmisjoukoille. Oppilaitoksille Pavagen markkinoi mahdollisuuksia tukea

oppimista aktivoimalla opiskelijoita ja henkilökohtaa luokkatilassa, tarjotuissa olosuhteissa tai muualla. (Pavagen.fi; Gajitz) Erilaisille brändeille Pavagen lattia tarjoaa lattian lisäksi palveluita. Nämä voivat olla pelillisiä toimintoja, jotka hyödyntävät älylattiaa ja digitaalista palautetta. Yritys tarjoaa ihmisten aktivoimista datalla monissa urheilu- ja hyvinvointimarkkinassa. (Pavagen.com) Kehitysasteella on myös älylattioita (esim. Multitoe), jotka toimivat interaktiivisina pelialustoina viihdekeskuksissa tai kotona (Gajitz)



Kuva 2

Pavegen-älylattia (Gajitz)

Älykkäät penkit

Environmental Street Furniture (ESF) on julkistenkalusteiden ja tuotteiden maailmanlaajuinen suunnittelija ja toimittaja. Heillä on laaja valikoima perinteisiä suunniteltuja huonekalutuotteita. Yksi tuoteryhmä on aurinkoenergiaa hyödyntävät huonekalut. Senergy Smart Bench-penkki, on siirrettävissä oleva ulkotilan penkki. Penkissä on aurinkokenno, joka mahdollistaa mm. mobiililaitteiden lataamisen USB-portin kautta, ympäristödatan keräämisen (esim. CO₂-pitoisuus, melu, ilmankosteus ja ilmanpaine), ilmaiset hätäpuhelut ja antaa käyttäjälle tietoa ympärillä olevista julkisista tiloista. Kuvassa 3 on esitelty tuote (ESF). Penkkien käyttäjiä ovat ketkä tahansa kaupunkilaiset ja turistit, mutta asiakkaina voivat olla kaupungit, yksityiset toimijat, joilla on liiketoimintaa julkisiksi mielletävissä tiloissa ja aiemmin mainittujen kumppanit, jotka hyötyvät esimerkiksi kaupunkilaisten ilmasto- ja ympäristöstä.



Kuva 3 ESF:n Senergy Smart Bench-penkki (ESF)

Samalla valmistajalla on myös tuotemerkki, Stellar smart bench (kuva 4), joka on myös suunniteltu julkisiin ulkotiloihin. Penkissä on samoja ominaisuuksia kuin Senergy Smart Bench-penkissä, mutta niitä on vähemmän. Penkissä on latausmahdollisuus ja wifi. Lisäksi penkissä on lämpötilan mukaan toimiva istuin, joka sisältää tuulettimen ja penkkiin on mahdollista integroida LED-näyttö tai valot.

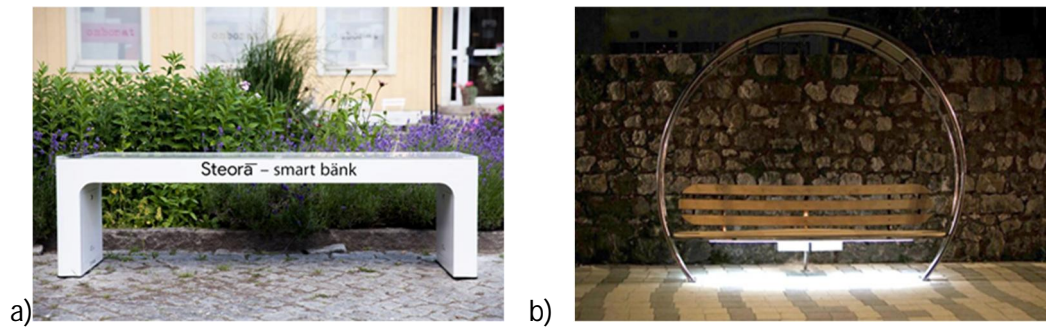


Kuva 4 ESF:n Stellar smart bench-älypenkki (ESF)

Muita vastaavia tuotteita on Steoran älypenkki (Kuva 5 a), joka on käytössä 21 maassa (esim. USA, Saksa, Dubai) ja Universal Industriesin Solar bench (kuva 5 b) (CroatiaWeek 2017, City of Foundation). Steoran kehittäjäyritys on kroatialainen kasvuyritys Include, joka markkinoi olevansa vihreiden kaupunkiympäristöjen huonekalujen kehittäjä. Yritys tuottaa itse laitteistoja, hakee aktiivisesti kumppanuuksia ja myy mainostilaa. Perusideana on yhdistää IoT ratkaisuita vihreisiin tavoitteisiin. Heidän arvolutauksensa tuotteelle on vahva ja kestävä Design Älypenkki (Steora Standard, Hybrid ja Urban+). Eri versioissa on eri toiminnallisuuksia: toimii aurinkopaneelien avulla tarjoten ilmaisen langattoman Wi-Fi, 15 erilaista sensoria, USB ja langaton lataus, katuvalaistus, tuottaa analytiikkaa ja turvallisuus valvonta. Lisäksi ansaintalogiikkaan liittyy mainosten käyttöä penkissä lisätuotona. Avainasiakkaita ovat monenlaiset yritykset, organisaatiota ja kaupungit. Kaupunkiasiakkaita on 260 kuudella eri mantereella. Yrityksistä esimerkiksi Deutsche Telekom, Coca Cola, Red Bull, British

Petroleum, Nokia, Kia. Lisäksi tuotetta on rahoitettu blockchain- Funderbeam SEE alustan kautta yksi milj.€. (Include.eu)

Kilpailuetuna tässä tuotteessa on arvon muodostuminen monella eri osa-alueella. Perinteisen penkin lisäksi myös tämä aiemmin tässä kartoituksessa mainittujen älypenkkien tapaan tuottaa aurinkopaneeleilla energian tuotanto valaistusta, latausta, yhteyksiä ja muuta sähköistä toimintaa varten. Teknologiaa yhdistellään onnistuneesti sosiaalisiin ilmiöihin kumppanuuksien avulla.



Kuva 5 a) Steora-älypenkki. b) Universal Industriesin Solar bench-älypenkki (CroatiaWeek 2017, City of Foundation)

Älybussipysäkki

Smartquesina on älykäs bussipysäkki, joka sisältää monia digitaalisia toimintoja (kuva 6). Asiakkaina ovat kaupungit ja muut julkistoimijat ja myös yksityiset yritykset. Aurinkokennon avulla tuotetaan energiaa, joka mahdollistaa mobiililaitteiden lataamisen, lippujen ostamisen, ilmaisen wifin ja julkisen liikenteen aikataulujen lataamisen. Pilvisten päivien varalle bussipysäkillä on pienet tuulimyllyt. (City of Foundation) Kaupungille arvo liittyy maineeseen ja kaupunkilaisille hyödyllisiin toiminnallisuuksiin ja tietoon. Esimerkiksi turistikohteista voidaan välittää tietoa. Bussipysäkki otettiin käyttöön vuonna 2016 Barcelonassa (Smart Cities-Barcelona). Toisena kaupunkina joka hyödyntää älykkäitä bussipysäkkejä on mainittu Singapore. Siellä on käytössä vastaavanlainen tuote, jossa tärkeänä lisäominaisuutena on jäähdytin ja ilman suodatin. Bussipysäkki otettiin testikäyttöön vuonna 2018 (Channel News Asia 2018).



Kuva 6. Smartquesina-bussipysäkki (digitalavmagazine.com 2019)

Infopiste

Dubaissa on käytössä energiansa tuottava Smart Palm-niminen infopiste (kuva 7). Infopisteitä löytää mm. julkisilta rannoilta. Infopisteestä saa tietoa rannoista ja niiden palveluista sekä muista julkisista paikoista, kuljetuksista ja niissä voi ladata mobiililaitteita sekä käyttää ilmaista wifiä. Kuusi metriä korkea "puu" kerää myös tietoa ilmasta ja merestä (Emirates 24/7 2019, Smart Palm). Arvo liittyy designiin ja maineeseen sen lisäksi, että toiminnallisuudet tarjoavat informaatiota ja yhteyksiä. Infopistettä voivat käyttää kaupunkilaiset ja turistit ja asiakkaina voivat olla yksityiset ja julkiset tahot.



Kuva 7

Infopiste Dubaissa (Emirates 24/7 2019, Smart Palm)

Älypöytä

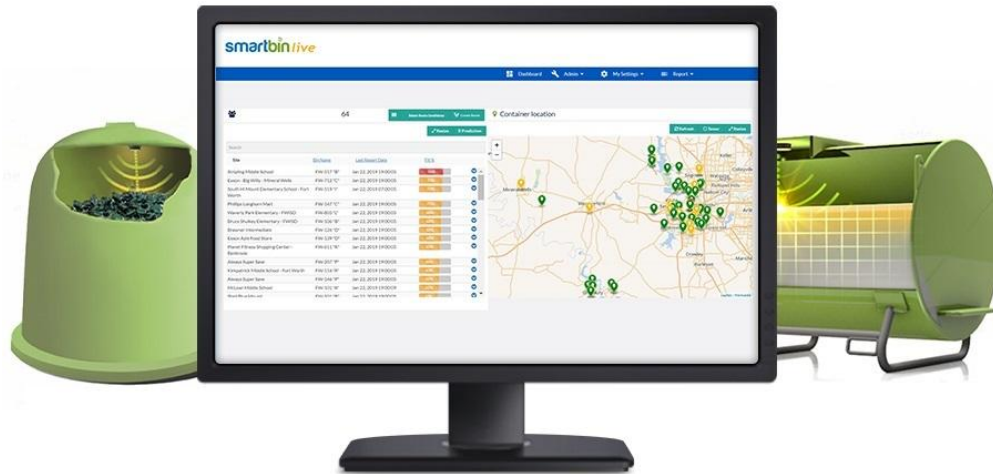
Kuvassa 8 esiteltä älypöytä, joka koostuu 43 tuuman kosketusnäytöstä. Se toimii PC ja MAC-tietokoneen näyttönä ja sillä voi mm. pelata lautapelejä ja selata verkkoa. Älypöytä on suunnattu sekä kuluttajamarkkinoille että B2B-markkinoille. Sen voi myös räätälöidä ohjaamaan valoja, kodin turvallisuutta tai lämmitystä äänentunnistuksen avulla. Älykkäitä pöytiä voi käyttää yksityisten asuntojen lisäksi julkisissa paikoissa, kuten ravintoloissa. Niihin voi sisällyttää ruokalistat, ruokien ja juomien tilaamisen sekä latausmahdollisuuden. Valmistaja ja malleja on jo nyt olemassa useita. Hinnat ovat keskimäärin n. 500-2000 dollaria/kappale. (the ambient 2018)



Kuva 8. Älypöytä (the ambient 2018)

Älykäs roskalaatikko

SmartBin älykkäiden roskalaatikoiden tarkoitus on kertoa sensoreiden avulla milloin ne ovat täynnä (kuva 9). Tämä vähentää mm. hajuhaittoja ja roska-autojen turhia ajokustannuksia. Asiakkaita ovat jätteenkuljetusyritykset. Sovellus antaa kuljettajalle tiedon tyhjennettävistä roskalaatikoista ja taloudellisesti järkevästä reitistä suoraan tabletille tai kännykkään. (smartbin)



Kuva 9. Älykäs roskalaatikko (smartbin)

Vastaavia tuotteita on useita muitakin esim. Bin-e. Osassa on mukana jätteen tunnistus ja lajittelu sekä sensori joka reagoi ilmassa olevaan savuun. (Bin-e)

Lähteet

Bin-e, Smart waste bin, <http://bine.world/>

bma Ergonomics, <https://www.bma-ergonomics.com/en/product/axia-smart-active/#ad-image-0>

City of Foundation, World of Best Smart Benches, 2019, <https://cityos.io/Best-Smart-Benches>

Channel NewsAsia, Commuters to enjoy cool, cleaner air at pilot 'smart' bus stop, 2018, <https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/commuters-to-enjoy-cool-cleaner-air-at-pilot-smart-bus-stop-10035892>

CroatiaWeek, Croatian Smart Benches Spreading Across Sweden, 2017, <https://www.croatiaweek.com/croatian-smart-benches-spreading-across-sweden/>

digitalavmagazine.com, Smartquesina: The intelligent and sustainable future marquee, 2019, <https://www.digitalavmagazine.com/en/2012/03/01/smartquesina-la-marquesina-inteligente-y-sostenible-del-futuro/>

Emirates 24/7, Smart Palm: Free Wi-Fi on Dubai beaches, 2019,
<https://www.emirates247.com/business/technology/smart-palm-free-wi-fi-on-dubai-beaches-2015-06-07-1.592981>

ESF environmental street furniture, Senergy Smart Bench, <https://worldofesf.com/>

Gajitz Tech with a Twist, Smart Floor Turns Your Whole House Into a Digital Playground,
<https://gajitz.com/smart-floor-turns-your-whole-house-into-a-digital-playground/>

MariCare, <https://maricare.com/en/>

Martela, Työympäristössä on älyä ja tunnetta, <https://www.martela.fi/uutiset-ja-lehdistotiedotteet/tyoymparistossa-alya-ja-tunnetta>

SilverEco.org, The International Silver Economy Portal, <http://www.silvereco.org/en/sensfloor-a-smart-floor-to-detect-falls/>

Sitra, Megatrendikortit matka tulevaisuuteen,
<https://media.sitra.fi/2018/09/03142041/megatrendikortitwebfin31-08-2018.pdf>

Smart Cities-Barcelona, Telecare Service, Smartquesina & OVAC, 2016,
<https://barcelonagr25.wordpress.com/2016/05/08/telecare-service-smartquesina-ovac/>

Smartbin, Intelligent Remote Monitoring with SmartBin,
<https://www.smartbin.com/solutions/smart-monitoring/>

Smart Palm, http://smart-palm.com/#why_smart_palm

Steelcase, <https://www.steelcase.com/>

Stein, O., Gartnerin Top 10 teknologiatrendiä vuodelle 2018,
<https://www.knowit.fi/palvelut/experience/strategia-ja-digitalisaatio/knowits-take-on-tomorrow/gartner-top-10-technology-trends-for-2018/>

The ambient, The smart furniture edit for early 2018, 2018, <https://www.the-ambient.com/features/smart-furniture-edit-early-2018-228>

Chesborough 2006 Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Harvard Business Press.

Osterwalder, A. & Pigneur, Y. 2010. Business Model Generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers. John Wiley.

Verkkokaupan logiikka teollisen yrityksen hankinnassa ja myynnissä

Sami Lanu, Saimaan amk

Amazon.com on kasvanut maailman arvokkaimmaksi brändiksi (WPP 2019) ja kasvanut yhden miehen kirjojen verkkokaupasta yli 200 miljardin US dollarin liikevaihtoa tekeväksi jättiläiseksi. Amazonin palveluja on sekä kuluttajille että yrityksille. Mutta etenkin verkkokaupan osalta Amazon on muuttanut ihmisten ostokäyttäytymistä ja tavaroiden logistiikkaa. Mutta voiko esim. perinteinen valmistava teollisuus, joka myy tuotteitaan ja palvelujaan pääasiassa muille yrityksille, oppia jotain Amazonilta tai muilta verkkokaupoilta?

Teolliset yritykset ovat optimoineet jo hyvin prosessejaan ja materiaalivirtojaan. Silti vieläkin kriittisiä alihankinnan toimituksia voi jäädä saapumatta silloin kun niitä tarvittaisiin. Näkyvyys alihankkijoiden tuotantoon ja toimitukseen on vielä liian suppea tai se puuttuu jopa kokonaan. Tämä aiheuttaa etenkin valmistavalle teollisuuden merkittävän riskin kriittisten osion puuttumisesta prosessin tietyssä vaiheessa.

Amazon ja muut verkkokaupat sen sijaan pystyvät hyvin näyttämään saatavuuden lisäksi myös toimituksen. Kuluttaja tietää verkkokaupasta ostaessaan nykyisin hyvinkin tarkasti milloin ja mihin lähetys saapuu. Hän voi myös valita toimitustavan ja ostaa mm. nopeutta tai jäljitettävyyttä lisää.

Tämä on toimintalogiikka ja tekninen toteutus, mikä pitäisi saada mukaan myös teollisten yritysten ostoihin alihankkijoilta. Yrityksostajan pitäisi pystyä näkemään inventaarin lisäksi toimitusreitit, -aika ja -paikka. Hänellä pitäisi pystyä olemaan mahdollisuus säätää toimitusta kuten verkkokaupoissa kriittisillä hetkillä.

Tuotannon pitäminen maksimaalisen tehokkaana edellyttää alihankintayrityksiltä paitsi toimintavarmuutta myös kykyä reagoida poikkeavaan kysyntään. Tähän modernit verkkokaupat antavat sekä toiminta- että tekniset ratkaisut.

Ja kun Amazon testaa nyt tavarantoimituksia droneilla ja muilla automatisoiduilla tavoilla, pitäisi teollisen tuotannon olla tässä pilottikumppani eikä kuluttajien. Kuluttajien kärsivällisyys on toki kovin lyhyt mutta teollisen tuotannon minuutti on huomattavasti kriittisempi ja kalliimpi jos tarvittavaa osaa ei ole varastossa kun sitä kokoonpanossa tarvittaisiin. Perinteisen teollisen tuotannon pitäisikin nousta edelläkävijäksi ja pääyhteistyökumppaniksi logistiikka ja uuden teknologian yrityksille.

Mistä arvoa ja liiketoimintamallimahdollisuuksia etäseuranta tuotteessa

Heidi Myyryläinen

Yritys kehittää koneeseen etäseurantatuotetta, jota tarjotaan käytettäväksi usealle eri teolliselle asiakkaalle, joilla on halu digitalisoida liiketoimintaansa. Tämä kirjoitelma pohtii arvon rakentumista etätuotteelle ja liiketoimintamallimahdollisuuksia etäseuranta tuotteelle. Miten luoda erottuvaa kilpailuetua?

Arvoa luodaan verkostoissa. Porterin (1985) luoma käsite arvoketju kuvaa tätä arvonmuodostusprosessia. Toimintaan voi liittyä erilaisia alustoja, joiden kautta palvelua välitetään. Ansaintalogiikka voi syntyä monella tavalla. Teknologiaavainratkaisut saattavat olla kauaskantoisia, ja niiden vaikutukset ulottua myöhempikiin kumppanivalintoihin. Etätuotteen ohjelmisto- ja laiteratkaisut ovat olennainen osa liiketoimintamallia. Niihin liittyy erilaisia mahdollisuuksia muiden ratkaisuiden yhteensopivuuteen, tiedon avoimuuteen ja omistajuuteen.

Arvosta puhutaan monessa eri merkityksessä. Nykyään puhutaan paljon myös arvosta siitä näkökulmasta, millaista arvoa asiakas *kokee*. Mitattavan arvon lisäksi myös *koettu arvo* on tärkeä. Samoin liiketoimintamallit ovat monipuolisesti ymmärrettävä asia. Osterwalder & Pigneur (2010) mukaan liiketoimintamalli kuvaa perusteet, miten organisaatio luo, välittää ja taltioi arvoa. Tässä kirjoitelmassa puolestaan tarkastellaan vain yksittäisen tuotteen näkökulmasta liiketoimintamallimahdollisuuksia, vaikka yksittäinen tuote linkittyykin yrityksen kokonaisuuteen.

