

Lean ja 3D-tulostus konepajassa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Kevät, 2023

Teemu Rantala

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Formet Oy:n tuotannossa esiintyviä epäkohtia ja hakea niihin ratkaisuja. Työssä tarkastellaan ongelmia työntekijän näkökulmasta ja näin pyritään löytämään keskeisiä haittatekijöitä, jotka estävät sujuvan ja mielekkään työnteon.

Tässä opinnäytetyössä päätettiin keskittyä parantamaan työntekijöiden työympäristön järjestystä ja ergonomiaa. Tähän valintaan vaikuttivat työnjohdon ja työntekijöiden näkemykset sekä oma kokemus CNC-koneistajana. Työssä keskitytään erityisesti koneiden ympäristöön, jossa koneistaja viettää eniten aikaa. Koneilla on myös useita eri käyttäjiä ja vieraammalla koneella aikaa kuluu työkalujen etsimiseen. Edellytys sujuvalle työnteolle on, että työkaluille ja laitteille on selkeät, johdonmukaiset ja näkyvät paikat.

Tuotannossa uudistuksiin haettiin mallia ja johdatusta Leanin 5S-järjestelmästä. Tässä järjestelmässä on monia osa-alueita, ja tässä työssä keskitytään erityisesti systematisointiin ja standardisointiin. Tavoitteena oli, että työkalut olisivat helposti saatavilla juuri siellä missä niitä tarvitaan, ja ne olisi helppo laittaa takaisin paikoilleen.

Keskeiseksi menetelmäksi valittiin 3D-tulostus, koska siten on mahdollista valmistaa työkaluille juuri sopiva pidin, tismalleen siihen paikkaan mihin se halutaan. Verrattuna muihin perinteisiin menetelmiin 3D-tulostus on nopea tapa valmistaa yksittäisiä osia. Kun osat on mallinnettu yhdelle työpisteelle, voi niitä muunnella sopimaan muillekin työpisteille. Aluksi osia tulostettiin opinnäytetyön tekijän omilla tulostimilla. Myöhemmin työpaikallekin päädyttiin hankkimaan tulostin. Eri valmistajien tulostimia tutkittiin ja verrattiin vaatimuksiin, ja tulostimeksi valikoitui Original Prusa i3 MK3S.

Osia ja pitimiä valmistettiin tarpeen mukaan, ja ne pyrittiin suunnittelemaan niin että ne palvelevat Leanin periaatteita. Pidikkeet onnistuivat parhaiten silloin, kun ne tehtiin oikeaan tarpeeseen yhdessä niitä eniten käyttävän työntekijän kanssa, ja ne saatiin juuri oikeaan paikkaan, niin että ne ovat ergonomisesti saatavilla ja hyvin visuaalisesti esillä.

3D-tulostus sopii hyvin yhteen sekä Leanin että kestävä kehityksen kanssa. Tulostus on virtaviivainen keino valmistaa osia yksinkertaisilla koneilla, juuri siellä missä niitä tarvitaan.

The purpose of the thesis was to examine defects occurring in the production of Formet Oy and to seek solutions to them. This work examines defects from the employee's point of view and thus aims to find key obstacles that prevent flowing and meaningful work.

In this thesis, it was decided to focus on improving the orderliness and ergonomics of the employee's working environment. This choice was influenced by the views of the management and employees, as well as my own experience as a CNC machinist. This work focuses especially on the environment of the machines, where the machinist does most of the work. The machines have several different users, and on a less familiar machine, too much time is spent looking for tools. A prerequisite for flowing work is that there are clear, logical, and visible places for tools and equipment.

In production, the innovations were guided and inspired by the 5S system from Lean methodology. There are many aspects to this system, and this work focuses especially on systematization and standardization. The goal was that the tools would be easily accessible exactly where they are needed, and it should be easy to put them back in their places.

3D printing was chosen as the main method because it enables crafting a suitable holder, precisely to the place where it is wanted. Compared to other traditional manufacturing methods, 3D printing is a fast way to manufacture individual parts. Once the parts have been modeled for one workstation, they can be modified to fit other workstations as well. At first, parts were printed with the thesis author's own printers. Later, it was decided to get a printer for the workplace as well. Printers from different manufacturers were examined and compared to the requirements, and the Original Prusa i3 MK3S was selected as the printer.

Parts and holders were crafted as needed, and they were designed by the principles of Lean. The holders were most successful when they were crafted for the real demand together with the employee who uses them the most, and when they were placed exactly in the right place, so that they are ergonomically accessible and well-presented visually.

3D printing goes well with both Lean and sustainable development. Printing is a streamlined way to produce parts with simple machines, exactly where they are needed.

Keywords 3D printing, Lean, enhancement

Pages 52 pages and appendices 3 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Formet Oy.....	2
2.1	Työn tausta.....	3
2.2	CNC-sorvaajan työpäivän kuvaus.....	4
3	Lean	8
3.1	Resurssi- ja virtaustehokkuus	8
3.2	5S.....	10
4	3D-tulostus	14
4.1	3D-tulostus ja perinteiset valmistusmenetelmät	15
4.2	3D-tulostus ja kestävä kehitys	16
5	Toteutusprosessi	18
5.1	Työn rajaus.....	19
5.2	Pitimien suunnitteluprosessi	19
5.2.1	Pidin yleistyökaluille	23
5.2.2	Pidin teräpaloille	24
5.2.3	Pikavaihtopitimien numeroidut paikat	26
5.2.4	Porien ja tappien pitimet	32
5.2.5	ER-avaimien ja -holkkien pidin	38
5.2.6	Muunneltava pidinkokonaisuus monitoimisorveille.....	40
5.2.7	Sekalaiset 3D-tulosteet	42
6	Ennen ja jälkeen	43
6.1	TNR.....	43
6.2	Multus ja LB-300	45
7	Lopuksi.....	48
	Lähteet.....	51

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1 5S-auditointilomakkeen vaiheet 1 ja 2.	13
Kuva 2 5S-auditointilomakkeen vaiheet 3, 4 ja 5.	13
Kuva 3 Pidin yleistyökaluille.	23
Kuva 4 Pidin teräpaloille.	26
Kuva 5 Pidin pikavaihtopitimille.	28
Kuva 6 Värien käyttö tarjoaa mahdollisen säilyttää työkaluja kategorioittain.	29
Kuva 7 Numerorullan osien liikkumavaran piti olla tarkka, jotta rulla toimii oikein.	31
Kuva 8 Kovametalliporien pitimen voi kiinnittää pöydän reunaan.	33
Kuva 9 HSS-porien pitimessä on yksi paikka kullekin porakoolle 12.9 mm saakka.	35
Kuva 10 Tässä pitimessä on paikat yleisimmille tapeille ja se asettuu 45 asteen kulmaan.	36
Kuva 11 Tässä pitimessä on 6, 8, 10 ja 12 mm kokoisia reikiä.	37
Kuva 12 ER-holkkien pidin takana vasemmalla ja työkalujen pidin edessä oikealla.	39
Kuva 13 Pidinkokonaisuus TNR:n työpisteellä.	41
Kuva 14 TNR-monitoimisorvin työpiste ennen.	44
Kuva 15 TNR-monitoimisorvin työpiste parannusten jälkeen.	44
Kuva 16 Multus- ja LB-300-koneiden keskellä sijaitseva työpöytä ennen.	46

Kuva 17 Multus- ja LB-300-koneiden keskellä sijaitseva työpöytä parannusten jälkeen.46

Kuva 18 Multuksen työpöydän ennen ja jälkeen -kuvat.47

Liitteet

Liite 1. Kuvia 3D-tulosteista

Liite 2. Kuvia 3D-tulosteista

Liite 3. Kuvia työpisteistä

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin Formet Oy:lle, joka on opinnäytetyön tekijän työpaikka. Opinnäytetyön tavoitteeksi muodostui järjestyksen, ja näin myös tehokkuuden parantaminen etenkin CNC-sorveilla. Haasteena oli, että usein ja vähän käytetyt työkalut olivat sekaisin, tarpeellisia työkaluja joutui etsimään, eikä pöydillä ollut tarpeeksi tilaa mittavälineille ja muulle työn kannalta oleelliselle.

Työssä otettiin huomioon työntekijöiden ja johdon toiveita sekä käytettiin apuna omaa työkokemusta CNC-koneistajana kyseisessä yrityksessä. Työ pyrittiin toteuttamaan niin, että se hyödyttäisi sekä yritystä, että työntekijöitä. Työkaluina käytettiin Leania, sen 5S-järjestelmää sekä 3D-tulostusta.

Projekti aloitettiin keväällä 2022 ja sitä on tarkoitus jatkaa opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Tavoitteena oli saada parille työpisteelle mahdollisimman monipuolinen valikoima erilaisia 3D-tulostettuja työkalujen, terien ja teräpalojen pidikkeitä, jossa niitä voi testata aidoissa olosuhteissa. Myöhemmin voi tarpeen mukaan tulostaa eri työpisteille sopivia pidikkeitä. Kaikki 3D-mallit olisivat hyvin muunneltavissa ja niistä voisi tehdä personoidut kokonaisuudet. Haasteena oli suunnitella pitimet niin, että niissä olisi juuri oikeat työkalut ja ylimääräinen erottuisi heti, jolloin kaikki epäoleellinen pysyisi poissa työpisteiltä.

Tavoitteena oli myös lisätä osaamista ja tietoisuutta Leanista, 3D-tulostuksesta sekä kestävästä kehityksestä. Lean on ollut todistetusti toimiva menetelmä jo vuosikymmenten ajan, ja sen menetelmien tunteminen on useiden menestyneiden yritysten taustavaikuttaja. 3D-tulostus on verrattain uusi menetelmä, joten siinä tapahtuu nopeaa kehitystä, ja tulevaisuudessa se voi olla yhä tärkeämpi valmistusmenetelmä konepajateollisuudessa. Kestävän kehityksen periaatteiden huomioiminen voi tarjota kustannussäästöjä, kun usein kestävä tapa tehdä asioita on myös taloudellinen.

2 Formet Oy

Formet Oy on Forssassa toimiva koneistus- ja koneenrakennuspaja, joka keskittyy kevyeen ja keskiraskaaseen CNC- ja manuaalikoneistukseen. Tuotantoon kuuluu myös teräsrakennetyöt, termiset pinnoitukset ja kunnossapitopalvelut (Formet Oy n.d.). Yrityksellä on laaja varasto erilaisia materiaaleja, mikä mahdollistaa kiireellisetkin toimitukset. Lähes kaikkien materiaalien koneistus onnistuu aina muoveista vaikeasti koneistettaviin erikoisteräksiin. Yrityksen asiakkaina on lukuisia eri alojen yrityksiä Suomen kasvukolmioalueelta eli Turun, Tampereen ja Helsingin muodostaman kolmion sisältä.

Yritys on perustettu vuonna 1992, ja se työllisti aluksi neljä henkilöä. Työntekijöiden määrä on nykyisin 14 ja tuotantotilat ovat kasvaneet muutaman sadan neliön hallista yli 2000 neliömetriin. Yrityksen konekanta on kasvanut ja muuttunut, mutta monet alkuvuosien koneista ovat yhä satunnaisessa käytössä, kuten säteisporakone, manuaalijyrsin ja useampi manuaalisorvi. Erilaista hitsauskalusta löytyy kolme TIG-, viisi MIG- ja neljä puikkohitsauskonetta sekä plasmaleikkuri ja pyörityspöytä (Formet Oy n.d.).

Yrityksessä on seitsemän CNC-sorvia, jotka on valikoitu harkiten, niin että niillä voi valmistaa monipuolisesti erilaisia osia. Suurin sorvaushalkaisija on noin 550 mm ja suurin sorvauspituus noin 3000 mm. Lisäksi puolesta koneista löytyy vastakara ja puolesta kärki. Neljässä koneessa on tankoautomaatti ja neljässä koneessa on pyörivät työkalut. Yhdessä koneista on 40 työkalun makasiini ja portaattomasti kääntyvä B-akseli, joka pyörii jopa 12 000 kierrosta minuutissa. (Formet Oy n.d.)

CNC-Jyrsintäkalustoa on viiden koneen verran, joista neljä on pystykaraisia koneistuskeskuksia ja yksi vaakakarainen työstökeskus. Suurimman koneen pituusliike on 1500 mm, poikittaisliike 700 mm ja pystyliike 610 mm. Uusimmassa konekeskuksessa on kaksi palettia, mitkä mahdollistavat jouhevan työskentelyn, kun kappaleen voi kiinnittää toiselle puolelle koneen tehdessä työstöä toisella puolella. Yrityksen suurimmassa ja vanhimmassa vaakakaraisessa työstökeskuksessa on kymmenen kappaleen palettirata ja makasiini 120 työkalulle. Tämä kone on erityisen sopiva tekemään suuria sarjoja kappaleita, jotka vaativat epätavallista kiinnitystä. (Formet Oy n.d.)

Formet Oy toimittaa tuotteita eri jalostusasteisina. Yksinkertaisimmillaan toimitetaan materiaalia mittaan sahattuna ja monimutkaisimmillaan voidaan toimittaa useista osista koostuva laite, joka on suunniteltu alusta alkaen Formetilla. Tällöin laitteesta tehdään 3D-malli ja jokaisesta osasta tehdään työpiirustukset. Formetilla voidaan tehdä vaativiakin koneistuksia työstökeskuksilla tai 5-akselisilla sorveilla. Myös asennus ja huoltopalvelut voivat kuulua palveluun. Muut mahdolliset toimitukseen kuuluvat elementit kuten pinnoitukset, vesileikkeet, lankasahaukset ja kipinätyöstöt voidaan ostaa alihankintana.

Eniten Formetilla tehdään kuitenkin erilaisia alihankintakoneistuksia. Tyypillisimmin asiakas toimittaa työpiirustuksen tarvitsemastaan kappaleesta, joskus mukana on myös kappaleen 3D-malli tai jopa fyysinen malli- tai vastakappale. Sarjakoot ovat yhdestä kappaleesta satoihin kappaleisiin. Yli tuhannen kappaleen sarjakoot ovat harvinaisempia, ja normaalisti koneistajat tekevät päivän aikana useita eri töitä.

2.1 Työn tausta

Teknologia on kehittynyt viime vuosina suurin harppauksin, ja tämän takia yritysten menestyminen vaatii jatkuvaa sopeutumista. Kuten monella muullakin alalla, myös konepajojen kohdalla kyky kehittyä kilpailijoita nopeammin on elinehto. Vähintään yhtä tärkeää kuin nopeus, on kehityksen suunta.

Formetilla asiakas on aina ollut tärkein. Keskiössä on laadukas tuotanto, joustavat toimitukset sovitusajassa ja kilpailukykyinen hinta-laatusuhde, jonka mahdollistaa monipuolinen laitekanta ja osaava henkilökunta. Formetilla pyritään pitämään kiinni hyvistä työntekijöistä ja lähes puolet henkilöstöstä on työskennellyt yrityksessä yli 20 vuotta. Tilauskanta sisältää lähes pelkästään lyhyitä töitä, joten hyvä virtaustehokkuus on ensiarvoisen tärkeää. Aika tuotteen tilaamisesta siihen, että se on asiakkaalla, pyritään siis pitämään mahdollisimman lyhyenä. Formetin kehityksen suunta sopii hyvin yksiin Leanin periaatteiden kanssa, joten tässä opinnäytetyössä otettiin työkaluksi Lean ja erityisesti sen 5S-järjestelmä.