Asiakas kokee tuotteet tai palvelut arvokkaiksi, ja on valmis maksamaan niistä tietyn hinnan. Tunnetusti arvon luonnin logiikat vaihtelevat toimialoittain, ja siten kilpailustrategioilla pyritään aina erottautumaan positiivisesti suhteessa muuhun kilpailevaan markkinaan. Kokonaisuus muodostuu ostajien, korvaavien tuotteiden, uusien tulijoiden uhkan ja tavarantoimittajien neuvotteluvoiman muokkaamana. (Porter 1985) Porterin (1985) mukaan onnistumiset – ja epäonnistumiset – liittyvät valintoihin kustannusjohtajana, erilaistajana ja valintoihin keskittyä tiettyihin segmentteihin. Toisin sanoen tuote tarjoaa jotain arvoa, jotka muut eivät – joko edullisemmin, ainutlaatuisilla ominaisuuksilla tai yksilöllisemmin ja sopivammin tiettyyn markkinaan.

Porterin & Heppelmanin (2015) mukaan äly tuotteissa muuttaa kilpailua. Kilpailuvoimat ovat ennallaan mutta arvoa luodaan uusilla tavoilla asiakkaan kanssa, kilpailun luonne on erilaista. (mt.) Etätuotteen tapauksessa tuote täydentää muuta tarjontaa, ja asiakassuhteet ovat jo olemassa mutta etätuotteella tavoitellaan vahvempaa kokonaisuutta ja kilpailuasemaa. Älyn lisäämiseen on paineita, vaikka siihen liittyvää arvoa on vaikea määrittää ennakkoon.

Velamuri (2013) käyttää käsitettä *hybridi arvon luonti (hybrid value creation)*. Hybridi arvonluonti on prosessi, jossa lisäarvoa luodaan yhdistelemällä innovatiivisesti tuotetta (näkyvä komponentti) ja palveluita (aineeton komponentti). Laajassa kirjallisuuskatsauksessaan Velamuri (2013) erotti ominaisuuksia, joiden kautta arvoa luodaan. *Yksilöllistäminen* on yksi tunnettu tapa luoda arvoa asiakkaalle. Joko tuote tai palvelu tai sen tuottamiseen tai asiakkaaseen liittyvä prosessi yksilöidään asiakkaalle sellaisella tavalla, että asiakas on valmis maksamaan siitä enemmän. Tuotteeseen luodaan esimerkiksi ominaisuus, jota asiakas arvostaa, ja jollaista markkinat eivät muuten tarjoa. Mitä dataa ja millaisessa muodossa asiakas arvostaa? Toisaalta yksilöllistämistä on jo sellaisen vuorovaikutuksen lisääminen, jonka asiakas kokee positiiviseksi (Franke & Piller 2003, cited by Velamuri 2013)

Tuotteita ja palveluita on mahdollista yksilöllistää monin eri keinoin. Pine (1992) on kuvannut neljä tapaa tehdä massaräätälöintiä. Rääätälöintiä voidaan tehdä niin, että yritys työskentelee kunkin asiakkaan kanssa tarjotakseen ainutlaatuisesti sopivan tarjonnan kullekin asiakkaalle. Toinen tapa on mukauttaa räätälöintiä niin, että yritykset tuottavat standardoituja tuotteita, mutta räätälöintimahdollisuudet jätetään asiakkaalle. Asiakkaalle jää mahdollisuuksia ostaa tai kehittää yhteensopivia osia. Kolmas tapa on luoda tuotteet asiakkaalle sopiviksi alusta alkaen, tätä Pinne (1992) mainitsee läpinäkyväksi kustomoinniksi. Kosmeettista kustomointia puolestaan on se, kun yritykset tuottavat standardoituja tuotteita mutta räätälöinti tehdään markkinointivaiheessa, brändit ja markkinointiviestit eroavat. (mt.)

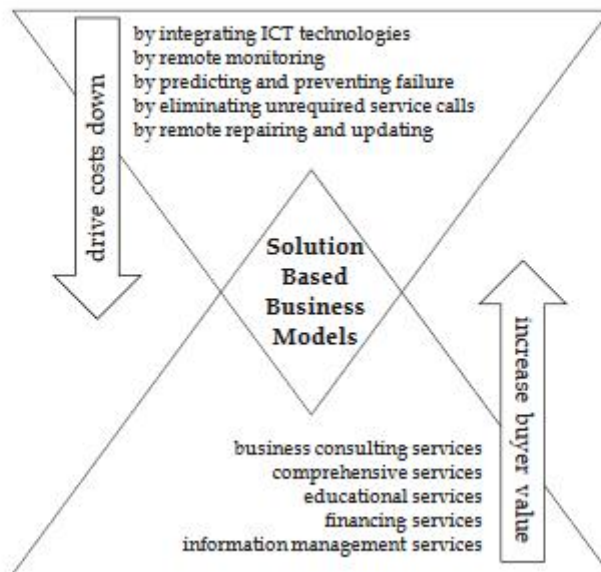
Arvoa voi luoda myös *markkina-integraation* kautta. (Foote ym. 2001 cited by Velamuri 2011). Tällöin päätöksenteko, ostaminen, myyntiä edeltävä ja seuraava markkinointi ja tuotteen tuki liitetään yhteen ketjuun, niin että tämä näyttäytyy asiakkaalle kokonaisuutena. Silloin asiakas saa esimerkiksi verkoston

yhdeltä toimijalta kokonaisen palvelun, joka tuottaa kuitenkin kokonainen ketju. Asiakkaan saaman ratkaisun kannalta palvelu on rakennettu kokonaiseksi, vaikka sitä tuottaisi useampi eri taho. (ks. Velamuri 2011; Foote ym. 2011, Sawhney 2006) Etäseurantalaitteen tapauksessa tämä voisi tarkoittaa monenlaisen tuotteen käyttämiseen, kouluttamiseen ja datan tuottamiseen, analysointiin, seurantaan ja siitä liittyvään käyttäytymiseen liittyviä palveluita.

Velamurin (2013) kartoituksessa kolmantena arvoa luovana ominaisuutena nousee *operationaalinen integraatio*. Tämä tarkoittaa, että tuotteeseen rakennetaan teknistä integraatiota niin, että tuotteen osat toimivat yhteen ja niissä on yhteyksiä, ja tämä luo arvoa asiakkaalle. (mt.) Etätuotteen tapauksessa näillä valinnoilla luodaan ja rajataan mahdollisuuksia. Valinnat ovat suljettuja ja toiset avoimia tiettyjen asioiden ja kumppanuuksien suhteen. Tiedon käyttämiseen ja käyttäjyyteen liittyen tehdään myös tärkeitä ratkaisuita.

Neljänneksi Velamuri (2013) nostaa kirjallisuuskartoituksestaan *yrityksen ja asiakkaan välisen vuorovaikutuksen* arvon luojaksi. Hän kokoaa aiempia tutkimuksia todeten, että pyrkimyksenä on useammin luoda pitkäaikaisia asiakassuhteita yksittäisten vaihdantatapahtumien sijaan. Luottamukselliset asiakassuhteet ovat samalla se perusta, joka mahdollistaa tuotteiden yksilöllistämistä. (mt.) Myös etätuotteen kehittämisessä asiakassuhteen kokonaisuus ja päämäärät ovat tärkeitä. Etätuote on osa kokonaisuutta, ja asiakassuhteen rakentaminen jää yleensä edelleen ihmisten väliseksi työksi. Etätuotteeseen voi kuitenkin rakentaa tätä tukevia ominaisuuksia ja korvata tai nopeuttaa turhana ja tehottomana pidettyjä osia.

Etäseurantatuotetta, siihen liittyvää arvoa ja liiketoimintanallia kannattaa tarkastella osana laajempaa kokonaisuutta. Millaisia yrityksen omia ja asiakkaan arvottamista etäseurantalaite osana kokonaisuutta vastaa? Täydennetäänkö asiakkaan kokemaa arvoa myös lisäpalveluilla vai tehostetaan ja helponnetaan toimintaa? Velamuri (2013) esittää liiketoimintamalleja, joita teolliset yritykset ovat hybrideissä tuotteissaan ottaneet käyttöön. Tämä yksinkertaistus kokoaa hyvin myös etätuotteen palvelunkehitysmahdollisuuksia. Toiset näistä liittyvät kustannusten säästöön: ICT:n yhdistäminen teknologiaan, etämonitorointi, virheiden ennustaminen ja ehkäiseminen, palvelupuheluiden vähentäminen ja etäkorjaamiseen ja päivittämiseen liittyvät toimenpiteet. Osassa ostajan saamaa arvoa lisätään puolestaan täydentävillä palveluilla. Velamuri (2013, 141) on listannut, millaisilla palveluilla arvoa on nostettu. Ostajan arvoa on lisätty esimerkiksi tarjoamalla koulutuspalveluita, liiketoimintakonsultointia, rahoituspalveluita, tiedon hallintaan liittyviä palveluita tai kokonaisvaltaisia palveluita.



Kuva 1. Kustannustehokkuuteen perustuvia ja ostajan arvoa lisääviä tapoja. Kuva: Velamuri 2013, 141

Lähteet

Pine, B. J. 1992 Mass Customization: New Frontier in Business Competition. Harvard Business Review Press.

Porter, M.E. 1985. Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance. Free Press, New York.

Porter, M.E. and Heppelmann, J.E. 2014. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review, 92, 64-88.

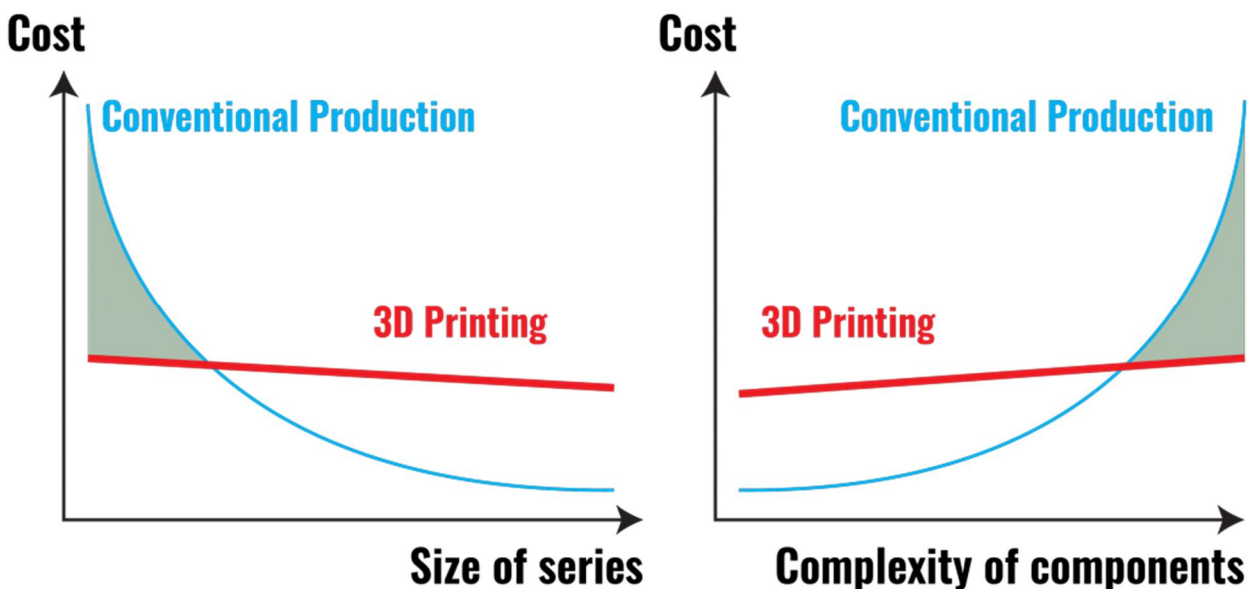
Velamuri, Vivek K. 2013. Hybrid Value Creation. Springer.

Metallien lisäävän valmistuksen (3D-tulostuksen) kustannukset

Marika Hirvimäki

3D-tulostuksessa kustannukset rakentuvat eri tavoin kuin perinteisillä menetelmillä. 3D-tulostuksessa kustannukset määräytyvät karkeasti jaoteltuna materiaalityylin ja konetyylin perusteella. Lisäksi kustannuksiin vaikuttaa suunnittelutyö, kappalemäärä ja jälkikäsittelyt.

Materiaalityylin tarkoitetaan kappaleen ja sen tukirakenteiden kokoa, eli mitä isompi kappale on kyseessä, sitä enemmän sen valmistamiseen tarvitaan materiaalia. Konetyylin tarkoittaa tulostimen fyysistä kammion kokoa ja miten hyvin sitä voidaan hyödyntää eli kuinka tehokkaasti kappaleet voidaan pakata tulostusalustalle. Käytännössä konetyylin mukaan voidaan laskea kuinka monta kappaletta voidaan valmistaa tietyssä ajassa. Kappalemäärä vaikuttaa luonnollisesti hintaan. Mitä useampi kappale valmistetaan, sitä korkeampi kokonaishinta on. Toisaalta yksittäisen kappaleen keskimääräinen hinta pienenee suuremmissa tuotantoerissä, kun suunnittelutyö, laiteaika ja laitteen valmisteluun kulunut aika voidaan jakaa useamman kappaleen kesken. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että 3D-tulostus sopii perinteisiä menetelmiä paremmin yksittäisten kappaleiden tai pienien sarjojen valmistamiseen. Suunnittelu on äärimmäisen tärkeää 3D-tulostuksessa ja toimii siis 3D-tulostuksen alkukustannuksena. Suunnittelutyötä voidaan kuitenkin hyödyntää jatkossakin ja kappaleita on helppo skaalata tai muuttaa ilman suuria lisäkustannuksia. Kuva 1 esittää miten sarjakoko ja kappaleen monimutkaisuus vaikuttaa hintaan 3D-tulostuksessa ja perinteisessä valmistuksessa. (3DCenter, 3DFormtech, 2018)



Kuva 1 3D-tulostuksen kustannukset sarjakoona ja geometrian muuttuessa vs. perinteinen valmistus. (3DCenter)

Esimerkki case 1: Putkilyhde

Baumers et al. (2012) ovat tutkineet lisäävää valmistusta ja sen kustannuksia. Tutkimuksessaan he arvioivat vain itse valmistuksen kustannuksia, ja jättivät tuotteen vaatimat jälkikäsitellyt kokonaan pois tutkimuksestaan. Tämän tutkimuksen mukaan lisäävän valmistuksen kokonaiskustannukset voidaan laskea yhtälön 1 mukaan. (Piili et al. 2014)

$$C_{\text{valmistuserä}} = m * C_m + T_{\text{valmistus}} * C_{\text{valmistus}} \quad (1)$$

missä	$C_{\text{valmistuserä}}$	valmistuksen kustannus, €
	m	materiaalin paino, kg (osan paino + tukirakenteen paino)
	C_m	materiaalin hinta, € / kg
	$T_{\text{valmistus}}$	valmistusaika, h
	$C_{\text{valmistus}}$	valmistuksen epäsuorat kustannukset, € / h.

Ympäristöasiat ja varsinkin energiakulutus ovat nykypäivänä tärkeitä aiheita ja tämän takia myös Baumer et al. (2012) tutkimuksessaan arvioivat myös näitä. Yhtälössä 2 otetaan huomioon eriteltyinä myös valmistuksessa käytetyn energian kustannukset. (Piili et al. 2014)

$$C_{\text{valmistuserä}} = C_{\text{sivu}} * T_{\text{valmistus}} + m * C_m + E_{\text{ve}} * C_E \quad (2)$$

missä	C_{sivu}	valmistuksen sivukustannukset, €/h
	$T_{\text{valmistus}}$	valmistusaika, h.
	m	kappaleen paino, kg
	C_m	materiaalin hinta, € / kg
	E_{ve}	valmistuksen aikana kulutettu energia, J
	C_E	energian hinta, € / J.

Yhtälössä 3 energiakustannukset on erotettu koneen sivukustannuksista eli käyttö- ja yleiskustannuksista. Tämä malli toimii hyvin tilanteissa, jossa yhdessä valmistuserässä valmistetaan useita erilaisia kappaleita. Tutkimuksessa mallin todettiin olevan hyvin tarkka ja sillä voidaan ±10 %:n tarkkuudella arvioida kustannukset. (Baumers et al., 2012, Piili et al. 2014)

Kokonaiskustannusten laskenta voidaan esittää yhtälön 3 mukaan (Baumers et al., 2012)

$$C_{\text{valmistuserä}} = C_{\text{kone}} * T_{\text{valmistus}} + m * C_m + T_{\text{valmistus}} * PK * CE \quad (3)$$

missä C_{kone} laitekustannus, €/h
 PK koneen käyttämä teho, W

Yhtälön 4 mukaan voidaan laskea yleiskulut mukaan. (Baumers et al., 2012)

$$C_{\text{osa K}} = C_{\text{osa}} * e$$

(4)

missä $C_{\text{osa K}}$ yhden osan valmistuskustannukset
 (yleiskust. mukana), €
 C_{osa} yhden osan kustannus (yleiskustannukset
 mukana), €
 e yleiskustannuskerroin.

Kustannuslaskelmaesimerkissä (Piili & Happonen et al. 2015) arvioitiin kustannuksia putkiyhteen valmistamisesta. Käytetty geometria näkyy kuvassa 2.



Kuva 2 Putkiyhteen geometria

Laskentaa varten tehtiin oletus, että koneen ostohinta jaetaan 8 vuodelle ja konetta käytetään 5000 tuntia vuodessa. Materiaalin hinta saatiin valmistajalta ja energian hinta lasketaan koneen keskimääräisen tehokäytön kautta (taulukko I)

Taulukko I. Oletuksia kustannuslaskenta-arviota varten.

Koneaika	17,45 € / h
Materiaalikustannus 80 € / kg	80 € / kg

Energiakustannus 8,61 snt	8,61 snt / kWh
---------------------------	----------------

Tässä arviossa lasketaan kaksi tapausta:

1. Valmistus yksi osa kerrallaan
2. Valmistus rakennusosalusta täytettynä samoilla osilla

Rakennusosalustalle mahtuu yhteensä 40 osaa. Kustannus per osa saadaan jakamalla kokonaiskustannus osien lukumäärällä. Taulukko II näyttää kokonaisvalmistusajan, energiakulutuksen sekä materiaalikustannuksen kummallekin tapaukselle.