Viime vuosina yritys on tehnyt lukuisia koneinvestointeja, pelkästään viimeisten viiden vuoden sisällä on ostettu viisi CNC-konetta. Myös materiaalien, mittavälineiden ja työkalujen järjestykseen on satsattu. Suurin osa teristä, teräpaloista ja mittavälineistä on lisätty sähköiseen automaattiin, josta ne löytyvät helposti ja täydentyvät lähes automaattisesti.

Vuonna 2021 yritys hankki ISO 9001:2015 ja ISO 14001:2015 –sertifikaatit (Formet Oy n.d.). Ne tarkoittavat eräänlaista laatu järjestelmää, johon kuuluu esimerkiksi mittavälineiden säännöllinen tarkastus, henkilöstön tiedoista ja taidoista huolehtiminen sekä auditointeja.

Uusia CNC-koneita on tullut tiuhaan ja niitä tullaan hankkimaan lisää myös tulevaisuudessa. Varsinkin uusien koneiden ympäristö on ollut epäjärjestyksessä, kun työkaluille, terille ja pidikkeille ei ole vakiintuneita paikkoja. Koneilla on myös usein useampi käyttäjä, joka korostaa ongelmaa.

Koneistaja viettää suurimman osan päivästäan koneen lähiympäristössä ja varsinkin CNC-sorvaajalla saattaa olla päivän aikana kymmenen erilaista työtä kolmella eri koneella, jotka kaikki vaativat erilaiset asetukset. Esimerkiksi jos koneistaja tarvitsee jotain työkalua, jota säilytetään laatikostossa, jossa on kymmenen laatikkoa, ja joka on kaukana koneesta, menee sen hakemiseen valtavasti aikaa. Vastaavasti jos kyseinen työkalu olisi hyvin näkyvillä ja käden ulottuvilla sopivassa telineessä, säästyisi aikaa. Myöskään työntekijän kärsivällisyyttä ei tällöin koeteltaisi turhaan. Jos työkalun puuttumisen näkisi yhdellä silmäyksellä, sen etsimiseen ei kuluisi turhaa aikaa. Tämän opinnäytetyön aiheeksi päädyttiin ottamaan järjestyksen luominen työpisteille Leanin oppien mukaisesti.

2.2 CNC-sorvaajan työpäivän kuvaus

Tämän työn tavoitteena on tehostaa etenkin CNC-sorvaajan työtä, joten on oleellista kuvata, millainen on tyypillinen työpäivä. Seuraava kuvaus perustuu reilun seitsemän vuoden työkokemukseen Formetilla, ja siinä pyritään kuvaamaan, millainen siellä on keskiverto työpäivä CNC-sorvaajana. Kuvauksen tarkoituksena on selventää koneistajan työtahtia ja sitä, miten usein työt vaihtuvat koneessa ja miten usein eri työkaluja käytetään. Kiireellinen

tahti ja töiden vaihtuvuus usein lisää sitä, että epäjärjestys lisääntyy ja työkaluja jätetään viemättä paikoilleen.

Päivä alkaa seitsemältä, ensin puetaan työvaatteet, turvakengät ja kuulosuojaimet. Seuraavaksi käynnistetään kaksi työkonetta ja laitetaan ne lämpiämään muutamaksi minuutiksi. Toiselle koneelle on jäänyt kymmenisen kappaletta ajamatta edellisestä työstä. Aihiot ovat koneen vieressä ja asetukset ovat valmiina, joten laitetaan uusi aihio koneeseen ja kone pyörimään. Kappaleessa on tarkkoja mittoja, joten mittavälineet on ensin kalibroitava, ja ensimmäisestä kappaleesta otetaan mittalastu. Kappaleiden materiaalina on vaikeasti työstettävä ruostumaton teräs, ja kappaleen työstöaika on lyhyt, joten koneen vieressä on oltava koko työstön ajan. Koneen pyöriessä koneistaja viimeistelee edellisestä kappaleesta terävät särmät pois. Yksi teräpala hajoaa kesken työstön, joten koneistaja vaihtaa sen. Ensimmäinen tunti kuluu ja työ tulee valmiiksi. Valmiit osat pakataan pahvilaatikkoon ja viedään valmiiden hyllyyn.

Seuraavaksi koneistaja menee ohjelmointikoppiin. Siellä on konekohtaiset laatikot töille ja normaalisti niitä tehdään päivämäärän mukaan järjestyksessä. Jos järjestykseen tulee äkillisiä muutoksia, työnjohto ohjaa järjestyksen kanssa, jotta oikeat työt tulevat oikeaan aikaan valmiiksi. Nyt toisen koneen lokerossa on muutama yli sadan kappaleen sarja ja toisen koneen lokerossa on nippu muutaman kappaleen töitä. Koneistaja päättää laittaa ensin pitkän sarjan pyörimään, ja tekee sitten samalla toisella koneella lyhyitä töitä. Pitkä sarja on vanha työ, eli sitä on tehty ennenkin, joten siihen on ohjelma valmiina. Koneistaja ottaa työpiirustuksen laatikosta, katsoo ohjelman nopeasti läpi CAM-ohjelmalla ja postaa siitä NC-koodin CNC-sorville.

CNC-sorvilla koneistaja alkaa tekemään koneeseen asetuksia eli tälliä. Ensin haetaan materiaalia, ja koska sitä on nyt useampi kolmen metrin tanko, tehdään asetukset myös tankoautomaattiin. Kun tankoautomaatti ja sorvin leuat on asetettu, sorvataan tankojen päihin kartiot, jotta ne istuvat hyvin tankoautomaattiin. Seuraavaksi vaihdetaan teräpalat ja työkalupitimet.

Tässä työssä on käytössä pääkara, jonka jälkeen kappale otetaan vastakaralle ja valmis kappale pudotetaan automaattisesti kappaleen kerääjään. Tämä on pitkä sarja ja siinä on jyrittäviä muotoja, joten työ tulee sorville, jossa on pyörivät työkalut ja vastakara. Pääkaran työkaluja ovat ulkorouhintaterä, ulkoviimeistelyterä, toinen ulkoviimeistelyterä erilaisella palalla, kiinteä aksiaalinen pora, kiinteä aksiaalinen kierretappi, pyörivä aksiaalinen jyrintappi, sisäsorvausterä ja pyörivä aksiaalinen pora. Vastakaralle tulee ulkorouhintaterä, ulkoviimeistelyterä, kiinteä aksiaalinen pora, sisäsorvausterä, ja kiinteä aksiaalinen sisäuraterä. Kaikki teräpalat vaihdetaan materiaalille sopiviksi, ja työkaluille otetaan korjaimet eli ne mitoitetaan. Sitten vielä tarkistetaan jäähdytysnesteen suuntaukset sekä muut yksityiskohdat, jonka jälkeen voidaan ajaa koeajo, eli ohjelma ajetaan kertaalleen varovaisesti läpi. Tähän koko työhön koneistaja käyttää aikaa noin neljä tuntia, jonka jälkeen kappaleita pitää vielä mitata tiuhaan koneen lämmitessä, koska niissä on tiukkoja toleransseja. Tässä työssä materiaalina on automaattiteräs, joten kone voi lämmittyään pyöriä yksikseen noin kahdeksan tuntia, jonka jälkeen joitakin teräpaloja tarvitsee vaihtaa ja työkalujen mitoituksia säätää, jotta toleranssit toteutuvat.

Koneen pyöriessä koneistaja alkaa tekemään lyhyitä sarjoja toisella koneella. Koneistaja ottaa taas seuraavaksi vuorossa olevan työkuvan lokerosta, ja tarkistaa onko siihen valmista ohjelmaa. Tämä on uusi työ, joten siihen ei ole vielä ohjelmaa. Koneistaja alkaa tekemään uutta ohjelmaa. Asiakas on lähettänyt kappaleesta 3D-mallin, joten koneistaja lisää sen CAM-ohjelmaan ja alkaa tekemään työstöratoja. Tämä työ on melko yksinkertainen, siihen tulee vain seitsemän eri työkalua, joista kaikki yhtä lukuun ottamatta löytyvät jo koneen makasiinista. Tämä työ tehdään sorvilla, jossa on 40 työkalun makasiini ja työkalut vaihdetaan karalle kuin työstökeskuksessa. Useat vakiotyökalut löytyvät siis jo valmiina koneesta, mikä nopeuttaa yksinkertaisia töitä. Ohjelman tekeminen on suoraviivaista ja se valmistuu noin puolessa tunnissa, jonka jälkeen ohjelma lähetetään sorville.

Ensin haetaan materiaali ja asetetaan sorvin leuat. Tämän jälkeen makasiiniin tarvitsee vaihtaa vain yksi pora, jota siellä ei ollut valmiina. Pora löytyy pöydältä ja sille löytyy korjaimet valmiina koneen työkalukirjastosta. Teräpalatkin sattuiivat olevaan materiaalille sopivat, joten niitä ei tarvitse vaihtaa. Kappaleelle asetetaan nollapiste ja aletaan ajamaan koeajoa. Koneistaja ottaa mittalastut tarkasti toleroiduista pinnoista, ja ajaa ensimmäisen

kappaleen loppuun. Kappale oli hyvä, joten koneistaja ajaa myös seuraavat pari kappaletta, mittaa ja viimeistelee ne, ja vie valmiiden pöydälle. Tähän kului noin tunti, joten työpäivää on vielä puolitoista tuntia jäljellä.

Koneistaja ottaa lokeroista seuraavan työpiirustuksen. Sillekään ei ole ohjelmaa, mutta 3D-malli löytyy. Kappale on nyt hieman monimutkaisempi, joten sen ohjelman tekemiseen kuluu noin tunti. Tätä työtä koneistaja ei tänään ehdi muutoin aloittamaan, joten kuva laitetaan takaisin lokeroon. Kuvaan merkataan, että sille löytyy nyt valmis ohjelma.

Koneistaja käy vielä mittaamassa tarkkaan pitkän sarjan kappaleen ja ohjeistaa iltavuoroon tullutta sorvaajaa, mitä mittoja kappaleesta erityisesti tulee seurata. Työvuoro on päättynyt, joten koneistaja merkkää tehdyt työt listaan, vaihtaa vaatteet ja lähtee kotiin.

Kun työpisteille on tämän opinnäytetyön aikana suunniteltu pitimiä, on niiden suunnittelussa pyritty siihen, että ideaalitapauksessa ne voisi kiireessäkin laittaa oikealle paikalleen yhtä nopeasti ja vaivattomasti, kuin ne voisi laskea pöydälle. Tärkeää on sekin, että työkalun tai sen puuttumisen näkee yhdellä nopealla silmäyksellä. Uusia pitimiä pitää myös pystyä hakemaan tai tekemään mahdollisimman pienellä ajallisella satsauksella, jotta niitä voisi tehdä aina sopivassa välissä tarpeen vaatiessa. Koneistajalla on usein lyhyitä muutaman minuutin vapaita hetkiä, kun kone valmistaa kappaletta.

3 Lean

Lean on suurelta osin kehitetty Toyota production systemin pohjalta, joka on vuosikymmenten kuluessa laadittu ja tarkasti hiottu järjestelmä. Sitä pidetään yhtenä Toyotan menestyksen avaintekijänä. Lean-ajattelu on eräänlainen johtamisfilosofia, joka pyrkii parantamaan kannattavuutta. (Modig & Åhlström, 2013, ss. 117–118)

Sana, joka monella yhdistyy ensimmäisenä Leaniin, on hukka. Hukka on Leanin keskeisimpiä käsitteitä. Se tarkoittaa kaikkia ylimääräisiä, tuottamattomia toimintoja, jotka tuottavat tarpeettomia kustannuksia tai hidastavat prosessia. Hukkaa aiheuttaa erilaiset viat ja virheet prosesseissa, jotka taas ovat seurausta vaihtelusta. Pelkkää hukkaa poistamalla, sama hukka syntyy aina uudestaan, koska hukan oikeaa syytä ei ole poistettu. Arvoa tuottamattomiksi toiminnoiksi lasketaan kaikki ylimääräinen liike, odotusaika ja kuljetukset, varastot, ylituotanto, yliprosessointi ja tuotteen viallisuus. Hukkaa poistamalla säästetään sekä resursseja, että nopeutetaan ja virtaviivaistetaan toimintaa, siis parannetaan sekä virtaus- että resurssitehokkuutta. (Liker, 2006 ss. 87–103)

3.1 Resurssi- ja virtaustehokkuus

Kaksi tärkeää termiä, joilla Leania voi ymmärtää ovat resurssi- ja virtaustehokkuus. Resurssitehokkuus on hyvin kuvaava sana ja tarkoittaa resurssien tehokasta hyödyntämistä. Kaikki resurssit kuten työvoima, pääoma ja luonnonvarat pyritään siis hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Yleensä virtaustehokkuus kärsii tästä resurssien tehokkaasta hyödyntämisestä, ja se voi tarkoittaa esimerkiksi asiakkaan pitkiä odotusaikoja, kuten on jossain määrin esimerkiksi julkisessa terveydenhuollossa. Tässä esimerkissä terveydenhuollon asiakas edustaa siis virtausyksikköä, joka virtaa terveydenhuollon prosessien läpi. Jotta lääkärit ja kalliit laitteet ovat täydellä käytöllä, odottajaksi joutuu asiakas. Liian pitkä odotusaika hoitoon pääsyssä taas voi tarkoittaa, että asiakas joutuu ottamaan ylimääräistä sairauslomaa ja olemaan poissa tuottavasta työstä. Kun hoitoprosessi venyy, voi syntyä pitkä ketju toissijaisia tarpeita. Sairaslomalle olevalle saatetaan lisäksi joutua kouluttamaan sijainen, ja uutena työntekijänä tämä saattaa olla alttiimpi virheille. Asiakas saattaa myös joutua esittämään saman asian monta kertaa eri asiantuntijoille. Tästä

syntyy paradoksi, että huomion kohdistaminen entistä tehokkaampaan resurssien hyödyntämiseen lisääkin työmäärää. (Modig & Åhlström, 2013, ss. 47–48)

Virtaustehokkuus kuvaa ihmisen tai tuotteen virtaamista tehokkaasti vaiheesta toiseen. Tämä tarkoittaa pieniä tai olemattomia odotusaikoja. Esimerkiksi terveydenhuollossa tämä voisi tarkoittaa, että asiakas voi aikoja varaamatta mennä hoitoon ja saada kaikki vaivansa hoidetuksi tai diagnosoiduksi yhdellä käynnillä. Modig & Åhlström (2013, s. 5) kiteyttävät kirjassaan seuraavasti: ”Virtaustehokkuudessa tärkein asia on aika, joka kuluu tarpeen tunnistamisesta sen tyydyttämiseen.” Usein tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että palvelu on kalliimpaa, kun asiakkaan sijasta lääkärit ja hoitajat joutuvat odottamaan, ja kalliit laitteet eivät ole täydellä käytöllä. Toisaalta taas, kun asiakas pääsee nopeasti pois hoidon piiristä ja takaisin tuottavaan työhön, säästyy resursseja. Keskittyminen virtaustehokkuuteen voi näin olla myös resurssitehokasta. (Modig & Åhlström, 2013, s. 48)