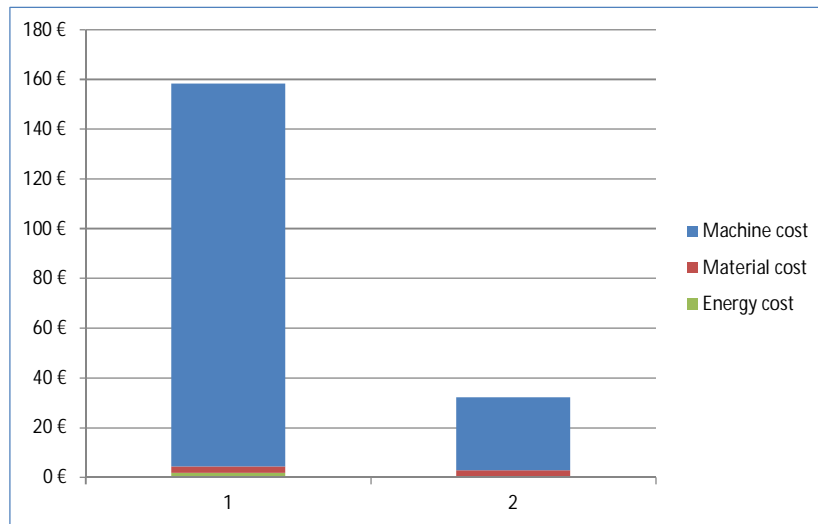
Taulukko II. Kokonaisvalmistusaika, energian kulutus sekä materiaalikustannus kummallekin tapaukselle.

	1 kpl kerrallaan	40 kpl
Kokonaisvalmistusaika/kpl	8 h 49 min	1 h 42 min
Energiakulutus/kpl	22,5 kWh	4,3 kWh
Materiaalikustannus/kpl	2,44 €	2,44 €

Kuvassa 2 on esitetty lopulliset kustannuslaskennan tulokset. Kuvasta nähdään että metallikappaleelle materiaalin kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin koneaikakustannukset, jotka ovat kuluista yli 91 % kummassakin tapauksessa. Mitä useampi kappale valmistetaan kerralla sitä alhaisempi on kustannus kappaletta kohden. Yhden kappaleen valmistuksessa materiaalikustannukset ovat n. 1,5 % ja 50 kappaleen erässä 7,6 % koko kustannuksista. (Piili & Hirvimäki et al. 2016)

Yhden kappaleen hinta:

1 kerrallaan	40 yhtaikaa
158,23 €	32,35 €

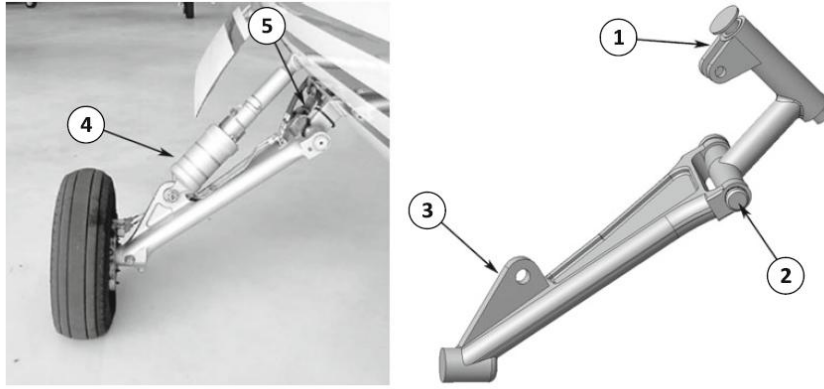


Kuva 2. Putkiyhteen kustannusjakauma

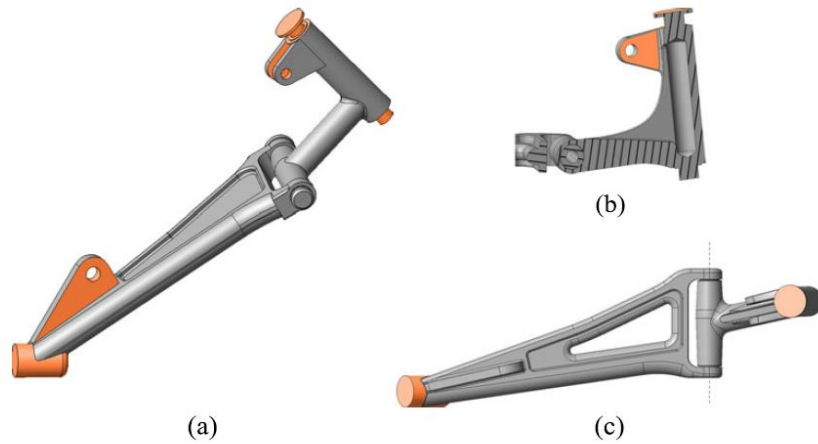
Esimerkki case 2: Lentokoneen laskutelineen jarru

Atzeni & Salmen 2012 tutkimuksessa on verrattu kahta tuotantoteknologiaa: lisäävä valmistus (jauhepetimenetelmä) ja korkeapaine valu (high-pressure die-casting, HPDC) lentokoneen laskutelineen jarrun valmistuksessa. Jarrun perusosat on esitetty kuvassa 3. Tässä tutkimuksessa kustannuksia ei ole laskettu aikaisemmin esitettyjen laskentakaavojen mukaan.

Ennen kustannuslaskentaa rakenne on optimoitu siten, että 3D-tulostuksessa on voitu hyödyntää lisäävän valmistuksen etuja eli materiaalia on tuotu vain sinne missä sitä on tarvittu ja rakennetta on lisäksi kevennetty. Kuvassa 4 on merkitty oranssilla kohdat joita ei ole muutettu.

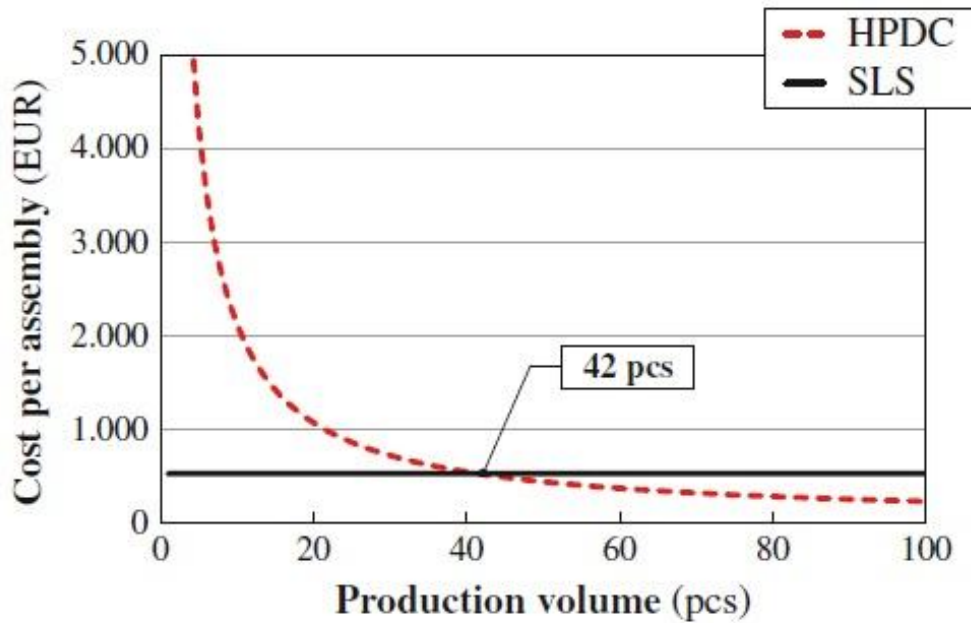


Kuva 3 Lentokoneen laskutelineen jarru.



Kuva 4 a) Lentokoneen laskutelineen jarru b) läpileikkaus c) kuva ylhäältä päin

Korkeapainevalussa suurimmat kustannukset muodostuivat itse muotin tekemisestä, joten menetelmän todettiin sopivan paremmin sarjatuotannolle. Pienten tai yksittäisten kappaleiden valmistus ei ole tällä tekniikalla kustannustehokasta. Sen sijaan lisäävän valmistuksen todettiin sopivan hyvin pienten sarjojen valmistukseen. Tämän lisäksi jarrun asentamisen todettiin olevan helpompaa, joka taas pienentää kokonaiskustannuksia. Kriittinen piste tutkimuksessa on 42 kpl kuten kuva 5 osoittaa.



Kuva 5. Lentokoneen jarrun kustannukset. HPDC=Korkeapaine valu, SLS=3D-tulostus (jauhepetimenetelmä)

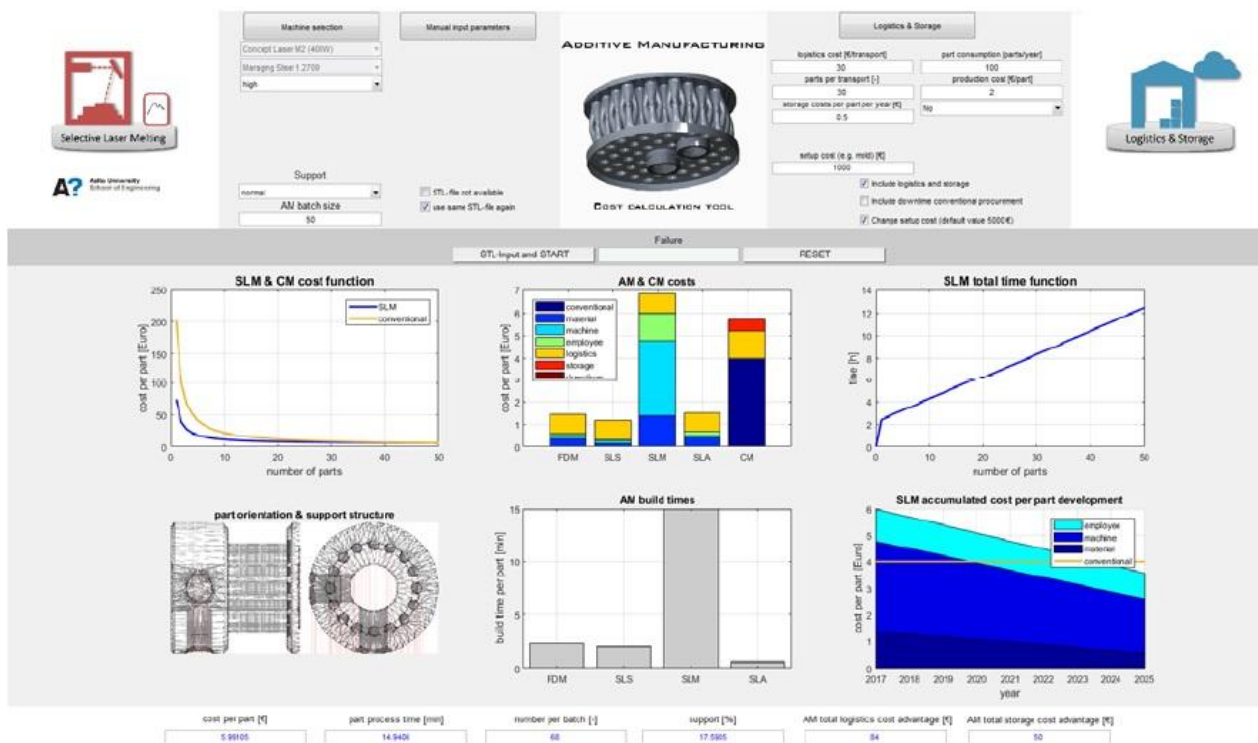
Esimerkki case 3: Varaosat

Tutkimuksessa verrattiin varaosien 3D-tulostuksen valmistuskustannuksia perinteisiin valmistusmenetelmiin. Käytetty laskentaohjelma kertoo STL-tiedoston perusteella arvion kustannuksista ja valmistusajasta. Ohjelma myös huomioi materiaalin, kappaleen orientaation ja tarvittavat tukirakenteet. Perinteisessä valmistuksessa on huomioitu muotti, varastointi ja kuljetuskustannukset. (Metsä-Kortelainen, 2018)

Kuvassa 6 on esimerkki varaosan valmistuskustannuksista. Työkalun avulla voidaan verrata 3D-tulostetun kappaleen hintaa perinteisellä menetelmällä valmistettuun kappalehintaan ja katsoa miten kappalemäärä vaikuttaa hintaan. Lisäksi työkalu antaa arvion hinnasta vuoteen 2025 asti.

Kuvasta 6 voidaan havaita, että jauhepetimenetelmä (SLM) on selvästi kalliimpi kuin muut 3D-tulostusmenetelmät ja perinteinen valmistus. Tätä voidaan selittää pääasiassa kalliimmilla laite- ja materiaalikustannuksilla sekä henkilöpalkoilla, koska mm. SLM-koneen valmistelu vie huomattavasti enemmän aikaa kuin esim. FDM-koneen. Toisaalta menetelmä on myös tarkempi ja sopii useimmiten parhaiten teollisiin sovelluksiin laatuvaatimusten takia. Jos kappale määrä on pieni jauhepetiteknikka on kustannuksiltaan alempi kuin perinteinen menetelmä. Kriittinen piste kuvan perusteella on n. 30-40 kpl. Kuvasta voidaan myös havaita, että tulevaisuudessa 3D-tulostuksen kustannukset oletettavasti tulevat

laskemaan ja teknologia kilpailee vahvemmin perinteisten menetelmien kanssa. Kustannuksien laskuun vaikuttaa laitteiden ja materiaalin halvemmat hinnat sekä 3D-mallinnuksen helpottuminen ja tehostuminen erilaisten ohjelmistojen kehittyessä.



Kuva 6 Hintavertailu. 3D-tulostus vs. perinteinen valmistaminen (Metsä-Kortelainen, 2018)

Lähteet

Atzeni, E., Salmi, A., Economics of additive manufacturing for end-useable metal parts, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol 62, s. 1147-1155

Baumers, M., Truck, C., Wildman, R., Ashcroft, I., Rosamond, E., Hague, R., Combined Build-Time, Energy Consumption and Cost Estimation for Direct Metal Laser Sintering, *Proceedings of the Solid Freeform Fabrication (SFF) Symposium*, The University of Texas at Austin, 2012

Piili, H., Happonen, A., Väistö, T., et al., Cost Estimation of Laser Additive Manufacturing of Stainless Steel, *Physics Procedia*, Vol 78, 2015, 9 p

Piili, H., Hirvimäki, M., Väistö, T., et al. Katsaus lisäävän valmistuksen (aka 3D-tulostus) mahdollisuuksiin ja kustannuksiin metallisten tuotteiden valmistuksessa,

Metsä-Kortelainen, S., Puukko, P., Jussila, A. et al., Digital spare parts, Aalto University & VTT, 2018, viitattu 13.5.2019, saatavilla: https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2018/DIVA_final_report.pdf

3DCenter, professional 3D Printer for Industry, viitattu 10.5.2019, saatavilla: <https://3dcent.com/en/professional-3d-printer-industry/>

3D formTech, Mistä 3D-tulostuksen hinta muodostuu?, 5/2018, viitattu 10.5.2019, saatavilla: <https://3dformtech.fi/blogi/mista-3d-tulostuksen-hinta-muodostuu/>

Piili, H., Hirvimäki, M., Väistö, T., et al. Katsaus lisäävän valmistuksen (aka 3D-tulostus) mahdollisuuksiin ja kustannuksiin metallisten tuotteiden valmistuksessa,

YHTEISTYÖN JA OPPIMISEN NÄKÖKULMIA UUDEN TEKNOLOGIAN KEHITTÄMISESSÄ

Uusia oppimISRatkaisuja VR- ja AR-ratkaisuista kokoonpanolinjalle

Heidi Myyryläinen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Johdanto

Yrityksen X kokoonpanolinjalla on 52 eri työasemaa, ja kokoonpanolinjan työntekijät vaihtelevat työasemia. Kukin työasema sisältää monia eri vaiheita, joissa työntekijä etsii tehdasympäristöstä koneen osia ja asentaa sopivan osan sopivalla tavalla. Tällä hetkellä työvaiheisiin on olemassa stillkuva-ohjeistukset kansioissa. Kansiot ovat työntekijöiden löydettävissä. Niistä näkyy, minkä näköinen osa kuuluu mihinkin, mutta ei miten osa laitetaan. Tehtaalla on halu kehittää dynaamisempia ja helppokäyttöisempiä ratkaisuita siihen, että tietoa olisi helppo ja nopea löytää ja käyttää.

Tässä kartoituksessa tutkimuskysymyksenä on, millaisia oppimISRatkaisuita on olemassa, joita voisi soveltaa kokoonpanolinjalla sekä uusien työntekijöiden perehdyttämiseen että kaikille, myös kokeneille työntekijöille erilaisten vaiheiden opettamiseen? Tämä kartoitus ei käsittele laajemmin kokonaisvaltaista työhön perehdytystä, vaan ainoastaan yhteen johdattelee uudenlaisiin vaihtoehtoihin suunnitella työhön perehdyttämistä ja koulutusta. Tämä kartoitus keskittyy tarkastelemaan lisäty- ja virtuaalitodellisuuden mahdollisuuksia, koska nämä kiinnostavat yritystä X.

Mikro-oppiminen ja tilanteinen oppiminen vastaavat oppimistarpeisiin

Millaisia oppimistarpeita kokoonpanolinjalla on? Kokoonpanon suunnittelu ja toiminnot ovat erittäin tärkeitä tuotannon vaiheita. Malmsköld ym. (2012) tekivät pitkittäistutkimusta tietokoneella järjestettyä

koulutusta kokoonpanolinjan operaattoreiden työssä. Heidän mukaan yleensä kouluttautuminen tapahtuu mestari-kisällä periaatteen mukaan. Toisin sanoen työhön liittyy myös paljon hiljaista tietoa.

Toisaalta työ on myös standardoitua. Malmsköldin ym. (2012) mukaan Toyotan tuotannon mallia käytetään monissa autoalan yrityksissä. Tiimin vetäjät valmentavat ja opastavat tiimiään, jossa on yleensä 5-6 jäsentä. Työ on standardoitua. Työn standardointi tapahtuu standardoitujen dokumenttien perusteella. Esimerkiksi työn toiminnot on kuvattu lomakkeilla, joissa kuvataan yksityiskohtaisesti vaiheittain ja tarkoin eritellyin työn elementin kuvauksin mitä ja missä vaiheessa suoritetaan. (mt.)

Millainen oppiminen palvelee parhaiten työssä oppimista kokoonpanolinjalla? Käsillä olevat ongelmat on usein ratkaistava mahdollisimman nopeasti, jotta pääsee jatkamaan työtä seuraavaan vaiheeseen. Yksi sopiva lähestymistapa tähän voi olla muoti-termi *mikro-oppiminen*. Sillä tarkoitetaan oppimista, joka on paloiteltu sopiviin osiin, joihin pääsy taataan helpoksi. Mikro-oppimisen jaksot voivat olla pituudeltaan 2-3 minuutin videopätkiä, tekstejä, kuvia tai äänimateriaalia. Näissä lyhyissä jaksoissa välitetään olennainen, tarpeeseen osuva viesti oppijalle silloin kun hän tätä tarvitsee. Mikro-oppimista kuvataan joustavammaksi, edullisemmaksi ja tehokkaammaksi kuin perinteisiä koulutuksia. (Siobhan 2016)

Mikro-oppimisen suunnittelijalle löytyy ohjeistuksia. Mikro-oppimista kuvailee pieni määrä informaatiota kerralla. Kuvallinen materiaali ja erityisesti liikkuva kuva helpontavat oppimista. Oppimisjaksot kannattaa suunnitella mobiiliin sopiviksi. Lisäksi mikro-oppiminen hyödyntää oppimisessa olennaista motivaatiotekijää: palautteisuutta. Tehtävät kannattaa rakentaa vuorovaikutteiseksi, esimerkiksi visailun avulla. Vuorovaikutteisuus parantaa työntekijöiden sitoutumista. Mikro-oppimisen jaksoja on mahdollista mukauttaa yksilöllisiin oppimistyyliihin. (Siobhan 2016) Myös implisiittinen oppiminen on kiinnostavaa virtuaalisen ja lisätyn todellisuuden mahdollistamana, ja käsite sopii hyvin siihen, millaista oppimista mikro-oppiminen ja tilanteinen oppiminen mahdollistavat. Implisiittistä oppimista virtuaalitodellisuudessa on tarkastellut myös Slater (2017) Implisiittisellä oppimisella tarkoitetaan tiedostamatonta oppimista, joka yhdistää kaikkia lajeja. (Reber 1989)

Kokoonpanolinjalle sopii hyvin mikro-oppimisen käsite, tarkoin kohdennettuna ja tarpeeseen sopivana digitaalisena ja joustavana toteutuksena sopii kokoonpanolinjalle, samoin tilanteisen oppimisen ja implisiittisen oppimisen käsitteistä ja näkökulmista on hyötyä kokoonpanolinjan oppimisen muotoilussa. Työntekijöiden tarpeiden, oppimisen tilanteiden ja sosiaalisen ja fyysisen ympäristön huomioinen ovat osa oppimiskäsitteiden suunnittelua. Nämä näkökulmat ovat hyödyllisiä myös teknisiä ratkaisuja suunniteltaessa.

Virtuaalinen ympäristö oppimiseen kutsujana

Lisätyn todellisuuden oppimiskokemusten rakentamisessa huomionarvoisia ovat toiminnallinen, narratiivinen tai symbolinen, aistien ja sosiaalinen ”immersio” eli uppoutuminen. (Dede ym. 2017) Immersiivinen kokemus edistää oppimista joissain tapauksissa, mutta ei kaikissa. Dede ym. (2017) mielestä immersiiviset kokemukset sopivat hyvin oppimiskokemuksiin, joissa oppija toimii. Sen sijaan heidän mielestään immersiiviset kokemukset eivät sovi yhtä hyvin oppimiskokemuksissa tarpeellisiin oppijan omaan suunnitteluun ja reflektointiin. Dede ym. (2017) käyttävät tilanteisen oppimisen (Situating Learning)-käsitettä. Tilanteisiin sidottu oppiminen edustaa sosiokulttuurista näkökulmaa oppimiseen. Oppiminen ei ole ainoastaan yksilön psykologinen ja kognitiivinen prosessi vaan myös sosiaalinen ja ympäristönsä kanssa vuorovaikutuksessa toimiva ilmiö. Oppiminen tapahtuu palautteisesti autenttisissa ympäristöissään. (Wenger, 1998; Graven & Lerman 2003)

Lisätty todellisuus ja virtuaalitodellisuus mahdollistavat erityisellä tavalla vuorovaikutusta ja siten voivat luoda erityisiä osallistumisen kokemuksia. Deden ym. (2017) mukaan psykologinen immersio kuvaa täydellistä osallistumisen kokemusta. Osallistujat VR, AR ja virtuaalisuutta hyödyntäviä ympäristöjä käyttäessään astuvat auliisti virtuaalisen ympäristön kokemusmaailmaan, Deden ym. (2017) kuvailevat, että osallistujat jättävät vapaaehtoisesti luopuvat epäuskoisuudestaan. Viitaten Dawleyhyn & Dedeeseen 2013, Dede ym. (2017) toteavat, että tarinat ja symboliikka auttavat luomaan osallistumisen kokemuksia. Näiden elementtien luominen sopivalla tavalla tuo oppimiseen mieltä.

Immersiivisiä kokemukset ja oppimisen erityispiirteet ovat erilaisia riippuen ympäristöstä. Dede ym. (2017) kuvailevat näitä. Virtuaalisen todellisuuden käyttöliittymät tarjoavat kokonaisvaltaisen immersiivisen kokemuksen. Käyttäjä keskittyy nähtävään ja kuultavaan ja mahdollisesti käsin kosketeltaviin ja hallittaviin asioihin. Monen käyttäjän virtuaalisessa ympäristössä (Multi-user Virtual Environment, MUVE) käyttöliittymissä käyttäjä eläytyy näytön yli simuloituun kuvalliseen maailmaan. Osallistumisen kokemus tarinallistuu Avatar-hahmoin eläytymällä. (Dede ym. 2017) Mielikuvitus, roolien otto – ja roolien vaihtaminen ovat tärkeä osa oppimista.

Erilaisen immersiivisen kokemuksen tarjoaa myös ”mixed reality” (MR), joka yhdistää todellista ympäristöä ja virtuaalista ympäristöä eri tavoin. Uusia tapoja yhdistellä todellisuutta, virtuaalitodellisuutta ja yhteisöllisyyttä ilmestyy jatkuvasti. (Dede ym. 2017)

VAIHTOEHTO A: KÄYTTÖOHJEET LISÄTYN TODELLISUUDEN AVULLA

Lisätty todellisuus oppimisessa

Mitä lisätyllä todellisuudella (*AR, Augmented Reality*) tarkoitetaan? Azuman ehdottama määritelmä vuodelta 1997 on kaikkein vakiintunein. Sen mukaan lisättyyn todellisuuteen liittyy kolme piirrettä: virtuaalisen ja todellisen yhdistäminen, oikea-aikainen interaktiivisuus ja 3D:n. (Schmalstieg & Höllerer 2016)

Lisätty todellisuus (engl. augmented reality, lyh. ar tai AR) viittaa näkymään, johon on lisätty tietokonegrafiikalla tuotettuja elementtejä ja jota käyttäjä tarkastelee läpikatseltavien (see-through) näyttöjen kautta. Se on siis järjestelmä, jossa keinotekoisista, tietokoneella tuotettua tietoa (kuva, ääni, video, teksti, GPS-informaatio) on lisätty näkymään todellisesta ympäristöstä. (Wikipedia)

Alkeellisemmatkin lisätyksi todellisuudeksi laskettavat lisätyt viitteet voivat avustaa muistamisessa ja tiedon käsittelyssä. Lisättyä todellisuutta ovat sen suppeimmassa merkityksessä todelliset kuvat ja virtuaaliset yksiköt ovat erillisissä osissa, mutta niiden informaatio liittyy toisiinsa. Tästä tyypillisin esimerkki on tekstin lisääminen kuvaan. Todelliselle tai virtuaaliselle näytölle lisätään passiiviista, semanttista eli merkitystä kuvaavaa tietoa. Tätä voidaan kutsua ”dokumentoiduksi todellisuudeksi”. (Hugues ym. 2011)

Huguesin ym. (2011) määrittelyssä seuraava aste on todellisuus, johon lisätään ymmärrystä niin, että todellinen kuva ja lisätty kuva ovat osa samaa kuvaa. Tässä lisätyn todellisuuden luokittelussa on Huguesin ym. (2011) mukaan kaksi tasoa sen mukaan, missä määrin lisättyä todellisuutta kuvaan on lisätty. Ensinnäkin todellisuuteen voidaan lisätä lisättyä ymmärrystä otsikoin, symbolein ja viittauksin. Toista tasoa tässä kuvaa hänen mukaansa todellisuuteen lisätyn näkyvyyden tuominen. Tässä tapauksessa kuvaan yhdistetään kuvaa todellisuutta vastaavasti, esittäen esimerkiksi rautalankamallin. Kohteen näkyvistä ja näkymättömistä osia voidaan hahmotella lisätyn kuvan avulla. Näin voidaan myös alleviivata haluttuja yksityiskohtia. (mt.) Oppimisen ja huomion suuntaamisen kannalta nämä ominaisuudet voivat olla arvokkaita.

Seuraavan ryhmän lisätyssä todellisuudessa muodostavat Huguesin ym. (2011) luokittelussa aistittavan todellisen ja virtuaalisen sekoittaminen vielä laajemmin niin, että uusia virtuaalisia objekteja lisätään todelliseen näköalaan. Tässäkin ryhmässä on useita eri tasoja sen mukaan, millä tavalla virtuaaliset objektit yhdistetään todellisuuteen. Yksinkertaisimmillaan virtuaaliset objektit lisätään todellisen näkymän päälle.

Kehittyneempää tasoa tässä ryhmässä edustaa virtuaalisten objektien asemoiminen myös todellisen näkymän kohteiden alle. Tämä lisää näkymän 3D-ulottuvuutta. Huguesin ym. (2011, 54) tämä ei aina teknologian puolesta onnistu.

Toiminnallisesti kehittyneemmässä luokassa lisättyä todellisuutta käytetään, kun aiempien lisäksi virtuaaliset objektit mallinnetaan tarkemmin niiden fyysisten ominaisuuksien perusteella. Suunnittelussa huomioidaan aiemmin tapahtunut ja geometriset ja fyysiset suhteet muihin objekteihin. Tällöin huomioidaan jo esimerkiksi virtuaalisten kohteiden painovoimaa, yhteyksiä, joustavuutta tai valuvuutta. (Hugues ym. (2011, 54)

Taas edelleen kehittyneempi tapa käyttää lisättyä todellisuutta on korvata osa todellista näkymää virtuaalisella todellisuudella. (Hugues ym. 2011) Tällöin todellinen näkymä on mallinnettu geometrisesti niin, että osa voidaan korvata luoduilla kuivilla tai päinvastoin. Luotujen, synteettisten kuvien näkökulmaa voidaan muuttaa. (mt.)

Tämä tarkastelu keskittyy erityisesti kokoonpanolinjan tarpeisiin. Manuaalit ja dokumentaatio ovat aikaa vievä prosessi monella eri alalla, näihin liittyy esimerkiksi kokoamista, purkamista ja korjaamista. Lisätyn todellisuuden avulla ohjeistukset voidaan tuoda lähemmäs tarpeita. Koulutus voidaan tuottaa täsmällisemmin ja optimaalisemmin siellä, missä sillä on tarvetta. Tämä vähentää samalla myös koulutusajan tarvetta. (Schmalstieg & Höllerer 2016, 17-18)

Kuten aiemmin mainittu, oppimisessa palautteisuus on olennaisen tärkeää. Schmalstieg & Höllerer (2016, 17-18) viittaavat Gaglitzin ym. (2014) kuvatessaan, että lisätyn todellisuuden ratkaisut voidaan suunnitella myös niin, että niissä on jaettu visuaalinen tila vaikkapa älylaitteen (heidän esimerkissään mobiililaitte) välityksellä yhteistyölle fyysisten tehtävien suhteen. Tämä on hyödyllinen ominaisuus silloin, kun halutaan jakaa enemmän asiantuntijatietoa vuorovaikutteisesti. Asiantuntija voi etänä olla mukana työntekijöiden näkymässä kokoonpanoon osoittavien kameroiden avulla. Äänyhteyden avulla heidän on mahdollista myös kommunikoida. (Schmalstieg & Höllerer 2016, 17-18)

Tällä hetkellä suurin osa lisätyn todellisuuden ratkaisuista keskittyy viihteeseen, markkinointiin ja jälleenmyyntiin. Lisättyyn todellisuuteen liittyvät teknologiat kehittyvät ja sitä myötä myös teolliset sovelluskohteet. (Hall ym. 2015) Esimerkiksi useat autoteollisuuden toimijat ovat testanneet erilaisia lisätyn todellisuuden ratkaisuja myös kokoonpanolinjallaan. Jaguar Land Rover työskenteli Boschin kanssa toteuttaen oman koulutusratkaisun kojeen purkua ja uudelleen asentamista varten. He käyttivät Reflect One-ohjelmistoa luodessaan iPad sovelluksen, joka voi tuottaa läpivalaisevia kuvia auton kojelaudasta. (Hand 2019) Volvo on rakentanut oman AR-ratkaisunsa kokoonpanolinjalleen. Tavoitteena on ollut työn helpontaminen. Heidän ratkaisussaan ohjeita ei tarvitse etsiä ja selata käsillä, ja siinä käytetään ääni-ohjausta. (DeployVR 2018)

Lisätystä todellisuuden povataan täyttävän osaamisvajetta ja muuttavan teollisuusaloja. (Porter & Heppelmann 2017) Ideaalina on, että digitaalinen maailma toimii parina fyysisen maailman kanssa. Kolmiulotteinen näkymä rikkaan tiedon ja oleellisten yhteyksien kanssa antaa täysin uusia hahmotusmahdollisuuksia. (mt.)



Kuva 1. Volvo on käyttänyt HoloLens-laseja oman lisätyn todellisuuden ratkaisussaan kokoonpanolinjallaan.

Kuva: Microsoft

Lisätyn todellisuuden toimintaperiaatteista

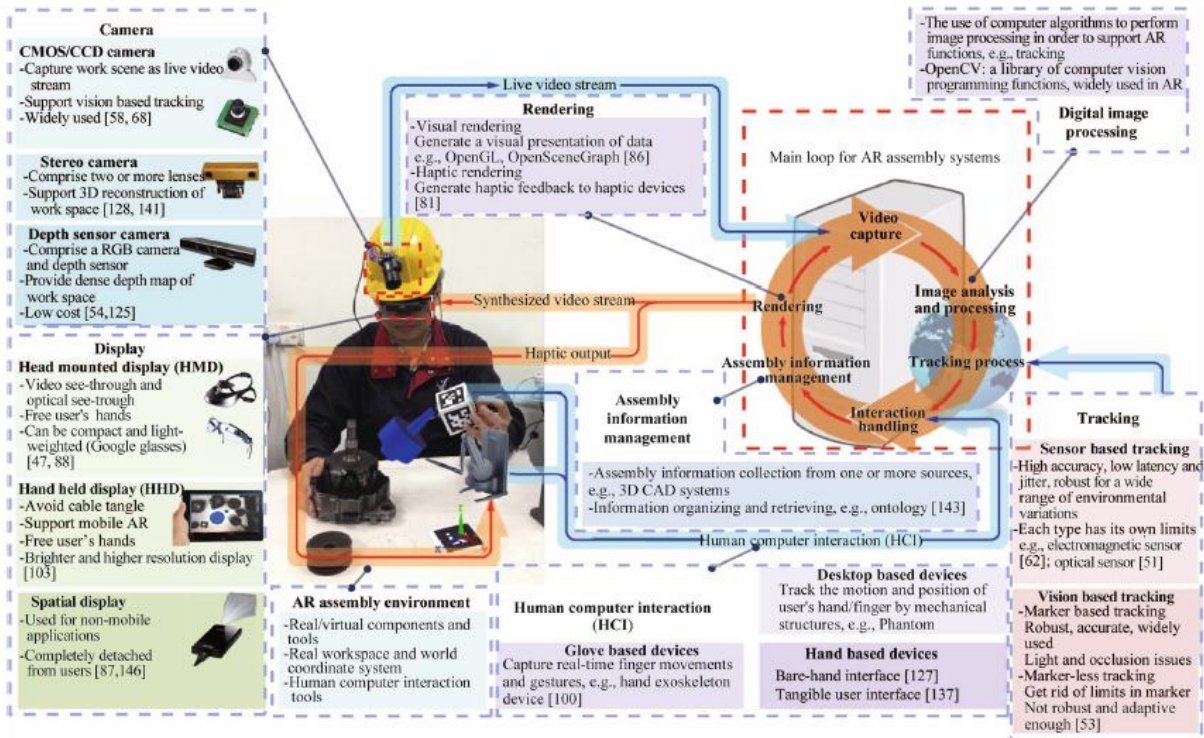
Useat tutkijat korostavat, että lisätyn todellisuuden teknologiat ovat vasta alkuvaiheessa. Vänskä (2015) esittää havainnollistavan esimerkin lisätyn todellisuuden toimintaperiaatteesta. Mobiililaitteen kameraa tai datalaseja hyödyntäen havainnoidaan todellista ympäröivää maailmaa. Kameran tai datalasiavulla sovelluksessa tunnistetaan ympäristöstä haluttu tunnistus. Ne voivat olla pieniä tai suuria asioita: valokuvia,

logoja, rakennuksia. Mobiililaitteen kameraa tai data-laseja hyödyntävä lisätyn todellisuuden sovellus havaitsee tunnisteiden ja tuo laitteen näytölle virtuaalisen näkymän, kuten stabiilin 3D mallin huoneesta, tai animoidun 3D kuvan, joka voi olla myös kuva tai video. (Vänskä 2015)

Lisätyn todellisuuden näyttöjä on päässä pidettävän lisäksi kädessä pidettäviä sekä projisoivia. Päässä pidettäviä on sekä optisia näyttöjä että videonäyttöjä. Toisia kutsutaan laseiksi, toisia kypäriksi. Kädessä pidettäviä ovat esimerkiksi älypuhelin, tabletti ja tietokone. Mobiilissa voi olla lisätyn todellisuuden sovellus, joka tunnistaa kamerallaan tunnisteiden. Tämä tunniste voi olla logo, kuva, QR-koodi ja jokin muu, esimerkiksi tietokoneella luotu objekti. Projisoiva näyttö voi olla esimerkiksi videoprojektori, jolla projisoidaan tilaan näkymä. Kääpän (2018) mukaan yleisimpiä teknologioita lisätyn todellisuuden käytössä ovat Android- ja iOS-pohjaiset mobiililaitteet. Esimerkiksi Capgemini suunnitteli ja toteutti BMW:n kokoonpanolinjan työntekijöille lisätyn todellisuuden koulutusympäristön. Työntekijät voivat harjoitella tehtäviä käyttäen HoloLens-laseja tai iPadia. (Gag Gemini 2019)

Lisätyn todellisuuden ratkaisun suunnittelemisessa olennaisia kysymyksiä ovat myös miten lisätyn todellisuuden työkalut voivat kommunikoida käyttäjän kanssa kyseisessä ympäristössä. Millaisia muutoksia ympäristöön voidaan tehdä, joiden kanssa käyttäjä voi toimia vuorovaikutuksessa niin? (Yuan ym. 2005) Onnistuneita toteutuksia on olemassa, jotka viestivät lisätyn todellisuuden eduista.

Lisätyn todellisuuden ratkaisut on mahdollista rakentaa niin, että työntekijät saavat ohjeita omassa työympäristössään, jotka voivat tuottaa tärkeää tietoa, joka auttaa työntekijää kokoonpanotehtävissä ja säästää työntekijän aikaa ja vähentää virheitä. Työntekijän ei tarvitse ohjeita hakeakseen siirtyä fyysisesti, tai edes kääntää päätään riippuen ratkaisusta. (Yuan ym. 2005) On olemassa ratkaisuita, joissa käyttäjä liikkuu vapaasti ja ratkaisuita, jotka on sidottu tiettyihin paikkoihin.