Resurssien tehokas hyödyntäminen on ollut satoja vuosia teollisuuden kehityksen perusta ja yhä tänä päivänä resurssitehokkuus on teollisuudessa vallalla oleva tehokkuuden muoto. (Modig & Åhlström, 2013, s. 9) Samalla asiakas voi nykyisin valita palveluntarjoajansa entistä vapaammin, joten hyvä asiakastyytyväisyys on ensiarvoisen tärkeää. Paras asiakaskokemus syntyy hyvästä hinta-laatusuhteesta, mutta myös nopeasta palvelusta. Tämän takaamiseksi paras ratkaisu olisi pyrkiä sekä hyvään virtaustehokkuuteen että hyvään resurssitehokkuuteen. Kuten esimerkiksi terveydenhuollon haasteet havainnollistavat, näiden tehokkuuslajien yhdistäminen on kuitenkin erittäin vaikeaa. Monessa tapauksessa voi olla tehokkainta keskittyä virtaustehokkuuteen resurssitehokkuuden sijasta. Leanin voi ajatella pyrkimyksenä yhdistää, tai ainakin sovittaa yhteen parhaalla mahdollisella tavalla, nämä kaksi näennäisesti yhteensopimatonta tehokkuuden lajia. (Modig & Åhlström, 2013, ss. 65–67)

Lean parantaa kannattavuutta poistamalla tuottamattomia toimintoja, käyttämällä erilaisia työkaluja ja olemalla joustava muutoksiin. Monet näistä keinoista osuvat molempiin tehokkuuslajeihin yhdellä iskulla, ja se on luultavasti yksi syy Leanin vuosikymmeniä jatkuneeseen suosioon. Ne parantavat asiakastyytyvää ja laatua, pienentävät toiminnan kustannuksia ja lyhentävät läpimenoaikoja. Leanin peruspilarina toimiva pyrkimys

siihen, että oikea määrä oikean laatuista asioita saadaan oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan, ja vielä oikean laatuista, palvelee yhtä aikaa molempia tehokkuuslajeja. (Liker, 2006 ss. 32–34)

3.2 5S

5S-menetelmä on osa Lean-käsitteitä ja se on kehitetty Japanissa Toyotan tarpeisiin toisen maailmansodan jälkeen. Nimensä mukaisesti menetelmä on viisiportainen, ja se keskittyy kasvattamaan työn tuottavuutta järjestyksen ja vakioinnin keinoin. Hukan poistamisen ja laadun parantamisen lisäksi erityisen tärkeää 5S-menetelmässä on luoda visuaalinen ja tehokas työpaikka. Visuaalisuus tarkoittaa, että kaikki työssä tarvittava tieto ja työkalut ovat hyvin näkyvillä yhdellä vilkaisulla. (Liker, 2006 ss. 7–8)

5S on konkreettinen työkalu, jolla saadaan tuloksia nopeasti. Välittömiä hyötyjä ovat siisteyden ja järjestyksen paraneminen, ja tämän ansiosta itse työn tekeminen helpottuu ja nopeutuu. Myös työtyytyväisyys kohenee ja turvallisuus nousee. Nämä välittömät hyödyt taas tuovat tullessaan välillisiä hyötyjä, kuten läpimenoaikojen lyhentymisen, tapaturmien määrän laskun, laadun paranemisen ja kustannusten pienenemisen. Kaikesta tästä seuraa parempi kannattavuus ja asiakastyytyväisyys. (Liker, 2006 ss. 149–158)

5S menetelmässä on viisi vaihetta, ja jokainen vaihe alkaa tietenkin S-kirjaimella.

Alkuperäiskielellä japaniksi vaiheet ovat: seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Englanniksi käännetty nimet taas ovat: sort, set in order, shine, standardize ja sustain. Myös suomeksi nimet piti kääntää s:llä alkaviksi, joten ne ovat: sorteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. (Cudney ym., 2013 s. 43)

Sorteeraus tai lajittelu on ensimmäinen vaihe, ja se tarkoittaa yksinkertaisesti oman työnteon kannalta tarpeettomista tavaroista luopumista. On hyvin tavallista, että työpisteillä säilytetään tarpeetonta tai rikkiäistä tavaraa, jos niitä joskus sattuisi tarvitsemaan. Poistamalla nämä ylimääräiset tavarat, vapautetaan tilaa ja lisäksi kaikki tarpeellinen ei huku tarpeettomien sekaan. Lajitteluun kuuluu olennaisena osana pelkän luopumisen lisäksi tietenkin, nimensä mukaisesti, tavaroiden lajittelu, mutta myös näille järkevien

säilytyspaikkojen miettiminen. (Dennis, 2015 ss.45–47) Näiden järkevien säilytyspaikkojen miettiminen on keskeisenä osana tässä opinnäytetyössä.

Systematisointi tai järjestelmällistäminen tarkoittaa työpaikan järjestyksen ja toimintamallien selkeyttämistä. Tämä voi edellyttää esimerkiksi työpisteiden rajausta kalustein tai lattioita maalaamalla, selkeitä ja tavaroista tyhjiä kulkuväyliä, roskakoreja, ilmoitustauluja ja helposti saatavilla olevia ja visuaalisia sekä ergonomisia säilytysjärjestelmiä. (Cudney ym., 2013 s. 83) Tämä opinnäytetyö keskittyy erityisesti työkalujen helppoon saatavuuteen ja pitimien visuaalisuuteen ja ergonomiaan.

Kun työpiste on systematisoitu eli johdonmukainen ja ristiriidaton kokonaisuus, työntekijä huomaa heti, jos jokin työkalu ei ole paikallaan ja osaa korjata asian vaivattomasti ja välittömästi. Tärkeintä on, että kaikelle on selkeästi merkitty paikka, jonka näkee mieluiten yhdellä silmäyksellä. Tätä voi edesauttaa erilaisin kyltein tai värikoodein, joilla merkitään esimerkiksi työkalujen paikat selkeästi. Yksi tunnettu esimerkki on työkalun maalatut ääriviivat seinässä. (Dennis, 2015 ss.47–49) Tässä opinnäytetyössä systematisointi on keskeinen ajatus, kun työkaluille suunnitellaan pitimiä. Eli työkaluille pyritään suunnittelemaan yksiselitteiset pitimet, joiden pelkkä muoto kertoo niihin kuuluvan työkalun, ja tarvittaessa käyttöä ohjeistetaan kyltein, värein tai nimilapuoin.

Siivous tarkoittaa 5S-menetelmässä etenkin oman työpisteen päivittäistä siivousta ja kunnossapitoa. Tämä tarkoittaa työympäristön siivousta ja työvaatteiden puhdistusta, sekä myös mahdollisten koneiden tai laitteiden huoltotoimenpiteitä. Jotta hyvä järjestys säilyy, tulee siisteydelle asettaa selkeät tavoitteet sekä sopia aluejaot ja mahdolliset vastuuhenkilöt. Siivouksen onnistumisen edellytyksenä on paitsi selkeät ohjeet ja tavoitteet, myös asianmukaiset siivousvälineet. Järjestyksen ylläpito on työntekijälle miellyttävää, kun työympäristö on visuaalinen ja järjestelmällinen. Kun epäjärjestyksen huomaa yhdellä silmäyksellä, on järjestys helppo aikaansaada uudelleen. (Cudney ym., 2013 ss. 83–84)

Standardisointi tarkoittaa yhteisten toimintatapojen laatimista ja niiden kirjaamista lopputuotteeseen eli standardiin. 5S-järjestelmässä se tarkoittaa yhteisistä toimintavoista sopimista yhdessä työntekijöiden kanssa. Näitä toimintatapoja ovat esimerkiksi siivous- ja

huoltoaikataulut tai lista työpisteelle kuuluvista työkaluista. Standardoinnin ydinajatus on, määritelmänsä mukaisesti, että toimintatavoista luodaan selkeät ja visuaaliset ohjeet. Ohjeiden avulla työntekijän on helpompi pitää tavarat oikeilla paikoillaan. Pelkkien ohjeiden lisäksi on usein tarpeen hyödyntää esimerkiksi kylttejä, nimilappuja, värikoodeja tai selkeitä infotauluja. (Dennis, 2015 ss.49–51)

Seuranta tai sitoutuminen tarkoittaa, että sovittuja menetelmiä ja käytäntöjä noudatetaan. Se tarkoittaa jatkuvaa seuranta, jolla varmistetaan, että menetelmä muodostuu rutiiniksi. Seuranta on vaikein, mutta arvokkain porras. Jos seuranta epäonnistuu, niin epäonnistuvat kaikki muutkin osiot. Tässä vaiheessa kaikkein tärkein asema on esimiehillä ja yrityksen johdolla. Koko prosessin onnistuminen riippuu esimiesten kiinnostuksesta ja panostuksesta. (Cudney ym., 2013 s. 84–85)

Seurantaan kuuluu auditointien tai tarkastuskierrosten tekeminen. Yleinen tapa on käyttää apuna paperilomaketta, johon on kirjattu seurattavat kohteet. Auditointiin sopivia lomakkeita löytyy runsaasti valmiita malleja (Kuva 1 ja kuva 2 Cudney ym., 2013 ss. 86–87.) ja sellaisen voi helposti tehdä itsekkin. Tyypillisesti seurattavia kohteita on joka portaalta, kuten että ovatko työkalut paikoillaan, onko kunnossapitotoimet tehty ajallaan tai onko työpisteillä tarpeetonta tavaraa. Tärkeää on myös tehdä auditointeja aikataulutetusti ja laittaa auditointien tulokset näkyville.

4 3D-tulostus

3D-tulostus tai lisäävä valmistus tarkoittaa pelkistetyksi sitä, että valmistetaan digitaalisesta mallista kolmiulotteinen kappale kerroksittain suoraan oikeaan muotoon. Erilaisia menetelmiä 3D-tulostukseen on lukuisia ja materiaali voi olla monessa eri muodossa.

(Russell Gonzalez & Bennett, 2016 s. 11) Esimerkiksi metallia tulostetaan monesti jauheesta, jota sulatetaan laserilla (Srirastava ym., 2020 ss. 89–90). Muoveja voi tulostaa lankana, joka sulatetaan ja pursotetaan (Srirastava ym., 2020 s. 101–102), tai nesteinä kuten hartsi, joka kovetetaan UV-valolla (Srirastava ym., 2020 s. 64). Betonista, joka on sekoitus kiinteää ja nestettä, on mahdollista tulostaa pursottamalla jopa taloja (Srirastava ym., 2020 s. 178). Jokaisessa näissä menetelmistä kerroksen päälle tai alle tulostetaan, sulatetaan tai kovetetaan uusia kerroksia, niin että lopullinen tuotos muodostuu lukuisista päällekkäisistä kerroksista.

3D-tulostus on menetelmänä hyvinkin uusi ja ensimmäisen tulostamiseen liittyvän patentin julkaisi Dr. Kodama vuonna 1980 ja se liittyi nopeaan prototyyppien tekemiseen.

Ensimmäinen 3D-tulostimen patentti julkaistiin 1986 ja sen tulostusteknologia on SLA, jossa UV-valolla kovetetaan nestemäistä resiiniä, jolloin valmis kappale ikään kuin nousee nesteestä alustan mukana. (Russell Gonzalez & Bennett, 2016 s. 12)

1988 julkaistiin patentti SLS-teknologiaan, eli nesteen sijasta tulosteita tehtiin jauheesta, vielä kuitenkin laserin avulla. Samoihin aikoihin patenttoitiin myös FDM-menetelmä, eli laserin sijaan ainetta syötetään kuumaan suuttimeen, joka pursottaa kerroksia. Ensimmäisen laitteen, jonka hinta alitti 10 tuhatta dollaria, julkaisi 3D-systems vuonna 2007. Vieläkään hinta ei ollut riittävän alhainen, jotta menetelmä yleistyisi, mutta hinnan pudotus ensimmäisestä tulostimesta oli valtava. Vuonna 2009 ensimmäiset 80-luvulla julkaistut FDM-patentit vanhenivat, ja tästä alkoi muovia pursottavien tulostimien hintojen aleneminen, ja näin myös yleistyminen. (3D-printing Industry, 2017) Tämä FDM-menetelmä on nykyään yleisin kuluttajien keskuudessa, ja halvimmillaan tällaisen tulostimen saa noin sadalla eurolla (Geegbuying n.d.).

4.1 3D-tulostus ja perinteiset valmistusmenetelmät

Kaikista yleisimmät menetelmät muoviosien valmistukseen ovat ruiskuvalu ja CNC-koneistus. Ruiskuvalussa sulaa muovia puristetaan ruiskuvalukoneessa muottiin, jonka jälkeen esine jähmettyy ja tiputetaan muotista pois. Valmistusyökin nopeus vaihtelee kappaleen koon mukaan sekunneista muutamiin minuutteihin, koska jäähditys vaatii oman aikansa. CNC-koneistuksessa osa ikään kuin veistetään lastuamalla ahiomateriaalista. Sekä Ruiskuvalu- että CNC-koneiden hinnat ovat luokkaa kymmenistä tuhansista satoihin tuhansiin.

Yksittäinen ruiskuvalu muotti voi maksaa tuhansia tai kymmeniä tuhansia euroja ja yksittäiset CNC-koneistetut osatkin maksavat sadasta eurosta ylöspäin. Menetelmänä ruiskuvalu on siis omaa luokkaansa, kun halutaan valmistaa suuria määriä samanlaisia osia, mutta yksittäisen osan valmistus on äärimmäisen kallista ja kannattamatonta. CNC-koneistus taas on hieman edullisempi yksittäisten osien valmistuksessa, mutta siinäkin hinta voi nousta korkeaksi, jos osa on monimutkainen. (Srirastava ym., 2020 ss. 14–22)

3D-tulostimien hinnat vaihtelevat kotikäyttöön tarkoitetuista sadan euron laitteista, satojen tuhansien eurojen metallitulostimiin. Noin tuhannella eurolla saa esimerkiksi Prusan i3 MKS3 –tulostimen, jolla pystyy tulostamaan 210 mm leveitä, 210 mm syviä ja 210 mm korkeita muoviosia (Prusa Research, n.d.). Tämä tulostin on hyvä esimerkiksi kulutuskäyttöä vaativien esineiden tulostukseen, koska se kykenee tulostamaan vaivattomasti kestävä PETG-muovia, joka tuottaa useille tulostimille jonkin verran ongelmia. Tämä tulostin on suosittu niin ammattikäytössä, kuin harrastajienkin käytössä. Myös useat oppilaitokset kuten HAMK käyttää opetuskäytössä näitä tulostimia.

3D-tulostuksen heikkouksia verrattuna tavanomaisiin valmistusmenetelmiin ovat itse prosessin hitaus, huonompi osien pinnanlaatu ja kestävyys. Myöskään kaikkia materiaaleja ei voi helposti tulostaa. Vain joitakin muoveja, metalleja ja esimerkiksi betonia voidaan käyttää lisäävässä valmistuksessa. Mutta kun valmistettavien osien määrä on vähäinen, vaatimukset niiden pinnanlaadulle ja kestävyydelle ovat sopivat, on 3D-tulostus ylivoimainen helppoudellaan, etenkin kun tarvitsee valmistaa muotoja, jotka ovat tavanomaisille menetelmille vaikeita. Tällaisia muotoja ovat esimerkiksi kappaleen sisäiset reiät, muut epämääräiset muodot tai jos erilaisia muotoja on runsaasti. 3D-tulostaessa monimutkaisen

kappaleen tulostus käy usein lähes yhtä helposti kuin yksinkertaisenkin. Yhdellä tulostimella voi myös tulostaa rajattomasti erilaisia kappaleita vaivattomasti ja ilman mitään muutostöitä itse koneeseen, joten erilaisten osien ja prototyyppien valmistus käy nopeasti. (Srirastava ym., 2020 ss. 14–22)

3D-tulostus voi olla kannattavaa jopa sarjatuotannossa, jos kappale on sellainen, että se on vaikea valmistaa muuten. Esimerkiksi maailman suurin suihkumoottorien valmistaja GE Aviation valmistaa suihkuturbiinimoottoriensa polttoainesuuttimet ja lopulliset lavat 3D-tulostamalla (GE Additive, n.d.). Tulostetut kappaleet voivat siis olla hyvinkin kestäviä.

Tulevaisuudessa 3D-tulostus luultavasti tulee yhä isommaksi osaksi tuotantoa ja sulautuu siihen jollakin tavalla, mutta tuskin tulee korvaamaan perinteisiä tapoja kokonaan. Se, että materiaalin pystyy käyttämään tehokkaasti hyväksi, kun vaan tarpeellinen tulostuu, kerralla oikeaan muotoon, ja osat on vielä mahdollista tehdä ontoiksi, on 3D-tulostuksen vahvuuksia. Tulostus on menetelmänä melko uusi, joten siinä on vielä paljon tilaa parannuksille, mutta jo nyt 3D-tulostus on monissa tapauksissa tehokkaampaa, ja lisäksi enemmän kestävä kehityksen mukaista, kuin perinteiset menetelmät. (Taylor-Smith, 2021)

4.2 3D-tulostus ja kestävä kehitys

Kestävä kehitys tarkoittaa maailmanlaajuisesti, alueellisesti tai paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa muutosta tai kehitystä, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämän edellytykset. Tämä tarkoittaa sitä, että kestävä kehityksen mukaisessa päätöksenteossa ja toiminnassa otetaan tasavertaisesti huomioon ympäristö, ihminen ja talous. (Egelston, 2013)

3D-tulostus tai lisäävä valmistus täyttää teoriassa hyvin useita kestävä kehityksen kriteerejä. Verrattuna moneen tavanomaiseen lastuavaan valmistusmenetelmään, kuten esimerkiksi jyrsintään tai sorvaukseen, se vähentää tarvittavan materiaalin määrää ja materiaalia voi käyttää uudelleen tai kierrättää. Koko prosessi on virtaviivaisempi ja osat valmistuvat yksinkertaisemmilla koneilla ja vähemmällä työllä. Osien valmistaminen paikallisesti vähentää tarvetta pakkaamisille ja kuljetuksille. Tulostaminen on myös kätevä

tapa korjata erilaisia laitteita ja tavaroita, ja näin pidentää niiden elinikää. (Martin, 2019 s. 238)

Tavanomaisissa lastuavissa valmistusmenetelmissä valmis kappale veistetään, joskus suurestakin aihioista ja suurilla koneilla. Tulostamalla kappale valmistuu tarkasti kerros kerrokselta jopa täysin ilman hukkaa. Tulostus on prosessina tehokas, eli energiaa kuluu vähän itse tulostimien valmistukseen ja tulostustapahtumaan. Näin osien valmistus tulostamalla voi vähentää hiilidioksidipäästöjä, kun vertailukohtana on tavanomaiset valmistusmenetelmät. (Taylor-Smith, 2021)

Osien valmistus tulostamalla voi säästää paljonkin energiaa, ja tuottaa vähemmän päästöjä, jos osa muuten jouduttaisiin kuljettamaan kaukaa. Kun osat on valmistettu alun perin tulostamalla, on esimerkiksi varaosien valmistus mahdollista helposti paikallisesti, jolloin säästyy energiaa, kun niitä ei tarvitse toimittaa kaukaa. Tulostus on myös hyvä tapa korjata tavaroita, jotka muuten tyypillisesti heitetään pois. Esimerkiksi rikkiäisen sateenvarjon kahvan, silmälasien sangan tai kengän pohjan korjaaminen tulostamalla säästää sekä rahaa että ympäristöä. (Martin, 2019 ss. 233–238)

Kun uusia osia, laitteita tai koneita valmistetaan, tehdään yleensä paljon erilaisia versioita ja prototyyppisiä, ennen kuin löydetään sopiva malli. 3D-tulostus on hyvä menetelmä juuri yksittäisten kappaleiden valmistukseen, koska muutoksia tarvitsee tehdä vain 3D-malliin, ja uuden kappaleen voi laittaa helposti tulostumaan. (Martin, 2019 s. 236) Prototyyppien ei aina tarvitse olla myöskään yhtä kestäviä kuin lopputuote, jolloin ne voi tulostaa lähes ontoiksi, jolloin säästyy materiaalia. Materiaalina on mahdollista käyttää kierrätettyä muovia, ja myös tulosteet on mahdollista kierrättää. (Martin, 2019 s. 238) Metallistakin tulostetut tuotteet ovat kierrätettäviä, kuten metallit yleensäkin.

Yksittäisten osien tulostamisen helppous ei ole kuitenkaan pelkästään hyvä asia, ainakaan kestävän kehityksen näkökulmasta. Kun tulostaminen on helppoa, yhä useammat tulostavat tarpeettomia tai kertakäyttöisiä esineitä. Ja vaikka tulosteiden kierrättäminen on mahdollista, niin helpointa on hävittää ne muiden roskien joukossa. Vaikka Suomessa kierrätys on kehittynyt hyvin pitkälle, useimmissa maissa lähes kaikki jäte päätyy

kaatopaikoille. Eli todennäköistä on, että suuri osa muovitulosteista päätyy kaatopaikkojen täytteeksi. (Taylor-Smith, 2021)

5 Toteutusprosessi

Formetilla on viime vuosina panostettu työkalujen järjestykseen. Työkaluja ja teräpaloja on laitettu sähköiseen kirjastoon, josta niitä voi etsiä kategorioittain tai hakusanalla. Kirjastosta näkee työkalun ominaisuudet, sijainnin ja määrän. Kun esimerkiksi teräpalan ottaa järjestelmästä, niiden määrä vähenee. Kun määrä menee alle minimirajan, järjestelmä lisää työkalun listaan, joka lähetetään kerran päivässä työkaluista vastaavalle henkilölle.

Vuonna 2021 hankittiin ISO 9001:2015 ja ISO 14001:2015 laatusertifikaatit. (Formet Oy, n.d.) Niiden myötä myös kaikki tulkit siirrettiin sähköiseen järjestelmään, jotta niiden käyttökertoja voidaan valvoa. Kaikilla on järjestelmään omat tunnukset, joten lainatun työkalun tai tulkin löytää helpommin, kun voi nähdä kuka sen lainasi ja milloin. Myös mittavälineet saivat sertifikaatin myötä vakioidut paikat ja tunnukset ja niiden kalibrointiin tuli tarkka aikataulu.

Työstökoneiden keskellä on iso pöytä, jossa säilytetään yhteisiä usein tarvittavia työkaluja kuten poria, holkkeja ja työkaluvarsia. Harvimmin käytettävät työkalut säilytetään varastossa, ja osa niistä on sähköisessä järjestelmässä. Käytön jälkeen yhteiset työkalut tulee palauttaa paikoilleen, jotta seuraava niitä tarvitseva ei joudu turhaan etsimään. Työstökoneilla pyritään säilyttämään vain omat vakiotyökalut, teräpitimet ja teräpalat.

Ongelmana on ollut, että yhteiset työkalut jäävät koneille pyörimään, tai että vakiotyökaluja lainataan muille koneille, ja ne jäävät taas niille koneille pyörimään. Työkalut ovat usein levällään pöydillä, jossa olennaiset työkalut sekoittuvat epäolennaisiin. Ongelma korostuu, kun toinen työntekijä tulee työstökoneelle, jossa joutuu kohtaamaan edellisen tekijän järjestyksen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on jatkaa jo varastoon ja yhteisten työkalujen pöydälle luotua järjestyksen luomista ja luoda koneille selkeät pitimet, joista erottaa yhdellä

silmäyksellä vakiotyökalut ja yhteiset lainatyökalut. Tarve on määrittää, mitä ja kuinka paljon mitäkin työkaluja on järkevää säilyttää koneilla ja mitkä tulee palauttaa yhteiselle pöydälle tai varastoon. Useimmin käytettäville työkaluille pyritään tekemään mahdollisimman ergonomiset, selkeät ja visuaaliset pitimet.

5.1 Työn rajaus

Työ aloitettiin rajaamalla työkalut ja alueet, jotka opinnäytetyöhön kuuluvat. Alueeksi valittiin CNC-sorvit, joista kolmelle tehdään ensin mahdollisimman kokonaisvaltainen kokoelma pitimiä testattavaksi ja jos ne osoittautuvat toimiviksi, niitä voi tehdä myös muille koneille. Järjestystä kaipaaviksi työkaluiksi rajattiin koneiden omat työkalut, kuten Torx-avaimet, ER-holkkien avaimet ja muut tavanomaiset työkalut, joita tarvitaan asetusten tekemiseen. Lisäksi koneilla on paljon yhteisiä työkaluja, joista osa jaetaan vain viereisen koneen kanssa, osaa käytetään myös työstökeskuksilla, ja osaa käytetään pelkästään sorveilla. Haasteena oli määrittää missä, mitä ja miten työkaluja halutaan säilyttää.

Ongelmana on myös ollut, että työkaluja tulee lisää ja häviää. Niiden määrä ja laatu elävät koko ajan, ja osaa tarvitaan välillä useammin ja välillä harvemmin. Pitimiä ja muita säilytysratkaisuja taas tehdään ja muutetaan vain harvoin, koska niiden tekeminen vie yleensä kerrallaan paljon aikaa. Tavoitteena oli keksiä ratkaisu, miten pitimiä voisi muokata aina tarpeen mukaan mahdollisimman vapaasti ja pienin askelin. On helppoa löytää päivittäin joitain vapaita minutteja muutosten tekemiseen, kuin tehdä kerran vuodessa suuri muutos, jonka tekemiseen kuluisi useita tunteja tai päiviä. Lisäksi kun muutoksia tehdään hiljalleen ja tarpeen mukaan, pysyy työympäristö jatkuvasti optimaalisena. Näihin kriteereihin mietittiin ratkaisuja ja menetelmäksi valikoitui 3D-tulostus.

5.2 Pitimien suunnitteluprosessi

Kaikkien pidikkeiden tai telineiden suunnittelun tavoitteena oli, että työn tekeminen olisi tehokkaampaa ja sujuvampaa. Työpisteistä haluttiin tehdä mahdollisimman visuaaliset, ergonomiset ja selkeät. Tavoitteena oli, että kaikki työhön tarvittava, etenkin yhteiset työkalut, näkee helposti yhdellä silmäyksellä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi oli myös

oleellista päättää, mitkä työkalut halutaan ylipäättään säilyttää työpisteillä, ja mitkä halutaan pitää vähän kauempana yhteisellä pöydällä tai varastossa. Kaikki työkalut pyrittiin saamaan juuri sinne missä niitä käytetään, niin että ne voisi käytön jälkeen laittaa suoraan paikoilleen. Eniten käytettävät työkalut pyrittiin laittamaan käytön kannalta parhaaseen paikkaan, ja vähemmän käytettävien työkalujen sijoittelussa tehtiin enemmän kompromisseja.

Pidikkeiden suunnittelun lähtökohta oli siinä mielessä erityinen, että pidikkeiden suunnittelija oli työskennellyt jo vuosia työpisteillä, joille nyt suunnitteli pitimiä. Työskentely myös jatkui koko prosessin ajan, ja pitimiä pystyi näin testaamaan jatkuvasti käytännössä. Suurin osa ideoista syntyi työtä tehdessä, kun Lean-ideologian innoittamana tarkkaili omaa työntekoa ja huomasi siinä epäkohtia. (Liker, 2006, ss. 223–236) Ideoita tuli paljon myös työtovereilta ja omiinkin ideoihin kysyttiin työtovereiden mielipiteitä. Vielä lisäksi tarkkailemalla kaikkia työpisteitä yleisesti, sai käsityksen mitkä työkalut menevät helposti epäjärjestykseen.

Tyypillisesti pidikkeen suunnittelu eteni niin, että ensin työtä tehdessä huomasi jonkin hukan tai esteen, ja näin sai idean pidikkeeseen. Ideoita tuli paljon myös muilta työntekijöiltä. Erilaisia hukkia ja esteitä olivat esimerkiksi työkalujen etsiminen sekä kaikki ylimääräiset liikkeet niiden käyttöön liittyen. Prosessi eteni yleensä niin, että halutut työkalut kerättiin yhteen ja lisäksi pyrittiin miettimään, mitä työkaluja on loogista laittaa samaan pitimeen. Tähän päätökseen vaikuttivat esimerkiksi, että kuinka usein mitäkin käytetään ja mitkä sopivat samaan kategoriaan. Tässä yhteydessä käytettiin päätöksen teossa sekä omaa että muiden työntekijöiden kokemusta. Kun työkaluista oli saatu koottua järkevä kokonaisuus, niistä otettiin usein kuvia ja mittoja mallinnusta varten.

Seuraavaksi piti päättää, mikä olisi työkaluille paras sijainti, eli missä työkaluja eniten käytetään. Lisäksi piti huomioida kokonaisuus, että esimerkiksi eniten käytettävät työkalut olisivat parhaiten saatavilla, ja useimmiten hukassa olevat työkalut olisivat parhaiten näkyvillä. Työkalujen pitimet eivät myöskään saaneet viedä liikaa pöytätilaa, jotta tilaa riitti esimerkiksi mittavälineille. Usein kriteerit täyttävä sijainti löytyi esimerkiksi pöydän kulmasta tai reunasta. Tällaisessa paikassa pidin ei vie juurikaan pöytätilaa, mutta se on optimaalisessa

sijainnissa sen käytön kannalta ja lisäksi ergonomisella korkeudella. Tästä sijainnista otettiin tarpeen mukaan mittoja ja kuvia mallinnusta varten.

Mallinnus tapahtui CREO-ohjelmistolla, joka on yksi markkinoiden laajimpia ja suosituimpia parametrisia 3D-CAD-ohjelmistoja (PTC, n.d.). Mallinnuksessa käytettiin apuna kuvia ja mittoja, jotka oli otettu aiemmin. Valmistusmenetelmänä 3D-tulostus tuo mukanaan erilaisia vapauksia ja rajoitteita, joita pitää ottaa huomioon mallinnuksessa. Esimerkiksi valmiin tulosteen kerrokset irtoavat toisistaan hieman helpommin, kuin käytettävän materiaalin kestävyys antaa ymmärtää. Tulostettavat mallit kannattaa myös suunnitella niin pieniksi, kuin on toiminnan ja kestävyuden kannalta järkevää, koska kaikki ylimääräinen lisää materiaalin tarvetta ja lisää tulostusaikaa. Lisäksi on otettava huomioon, ettei tyhjän päälle voi tulostaa, mutta sellaisiin rakenteisiin voi käyttää tulostettavia tukia. Ylimääräiset tuet kuitenkin lisäävät tulostusaikaa ja materiaalin käyttöä, joten rakenteet kannattaa usein suunnitella niin ettei tukia tarvita.