Kuva 2. Tyypillinen lisätyn todellisuuden ympäristö. (Wang ym. 2016)

Lisättyä todellisuutta hyödyntävän vaihtoehdon edut ja haasteet

Lisätyn todellisuuden käyttäminen kokoonpanolinjalla vaatii syvällistä ymmärrystä siitä, milloin, mitä ja missä virtuaalista informaatiota lisätyn todellisuuden avulla kannattaa tuottaa. Suunnitteluprosessi vaatii ympäristöstä ja ymmärrystä yksilön kannalta aistittavasta kokonaisuudesta (*sensor modality*). (Yuan ym. 2005) Siinä missä lisätyn todellisuuden tapauksessa aistittava kokonaisuus täytyy huomioida ja suunnitella käyttäjän kannalta perusteellisesti, ei Wangin ym. (2016) mukaan lisätyssä todellisuudessa ympäristöä tarvitse mallintaa täysin.

Kokemukset ovat osoittaneet, että lisätty todellisuus voi vapauttaa työntekijän voimavaroja, jos lisätyn todellisuuden datan ja kuvien avulla voidaan helpontaa työtä. Näin lisätty todellisuus voi ratkaista teollisuuden osaamisvajetta. (Porter & Heppelmann 2017)

Boudin vertailussa oli mukana viisi erilaista kokoonpanotapaa: perinteiset 2D insinööripiirustukset, työpöydän virtuaalinen todellisuus (VR), jossa käytettiin 2D esitystä, työnäytöllä VR, joka käytti stereoskooppista esitystä, immersiiivinen VR jossa käytettiin lisätyn todellisuuden kypärää esityksessä ja

lisätyn todellisuuden avustettu kokoonpano. Näistä viidestä vaihtoehdosta lisätyn todellisuuden vaihtoehto oli kaikkein tehokkain. Käyttäjät kykenivät suorittamaan tehtävät kahdeksan kertaa nopeammin kuin perinteisiä piirustuksia käyttäessään. Myös verrattuna virtuaalisen todellisuuden vaihtoehtoon lisätyn todellisuuden vaihtoehto oli aikaa säästävämpi (30 sekuntia vs. 52 sekuntia). (Bhattacharya 2016)

Bhattacharyan (2016) viittaa myös Nilssonin tutkimukseen, jossa käyttäjät kokivat lisätyn todellisuuden ratkaisuiden hyödyt omassa työssään kokoonpanolinjalla onnistuneiksi silloinkin kun vuorovaikutusta oli vain vähän. Kognitiivinen kuorma väheni. Joissain tapauksissa vaativaa kokoonpanotyötä on pystynyt suorittamaan myös täysin perehtymätön (non-expert). (Bhattacharya 2016)

Useista onnistumisista huolimatta lisätyn todellisuuden ratkaisuilla on uutena ja kehittyvänä teknologiana myös teknisiä haasteita. Krevelen & Poelman (2010) listaavat haasteiksi kustannukset, virran käyttö, paino ja ergonomian. Kehitys kulkee kohti intuitiivisempia rajapintoja. Heidän kartoituksensa perusteella useimmat lisätyn todellisuuden käyttäjät käyttivät PC:tä, sensoreita, näyttöjä, virtalähteitä ja muuta varustusta. Ulkona näiden kaikkien väliset yhteydet eivät ole aina toimintavarmoja. Yhdeksi monista haasteista Krevelene & Poelman (2010) listaavat syvyysnäön rajallisuuden. Merkittäviksi haasteiksi kokoonpanolinjalla lisätyn todellisuuden käyttämisessä Bhattacharya (2016) listaa 3D-mallien rekisteröinnin vastaamaan todellista maailmaa. Tämä on vaikeaa. Sisällön luominen vie paljon aikaa. Hardware ei usein omaa riittävää prosessointivoimaa toimiakseen reaaliajassa. (Bhattacharya 2016)

Haasteista huolimatta lisätyn todellisuuden uskotaan olevan markkinoilla erittäin merkittävä ja käännteentekevä ilmiö. Porterin & Heppelmannin (2017) mukaan se tulee muuttamaan monia teollisuuden aloja. Heidän mukaansa lisätyn todellisuuden ratkaisut muuttavat oppimisen ja päätöksenteon tapoja ja vuorovaikutussuhteita. Työntekijöiden kouluttaminen muuttuu lisätyn todellisuuden ratkaisuin myötä. Koulutuksen lisäksi myös tuotteiden suunnittelu- ja kehitys, asiakassuhteet ja kokonaiset arvoketjut kokevat muutoksia lisätyn todellisuuden ratkaisuiden takia. (Porter & Heppelmann 2017)

VAIHTOEHTO B: Käyttöohjeet virtuaalitodellisuuden avulla

Virtuaalitodellisuus oppimisympäristönä

Virtuaalitodellisuus (VR) on käytännössä erilaisia teknologioita ja tietokoneen laitteisto, jotka yhdistettynä voivat luoda immerstiivisen simulaation kolmiulotteisesta ympäristöstä. (Neelakantama & Pant 2017)

Virtuaalitodellisuudesta yritetään yleensä luoda ikään kuin mahdollisimman todellisen tuntuinen ympäristö

(*Plausibility Illusion, PI*), jossa saadaan näkökenttään myös syvyytsvaikutelmaa ja ääniä. Käyttäjä on ikään kuin läsnä virtuaalisessa maailmassa. Käyttäjälle muodostuu illuusio todellisesta paikasta (*Place Illusion, PI*). Käyttäjä voi konsolin avulla olla vuorovaikutuksessa virtuaalisen ympäristön kanssa riippuen toteutuksesta. (Slater 2017)

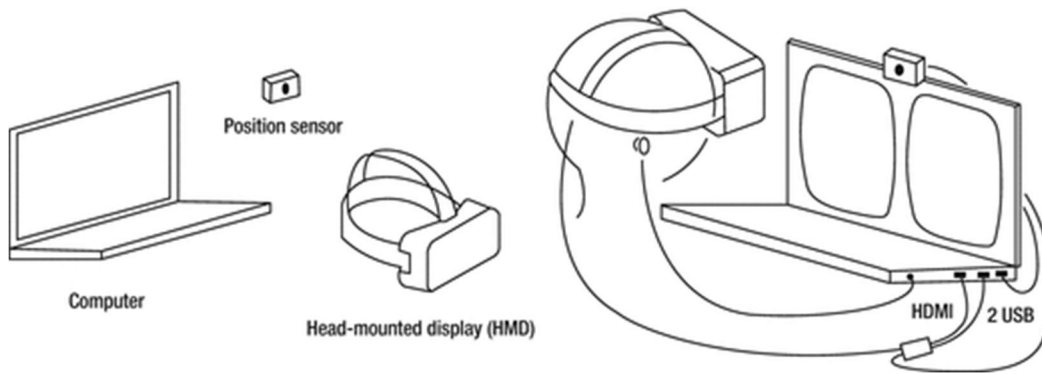
Virtuaalisen todellisuuden käyttöä koulutuksessa on tutkittu erilaisista näkökulmista. Virtuaalinen todellisuus on koulutuksessa arvokasta, koska sen avulla voidaan luoda abstrakteista asioista konkreettisia. Osallistujalle virtuaalisen todellisuuden kokemus on periaatteessa vaivaton. Virtuaalisen todellisuuden avulla toteutettu koulutus mahdollistaa osallistumisen ja jopa itse tekemisen kokemuksen, ja näin oppiminen voi tulla henkilökohtaisemmaksi. Hyvin vaikeita tai mahdottomana pidettyjä asioita voidaan kuvaila käytännöllisellä tavalla. Virtuaalista todellisuutta on mahdollista manipuloida. (Slater 2017)

On olemassa monia tapoja edetä virtuaalisuutta hyödyntävissä projekteissa. Parasta voi olla laatia alustavaa kartoitusta ja tähän tarjoavat apua myös monet erikoistuneet konsulttiyhtiöt Suomessa ja myös ulkomailla. Jos ei halua itse panostaa laitteistoihin, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä koulutusratkaisu on mahdollista ostaa myös showroom-versiona, jossa tapauksessa koulutus järjestetään muissa kun yrityksen tiloissa ja tilaajalle projekti on kevyempi toteuttaa. Silloin laitteisto tulee VR showroom-palvelua tarjoavalta yritykseltä, ja koulutustarpeet räätälöidään heidän tai yhteiskumppanien kanssa toteuttaen projektin, jossa luodaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävä koulutuspaketti.

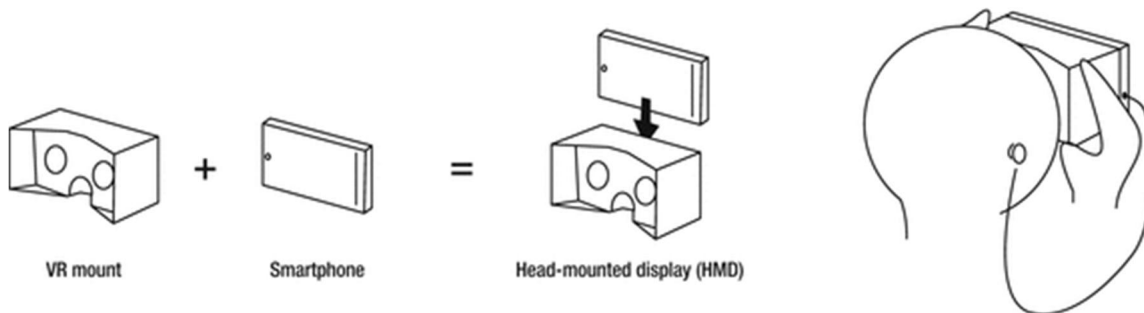
Virtuaalitodellisuuden laitteistot

Kääpän (2018) mukaan VR-tekniologiaa kuten AR-tekniologiaakin pystytään toteuttamaan monella tapaa. Yleisimmät ovat kuitenkin Android- ja iOS-pohjaiset mobiililaitteet ja LCD-tekniologiaan pohjautuvat VR-kypärät. Myöskin on älypuhelimia, joita voidaan käyttää VR-kypärissä, Kääpä (2018) luettelee näistä esimerkkejä: Google Pixel, Samsung Galaxy S6-kännäkät. Markkinoilla on useita erilaisia VR laitteita eri yrityksiltä, kuten esimerkiksi *HTC Vive, Oculus Rift, Sony PlayStation VR, Samsung Gear VR, Google Cardboard, Google Daydream View, Microsoft HoloLens, Razer OSVR HDK 2, Fove VR, Sulon Q, OnePlus Loop VR, LG 360 VR, Zeiss VR One, Avegant Glyph, Zeiss VR One GX, ja Homido*. (Neelakantam & Pant 2017)

Suomalaiset Varjon VR-lasit on tarkoitettu ammattilaiskäyttöön.



Kuva 1. Tietokoneella ohjattava virtuaalitodellisuuden laitteisto (Neelakantam & Pant 2017)



Kuva 2. Mobiiliin perustuva virtuaalitodellisuuden laitteisto (Neelakantam & Pant 2017)

Virtuaalisen todellisuuden soveltamiseen liittyen tietokoneiden sekä hardware puoli että ohjelmistot kehittyvät. Hardwareen liittyvä laitteisto voidaan jakaa kahteen erilaiseen ryhmään. (Neelakantam & Pant 2017) On olemassa ensisijaisesti kahdenlaisia laitteistoja. Toiset ovat tietokoneella yhdistettyjä, jolloin virtuaalisen todellisuuden järjestelyt, asentoa mittaavat sensorit ja korkean resoluution HMD-kypäränäyttö ovat yhteyksissä tietokoneen systeemiin. Virtuaalisen todellisuuden laitteisto hyödyntää silloin useita tietokoneen prosesseja tehtävissään. Kypärä, joka sisältää näytön, käyttää tietokoneen kautta virtuaalisen todellisuuden laitteita. Toinen laitteistomahdollisuus taas on mobiiliin perustuva. Tällöin virtuaalisen todellisuuden laitteisto sisältää HMD-laitteen ja hyödyntää älypuhelinta. Älypuhelin toimii näyttönä ja tuottaa ääntä, käyttäen VR-tekniikkaa ja sisältäen linssin, joka välittää stereoskooppisen näkymän käyttäjälle. (Neelakantam & Pant 2017)

WebVR on Mozillan kehittämä JavaScript-sovellusohjelmointirajapinta (API). Selaimella WebVR:n kautta miltä tahansa laitteelta voi käyttää virtuaalisen todellisuutta. Kokemuksen voi jakaa, kun lähettää linkin.

(Neelakantam & Pant 2017) Tekstit, kuvat ja videot on mahdollista esittää elävämmällä, kattavammalla tavalla. WebVR.info sivulla kuvataan helpoimmaksi tavaksi aloittaa päähän laitettavalla Google Cardboardilla, tai kehittyneimmillä Samsung Gear VR:llä tai Google Daydream -laitteilla. Enemmän ominaisuuksia saa irti, kun yhdistää VR-lasit tai kypärän tietokoneeseen, ja tällaisia vaihtoehtoja ovat Oculus Rift tai HTC VIVE. Näitä käyttäessään käyttäjä pääsee kävelemään virtuaalisen todellisuuden kokemuksessaan, näkymän resoluutio on parempi. Toisaalta minimissään ilman laseja tai kypäriäkin pystyy käyttämään 360 asteen näkymää. (WebVR.info)

Virtuaalitodellisuus vaihtoehdon edut ja haasteet

Virtuaalisen todellisuuden koulutusprojektin suunnittelijalla on monta näkökohtaa ratkaistavana. Miten virtuaalisen todellisuuden sovellus palvelee parhaiten ympäristöään minimoituin haitoin? Millaisia tavoitteita ja keille tavoitellaan, ja miten näitä voidaan mitata?

Virtuaalisen todellisuuden kyky luoda korvaava todellisuus on etu tietyissä tapauksissa, kun koulutus tuotetaan olosuhteissa, jotka ovat vaivalloisia, vaarallisia ja joissa virheet on minimoitava.

Virtuaalitodellisuuden erottaa muista medioista tutkijoiden mukaan sen vuorovaikutteisuus. Osallistujille kokemus on yleensä sellainen, että he kokevat ikään kuin olleensa läsnä ja paikalla aidossa tilanteessa. (Liu ym. 2017) Virtuaalitodellisuuden käyttäminen mahdollistaa myös tapaamisen virtuaalitodellisuudessa, jossa on enemmän läsnäolon kokemusta luovia elementtejä kuin muissa vaihtoehdoissa.

Toisaalta virtuaalinen todellisuus korvaa todellisuuden, ja vaikka vuorovaikutus virtuaalisessa sfäärissä lisääntyy, niin tuoko se lisää mielekkyyttä oppimiseen kokoonpanolinjalla? Haasteena on viihteessäkin paljon käytetyn virtuaalitodellisuuden ja aidon ympäristön yhdistäminen, etteivät ne jää liian erillisiksi kokemuksiksi. (Liu ym. 2017) Mikä virtuaalinen todellisuus korvaa realistisen ympäristön, ja käyttäjä ei toimi samalla vuorovaikutuksessa realistisen ympäristönsä kanssa. Käyttäjä etäännyy realistisesta kokemuksesta, ja koulutus virtuaalitodellisuuden avulla voi häiritä aidon kokoonpanoprosessin luotettavuutta. Toisaalta vaikka luotu virtuaalinen todellisuus ei myöskään muistuta erehdyttävästi aitoa ympäristöä. Todellista ympäristöä on vaikea mallintaa täysin ja tarkasti sekä oikea-aikaisesti huolimatta kehittyneistä tiedon käsittelyn lähestymistavoista kuten GPU (graphics processing unit), huomauttavat Wang ym. (2016).

Esimerkiksi Ford käyttää virtuaalista todellisuutta workshoppeissa kootakseen maantieteellisesti kaukana toisistaan olevat insinöörit tekemään reaaliaikaista yhteistyötä aiheenaan koneiden prototyyppien kehittäminen. (Porter & Heppelmann 2017) Virtuaalitodellisuuden teknologioita on testattu myös mekaanisen kokoonpanon tapauksessa. Tällöin käyttäjille eli kokoonpanolinjan työntekijöille on luotu

keinotekoinen, virtuaalinen ympäristö. Wang ym. (2016) listaavat useita eri virtuaalisen todellisen järjestelmiä, joita on testattu onnistuneesti kokoonpanolinjoilla. Näitä ovat CAVE, IVY, Vshop, VADE, HIDRA ja SHARP. Eli kokeilut ovat olleet lupaavia. VR järjestelmiä on voitu hyödyntää onnistuneesti esimerkiksi kokoonpanolinjalla. Kuitenkin nämä huomioiden Malmköld ym. (2012) muistuttaa, että nämä eivät ole silti vielä täydellisessä mittakaavassa realistisia tuotannossa. Monet tutkijat (mm. Liu ym. 2012) näkevät kustannusten hallinnan haasteena. Lisäksi edelleen yhteyksien kehittäminen eri laitteiden välillä poistaisi haasteita. (mt.)

Virtuaalitodellisuus koulutusympäristöjen ratkaistavana haasteena on myös käyttäjän teknologisen osaamisen vaatimukset ja tiedon yksityisyyskysymykset. (Liu ym. 2017) Myös kognitiivisen kuorman suunnittelu sopivaksi on haaste. Jos käytetään virtuaalisia avatar-hahmoja, niin käyttäjien kokemukset niistäkin ovat tärkeitä. Parhaimmillaan oppimisessa on mukana henkilökohtaisia, identiteettiin liittyviä ja yhteisöä vahvistavia piirteitä. (mt.)

Johtopäätökset

Kokoonpanolinjalla työ on hienovaraista, tarve keskittyä olennaiseen ja ympäristön turvallisuustekijät tärkeitä. Tässä työssä kartoitettiin kahta vaihtoehtoista tapaa teollisuuden kokoonpanolinjan ohjeistusten kehittämiseen, lisättyä todellisuutta ja virtuaalitodellisuutta yleisellä tasolla. Lisätyn todellisuuden käyttö mahdollistaa visualisoinnin, ohjeistamisen ja vuorovaikutuksen, kun taas virtuaalisen todellisuuden käyttö lisää edellisiin vielä kyvyn simuloida täysin keinotekoisien, mahdollisesti todellisuutta vastaavan, ympäristön. (Porter & Heppelmann 2017) Lisättyä todellisuutta myös käytetään enemmän kuin virtuaalista todellisuutta (mt.)

Lisätty todellisuus ja virtuaalinen todellisuus ovat houkuttelevia ratkaisuita perinteisiin paperisiin ohjeisiin verrattuna. Ne voidaan suunnitella oppijan tarpeita tukevaksi ja motivoiviksi konseptiksi, jotka helpontavat työtä ja vapauttavat voimavaroja muihin tärkeisiin tehtäviin. Ratkaisuiden kehittämisessä työntekijäkokemuksen ja yksilöiden aistien kokonaisuuden huomioiminen on tärkeää. VR:n osalta täytyy huomioida myös teknologian laajan mittakäytön haasteet. Tämä kartoitus ei tarkastellut vielä tarkemmin teknisiä ja muita toteutusratkaisuja ja niiden hintoja. VR-lasit myös voivat aiheuttaa matkapahoinvoinnin tapaista pahoinvointia osalle käyttäjistä, joten niiden rinnalle tarvittaisiin myös perinteisiä ohjeita.