Mallinnuksessa pyrittiin huomioimaan erityisesti selkeys ja yksiselitteisyys. Esimerkiksi monista paikoista tehtiin niihin kuuluvan työkalun malliset ja kokoiset, jolloin niihin voi laittaa vain niihin kuuluvan työkalun. Lisäksi käyttöä pyrittiin ohjeistamaan kyltein tai numeroin.

3D-tulostustamalla voi hyvin helposti tehdä prototyyppejä, joten kynnyksellä tehdä ideaa oikea malli on pieni. Kun hyvä idea tuli mieleen, pian voitiin jo mallintaa ja tulostaa karkea prototyyppi. Näin pidikettä pääsi testaamaan käytännössä, ja sen hyvät ja huonot puolet huomasi helposti. Oli myös helppoa kysyä muiden mielipiteitä, kun pidike oli konkreettisesti olemassa. Näiden omien ja muiden huomioiden perusteella pidikkeestä tehtiin joskus toinen versio, ja välillä kolmas tai kuudes.

Erytisesti pyrittiin huomioimaan, että eniten käytettävät työkalut olisivat parhaiten saatavilla. Paljon usein käytettäviä työkaluja, joita ennen säilytettiin laatikostossa, siirrettiin näkyville pitimiin. Pyrittiin myös tekemään pitimiä vain sen verran, kuin tiettyjä työkaluja tai tarvikkeita on sujuvan työn kannalta järkevää säilyttää koneella. Pidikkeistä pyrittiin tekemään mahdollisimman helposti muokattavat, niin että niiden määrää voi helposti lisätä

tai vähentää. Esimerkiksi jos huomataan, että koneille kertyy liikaa holkkeja, voi holkkien määrää pidikkeessä pienentää. Kun työkalut eivät mahdu enää siististi pitimeen, se on selkeä merkki, että ylimääräiset tulisi viedä kauemmas säilytykseen.

Ideana oli tehdä parista työpisteestä eräänlaiset esimerkit, miten työpisteen voi järjestellä. Muut työntekijät saavat sitten itse päättää, jos jokin pidin voisi sopia myös heidän työpisteilleen. Nämä mallityöpisteet toimivat myös johdatuksena, mitä kaikkea on mahdollista tulostaa. Työtovereilta tuli paljon toiveita ja ideoita erilaisista pitimistä ja näitä pyrittiin myös toteuttamaan. Kun työntekijät saavat itse vapaaehtoisesti osallistua työpisteiden järjestelyyn ja pidinten ideointiin, on lopputulos yleensä hyvä.

On olemassa paljon erilaisia kaupallisia pitimiä ja myös monille työkalupitimille on vapaassa jaossa 3D-malleja, joita voi helposti itse tulostaa. On kuitenkin hyvin harvinaista, että löytäisi juuri oikeanlaisen pitimen, jonka voisi sijoittaa juuri haluamaansa paikkaan. 3D-mallinnuksen ja tulostuksen etuna on, että haluamansa työkalun voi sijoittaa juuri siihen paikkaan mihin sen haluaa. Pitimiä voi tehdä lisää helposti ja edullisesti sen sijaan, että etsisi sopivan netistä tai ostaisi kaupasta. Lisäksi muutosten tekemisen onnistuu, jos vaikka tarvitsee kiinnittää pidin johonkin erityiseen paikkaan tai tarvitsee hieman erilaisen valikoiman työkaluja.

Pitimiä suunniteltiin sitä mukaa, kun jokin työvaihe tuntui epämiellyttävältä, tai jos siinä huomasi olevan ylimääräisiä työvaiheita, kuten laatikon avaamisia, oikean työkalun etsimistä tai vastaavaa. Näin pitimiä pyrittiin valmistamaan oikeaan tarpeeseen.

Tarkoituksena on, että työntekijät voivat vaikka itse tulostaa itselleen sopivia pitimiä. Kaikki nämä mallit ovat työpaikan verkossa ja niitä voi helposti muokata. Pää tavoitteena on, että työpisteistä saadaan sellaiset, että työskentely on mahdollisimman sujuvaa sille, joka työpisteellä eniten työskentelee. Toissijaisena tavoitteena on samalla yrittää järjestää työpisteet mahdollisimman visuaalisiksi ja yhdenmukaisiksi, jotta kaikki voisivat tehdä työnsä sujuvasti, millä työpisteellä vain.

Tulostamalla voi valmistaa osia ja pitimiä hyvin monipuolisiin tarpeisiin, ja seuraavaksi esitellään tarkemmin muutamia pitimiä ja ratkaisuja. Lisäksi liitteissä 1 ja 2 näkyy sekalainen lajitelma erilaisiin pienempiin tarpeisiin tehtyjä 3D-tulosteita ja prototyyppejä.

5.2.1 Pidín yleistyökaluille

Yksi ensimmäisistä töistä oli suunnitella pidín työkaluille, joita koneistajat käyttävät eniten. Työkalujen valinnassa käytettiin omaa ja muiden työntekijöiden kokemusta. Eniten käytettäviksi työkaluiksi valikoituivat: pihdit, Torx-avaimet, kuusiokoloavaimet ja lenkkiavaimet. Näiden työkalujen pidín haluttiin suunnitella niin, että sen voisi helposti asentaa mahdollisimman lähelle työstökoneetta ja työpöytää, eli juuri sinne missä työkaluja käytetään. Paras paikka on useimmiten pöydän reunassa, joka on koneen ja työpöydän välissä. Pidín pyrittiin suunnittelemaan niin, että se olisi mahdollisimman visuaalinen ja ergonominen, eli että työkalun tai sen puutteen näkee yhdellä vilkaisulla, ja työkalun laittaminen pitimeen olisi lähes yhtä vaivatonta kuin sen laskeminen pöydälle. Jokaiselle työkalulle tulee olla selkeä ja yksiselitteinen paikka, jotta työkalut menevät oikeille paikoilleen. Ja koska menetelmänä on 3D-tulostus, pitää pitimen koon ja muodon olla sopiva. Seuraavassa kuvassa (kuva 3) näkyy pidín, joka on käytössä Multuksen työpisteellä.

Kuva 3 Pidín yleistyökaluille.



Pitimessä on työkalun muotoiset kolot jokaiselle siihen kuuluvalla työkalulla, ja lisäksi

paikoissa lukee niihin kuuluvan työkalun koko. Pitimen paino on 190 grammaa, leveys 200 mm, syvyys 70 mm, korkeus 40 mm ja tulostusaika noin 10 tuntia. Kappale valmistetaan Petg-muovista, se valmistuu yhtenä tulosteena ilman tukia. Kokoonpano käy parissa minuutissa, kun lenkkiavaimien pitiminä toimivat mutterit työnnetään paikoilleen. Pitimessä on hahlo, josta se kiinnitetään pöydän reunukseen kahdella M6-pidätinruuvilla, joita varten kappaleeseen tehdään kierretapilla kierteet. Pitimen voi myös vaihtoehtoisesti kiinnittää reunuksettomaan pöydän reunaan kahdella yleisruuvilla. Pitimen tulostamiseen menee työaika noin pari minuuttia ja kokoonpanoon ja asennukseen muutama minuutti. Rulla Petg-muovia maksaa noin 20–30 euroa, joten kappaleen materiaalin hinnaksi tulee noin viisi euroa.

Näitä pitimiä on ollut päivittäisessä käytössä neljällä työstökoneella puolen vuoden ajan. Pidin on osoittautunut toimivaksi erityisesti siksi, koska se mahdollistaa sen, että juuri oikeat työkalut ovat hyvin saatavilla juuri siellä missä niitä eniten tarvitaan. Useimmilla koneilla pöydän reuna on juuri optimaalisessa paikassa koneen ja työpöydän välissä, jossa työkaluja käytetään. Lisäksi pitimessä työkalujen värit ja muodot ovat hyvin näkyvillä ja työkalut ovat siististi paikoillaan, sekä niiden ottaminen ja laittaminen takaisin on vaivatonta.

Markkinoilla on erittäin paljon erilaisia työkalupitimiä, mutta usein sopivien pitimien etsiminen vie runsaasti aikaa, niiden toimitus kestää ja niiden sijoittelussa joutuu tekemään kompromisseja. On myös harvinaista, että löytää pitimen, joka on juuri sopiva omiin tarpeisiin. Tässä tapauksessa, kun tarvitsee valmistaa pienehkö työkalupidin, juuri tiettyyn paikkaan, on 3D-tulostus osoittautunut hyväksi menetelmäksi.

5.2.2 Pidin teräpaloille

Teräpalojen tehtävä on veistää aihioista valmis kappale lastu kerrallaan. Teräpaloja on erimuotoisia ja erikokoisia eri käyttötarkoituksiin, ja eri materiaaleille. Kovametalliset teräpalat ovat suhteellisen arvokkaita, niiden hinnat vaihtelevat muutamista euroista muutamiin kymmeneen, ja niissä on tavallisesti yhdestä neljään särmää. Samalla koneella saatetaan päivän aikana koneistaa vaikka neljää eri materiaalia ja joka välissä teräpalat on vaihdettava. Teräpalojen pinnoitteet ja niiden muoto tekevät teräpaloista helposti

tunnistettavia, jos ne vaan ovat hyvin näkyvillä. Päällisin puolin samanlaisessa teräpalassa voi kuitenkin olla erikokoinen nirkonsäde, eli teräpalan leikkaavan kulman säde voi olla esimerkiksi 0,2 tai 0,4, ja tätä hienoista eroa ei välttämättä näe kaukaa.

Suurimpana ongelmana teräpaloihin liittyen on ollut, että koneille kertyy paljon puolikuntoisia teräpaloja, jonka jälkeen hyvän teräpalan löytämiseen kuluu turhaa aikaa. Hankalaa on ollut myös löytää teräpalaa, jossa on oikeanlainen nirkonsäde, kun samannäköisiä saattaa olla pöydillä kymmeniä. Esimerkiksi jos koneistajalla on pöydällä levällään vaikka viisikymmentä teräpalaa sekalaisessa järjestyksessä, saattaa hän joutua katsomaan niistä läpi kymmenenkin, että nirkonsäde on oikea ja teräpalan särmä on hyvässä kunnossa. Lisäksi pöydällä ollessaan, saattavat hyvätkin teräpalat vaurioitua, kun ne kolhiintuvat toisiinsa.

Tästä pitimistä tehtiin useita versioita. Yksi malli oli sellainen, että sen sai kiinnitettyä reikälevyyn, yhdessä taas väliin sai laitettua taitellun A4 paperin, jolle teräpalan nimen tai nirkonsäteen pystyi kirjoittamaan käsin tai tulostaa tietokoneella kirjoitetun. Kaikissa malleissa oli kuitenkin ideana, että teräpalat saisi hyvin näkyville, juuri sinne missä niitä käytetään, ja kaikki oleellinen näkyisi yhdellä silmäyksellä ja teräpala olisi mukava laittaa paikoilleen.

Uusin versio koostuu kuudestatoista erilaisesta osasta, joista puolet on erilaisia kylttejä. Tässä mallissa teräpalat jaotellaan nirkonsäteen mukaan ja teline mahdollistaa, että palojen muoto ja väri ovat hyvin näkyvillä. Jokaisen koneen välittömässä läheisyydessä on työpöytä, ja teräpalat ovat jossain kohtaa pöytää jonkinlaisessa kasassa, tai jossain laatikossa. Tämä teline on helposti asennettavissa juuri siihen kohtaan pöytää, mihin teräpalat on ennenkin laitettu. Telineessä on eritelty alueet erikuntoisille teräpaloille. Käytetyt teräpalat laitetaan alas ja ne teräpalat, joissa on ainakin yksi aivan uusi särmä, laitetaan ylös. Eri nirkonsäteitä varten telineessä on kyltit. Seuraavana on kuva (kuva 4) tästä pitimistä TNR-monitoimisorvin työpisteellä.

Kuva 4 Pidín teräpaloille.



Teline on modulaarinen, se on muokattavissa joka koneelle erikseen. Modulaarisuus ja telineen useat eri osat tekevät siitä kuitenkin myös työläämmän tulostaa ja koota. Telineitä varten täytyy tulostaa osia kuudessa erässä ja myös kokoamiseen menee aikaa. Yhteensä telineen tulostamiseen, kokoamiseen ja teräpalojen järjestämiseen menee työaika ainakin tunnin tai parin verran.

Telineen eri versiot ovat olleet käytössä parilla koneella noin puoli vuotta ja oman arvion perusteella aikaa säästyy vähintäänkin useita minutteja päivittäin. Myöskään puolikuntoisia teräpaloja ei kerry huomaamatta koneelle liikaa, kun ne ovat selvästi näkyvillä.

5.2.3 Pikavaihtopitimiä numeroidut paikat

Erialaisten pikavaihtopitimiä, työkalupitimiä tai terävarsien tehtävä on mahdollista, että teräpalat tai porat voivat muokata ahiosta valmiin kappaleen, joko niin että kappale pyörii tai terä pyörii. Pitimet ovat eräänlainen adapteri koneen ja leikkaavan särmän välillä. Pidín mahdollista, että usein arvokkaasta materiaalista valmistettu teräpala voi olla

mahdollisimman pieni, ja se on mahdollista vaihtaa nopeasti sen kuluessa tai rikkoutuessa. Pitimiä on kaiken kokoisia ja muotoisia, jotta erilaiset muodot voidaan työstää.

Formetilla on käytössä parilla koneella Capto-pikavaihtopitimet. Niiden yhtenä tarkoituksena on nopeuttaa asetusajoja. Tavanomaisissa työstökeskusten kartion muotoisissa työkalupitimissä on mahdollista käyttää vain pyöriviä työkaluja. Capto-pitimessä taas on pyöreän kartion sijasta kolmiomainen kartio, joka mahdollistaa myös sorvaustyökalujen käytön koneessa. Tästä syystä se on suosittu erilaisissa monitoimikoneissa ja sorvausmahdollisuudella varustetuissa koneistuskeskuksissa.

Tämä pidinjärjestelmä tehtiin Multus B-200-monitoimisorville, jossa on vastakara, 12 000 kierrosta minuutissa pyörivä portaattomasti kääntyvä B-akseli ja 40 työkalun makasiini. Lisäksi Capto-pitimiä, jotka eivät mahdu koneeseen on noin 60 kappaletta. Koneessa on käytössä työkalukirjasto eli lähes kaikille käytettävillä työkalulle on oma numeronsa ja koneessa on työkalun mitat tallessa. Joskus koneessa käytetään satunnaisia työkaluja ja niille on omat paikkansa kategorioittain, kuten "Random pora", ja jos käytettävä työkalu ei sovi mihinkään kategoriaan se on "Random". Parhaimmassa tapauksessa pitimen saattaa ottaa pöydältä, ja laittamalla työkalun numeron, ei korjaimia tarvitse ottaa ollenkaan.

Ongelmana oli kuitenkin, että työkalupitimet olivat pöydällä levällään, jolloin jokaista työkalua joutui etsimään. Ja vaikka oikean työkalun löysi, ei voinut olla täysin varma, että juuri sen työkalun mitat eli korjaimet ovat tallennettuna koneessa, joten työkalu oli usein mitoitettava uudelleen varmuuden vuoksi.

Työkaluille pyrittiin suunnittelemaan paikat niin, että saman kategorian työkalut olisivat vierekkäin, jolloin etsiminen helpottuu. Myös sen riski pienenee, ettei huomaisi pöydällä jo mitoitettua työkalua, ja sen vuoksi, valmistelisi ja mitoittaisi työkalun kokonaan uudelleen. Lisäksi tarvittiin jokin järjestelmä, josta näkisi heti, että millä työkalulla on korjaimet koneessa valmiina.

Tämän pitimen perusversio koostuu kahdesta erilaisesta tulostettavasta osasta, reikälevystä ja jalasta, sekä kahdesta 8 mm terästangosta. Terästankojen sahaaminen käy tässä tapauksessa helposti, koska kyseessä on konepaja, muussa tapauksessa jokin muu

kiinnitystapa olisi ollut järkevämpi. Neljän reikälevyn tulostusaika on noin 10 tuntia ja materiaalia menee noin 250 grammaa. Jalkoja tarvitsee riviä kohden ainakin kaksi. Jos pitimiä on useampi rivi kuin yksi, jalat menevät limittäin niin että yksi pari jalkoja kannattelee kahta riviä. Yhden jalkaparin tulostamiseen menee materiaalia noin 150 grammaa ja tulostusaika on noin 7 tuntia. Yhden tulostetun pitimen paikan hinnaksi tulee karkeasti noin kolme euroa. Materiaalina on käytetty PLA ja PETG-muoveja, ja molemmat ovat kestäneet hyvin ainakin vuoden verran. Seuraavana on kuva Multuksen työpisteen pidinjärjestelmästä (kuva 5).

Kuva 5 Pidín pikavaihtopitimille.



Näissä pitimissä on lisäksi tulostettavia kylttejä, jotta eri työkalut voidaan jakaa eri kategorioihin. Eri kategorioita ovat esimerkiksi porat tai ulkosorvauspitimet. Kategoriat voisi myös jakaa käyttämällä eri värejä ja näin onkin tehty jo toisen koneen työpisteelle, jossa reikälevyjä on tulostettu vihreällä, punaisella ja sinisellä. Kategorioinnin tarkoitus on helpottaa etsimistä, kun esimerkiksi porat ovat samassa rivissä. Seuraavana on kuva eri väreillä tulostetusta pidinjärjestelmästä (kuva 6).

Kuva 6 Värien käyttö tarjoaa mahdollisuuden säilyttää työkaluja kategorioittain.



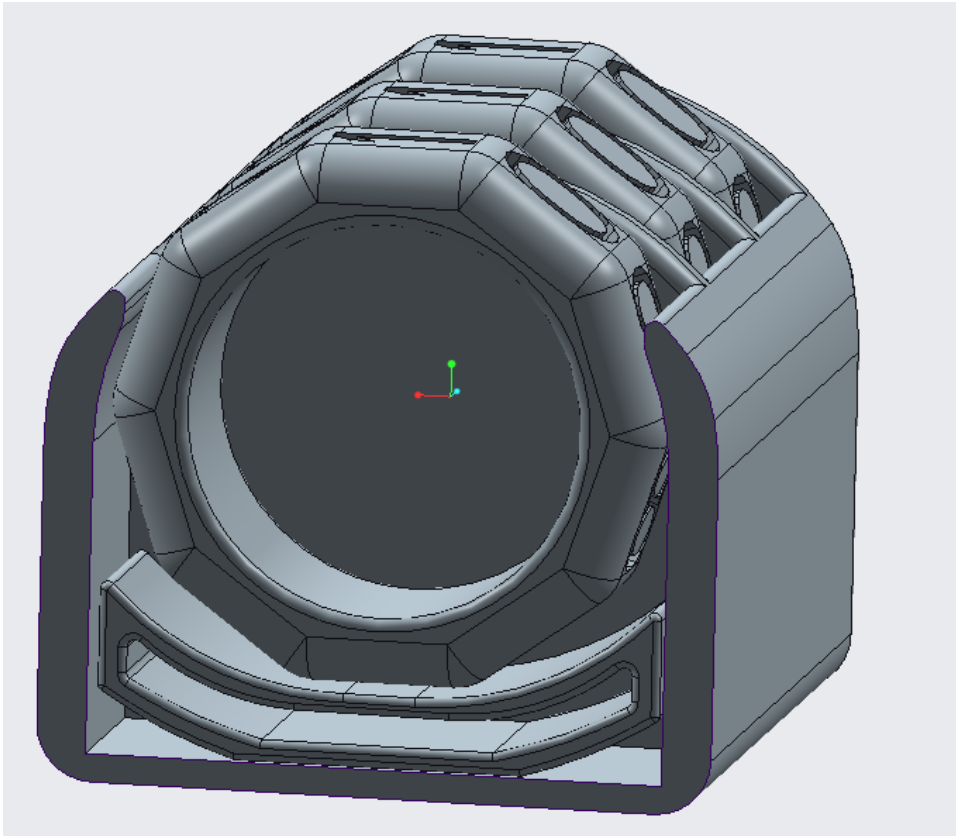
Multus-B200-W-monitoimisorvilla käytetään paljon työkalukirjastoa osin siitä syystä, että korjaimien ottaminen on melko työlästä ja osin siksi, että koneessa on muutenkin suuri 40 työkalun makasiini. Tällä koneella tehdään siis usein yksittäisiä töitä, koska koneessa on

vakiona paljon perustyökaluja kiinni. Tämän pidinkokonaisuuden yhtenä tavoitteena oli ikään kuin laajentaa tätä makasiinia.

Työkalut, joilla on korjaimet jo olemassa, piti tunnistaa jotenkin, jotta ne voisi helposti laittaa koneeseen kiinni. Yksi ratkaisu työkalujen merkkauttamiseen on ollut merkata työkaluun tussilla numero, ja laittaa se pöydälle niin että numero näkyy selvästi. Tällainen yksinkertainen keino voi toimia, mutta tässä tapauksessa haluttiin koittaa erilaista ratkaisua.

Tämä ratkaisu oli tulostettavat numerorullat. Numerot pyörivät pienellä voimalla ja naksahtavat paikoilleen. Rullasta piti tehdä useita versioita, jotta sen sai pyörimään miellyttävästi. Lopullinen versio koostuu kolmesta erilaisesta osasta, numerorullista, jousista ja rungosta. Yhden rullan tulostusaika on noin pari tuntia ja niitä voi tulostaa kerralla noin kymmenen. Kokoaminen käy nopeasti painamalla osat paikoilleen ja pyörittelemällä rullia hetken, jotta ne pyörivät sulavasti. Materiaalina käytettiin PLA-muovia, koska sillä saa siistimpiä yksityiskohtia pieniin tulosteisiin. Rullien tarkoituksena on, että kun koneistaja laskee työkalupitimen paikoilleen, hän voi kääntää rullaan työkalun numeron. Näin hän tai toinen käyttäjä tietää, että tässä nimenomaisessa työkalussa on korjain tallessa. Myös esimerkiksi erikokoisista porista on vaikea nähdä mittaamatta minkä kokoisia ne ovat, ja numerosta sen näkee helposti. Seuraavana on kuva (kuva 7) näiden numerorullien läpileikkauksesta Creo-ohjelmassa.

Kuva 7 Numerorullan osien liikkumavaran piti olla tarkka, jotta rulla toimii oikein.



Pidikkeet on suunniteltu modulaarisiksi, ja tulevaisuudessa nämä työkalut on tarkoitus siirtää hyllylle, jotta pöytätilaa vapautuu muuhun käyttöön. Koneelle tulostettiin vielä lisää numeroimattomia pidikkeitä, koska kaikkien työkalujen paikkaa ei ole mielekästä merkata numerolla. Näihin numeroimattomiin pidikkeisiin voi laittaa pikavaihtopitimiä, joiden korjainta ei ole tarpeellista laittaa talteen tai esimerkiksi tyhjiä pitimiä.

Pidikkeet ovat olleet käytössä noin puoli vuotta ja ainakin omassa käytössä ne ovat olleet toimivia. Työkalupidin on mukava laittaa paikoilleen ja sen numeron vaihtaminen käy nopeasti. Lisäksi kun työkalut ovat siististi pöydällä, jo koneen vierestä näkee, mitä työkaluja koneen sisällä on, ilman että tarvitsee selata työkalukirjastoa. Aikaa säästyy arviolta useita minuutteja päivässä, kun työkalun löytää nopeammin, ja korjaimia tarvitsee ottaa vähemmän.

Kokonaisuutena tämän kokoinen työkalupöytä on jo siinä rajoilla, että tulostaminen ei välttämättä ole paras mahdollinen valmistusmenetelmä. Toisaalta tulostuksen etuna on, että pidikkeitä voi tarvittaessa tulostaa lisää minimaalisella vaivannäöllä. Ja vaikka tällainen

työkalupöytä on suunnittelijan itsensä mieleen, eivät muut käyttäjät välttämättä pidä juuri tällaisesta järjestelmästä. Tulostuksen etuna on kuitenkin, että kaikki osat ovat hyvin muokattavissa ja jokaiselle käyttäjälle voidaan suunnitella mieleinen järjestelmä. Tietenkin, kun koneilla on useita käyttäjiä, joudutaan tekemään myös paljon kompromisseja.

5.2.4 Porien ja tappien pitimet

Erilaisten porien sekä kierre- ja jysintappien tehtävä sorveilla on tehdä kappaleeseen muotoja, joita ei sorvaamalla pysty tai kannata valmistaa. Niillä sorveilla, joille pitimiä suunniteltiin, käytetään pääasiassa melko pieniä poria ja tappeja, joten esimerkiksi kovametalliporille tehtiin pitimet 0,5 millistä 12,9 milliin. Kovametalliset porat ja tapit ovat melko arvokkaita, niiden hinnat ovat tässä kokoluokassa noin parista kympestä sataan euroon. Pikateräs taas on halvempi materiaali, joten tämän kokoisten porien ja tappien hinnat ovat muutamista euroista kympeihin. Porat ja tapit ovat hyvin tunnistettavia, kun ne ovat hyvin näkyvillä, mutta niiden koot eivät helposti erotu ilman läheistä tarkastelua tai mittauksia. Esimerkiksi 3,3 mm pikateräspora näyttää täysin samalta kuin 3,4 mm pikateräspora.

Monitoimisorveilla käytetään erityisen paljon erilaisia poria ja tappeja. Näillä koneilla valmistetaan paljon kappaleita, joihin tulee kaikenlaisia reikiä monesta suunnasta. Kappaleessa saattaa esimerkiksi olla yksi kierreikä kummallakin puolella aksiaalissuunnassa ja vielä yksi tai kaksikin erilaista reikää radiaalissuunnassa. Kappaleessa saattaa myös olla muotoja, joiden valmistukseen tarvitaan useita erilaisia jysintappeja. Ja kun valmistettavat sarjakoot ovat pieniä, saatetaan yhdellä koneella tehdä päivän aikana kuuttakin erilaista kappaletta.

Ongelmana on ollut, että koneille kertyy helposti kokoelma erinäisiä poria ja tappeja. Sekalaisesta läjystä oikean tapin tai poran etsimiseen kuluu turhaa aikaa. Erityisesti oikean kokoisen poran löytämiseen saattaa joutua käymään läpi useita eri poria, kun samanlaisia voi olla pöydällä tusinan verran. Ja kun oikean poran on löytänyt, täytyy vielä erikseen tarkistaa, että se on hyvässä kunnossa. Lisäksi, jos porat ovat työkalulaatikon päällä, ne kolhiintuvat toisiinsa, kun laatikkoa avataan ja suljetaan kymmeniä kertoja päivän aikana.

Porille ja tapeille tehtiin useita erilaisia pitimiä, niitä testattiin, ja tehtiin taas uusia versioita. Kaikissa malleissa oleellista oli kuitenkin se, että ne olisivat hyvin näkyvillä, ja myös niissä pidettävän työkalun kunto näkyisi hyvin. Pitimiä tulisi myös olla sopiva määrä, ettei koneelle kerry enempää poria tai tappeja kuin on tarpeen. Pitimet eivät saisi viedä liikaa tilaa, ja ne tulisi voida sijoittaa juuri sinne missä niitä käytetään ja niiden käytön tulisi olla miellyttävää. Tavoitteena oli, että oikean tapin tai poran löytäisi yhdellä silmäyksellä, tai huomaisi sen puuttuvan, jolloin sen voisi hakea muualta. Myös takaisin laittamisen tulisi käydä vaivattomasti ja pitimien tulostamisen tulisi olla mahdollisimman yksinkertaista.

Kovametalliporille tehtiin pidin, jossa on kaikki yleisimmät porakoot 0,3 millistä 12,9 milliin. Tämä pidin asennetaan pöydän reunaan, jolloin porat ovat hyvin näkyvillä, eikä se vie yhtään pöytätilaa. Käyttäjä voi itse merkata valkoisella tussilla, mitä poria haluaa työpisteellään säilyttää. Jotkin porakoot ovat harvinaisempia kuin toiset ja usein niitä on järkevämpää säilyttää isolla yhteisellä pöydällä. Seuraavana on kuva kovametalliporien pitimestä (kuva 8).

Kuva 8 Kovametalliporien pitimen voi kiinnittää pöydän reunaan.



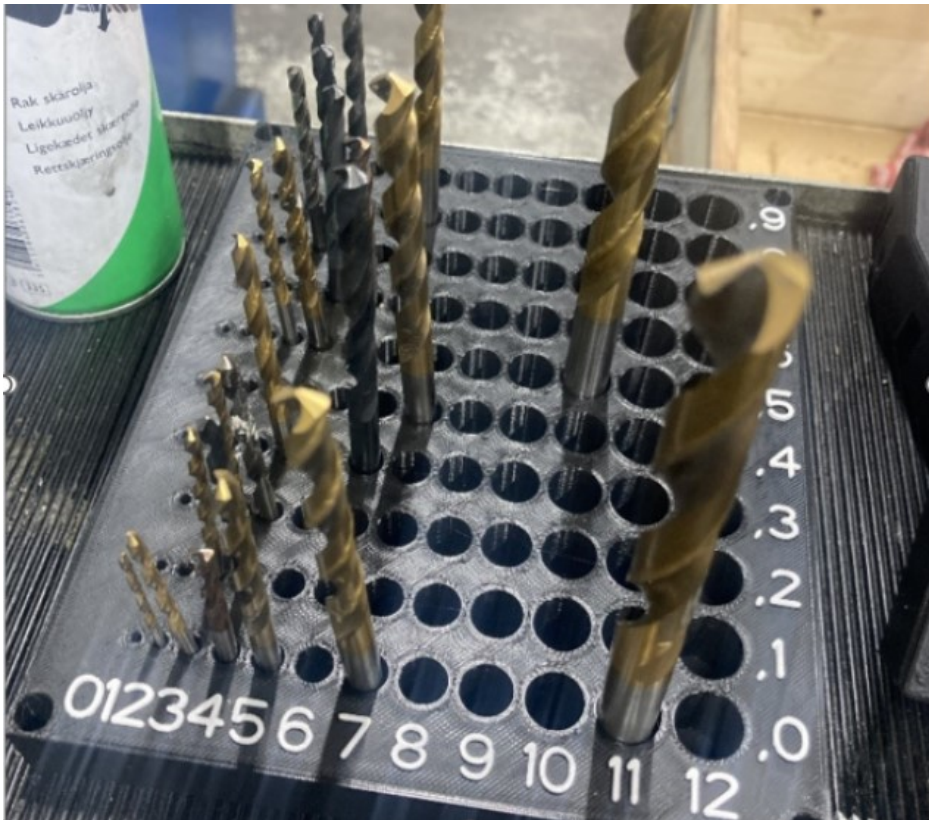
Tämä pidin koostuu ainakin kahdesta osasta, eli itse pitimestä ja sitten numeroista. Halutessaan voi myös tulostaa kyltin, että vakioporat on merkattu valkoisella tussilla. Pitimiä tulostettiin parille koneelle Petg-muovista ja ne ovat kestäneet hyvin käyttöä reilu puoli vuotta. Pitimen koko on noin 190x190 mm, siihen menee materiaalia noin 350 grammaa ja tulostusaika on vähän alle vuorokauden.