Lisätty ja virtuaalitodellisuus tuovat koulutukseen uusia ulottuvuuksia. Niillä on kyky herättää huomiokykyä ja motivoida huomaamaan tiettyjä asioita. Visuaalinen materiaali on oppijalle muistettavampi ja elämyksellisempi. Oppijan aistittavan ympäristön suunnittelu on sekä haaste että mahdollisuus. Tarinat ja

symbolit osana lisättyä tai virtuaalista todellisuutta tempaavat oppijan mukaansa. Ratkaisuun voi liittyä myös sosiaalinen ulottuvuus, joka muuttaa samalla myös oppimisen ja kehittämisen luonnetta tarpeen mukaan. (Dede ym. 2017)

Mikro-oppimisessa oppija saa joustavasti tarvitsemaansa tietoa muutaman minuutin jaksoina, ja mukana on vuorovaikutusta. Jos lisätty todellisuus on helposti saatavilla ja helppo käyttää, kuten jotkut mediassa olleet esimerkit ovat vaikuttaneet, voisi lisättyä todellisuutta hyödyntää esimerkiksi tarvittaessa -periaatteella, riippuen oppimisympäristön tarpeista. Lisätyllä todellisuudella ja virtuaalitodellisuudella on mahdollisuuksia tukea kognitiivisen oppimisen lisäksi myös vaistonvaraisessa, implisiittisessä oppimisessa, jota on vaikeampi kuvailla, mutta implisiittistä oppimista tapahtuu myös kokoonpanolinjalla. Toisaalta digitaaliseen muotoon riittävä mallintaminen on aina haaste. Porter & Heppelmann (2017) myös muistuttavat, että oppimisratkaisut joka tapauksessa vaikuttavat myös tiedon järjestämiseen ympäristössä. Vaikutukset ulottuvat aina yksittäisestä käyttäjästä organisaation tasolle ja arvoketjuihin asti.

Työn ja vaiheiden suunnittelu on laaja kokonaisuus, johon VR ja AR työkalut voisivat tuottaa uusia mahdollisuuksia. Standardoitujen tehtävien osalta esimerkiksi lisätty todellisuus voi olla osa vuorovaikutteista toimivien työvaiheiden standardointiprosessia, joka auttaa havaitsemaan myös haasteellisia ja kehitystyötä vaativia vaiheita.

Lisätyllä ja virtuaali todellisuuden teknologioilla ja käytöllä on merkittävää potentiaalia kokoonpanolinjalla. Työn helpontuessa työntekijän asiantuntemusta vapautuu enemmän kehittämiseen. Samalla AR- ja VR -teknologiat inspiroivat täysin uudella tavalla yhteiskehittämistä yli maantieteellisten rajojen, helpontaen yhteistä kommunikointia luomalla konkreettisia malleja monimutkaisista asioista. Esimerkiksi Wangin ym. (2016) mukaan siinä missä perinteiset tietokoneen käyttöön perustuvat kokoonpanoteknologiat keskittyvät kokoonpano prosessin suunnitteluun ja formalisoiden rajoitteet ja suhteet, tyyppillisesti CAD-järjestelmien avulla. Uusien tuotteiden tapauksessa tämä on aina haastavaa. VR- ja AR -teknologioilla on erittäin paljon annettavaa myös abstraktien asioiden kuvaamiseen paremmin ymmärrettävällä tavalla yhteissuunnittelussa. (Wang ym. 2016) Tutkimuksessa kokemuksia löytyy vasta vähän, joten tässä markkinassa on edelleen mahdollista viitoittamaan omaa tietä ja luomaan myös uusia mahdollisuuksia.

Lähteet

Abraham, M. Annunziata, M. 2017. Augmented Reality Is Already Improving Worker Performance

- Bhattacharya, B. 2016. *Automatic generation of augmented reality guided assembly instructions using expert demonstration* (Order No. 10239023). Available from Technology Collection. (1859912249). Retrieved from <https://ezproxy.cc.lut.fi/docview/1859912249?accountid=27292>
- Dede, C.J. Jacobson, J. Richards, J. 2017. Introduction: Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education in Liu, D. Dede, Huang, R. Richards, J. (eds.) *Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education*. Springer.
- DeployVR. 2018. Applications for AR in Manufacturing. Saatavissa: <https://escapetovr.com/applications-for-ar-in-manufacturing/> viitattu 16.12.2019
- Gag Gemini. 2019. Augmented reality training for BMW assembly line workers Youtube video, julkaistu 9.4. <https://www.youtube.com/watch?v=VOWrCf8PbEk>
- Graven, M. & Lerman, S. *Journal of Mathematics Teacher Education*. 2003. 6: 185. <https://doi.org/10.1023/A:1023947624004>
- Hand, S. 2019. Here's why manufacturers should consider adopting augmented reality (AR). *MachineDesign*. Sep 23, Saatavissa: <https://www.machinedesign.com/automation-iiot/article/21838157/augmented-reality-and-manufacturing> Viitattu 14.12.2019
- Harvard Business Review Manufacturing Magazine, March 13. <https://hbr.org/2017/03/augmented-reality-is-already-improving-worker-performance> Viitattu 14.12.2019
- Hugues, O. Fuchs, P. Nannipieri, O. 2011. New Augmented Reality Taxonomy: Technologies and Features of Augmented Environment in B. Furht (ed.), *Handbook of Augmented Reality*, DOI 10.1007/978-1-4614-0064-62. Springer Science+Business Media.
- Kääpä, J. 2018. AR ja VR teollisuudessa. Laajennetun- ja virtuaalitodellisuuden käyttö konepajateollisuuden suunnittelussa. Versoteq 3D Solutions Oy. Saatavissa: <https://versoteq.com/content/ar-ja-vr-teollisuudessa> viitattu 14.12.2019
- Krevelen & Poelman, R. 2010. A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual Reality*. 9 (2), 1-20.
- Lappalainen, E. 19.2.2019. Varjon VR-lasit tulivat myyntiin ja ne maksavat 5995 dollaria - Sai tuotteen markkinoille alle kolmessa vuodessa. *Talouselämä*.
- M.L. Yuan*, S.K. Ong and A.Y.C. Nee. 2005. Assembly Guidance in Augmented Reality Environments Using a Virtual Interactive Tool. *Innovation in Manufacturing Systems and Technology (IMST)*; <http://hdl.handle.net/1721.1/7442>

Neelakantam S., Pant T. 2017. Introduction to VR and WebVR. In: Learning Web-based Virtual Reality. Apress, Berkeley, CA

Porter, M.E. & Heppelmann, J.E. 2017. Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy. Harvard Business Review 95 (6), 46–57.

Radkowski, R. Herrema, J. Oliver, J. 2015. Augmented Reality-Based Manual Assembly Support With Visual Features for Different Degrees of Difficulty International Journal of Human - Computer Interaction; Norwood. 31 (5), 337. DOI:10.1080/10447318.2014.994194

Reber, A. S. 1989. Implicit learning and tacit knowledge. Journal of Experimental Psychology: General, 118 (3), 219–235. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.118.3.219>

S.K. Ong, J. Zhang, Y. Shen, and A.Y.C. Nee. 2011. Augmented Reality in Product Development and Manufacturing in B. Furht (ed.), Handbook of Augmented Reality, DOI 10.1007/978-1-4614-0064-62, © Springer Science+Business Media, LLC 2011

Schmalstieg, D. & Höllerer, T. 2016. Augmented Reality - Principles and Practice. Addison-Wesley Professional.

Siobhan, L. 2016. Micro Learning: Is It the Future of Workplace Training? Professional Safety; Des Plaines 61, (3) 21.

Slater, M. 2017. Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality in Liu, D. Dede, Huang, R. Richards, J. (eds.) Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education. Springer.

Vänskä, A. Ideaopas Lisätty todellisuus Augmented Reality. Premode Virtual Prototyping Saatavissa: http://www.premode.fi/premode3/wp-content/uploads/2017/07/premoden_uudet_opaat_ar04-2.pdf viitattu 12.12.2019

Vänskä, A. Lisätyn todellisuuden ideaopas. Ideoita ja esimerkkejä oman ja lisätyn todellisuuden (Augmented Reality) sovelluksen suunnitteluun

Wang, X; Ong, S K; Nee, A. 2016. A comprehensive survey of augmented reality assembly research. Advances in Manufacturing; Shanghai. 4 (1), 1-22. DOI:10.1007/s40436-015-0131-4

Wenger, E. 1998. Communities of practice: Learning, meaning, and identity. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>

Liu, D. Bhagat, KK. Gao, Y. Chang, T-W. Huang, R. 2017. The Potentials and Trends of Virtual Reality in Education A Bibliometric Analysis on Top Research Studies in the Last Two Decades in Liu, D. Dede, Huang, R. Richards, J. (eds.) Virtual, Augmented and Mixed Realities in Education. Springer.

Laadullisen tiedon keruun malli etätuotetta kehitettäessä

Heidi Myyryläinen, Saimaan amk

Samuli Nikkanen, Saimaan amk

Tiivistelmä

Teollinen yritys kehitti etätuotetta asiakkaan käyttöön, joka liittyi yrityksen tuottamaan koneeseen. Yritys oli kategorisoinut asiakkaan kumppanuudeksi, joka voi hyödyntää älyä asiakkuudessaan aiempaa enemmän. Digitaalisia tuotteita kehitettäessä on tärkeä ymmärtää, mitä asiakas arvostaa.

Tutkimusprojektista päätettiin hakea näkökulmaa yhteiskehittämiseen asiakkaan kanssa. Projektissa luotiin laadullinen tiedonkeruun malli, jota yritys voisi hyödyntää asiakasyrityksen kanssa.

Kehittämisen prosessi

Yrityksellä on paljon tietoa, mitä asiakas mahdollisesti arvostaa etätuotteissaan. Nämä ovat kuitenkin oletuksia, joita ei pystytä priorisoimaan ilman tietoa. Yritys oli tottunut saamaan asiakkaasta tietoa perinteisillä tavoilla. Yrityksen ja projektin tutkijat ja asiantuntijat päätyivät suunnittelemaan konseptin, miten saada tarkempaa tietoa siitä, miten asiakkaat voisivat käyttää tietoa ja miten he voisi kokea tuotteen omakseen. Haluttiin ymmärtää syvällisemmin, millaisesta tiedosta asiakas hyötyisi. Päädyttiin valitsemaan kaksi asiakasorganisaatiota, joista syvällisempää tietoa haettaisiin haastattelemalla ja havainnoimalla. Tämä tieto olisi tärkeää tuotteen ja palvelun kokonaisuuden kehittämisen kannalta.

Kehittämisen prosessissa tarvittiin osajia useista eri osastoista, palvelu- ja tekniseltä puolelta sekä asiakasrajapinnasta. Oli selvää, että tiedon kulku ja jakaminen myös organisaatiossa on tärkeää tuotteen kehittämisen prosessissa ja tämä olisi haaste. Kenen reviirillä oltaisiin?

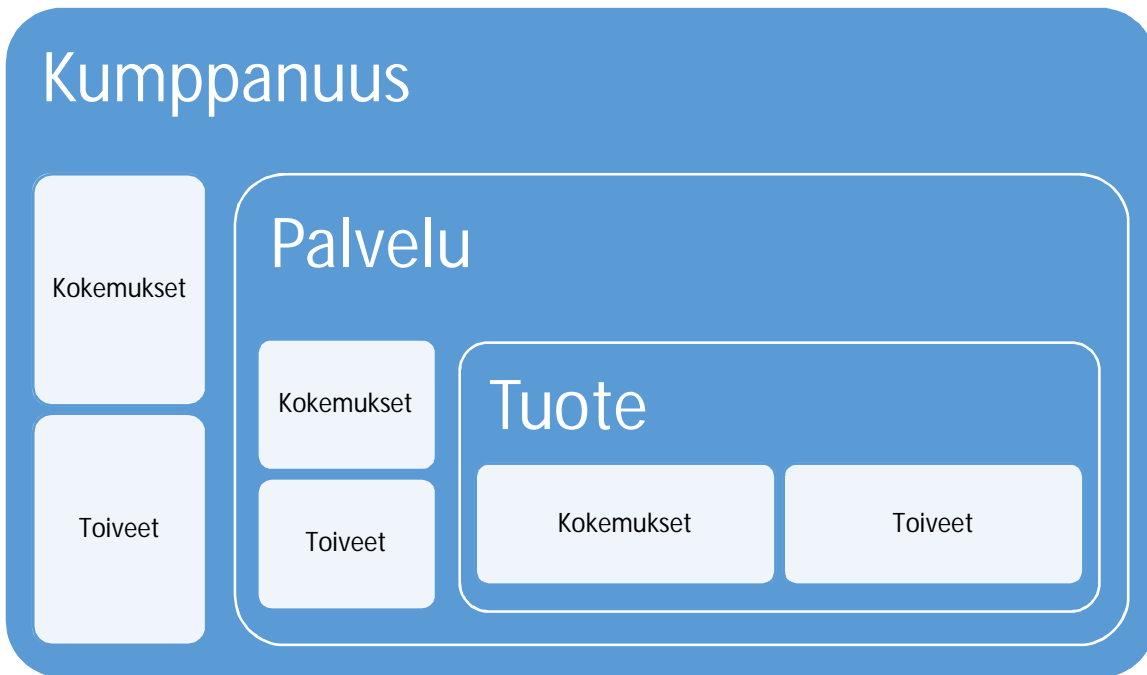
Tavoitteena olisi myönteinen asiakaskokemus myös tiedon keruun aikana. Kyseessä olisi vuorovaikutteinen prosessi, ei yksisuuntainen tiedonkeruu. Yrityksen asiantuntijoiden mielestä asiakkaalle pitäisi löytää sopiva roolinsa osallistumiseen, joka houkuttelisi asiakasta osallistumaan keskusteluun. Oli selvää, että keskustelun ja hyötyjen olisi oltava riittävän konkreettisia. Toisaalta kehitettäisiin myös pidemmällä

tähtämellä, ja tämä vaatii luottamusta. Luotavan konseptin perusajatuksiin kuuluu, että asiakas kokisi olevansa arvostusta ja yhteiskehittäminen hyödyttäisi molempia osapuolia.

Projektissa luotiin kysely, jonka avulla selvitettäisiin asiakkaan kokemuksia ja ajatuksia etätuotteeseen, käytön ympäristöön ja myös koko kehittämisprosessiin liittyvistä kehittäjäyrityksen rajapinnoista. Yrityksellä yhteyksiä yhteenkin asiakkaaseen oli monta ja näiden keskinäinen toiminta organisoitumassa.

Tuloksena tutkimushanke loi mallin, jota yritys hyödyntää laadullisena, yksittäisten yritysten tiedonkeruun mallina. Mallissa puolistrukturoitu haastattelulomake on osa kokonaisuutta. Haastattelukysymysten lisäksi konseptiin kuuluvat havainnointi ja avoin keskustelu. Asiakkaalle kerrotaan, että tietoa käytetään yhteistyössä asiakkaan kanssa yhteiskehittämiseen myöhemmin sovittavalla tavalla. Aikaa ja sopivaa, epävirallista oheishjelmaa varataan etukäteen ja luodaan kiireetön tunnelma. Tärkeää on myönteisten mutta realististen odotusten rakentaminen, yhteinen kehittäminen on myös yhteisten merkitysten rakentamista. Käytetään mahdollisimman paljon asiakkaan omaa kieltä. Olennaisin asia on kuitenkin tiedonkeruu, joka on jo osa yhteiskehittämisprosessia. Odotukset pyritään hallitsemaan, koska kaikkia toiveita ei aina voi täyttää. Kyselyssä selvitetään seuraavia asioita:

- Valittuun luotavaan tuotteeseen liittyvät tekniset yksityiskohdat ja yhteensopivuustarpeet
- Luotavan tuotteen käyttö (kuka, missä, milloin, miten)
- Luotavan tuotteen data (mikä on tärkeintä, kuka/ketkä, missä, yhteydet, rajaukset, analyysitarpeet)
- Kilpailevat vaihtoehdot asiakkaan näkökulmasta
- Haasteet ja koetut haitat, riskit, pelot
- Käyttötilanteet (mitä, missä, milloin)
- Kehittämismahdollisuudet ja näkökulmat (tahtotila, yhteydet, avoimuus, muut tuotteet, arvoverkostot)
- Tarpeet (koulutus ym.)
- Ajatuksia (vapaalle keskustelulle annetaan tilaa läpi haastattelun)
- Ajatuksia ja odotuksia yhteistyökumppanuudesta
- Mahdollisuudet



Kuva 1. Asiakkaan kokemuksista ja toiveista halutaan mahdollisimman tarkkaa ja yksityiskohtaista tietoa.

”Haluttais seurata meidän tuotteita livenä” – Insinöörien ja kehittämispäälliköiden kehittämispuheen sosiaalisen identiteetin ja psykologisen omistajuuden diskursseja

Heidi Myyryläinen, Projektipäällikkö, Saimaan amk

Sari Pärssinen, lehtori, Saimaan amk

Tiivistelmä

Newarea-projektin aikana keräsimme haastatteluja insinööreiltä ja kehittämispäälliköiltä, jotka työskentelivät teollisuusyrityksissä tai teollisuusyritysten kanssa työskentelevissä asiantuntijaorganisaatioissa. Halusimme ymmärtää heidän puhettaan liittyen omaan työhön, uuteen teknologiaan, yhteistyöhön. Nämä puheet ovat merkityksellistämisen tapoja ja heijastavat myös prosessia,

jossa tartutaan mahdollisuuksiin ja uudistetaan tai luodaan uusia konsepteja. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina. Projektissa työskentelevät liiketalouden opiskelijat haastattelivat yrityksiä. Haastattelut litteroitiin. Tulkitsimme tekstit diskurssianalyysillä. Diskursseilla tarkoitamme säännönmukaisia merkityksen systeemeitä, jotka tuotetaan sosiaalisissa käytännöissä. (Suoninen 1999, 21)

Kieltä tutkimalla kehitystyöstä paljastuu monia puheen tapoja. Todellisuus näyttäytyy kielen avulla monipuolisena ja osin myös ristiriitaisena. Tulkinnallisessa lopputuloksessa valitsimme puheista kolme ryhmää. Ensinnäkin miten minä puhutaan myös ryhmäkuuluvuuksien kautta, toiseksi miten minä vaikuttaa roolijäsenyyden avulla ja kolmanneksi mitä yhteisönä me olemme ja haluamme. Nämä ovat merkityksellistämisen tapoja, joilla on merkitystä oman työn kokemisessa ja ryhmään ja verkostoihin liittyvässä yhteistyössä. Digitaalisen transformaation aikakaudella työtä tehdään yhä moninaisimmissa verkostoissa, ja tulkitsemme, että koettu sosiaalinen identiteetti, minä ryhmän jäsenenä eli relationaalinen identiteetti ja me yrityksenä tai organisaationa, ovat tärkeitä työn suuntaajia ja selkeyttäjiä puheissa.

Tutkimustehtävä ja tutkimusprosessi

Tutkimustehtävämme on lisätä ymmärrystä uudistamiseen liitetyistä merkityksistä tutkimalla puhetta. Tutkielmamme on aineistolähtöinen. Aiheet nousevat aineistoista, ja aineiston analysoinnin ja teorioiden valintojen prosessimme lomittuvat.

Halusimme tutkia puhetta, koska se avaisi henkilökohtaista yksilöön ja toisaalta yhteistyöhön liittyviä ulottuvuuksia kehittäjiensä työssä. Diskurssianalyysi välineenä antaa mahdollisuuden tulkita myös puheeseen liitettyjä tulkittavia tunteita. Meidän mielenkiinnon kohteena on yritysten kyky uudistaa, ja yritysten kyky uudistaa riippuu yrityksessä työntelevien kyvystä uudistaa. Tutkiessamme puhetta emme kuitenkaan tutki itse uudistamista, vaan ainoastaan puhetta.

Miksi minä, minun, me- ja meidän -puhe paljastaa paljon kehittämisen ympäristöstä? On olemassa suuntauksia, jotka katsovat oppimisen olevan myös sosiaalinen prosessi ja yhteisöihin kuuluminen vaikuttaa paljonkin oppimiseen ja sen suuntaamiseen. Se, mihin haluamme kuulua ja mitä arvostamme, vaikuttaa paljon. Uutta luodaan koko ajan, mutta tämä prosessi ei ole helppo. Puhekin on tapahtuma, ja myös puheissa luodaan todellisuutta. (Sfard 1998; Lave & Wenger 1991; Rogoff 1990, Hakkarainen & Paavola 2004, 235.) Jokaisella alalla on omia näkyviä ja näkymättömiä tapoja ja sääntöjä, miten kuuluu kehittää, kuka kehittää ja mitä kehitetään. Nämä ovat osa kaikkea toimintaa asiakassuhteista työvälineisiin ja niitä kuvataan myös puheissa.

Minä, minun, me ja meidän - sosiaalinen identiteetti ja psykologinen omistajuus oppimisessa ja uudistamisessa

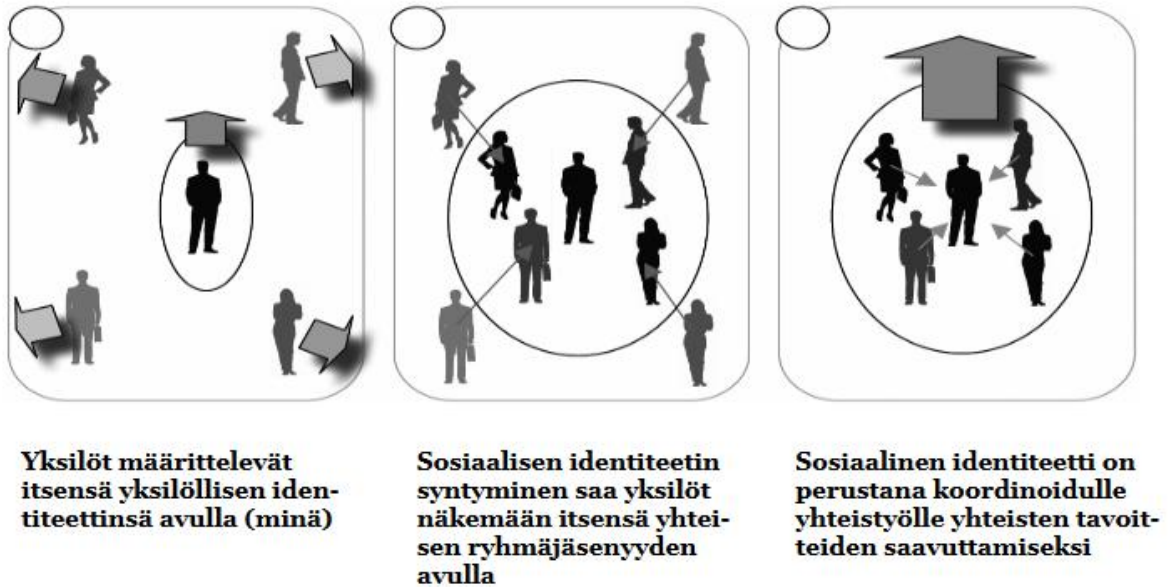
Minä-, minun-, me- ja meidän-puhetta voi lähestyä sosiaalisen identiteetin ja psykologisen omistajuuden käsittein.

Käyttämillämme käsitteillä on eri teoriaperinteitä. Tarkastelemme sosiaalista identiteettiä vuorovaikutuksessa rakennettavana, merkitysvälitteisenä käsitteenä. Viittaamme myös itsen kategorioinnin teoriaan. Itsen kategorisoinnin viitekehys ei ole merkitysvälitteinen. Meidän katsantokantamme tässä tutkielmassa on sosiaalinen rakentuminen. Ihmiset tulkitsevat ilmiöitä ja ne eivät ole ilmeisiä kenellekään. (Ks. Anttila 2007, 72, cited by Myyryläinen 2014)

Mikä sosiaalinen identiteetti on ja se auttaa ymmärtämään puhetta, joka liittyy kehittämistyöhön? Tajfelin (1972, 292) mukaan sosiaalinen identiteetti on käsitystä itsestä, joka juontuu ryhmään kuulumisesta. Tarkemmin hänen mukaansa sosiaalinen identiteetti liittyy sellaisiin ryhmiin kuulumiseen, joihin liitetään emotionaalista merkittävyyttä ja niitä arvostetaan. Ihmisillä on luonnostaan tarve kuulu ryhmiin, niiden avulla koetaan yhteenkuuluvuutta mutta myös erottaudutaan. Identifikaatio tarkoittaa samastumista. Samastuessaan ryhmään, yksilö alkaa myös suosia ryhmää. Yksilön asenteet ja käyttäytyminen vaikuttavat ryhmäjäsenyyksistä. Kun yksilö samastuu ryhmään, ryhmän tavoitteet tulevat hänen omikseen. (Hogg & Abrams 1988) (Hogg & Terry 2001, 1- 4; Layder 2004, 7; Haslam, Reicher & Platow 2011; Tyler & Blader 2000; Tajfel 1982.)

Kuvassa 1. näkyy sosiaalisen identiteettiprosessin kolme erilaista tasoa (Haslam, Reicher & Platow 2011, 20). Yksilöt määrittelevät itsensä yksilöllisen identiteetin avulla. Toisella tasolla sosiaalinen identiteetti syntyy myös yhteisön ryhmäjäsenyyden avulla. Rooli ryhmässä ja ryhmän vuorovaikutus vaikuttaa yksilön käsityksiin itsestään. Kolmanneksi ryhmällä on identiteetti suhteessa ympäröivään maailmaan ja ryhmiin,

ryhmän yhteinen tavoite määritellään suhteessa ryhmän ulkopuoliseen maailmaan.



Kuva 2. Yksilön identiteetillä ja tavoitteilla on yhteys (Haslam, Reicher & Platow, 2011, 60, cited by Myyryläinen 2014)

Kehitystyössä ja sen ohjaamisessa ja johtamisessa on tärkeää ymmärtää, että yksilöllisellä, relationaalisella ja yhteisöllisellä tasolla minä-identiteettiin vaikuttavat eri tavoitteet ja motiivit. (Brewer & Gardner 1996; Brickson & Brewer 2001, 50). Kun yksilöä ohjaa henkilökohtainen identiteetti, silloin henkilökohtaiset tavoitteet ovat ensisijaiset. Kun taas identiteettiorientaatioissa hallitsee relationaalinen identiteetti, silloin yksilö määrittelee itseään kyseisen ryhmän roolien kautta. Kun ryhmän identiteetti on yhteisöllinen, silloin yksilö motivoituu ensisijaisesti ryhmän tavoitteiden edistämisestä. (Brickson & Brewer 2001, 51 - 54.)

Pierce ym. (2001, 299 cited by Pierce & Jussila 2011, 16) määrittelivät psykologisen omistajuuden tilaksi, jossa yksilö kokee että jokin kohde on hänen. Piercen & Jussilan (2010) ovat laajentaneet omistajuuden käsitteen ryhmän tasolle. Yhteisön jaettua omistajuuden tunnetta he kutsuvat kollektiiviseksi psykologiseksi omistajuudeksi. Heidän mukaansa tällöin yhteisön jäsenet ovat tietoisia ryhmästään ja ovat luoneet vuorovaikutuksessa suhteen johonkin yhteiseen kohteeseen, jonka he olevan puhuvat "meidän". (Pierce & Jussila 2010.)

Tulkinnalliset tulokset

Tulkitsimme kolme kategoriaa, jotka kaikki liittyvät samalla ryhmän johtamiseen. Mielestämme nämä kehittäjiä puheet ovat tärkeitä, koska näillä puheilla kehittäjät puhuvat myös mahdollisuuksista ja haasteista ja uudistamisen rajoista. Sekä henkilökohtaisella identiteetillä, rooli-identiteetillä ryhmässä ja me-identiteetillä suunnataan puheissa toimintaa.

Tutkiessamme litteroiduista haastatteluista puhetta, huomasimme, että minä-puhetta oli vähemmän kuin me-puhetta. Minä-puhe liittyi johonkin itselle tärkeään ja omiin toiveisiin. *„..kyl mua eniten kiehtois tämmönen niinku uuden suunnittelu ja laskeminen.” (Haastateltava 3)* Kun puhuja sanoo ”minä itse”, tämä henkilökohtainen ulottuvuus liittyy myös asioihin niihin asioihin, mistä yksilö motivoituu tai pitää tärkeänä.

Aivan kuten minä-puheella luodaan osallistumista, samoin minä-puheella rajataan itseä ulos erilaisista asioista. Minä-puheeseen saattaa liittyä myös joskus ylpeyttä. Myös teknologiaan, jonka kanssa työskentelee paljon, tulee puheissa läheinen suhde. Silloin teknologiasta saatetaan puhua ikään kuin antaen persoonallisia piirteitä sille. Puheissa myös työkalut voivat tulla läheisiksi, ja tätä ilmentää myös niihin liitetty ”minun” puhe. Tulkitsimme, että nämä minun-kokemukset ovat tärkeä osa työhön liitettävää puhetta toisilla puhujilla, kun taas toisilla vähemmän. Huomasimme, että minun puheet liittyvät asioihin, joihin puhujat olivat vaikuttaneet ja saaneet vapauksia kehittää. Tämä havaintomme on linjassa myös psykologisen omistajuuden teorian (ks. Pierce & Jussila 2010) kanssa.

Tulkitsimme puheista, että teollisuudessa koetut ”pelipaikat” oman ryhmän suhteen kuin myös ulkoryhmien suhteen puhutaan merkittävinä asioina. Tällöin johtaja määrittelee roolin ja työntekijä ottaa määrätyn tehtäväalueen vastaan sen perusteella, ja tämä on tuttu tapa toimia puheissa.

”Muutostilanteessa en mie ryhdy miksiäkään agitaattoriksi. Pelaaan just sitä paikkaa, minkä valmentaja minulle kertoo.” (Haastateltava 7)

Näissä puheissa asiantuntijat kuvaavat myös omaa roolinottoaan ja joitain siihen liittyviä rajoitteita. Ryhmän asenneilmasto kuuluu puheissa hyvin. Puheilla luodaan oman ja keskinäisen työn rajoja. Monet asiat rajaavat työtä ja näistä myös puhutaan, alan yhteiset säännöt, määräykset ja kulttuuri ja monenlaiset alan standardit.

Ryhmän puhutaan arvostavan tietynlaisia asioita. Yleensä puheissa näille on hyviä perusteita, mutta luovassa ja monialaisessa työskentelyssä on tutkimusten kannalta hyvä avata perusolettamuksia. Pienessä aineistossamme, josta emme vedä yleistyksiä, havaitsimme, että ne jotka kokivat työroolinsa selkeänä, puhuivat siitä ja kehittämistä yhteistyössä myönteiseen sävyyn.

Sinulla olis se robo-robotiikka, et saatais sitä hyödynnettyä ja meikäläisel olis sitte lähinnä tämä niinkun cämi-puoli.” Haastateltava 4 Haastateltava 5:lle

Puheissa uudistamiseen käytettävä aika on usein rajallista. Yksilöt itse tai yhdessä puhuvat myös käsityksiä, minkä kokoiset muutosaskeleet ja minkälainen kehittäminen koetaan sopiviksi: *”Kyllä, sit siihe pullaa tukehtuu.” (Haastateltava 4), ” Joo se pitää olla, muutos pitää aina olla hallittavissa. Sehän se on.” (Haastateltava 5)*

Puheissa puhutaan myös asemaa ryhmässä ja ryhmän sisäisiä suhteita ja kehittämisen rooleja. *”Informaatio on oikeestaan se. Ja sitten sen oon huomannu, että ku siitä tarpeeks usein puhuu. Eli toistaa, toistaa asioita. Puhutaan niinku tavoitteista ja kerta toisensa jälkeen siitä niinku keskustellaan ja ilmoitetaan, että tämä on se suunta mihinkä pitäis mennä, että työpaikat säilyy.” (Haastateltava 5)*

” Ihminen on sellanen, että hän rupee sitten, kun koko ajan niinku toistaa sitä, nii hän ehkä rupee miettimään, että nojoo, että näinhän se. Näinnäinniinkun siin on järkee, tähän suuntaan mennään, tämä on se tavoite, tämä on yrityksen tavoite. Ja aika on se, että joka siinä sitten niinku vaikuttaa ihmiseen.” (Haastateltava 4)

Me-puhetta oli toisissa tapauksissa enemmän kuin toisissa. Meidän-puhetta liitytään liiketoimintaan, asiakkaisiin, laitteisiin ja tuotteisiin: *”mein järjestelmä”, ”meidän omat servicekaverit”, ”meidän asiakkaat”, ”meidän liiketoiminta”, ”meidän letkupumput”, ”meidän laitteet”, ”meidän tuotteet” ja ”meidän palvelin”.* Kaikkiin laitteisiin, ohjelmistoihin ja tuotteisiin ei liitetä yhtä paljon meidän-puhetta. Pierce & Jussila (2011, 76-85) teoriassaan ehdottavat, että nämä tunteet syntyvät vaikuttamalla, tuntemalla ja investoimalla itseään kohteeseen. Samaan tapaan esimerkiksi asiakkaasta puhutaan heidän. *”Heidän valvomo”*

Me-puheeseen liittyy monia sävyjä. *”Tää meidän edustama firma”* on etäisempi ilmaus kuin työntekijän puheessa *”meidän yritys”*.

Me puheella perustellaan ja asemoidaan ryhmän kehittämistavoitteita suhteessa muuhun. *”Meiän pitää olla.. tavallaan aallonharjalla, mielellään etupellossa, kuin perässä.” (Haastateltava 1)*

Me-puheella luodaan myös puhutaan koko ryhmän puolesta kehittämiseen liittyvistä ajatuksista ja tavoitteista, myös poissulkien ja rajaten: *”Tästä me ei haaveilla”, ”Tämä ei ole meille ajankohtaista ... (Haastateltava 4) mut se tekniikkahan kehittyy, ehkä joskus” (Haastateltava 5)*

”..meiän pitäis tavoittaa. Meillä on tavallaan, meillä molemmilla on se niinku tieto, että mihinkä tasoo meitä pitäis, mikä olis se seuraava taso mihinkä olis.” (Haastateltava 4)

Me-puheissa kuvataan myös ryhmänä koettuja mahdollisuuksia, arvottamista, yhteisöön liitettyä ketteryyttä ja kykyä ennakoida yhteisönä: *"Me pyritään ennakoimaan" haastateltava 1 "... meille ihan uusia mahdollisuuksia sit kehittää mein liiketoimintaa ihan uusille osa-alueille...Me pyritään kasvuun ... meillä hyvin paljon kaikkia meidän muita oheistoimintoja myös."* (Haastateltava 1), *"Me ollaa lähetty oikeesti mieltimää asioita.."* (Haastateltava 1), *"Meil on aika kunnianhimoinen tavoite että tota.."* (Haastateltava 3), *"Meillä on ihan merkittäviä juttuja.."* (Haastateltava 2)

Yhteiset tietoiset valinnat ja teot kuuluvat me-puheina. Me-puheessa kuuluu yhteisön yhteinen ajattelu ja tarkkaavaisuus. *"Me panostetaan"* (Haastateltava 2)

"Tääl on tämmönen demojuttu, nii me ollaan rakennettu tänne tämmösiä niinku esimerkkejä, mitä se voi sit tääl jos jossai kohtaa havaitaan jotain." (Haastateltava 3)

"...haluttais seurata näitä meidän tuotteita.. livenä." (Haastateltava 3)

"Mennää sitte tämmösee osaamisalueeseen, mikä meillä on hyvin.. vahva tässä ja mihin me tullaan panostaa." (Haastateltava 2)

Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa tutkimme kuuden yrityksen insinöörien ja kehityspäälliköiden puhetta kehittämistyöstään diskurssianalyysillä. Diskurssit määrittelimme Suonisen (1999, 21) tapaan säännönmukaisiksi merkityksen systeemeiksi, jotka tuotetaan sosiaalisissa käytännöissä. Hakkaraisen & Paavolan (2006) mukaan oppiminen on yhteisöllinen ja identiteettiin linkittyvä prosessi. Diskurssien tutkiminen kehittämispuheesta on mielestämme tarpeellista, koska se antaa ymmärrystä kehittämisestä vuorovaikutteisesti rakentuvana ilmiönä, jossa puheella ilmaistaan ja luodaan merkityksiä.

Tulkittuamme litteroitua tekstiaineistoa valitsimme taustateoriaksi sosiaalisen identiteetin ja psykologisen omistajuuden näkökulmia. Mielestämme ryhmään kuuluminen on digitaalisellakin aikakaudella tärkeä ilmiö, jota tässä tutkielmassa tarkastelemme vain puheena. Sosiaalista identiteettiä ja psykologista omistajuutta on tutkittu aiemminkin kielellisinä ilmiöinä, ja psykologisen omistajuuden käyttämämme määritelmäkin näkee psykologisen omistajuuden eli minun- ja meidän-kokemukset kielen kautta ilmaistuina.

Yksilöllinen sosiaalinen identiteetti henkilökohtaisella tasolla, ryhmän suhteiden tasolla ja yhteisöllinen me-identiteetti vaikuttavat olevan kehittämisen puheissa omaa ja yhteisön roolia ohjaavia asioita. Siksi työssä ryhmäjäsenyyksien ja ryhmien tavoitteiden muodostamisen ilmiöt ovat myös kehittämisen arjessa ja johtamisessa huomionarvoisia asioita. Esimerkiksi myös puhuttu rooli arvoketjussa määrittää yhteistä

kehittäjäroolin ottamista yrityksessä. Tämä on johdonmukaista, että ulkoryhmien kautta muodostetaan käsitystä meistä yhteisönä. Toisaalta myös henkilökohtaisella tasolla ja ryhmän keskinäisten roolien suhteissa luodaan puhetta kehittämisen mahdollisuuksista ja rajoitteista. Koska yhteisöllä ja ryhmään liittyvillä ilmiöillä voi olla paljon valtaa uudistamisessa, on ryhmäilmiöiden ymmärtäminen ja niihin vaikuttaminen myös tärkeää. Koiviston & Rannan (2019) mukaan yhteistyötä voi johtaa johtamalla yhteistä identiteettiä. Edistääkseen yhteistyötä johtajan tärkein tehtävä on Koiviston ja Rannan (2019, 176) mukaan yhteisen identiteetin ja jaettujen tavoitteiden jatkuva prosessi.