Itse tulostaminen on helppoa, teline tulostuu kyljellään ilman säätöjä tai tukia. Jos tarvitsee tulostaa muitakin kylttejä, ne kannattaa tulostaa erikseen, niin niihin saa eri langoilla mustan pohjan ja valkoiset kirjaimet. Kyltit voi myös tulostaa samalla pitimen kanssa, jolloin kirjaimet vain värjätään valkoisella maalitussilla.

Näitä pitimiä on ollut käytössä reilu puoli vuotta, ja oman arvion perusteella aikaa säästyy päivittäin minuutin tai pari, riippuen siitä kuinka paljon erilaisia poria tarvitsee. Huonokuntoiset porat tulee myös vietyä useammin teroitukseen, sen sijaan että antaisi niiden rikkoitua, koska porien kärjet ovat hyvin näkyvillä. Myöskään samankokoisia poria ei kerry koneille useita kappaleita. Teline sijoitetaan pöydän ulkopuolelle, joten varsinkin ahtaassa paikassa siihen saattaa törmätä, mutta ainakaan puolen vuoden aikana se ei ole ollut ongelmana. Tällainen teline ei myöskään ole täydellinen ratkaisu joka koneelle. Varsinkin kaksiakselisille, tai yksikaraisille sorveille, riittäisi teline, jossa olisi paikat vain esimerkiksi yleisimmille kierteille, tai että jollekin hyvin yleiselle porakoolle olisi kaksi tai kolmekin paikkaa. Oman käyttökokemuksen ja työtovereiden arvioiden perusteella tämä teline on ollut kuitenkin ihan toimiva, varsinkin sellaisella työpisteellä, joka on kaukana isosta työkalupöydästä, ja jolla käytetään paljon erikokoisia poria.

HSS-porille tehtiin hyvin samantapainen pidin kuin kovametalliporille. Jokaiselle poralle on yksi paikka ja kaikki reiät ovat vähän isompia kuin siihen sopiva oikean kokoinen pora. Tämä pidin tehtiin niin, että sitä voi säilyttää pöydällä haluamassaan paikassa, mutta siinä on myös reiät kulmissa, jos sen haluaa asentaa vaikka pieneen kulmaan tai kiinnittää johonkin. Seuraavana on kuva (kuva 9) tästä pitimestä.

Kuva 9 HSS-porien pitimessä on yksi paikka kullekin porakoolle 12.9 mm saakka.



Pidin tulostuu yhdellä kerralla, ja numerot voi halutessaan tulostaa eri värillä. Pidin on kooltaan 150x180 mm, siihen menee materiaalia noin 350 grammaa ja tulostus kestää noin 19 tuntia.

Näitä pitimiä on ollut käytössä reilut puoli vuotta useammalla koneella, ja oman arvion perusteella aikaa säästyy myös tässä, joskus minuutteja, joskus vähemmän. Pikateräsporia tulee käytettyä myös muuhun kuin pelkkään koneistukseen. Ne ovat hyviä esimerkiksi kappaleiden viimeistelyyn eli oikean kokoisella poralla voi helposti poistaa purseet tai terävät särmät koneistetusta reiästä.

Samaan tapaan kuin kovametalliporien pidikkeen kohdalla, myös tässä huomaa helpommin huonokuntoiset porat, eikä samankokoisia poria kerry koneelle huomaamatta. Oman käyttökokemuksen perusteella tämä pidin on ollut hyödyllinen. On aina mukava löytää heti

oikea pora, sen sijaan, että etsisi epämääräisestä kasasta tai lähtisi hakemaan kauempaa varastosta.

Sekalaisten tappien pidin suunniteltiin niin, että siihen mahtuu muutamalla koneella eniten käytettävät jyrsin- ja kierretapit. Haasteena oli saada pitimeen sopimaan sopiva määrä tappeja, niin että kaikille tarvittaville olisi paikka, mutta pidikkeeseen ei myöskään saisi kertyä ylimääräisiä. Tässä pitimessä on paljon erilaisia tappeja, joten tähän kuuluu myös pidin, jolla sen saa 45 asteen kulmaan. Näin tapit ja niiden paikat ovat paremmin näkyvillä, jotta oikean tapin tai sen puuttumisen näkee nopeasti. Seuraavana on kuva tästä pitimestä (kuva 10).

Kuva 10 Tässä pitimessä on paikat yleisimmille tapeille ja se asettuu 45 asteen kulmaan.



Tämä pidin on suunnilleen samankokoinen kuin edellinen pidin HSS-porille ja myös tulostustapahtuma on samanlainen. Tässä on kaksi osaa ja ne tulostetaan erikseen ja ruuvataan yhteen parilla M6-pultilla.

Pidin sopii hyvin omaan käyttöön, mutta koska se on hieman monimutkaisempi tai sekavampi, ei näiden tappien lajitelma sovi kaikkien käyttöön. Tämantapainen pidin

kannattanee suunnitella jokaiselle käyttäjälle erikseen, niin että siihen tulee oikea valikoima tappeja, käyttäjälle sopivassa järjestyksessä.

Näitäkin pitimiä on ollut käytössä parilla koneella puolen vuoden ajan ja ne ovat olleet toimivia. Tapit ovat aina löytyneet nopeasti omilta paikoiltaan ja myös tyhjän paikan näkee heti, ja voi hakea sopivan tapin muualta, ilman että tarvitsee katsoa koko pöytää läpi.

Seuraava pidin on tarkoitettu sekalaisille porille ja tapeille. Tämä pidin suunniteltiin työtoverin pyynnöstä. Lähtökohtana oli, että koneella oli hyvin vähän pöytätilaa, joitakin tappeja ja poria haluttiin säilyttää koneella, ja ne haluttiin juuri tiettyyn paikkaan laatikoston taakse. Tapeille suunniteltiin pidin, jossa kaikki ovat hyvin näkyvillä, se tulostuu yhdellä kerralla ja siihen mahtuu melkein viisikymmentä tappia tai poraa. Seuraavana on kuva tästä pitimestä (kuva 11).

Kuva 11 Tässä pitimessä on 6, 8, 10 ja 12 mm kokoisia reikiä.



Pidin on toiminut hyvin tällä koneella mille se alun perin suunniteltiin, koska käyttäjiä on pääasiassa vain yksi. Yhden käyttäjän on helppo pitää kaikki järjestyksessä. Pitimiä tulostettiin myös muille koneille, ja niillä pitimeen kertyy helposti ylimääräisiä poria ja tappeja. Kun käyttäjiä on monta, eikä pitimen paikat ole yksiselitteiset, niin pitimeen kertyy melko nopeasti sekalainen lajitelma tappeja ja poria. Ylimääräisiä työkaluja ei kuitenkaan

kerry kovin paljoo, jos koneella muuten on omat paikat eri työkaluille. Ja vaikka pitimeen välillä kertyykin ylimääräisiä työkaluja niin pitimessä ne pysyvät ainakin ehjinä sen sijaan, että ne pyörisivät pöydällä. Kun koneella muuten on sopiva määrä pitimiä, niin tätä pidintä voi käyttää myös ikään kuin havainnollistajana, että tähän kertyvät työkalut olisi syytä viedä kauemmas varastoon.

5.2.5 ER-avaimien ja -holkkien pidin

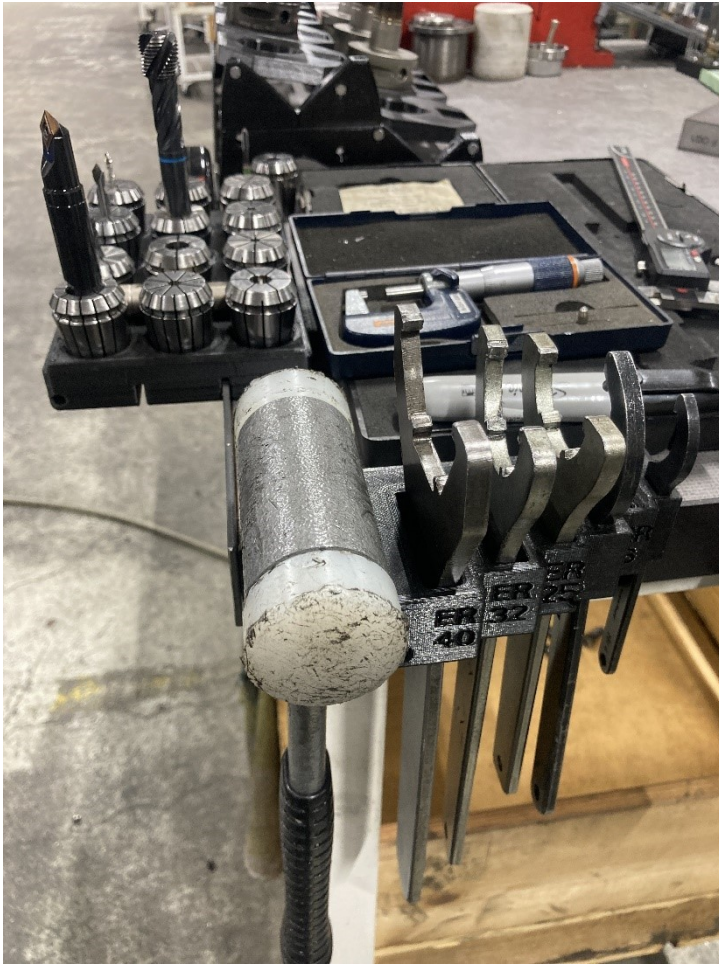
ER-holkit ovat kiristettäviä holkkeja, joilla työstökoneisiin voi kiinnittää erilaisia työkaluja, lähinnä poria ja tappeja. Niitä on saatavissa yhden millin läpimittaeroin ja yleensä ne kiristyvät lähtömittaansa tai seuraavaan alaspäin. Yleisin holkkikoko Formetilla on ER32, sillä niiden koko on sopiva useimmille työkaluille, kun tehdään kevyttä ja keskiraskasta koneistusta, eli holkkeja on saatavissa yhdestä millistä kahteenkymmeneen milliin.

Näillä koneilla, joille pitimiä suunniteltiin, on pyörivät työkalut ja vastakara, joten koneessa saattaa olla kerralla kahdeksankin erilaista ER32-holkkia. Holkeille on yhteinen säilytyspaikka keskeisellä paikalla, mutta koska näillä koneilla käytetään paljon näitä holkkeja, niille haluttiin tehdä paikat myös näille työpisteille.

ER32-holkeille tehtiin pidin ja lisäksi holkkien avaimille tehtiin pidin. Molemmat pitimet tulostuvat kerralla valmiiksi, ja ne voi tulostaa samalla kertaa molemmat. Kumpikin pidin valmistettiin PETG-muovista ja ne ovat olleet käytössä reilu puoli vuotta. Avainten pitimiin pudotetaan päivittäin melko painaviakin avaimia, ja ainakaan vielä ei ole ollut ongelmia kestävyys suhteen.

Avaimien pitimessä on paikat neljälle ER-avaimelle ja lisäksi siinä on paikka pyörivien työkalujen erikoisavaimelle ja vasaralle. Vasaraa tarvitsee välillä holkkien avaamiseen, mutta paljon myös moneen muuhun asiaan. Silti vasaran paikka on osoittautunut hyväksi näiden avainten yhteyteen. Seuraavassa kuvassa näkyvät sekä avainten että holkkien pitimet (kuva 12).

Kuva 12 ER-holkkien pidin takana vasemmalla ja työkalujen pidin edessä oikealla.



Avainten ja vasaran pidin on yksinkertainen pidin, missä on sopivan kokoiset hahlot kullekin avaimelle, ja lisäksi oikean avaimen nimi lukee pitimen kyljessä. Tämä pidin kiinnitetään pöydän reunaan, jolloin sen saa todella lähelle paikkaa, jossa sitä käytetään, eikä se vie yhtään pöytätilaa. Pidin on yksinkertainen, mutta se on ollut hyvinkin toimiva. Näitä avaimia sekä vasaraa käytetään paljon, ja kun pidin sijaitsee niin lähellä käyttöpaikkaa kuin mahdollista, tulee avaimet lähes aina laitettua käytön jälkeen suoraan pitimeen, jolloin ne ovat saatavilla nopeasti myös seuraavalla käyttökerralla.

Holkkien pitimestä tehtiin sellainen, että senkin saa kiinnitettyä helposti pöydän reunaan, näin sekään ei vie pöytätilaa ja lisäksi pidin pysyy paikoillaan. Pitimeen tehtiin paikat kahdelletoista holkille ja se on osoittautunut melko hyväksi määräksi, ainakin näille kahdelle työpisteelle. Useimmilla kerroilla pitimestä löytyy oikean kokoinen holkki, eikä sitä siis tarvitse hakea kauempaa. Alle kaksitoista holkkia on melko sopiva määrä säilytettäväksi

näillä koneilla, niin että holkkeja riittää myös muille. Kun pidin tulee täyteen, ylimääräiset holkit tulee vietyä helpommin pois koneelta, ja kun holkeille on olemassa pidin ne ovat pysyneet samassa paikassa, eivätkä ole eri paikoissa pöydillä.