Lähteet

- Anttila, J. 2007. Kansallinen identiteetti ja suomalaisiksi samastuminen. *Sosiaalipsykologisia tutkimuksia* 14. Helsingin yliopiston sosiaalipsykologian laitos. Yliopistopaino.
- Brewer, M.B. & Gartner, W. 1996. Who is this we? Levels of collective identity and self representations. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol 71, Iss. 1, 83 - 93.
- Brickson, S & Brewer, M. 2001. Identity Orientation and Intergroup Relations in Organizations teoksessa Hogg, M. A. & Terry D.J. (toim.) *Social Identity Processes in Organizational Contexts*. 49 - 66. Sheridan Books, Ann Arbor, MI.
- Hakkarainen, K. & Paavola, S. 2006. Kollektiivisen asiantuntijuuden mahdollisuuksia ja rajoituksia – Kognitiotieteellinen näkökulma. Teoksessa: J. Parviainen (toim.), *Kollektiivinen asiantuntijuus*. 214 - 272. Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Hakkarainen, K. Lonka, K. Lipponen, L. 2004. Tutkiva oppiminen. Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. 6. uudistettu painos. WSOY.
- Haslam, S. A., Reicher, S. D., & Platow, M. J. 2011. *The new psychology of leadership – identity, influence and power*. Hove: Psychology Press.
- Hogg, M. A., & Terry, D. J. 2001. Social identity theory and organizational processes. Teoksessa Hogg, M.E. & Terry, D. T. (toim.) *Social Identity Processes in Organizational Contexts*. Sheridan Books, Ann Arbor, MI, 1-12.
- Koivisto, S. & Ranta, R. 2019. *Näin motivoin yhteistyöhön – ryhmän johtamisen käsikirja*. Kauppakamari
- Lave, J. & Wenger, E. 1991. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press
- Layder, D. 2004. *Social and Personal Identity: Understanding Yourself*. Sage Publications. 167.

- Myyryläinen, H. 2014. Tässä on nyt todellakin meidän panos!" Tapaustutkimus kolmen nuoren kasvuhakuisen yrittäjätiimin minä, minun, me ja meidän –diskursseista. Pro gradu tutkielma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Pierce, J. L. & Jussila, I. 2011. Psychological Ownership and the Organizational Context. Theory, Research Evidence, and Application. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Pierce, J. L., & Jussila, I. 2010. Collective psychological ownership within the work and organizational context. Journal of Organizational Behavior. Vol. 31, Iss. 6, 810 - 834.
- Rogoff, B. 1990. Apprenticeship in Thinking Cognitive Development in Social Context. New York: Oxford University Press.
- Sfard, A. 1998. On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. Educational Research. Vol. 27, Iss. 2, 4 - 13.
- Suoninen, E. 1999. Näkökulma sosiaalisen todellisuuden rakentumiseen. Teoksessa Diskurssianalyysi liikkeessä. Toim. Jokinen, A. Juhila, K. Suoninen, E. Vastapaino. 17 - 36.
- Tajfel, H. 1982. Social psychology of intergroup relations. Annual Review of Psychology. Vol. 33, 1 - 39.
- Tyler, T. R., Blader, S. 2000. Cooperation in groups. London: Psychology Press.

Teknologian loppupään käyttäjä – heilläkin on kulttuuri

Sari Pärssinen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Eräissä New Area – hankkeen palaverissa nousi keskusteluun kulttuurienväliset arvot, kun keskusteltiin tilanteista, joita syntyy, kun suomalaiset teknologiayritykset myyvät tuotteitaan Latinalaisen Amerikan maihin. Tässä kyseisessä tapauksessa myytäessä oli keskitytty koneiden teknisiin ominaisuuksiin ja kauppoja oli tehty menestyksellisesti. Keskustelussa nousi erityisesti teknologiatuotteiden jälkimyynti- tai ylläpitotilanteet, joissa koneen loppupään käyttäjä tarvitsee tietoa koneen tilanteesta, esimerkiksi milloin joku filttari on kohta niin kulunut, että sen tilalle täytyy kohta vaihtaa uusi. Valmisteilla oli jonkinlainen automaattinen ilmoitus suoraan Suomeen tällaisissa tilanteissa. Loppupääkäyttäjät ovat aina kuitenkin ihmisiä, ja he tarvitset käyttäjäystävällisen ohjeistuksen tai ohjauksen koneiden ylläpitoon. Ihmisillä on erilaiset kulttuuriset arvot ja viestintätyyli, ja ne nousevat esiin erityisesti, kun esimerkiksi kahden kulttuuri edustajat ovat tyyliltään hyvinkin erilaisia. Vaikka teknisen alan ihmisille alakohtainen kulttuuri olisikin

samantapaista, niin viestintätyylit vaikuttavat samasta asiasta viestittämiseen, ja varmastikin ovat erilaiset suomalaisten ja Latinalaisen Amerikan ihmisten välillä. Jotta päästäisiin tehokkaaseen viestintään erilaisten ihmisten kanssa, niin kulttuuriin eroihin voi valmentautua kulttuurienvälisen viestinnän valmennukseen, toisin sanoen yrityksen työntekijät voisivat osallistua kulttuurienväliseen opetukseen.

Kulttuurienvälisellä opetuksella tarkoitetaan oman ja vieraankulttuurin välillä tapahtuvaa vuorovaikutuksellista opetusta, jossa ollaan avoimia toisille kulttuureille kuitenkin unohtamatta omaansa, joka on perustana. Tämä voidaan nähdä rauhanrakentamisen välineenä, kuten Gandhi näkee sen. Kulttuurienvälisen valmennuksen tähtäimenä on tulla tietoiseksi ja vahvistaa omaa kulttuurituntemusta, oppia ja kunnioittaa toisen kulttuurin edustajia ja elämäntapaa ja kasvattaa kulttuurienväliseen kanssakäymiseen. (Armoguum 1999, 37) Tällaista tietoisuutta voidaan kutsua kulttuurienväliseksi tehokkuudeksi.

Kanadalainen psykologi Kealy on tutkinut asiaa viestintätieteiden kannalta. Kun yksilö on kulttuurienvälisesti tehokas, hänellä on kyky viestiä ihmisten kanssa tavalla, että saavat toisen kunnioituksen ja luottamuksen täten he edesauttavat työkohteessa yhteistyötä ja tuottavuutta, joka johtaa ammatillisten tai tehtävän tavoitteiden täyttymisen. (Kealy 2002)

Kulttuurienvälisen valmennus tai opetus asettuu oman ja vieraan kulttuurin välille. Tuossa tilassa tulisi pystyä ymmärtämään ja arvioimaan itseään ja muita. Ymmärtääkseen vieraita kulttuureja on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää ensin omaansa. Jokaisella on oman sosiaalinen kuvansa kulttuurissa, siinä toimitaan tiettyjen normien mukaan. Tulemalla tästä tietoiseksi oman kulttuurin kuva vahvistuu. Prosessi on välttämätöntä oppiakseen ymmärtämään ja hyväksymään vieraita kulttuureja, koska käsitteillä on eri tulkinta eri kulttuureissa. Kun yksilö pohtii oman kulttuurinsa perusteita ja toimintatapoja, se auttaa kohtaamaan vieraan kulttuurin. On kyse oman kulttuurikuvan laajenemisesta ja samalla tietoisuuden kasvamisesta omasta ja vieraasta. Tässä prosessissa tulee vastaan tuttuja ja vieraita asioita. Joskus tuttuus voi olla näennäistä, jolloin samalta vaikuttava asia merkitseekin eri asiaa. (Matinheikki-Kokko 1999, 17-18). Samalla sanalla suoraan käännyttynä saattaa olla omanlaisensa arvo tai representaatio eri kulttuurissa.

Kulttuurienvälisviestintää voidaan opiskella teoreettisesti, mutta myös harjoitteilla, joissa herätellään tietoisuutta omista kulttuurisista arvoista. Olen omilla kulttuurienvälisen viestinnän kursseilla pyytänyt opiskelijoita piirtämään paperille pareittain yhdellä kynällä yhdessä. Ensimmäisenä tehtävänä on piirtää talo, toisena talo, joka on erilainen kuin ensimmäinen ja kolmantena talo, joka on erilainen kuin kaksi ensimmäistä. Tehtävän aikana ei saa puhua, viestintä täytyy tapahtua äänettömästi. Ensimmäisen talon piirtäminen sujuu yleensä vaivattomasti ja se on monesti samanlainen huolimatta kulttuurista. Toisen talon piirtäminen vaatii jo vähän enemmän sanatonta viestintää, ja kolmannen talon piirtämisessä täytyy jo viestiä voimakkaammin.

Tämän harjoituksen tavoitteena on saada huomaamaan, että vaikka käsitys jostakin asiasta on erilainen niin, siitä pystytään viestimään niin, että yhteisymmärrys saavutetaan, jopa ilman sanoja.

Yksi keino on kasvattaa omaa kulttuuritietoisuuttaan, on kieltenopiskelu. Kieli on merkittävä viestinnän väline yksilöllisellä, yhteiskunnallisella ja globaalilla tasolla. Jos yksilöllä on vaikeuksia jo lähtökohtaisesti ilmaista itseään kielellisesti se vaikuttaa myös kulttuurienvälisessä viestinnässä ongelmallisesti. Vieraan kielen opiskelu edustaa kulttuurienvälisestä kasvatuksesta ja siinä kohdataan ydinasioita tietoisuudesta omasta ja vieraista kulttuureista. (Matinheikki-Kokko 1999, 20) Tietenkin jos kohteena on monia kulttuureja ympäri maailmaa, niin voi olla haasteellista opetella kaikkien maailman eri kieliä. Näin ollen kulttuurienvälisen viestinnän valmennus voisi antaa pohjaa kohdata erikielisiä kulttuureja.

On tärkeää, että teknologian myynnissä, jälkimyynnissä ja huollossa otetaan huomioon myös loppupääkäyttäjät, ja heidän kulttuurinsa. Ihmiset kuitenkin ovat niitä, jotka käyttävät teknologiaa ja pitävät yllä teknologiasta, niin että se toimii tuloksellisesti.

Lähteet

Armoguum Parsuramen 1999. Intercultural Education teoksessa Häkkinen, K. (ed.) Innovative Approaches to Intercultural Education. University of Jyväskylä, 37 – 38.

Kealey 2002, http://www.dfait-maeci.gc.ca/cfsi-icse/cil-cai/pdf/Multicultural_Crews_in_Space_Report-en.pdf

Matinheikki-Kokko, K. 1999 Monikulttuurinen koulutus – perusteita ja kokemuksia. Opetushallitus. Helsinki.

Yhteistyöstä motivoituminen

Heidi Myyryläinen, Saimaan amk

Tuula Hämäläinen, Saimaan amk

Eräänä myrskyisenä aamuna

Jokainen vuorovaikutusepisodi on tosi elämässäkin oma tarinansa. Jokaisen tuotteen takana on tarina. Millä vuorosanoilla tämä tarina alkaa? Henkilökohtainen minä on aina mukana myös työssä, ja oma rooli oman ammattinsa edustajana. Vuorovaikutussuhteet ovat episodeja, joissa tapahtuu emergenttejä asioita, eli asioita, joita ilman vuorovaikutusketjuja ei tapahtuisi.

Tämä on tarina eräästä tuotekehitysprosessista. Tai no, ihmisistä. Oli siellä koneitakin. Niin syntyikö sitä tuotetta? Sitä emme kerro tässä tarinan alussa vielä.

Oli kylmä joulukuinen, vielä hämärä aamu, kun tuotekehityspäällikkö kulki työpaikalleen. Hän päätti poiketa järvenpuoleista sivukatua pitkin vaihtelun vuoksi. Järvi oli jäässä ja tuuli oli hyistä. Edessä olisi palaverien täyteinen päivä. Aikataulut pyörivät mielessä. Pian olisi edettävä uuden digitaalisen tuotteen kehittämisessä.

Palaveri alkoi totuttuun tapaan. Esa, kollega teknologia puolelta, viihtyi taas omissa maailmoissaan. Toisten mielestä häntä oli hiukan vaikea lukea. Esalta ei saanut aina vastauksia kysymyksiin. Nyt oli kuitenkin välttämätöntä saada lisää valaistusta teknologiapuolelta. Asiakas oli esittänyt monia teräviä kysymyksiä, joilla oli suuri merkitys prototyypin testailun kannalta. Tuotekehityspäällikkö tiesi, että asiakassuhde oli monella tapaa arvokas ja siitä olisi pidettävä kiinni.

Etäyhteyden päässä palaveriin tulivat mukaan Eila, John ja Luukas. Yhteys toimi tällä kertaa muuten hyvin, mutta Luukas oli tuttuun tapaan myöhässä. Vielä odoteltaisiin yhden ryhmän johtajaa Liisaa paikalle. Keskustelu aloitettiin jo, koska aikataulu tulisi olemaan tiukka. Eilalla taas tuntui olevan vähän keskittymisvaikeuksia. Jostain syystä hän vain puhui aina käyttöliittymästä, kun John ja tuotekehityspäällikkö olisivat mieluummin jutelleet asiakasta puristavista asioista. Esa kyllä ajatteli, että nämä ovat tietyssä kohdassa melkein sama asia, mutta turhaan siitä sanomaan.

Liisa tuli paikalle ja aloitti puhumaan jostain sanahirviöistä. Esa ja Luukas rupesivat miettimään muita juttujaan. Eila ajatteli keittiöremonttiaan. John mietti, mitä ruokaa ruokalassa on tänään. Tuotekehityspäällikkö tunsi jo entuudestaan tiukkojen ruuviensa kiristyvän.

Niin miksi otteen saaminen yhdessä on niin vaikeaa? Monet asiat vaativat ryhmätyötä, mutta ryhmän motivoituminen vaikuttaa joskus myös haasteelliselta.

Ajattelijat ovat erilaisia, ja joskus yhteinen tavoite on kadoksissa. Jos yhteinen tavoite on tiedossa, niin kokevatko ryhmän jäsenet sitä silti omakseen? Ihminen on psykofyysissosiaalinen kokonaisuus. Ei riitä, että tiedämme, että meidän pitäisi keskittyä. Mikä meitä motivoi?

Yhteisen identiteetin merkitys

Työelämä on jatkuvassa muutoksessa. Digitaalisena aikakautena työ on yhä liikkuvampaa ja verkostomaisempaa. Yhteistyön onnistuminen on kriittistä useille toiminnoille ja uuden kehittämiselle. Myös työssä henkilökohtaisella minällä on merkitystä, ja parhaimmillaan ryhmän ohjaamisessa huomioidaan minään ja meihin liittyvät kokemukset.

Työtä tehdään usein kuuluen moniin, vaihtuviin tiimeihin. Yhteistyön rakentaminen on aina haaste. Koiviston & Rannan (2019) mukaan ryhmä hyötyy vahvasta yhteisestä identiteetistä, joka liittyy myös organisaation tavoitteisiin. Samalla he korostavat, että identiteetin tulisi tukea kaikkia ryhmän jäseniä.

Identiteettiprosessi on jatkuva. Ryhmä vastaa kysymyksiin, keitä me olemme, mitkä asiat ovat meille tärkeitä ja miten eroamme muista ryhmistä. (Koivisto & Ranta, 61) Vaikka tiimi keskittyisikin yhteisiin kohteisiin, niin mahdollisesti juuri niidenkin kautta tiimi samalla rakentaa ryhmänsä identiteettiä.

Koivisto & Ranta (2019) antavat ohjeita yhteistyön vahvistamiselle yhteisen identiteetin vahvistamisen kautta. Sosiaalisen identiteetin tutkimuksiin perustuen heidän mielestään ryhmään yhteiseen identiteetin rakentamiseen tulisi kaikkien jäsenten osallistua. Ryhmä vaikuttaa myös itse toimintansa merkityksellisyyteen. Ryhmän identiteettiä ohjaavat joka tapauksessa jotkut tekijät. Realistinen ja todellisuutta vastaava identiteetti on ryhmän toiminnassa hyödyllistä. (Ks. Koivisto & Ranta 2019, 76-77) Yhteistyötä johdetaan Koiviston & Rannan (2019) mallissa luomalla yhteistä kokemusta "meistä", tasa-arvoisella toimintatavalla, jossa myös johtaja on "yksi meistä", edistämällä ryhmän etua ja vahvistamalla yhteishenkeä ja merkitysten jakamista.

Luultavasti esimerkiksi start-up yrityksissä ja itseorganisointuneissa ryhmissä innostus on käsin kosketeltavaa. Heille identiteetin luominen saattaa olla luontaisempi prosessi, kuin niille jotka on esimerkiksi nimetty tiimiin ulkoapäin ja merkitys ei on selkeä, ennen kuin se luodaan.

Ja mitä seuraavaksi tapahtui?

Liisa oli tyrmistynyt huomattuaan toisten poissaolevat ilmeet. John puhui jotain lihapullista ja puolukoista. Tulospaineet tälle projektille olivat kovat. Tässä oli hienoja aineksia, jotka voisivat helposti valua hukkaan. Liisa ei tuntenut tarkkaan projektin sisältöä mutta halusi tukea sitä muuten kaikin keinoin, vaikka olikin toisen ryhmän johtaja. Tulokset tai tappiot näkyisivät suoraan hänen yksikölleen.

Tuotekehityspäällikkö mietti, että tilanne on melko vaikea. Diagnoosin pystyivät tekemään ehkä kaikki, mutta kuka sen pystyisi korjaamaan? Tiimi kärsi ilmeisesti ainakin motivaation puutteesta ja kommunikaatiovaikeuksista. Miten saada projekti radalleen, jos ketään ei aidosti kiinnosta? Kullakin tiimin jäsenelle oli osaamista, mutta sitä ei saataisi tällä menolla käyttöön ja tuotetta ei saataisi määriteltyä edes

alkeellisella tasolla. Hän kuitenkin päätti kysyä Johnilta niistä lihapullista, ja sitten lihapulliin liittyen siirtyi itse aiheeseen.

Ajan myötä ryhmä hahmotti tavoitteensa ja alkoi innostua mahdollisuuksista, joita heillä oli käsillään. He huomasivat, että myös ryhmän johtajat laittoivat itsensä likoon yhtenä ryhmän jäsenenä. He olivat oppineet arvostamaan yhteistyötään, ryhmä tarjosi jokaiselle jäsenelleen myös kehittämisen ja oppimisen kokemuksia. Jostain syystä kaikki toimi ja he huomasivat luottavansa toisiinsa.

Ryhmä koki yhdessä vielä monta vastoinkäymistä. Kerran koko projekti pistettiin jo jäihin, mutta ryhmä kävi puhumassa johdon takaisin puolelleen. Lopulta, eräänä toukokuuisena aamuna tuotteen prototyyppi valmis virallisiin testeihin. Monet asiat oli tehty viimeisen päälle. Ryhmä oli enemmän kuin ryhmä ihmisiä – he olivat tiimi ja ylpeitä siitä. He olivat luomassa yhdessä jotakin arvokasta.

Lähde

Koivisto, S. & Ranta, R. Näin motivoin yhteistyöhön – ryhmän johtamisen käsikirja. Kauppakamari.