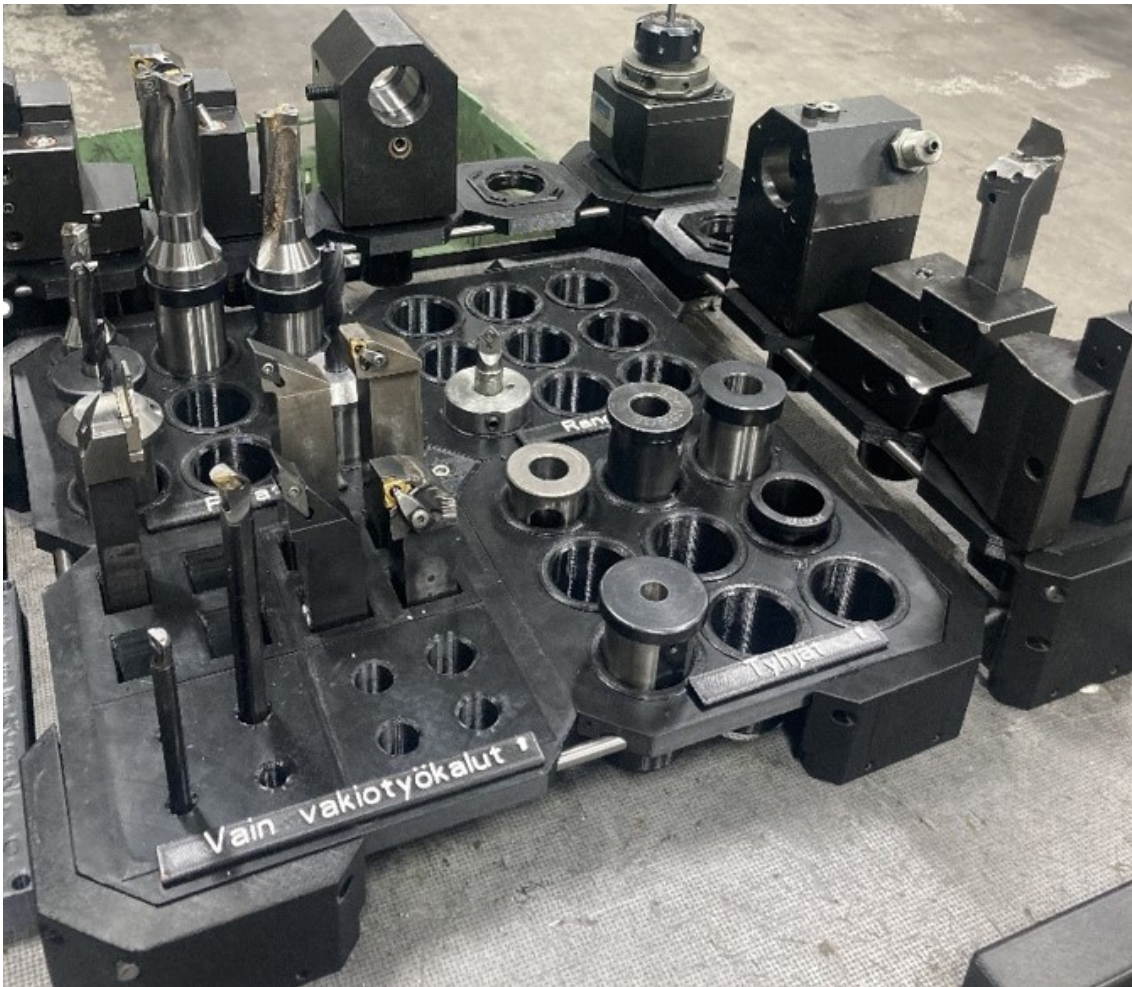
5.2.6 Muunneltava pidinkokonaisuus monitoimisorveille

Tämä pidinkokonaisuus tehtiin TNR 200-YS-monitoimisorville, jossa on vastakara, 15 työkalun revolveri ja pyörivät työkalut. Tämän pidinkokonaisuuden tarkoitus on saada kaikki holkit ja muut niihin liittyvät työkalut, joita käytetään usealla eri koneella, mahdollisimman visuaalisesti esille. Työkalut pyrittiin saamaan siistiin järjestykseen, niin että oikean työkalun, tai työkalun puutteen, eli tyhjän paikan, näkee yhdellä silmäyksellä. Lisäksi tavoitteena on vähentää koneelle kuulumattomien työkalujen kertymistä, niin että pitimessä olisi paikat vaan niille työkaluille, joita koneella on tarkoitus säilyttää.

Koneessa on yhdeksän itse revolveriin kiinnitettävää pidintä, jotka eivät mahdu revolveriin, ja niitä on säilytetty pöydällä ja laatikostossa. Osa näistä pitimistä sopii myös toiseen sorviin ja välillä niitä lainataan ristiin koneiden välillä. Erilaisia 40 millin halkaisijan holkkeja on koneella yleensä kymmenestä reiluun kahteenkymmeneen kappaletta. Näitä holkkeja käytetään myös muilla sorveilla, ne jaetaan kuuden sorvin kesken, joten niiden määrä koneella vaihtelee. Lisäksi pitimessä on paikat muutamalle sisä- ja ulkosorvaustyökalulle, eli sellaisille mitä koneen käyttäjä mielellään pitää koneella. Nämä työkalut on pitimessä nimetty kyltillä: "Vain vakiotyökalut", siksi että pitimeen ei laitettaisi mitään harvinaisempia työkaluja, ja toisaalta ettei siitä lainattaisi, ainakaan ensisijaisesti, vaan ensin katsottaisiin, onko työkalua vapaana muualla.

Pidin koostuu kahdestatoista erilaisesta 3D-tulostettavasta osasta ja niiden lisäksi tässä pitimessä on ryhmitelty holkit ja työkalut neljällä kyltillä. Pitimet kiinnitetään toisiinsa 8 millin terästangoilla. Pidin on suunniteltu niin, että siitä voi tehdä eri mallisen ja siihen voi laittaa haluamansa lajitelman pitimiä. Pidintä voi myös jälkikäteen melko pienellä vaivalla laajentaa, muuttaa järjestystä tai siihen voi kokonaan uudenlaisia pitimiä. Seuraavana on kuva tästä pidinkokonaisuudesta (kuva 13).

Kuva 13 Pidinkokonaisuus TNR:n työpisteellä.



Tämän kokoisen pidinkokonaisuuden tulostamiseen menee hyvin paljon tulostusaikaa, pitimen tulostaminen kesti reilu kaksi viikkoa. Näin ison kokonaisuuden valmistaminen perinteisillä menetelmillä, kuten työstökeskuksella muovilevyyn tai käsin akkuporalla ja kuppiterällä vanerilevyyn, on monessa tapauksessa tehokkaampi menetelmä valmistaa yksilöllisiä pitimiä. Myös isommalla tulostimella osat olisi mahdollista tulostaa kerralla, ja jos tällaisia isoja kokonaisuusia tulostaisi paljon, voisi sellaisen hankinta olla perusteltua. Toisaalta, koska kappaleiden laittaminen tulostumaan vie vain muutaman minuutin per kerta, niin työaika meni tulostamiseen vain noin tunnin verran ja sekin pyrittiin tekemään koneen pyöriessä. Myös kokoonpanoon meni aikaa arviolta tunnin verran. Pitimen hidas valmistuminen on myös tietyllä tapaa etu, koska näin jokaisen pitimen hyödyllisyyttä voi tarkemmin harkita ja muutoksia voi tehdä työn edetessä. Esimerkiksi isoille pitimille tehtiin työtoverin ideasta korokkeet, jotta ne kuivuvat, eivätkä näin pääse ruostumaan.

Nämäkin pitimet ovat olleet käytössä reilut puoli vuotta tällä koneella, ja toisellakin koneella hieman vähemmän aikaa, vähän erilaisella kokoonpanolla. Liitteessä 3 löytyy kuvia tästä toisesta työpisteestä. Siisteistä riveistä oikeanlainen holkki löytyy nopeammin. Pitimen rajattu määrä paikkoja tietyille työkaluille on vähentänyt ylimääräisten työkalujen kertymistä, ja muutama usein käytettävä työkalu löytyy nopeasti. Isot pitimet vievät nyt vähemmän pöytätilaa, kun ne voi säilyttää pystyssä, joten osaa niistä ei tarvitse laittaa laatikostoon, vaan kaikki voivat olla esillä ja näin sopiva pidin löytyy nopeammin.

5.2.7 Sekalaiset 3D-tulosteet

Lisäksi tulostettiin erinäisiä yksittäisiä kappaleita erilaisiin tarkoituksiin, kuten laatikko kappaleen kerääjään, useita erinäisiä kylttejä, leikkuunestetulppia sekä muutama yksinkertainen pidin erinäisille työkaluille. Näiden edellä mainittujen pitimien lisäksi suunniteltiin ja valmistettiin paljon pitimiä myös työtovereiden ideoista. Näitä pitimiä ovat matala laatikko mittavälineille, kappaleen kerääjän ohjuri, pidin pienelle akkuporakoneelle, matala pidin porille ja tapeille, muutama erilainen magneettinen pidin Torx-avaimille ja leikkuunestesuuttimia. Pitimet, jotka valmistettiin työtovereiden ideoista ovat olleet hyvinkin toimivia, koska ne tulostettiin tarpeeseen. Näistä kaikista pitimistä sekä muista tulosteista löytyy kuvia liitteissä (liite 1 ja liite 2). Nämä sekalaiset 3D-tulosteet, sekä kaikki edellisissä luvuissa mainitut tulosteet havainnollistavat, kuinka monipuolisesti eri käyttökohteisiin 3D-tulostettavat osat sopivat.

Lisäksi muutamia ideoita on vielä kehittäneellä, kuten modulaarinen pidin, johon voi helposti laittaa sopivan valikoiman poria tai tappeja. Esimerkiksi pidin, kierretappi ja siihen sopiva pora vierekkäin omilla paikoillaan, olisi hyvä monelle koneelle.

6 Ennen ja jälkeen

Tähän opinnäytetyöhön liittyvät oleellisesti työpisteillä saavutetut muutokset sekä ennen ja jälkeen -kuvat. Seuraavissa kappaleissa on esitelty mitä muutoksia kahdelle työpisteelle on saatu. Ensimmäisellä työpisteellä on TNR-200YS CNC-monitoimisorvi ja toisella työpisteellä on kaksi työstökoneita: Okuma Multus B200-W CNC-monitoimisorvauskeskus ja Okuma LB300-MYW CNC-monitoimisorvi.

6.1 TNR

Seuraavissa kuvissa (kuva 14 ja 15) näkyy ennen ja jälkeen -kuvat TNR-200YS CNC-monitoimisorvin työpisteestä. Itse sorvi on suoraan pöytien vasemmalla puolella, ja siitä näkyy lastulava vasemmassa reunassa. Tässä sorvissa on työkalurevolveri ja vastakara, joten teräpaloja menee paljon, kun sekä pää- että vastakarakalle tulee vaihtaa teräpalat esimerkiksi materiaalin vaihtuessa. Sorvissa on pyörivät työkalut, joten myös poria, kierretappeja ja jysintappeja on käytössä paljon erilaisia. Sorvin tankoautomaattiin menee kolmemetrisiä tankoja, kun muihin Formetin sorvien tankoautomaatteihin menee metrin tankoja, joten tällä koneella ajetaan erityisen paljon pitkiä sarjoja.

Tälle sorville tehtiin paljon erilaisia pitimiä ja niitä kokeiltiin ja paranneltiin. Jälkeen otetussa kuvassa (kuva 15) näkyy kaksitoista pidintä ja yksi iso pidinkokonaisuus. Alkaen vasemmalta kuvassa on pieni pidin kahdelle irrotustyökalulle, yleispidin erilaisille yleisavaimille ja pihdeille, teräpalojen pidin, HSS-porien pidin, pidin usein käytettäville tapeille, ER-32-holkkien pidin, ER-avainten ja vasaran pidin, pidin akkuporalle, random-tappien ja porien pidin, kovametalliporien pidin sekä viimeisenä oikealla pidinkokonaisuus D40 holkeille, muutamille vakiotyökaluille ja revolverin työkalupitimitille. Laatikon sisällä on myös pidin pienelle työntömitalle.

Kuva 14 TNR-monitoimisorvin työpiste ennen.



Kuva 15 TNR-monitoimisorvin työpiste parannusten jälkeen.



Nyt kun työpisteellä tekee töitä, voi huomata selvän eron entiseen. Enää ei tule niin usein mieleen, että jonkin asian voisi tehdä selvästi helpommin. Pieniä asioita, joita parantaa, löytyy varmasti loputtomiin, mutta suuria epäkohtia on ainakin vähemmän. Esimerkiksi, jos ennen laatikkoa joutui avaamaan kymmeniä kertoja päivän aikana, nyt sitä ei välttämättä tule avanneeksi kertaakaan. Työkalut myös palautetaan useammin takaisin, jos niitä lainataan muille työpisteille. Työkalujen etsiminen on vähentynyt, kun työkalut ovat aina samassa paikassa, ja ne voi nähdä yhdellä silmäyksellä. Samoin jos työkalu puuttuu, ei tarvitse katsoa koko työpöytää läpi, vaan näkee myös tyhjän paikan yhdellä silmäyksellä. Vaikka tämä työpiste on suunnittelijansa mielestä toimiva, ei tätä mallia ole tarkoitus kopioida tällaisenaan muille työpisteille. Pöytä on eräänlainen konkreettinen esimerkki, mitä kaikkea voi tulostaa.

6.2 Multus ja LB-300

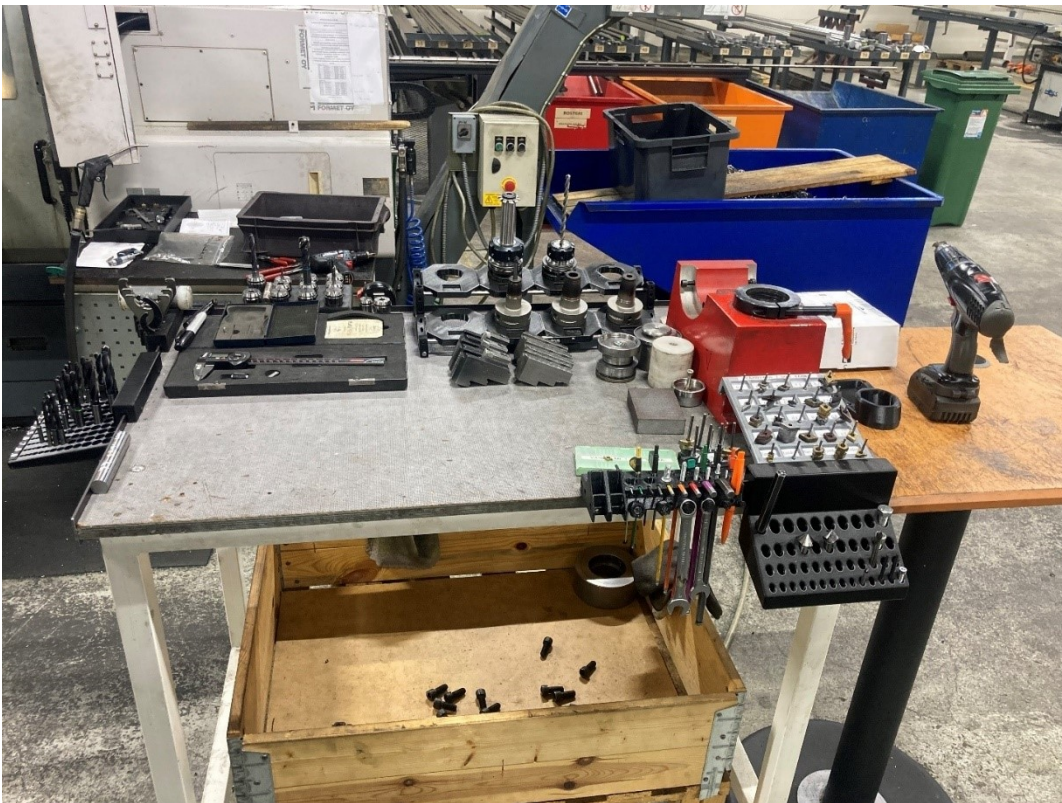
Tällä työpisteellä on lähekkäin kaksi sorvia: Okuma Multus B200-W, CNC-monitoimitoimisorvauskeskus ja Okuma LB300-MYW-CNC-monitoimisorvi. LB300-sorvissa on vastakara ja pyörivät työkalut ja Multuksessa on kääntyvä jyrsinkara ja 40 työkalun makasiini. Kummallakin koneella tehdään päivän aikana tyypillisesti muutama eri työ, joten sorveihin vaihdetaan päivän aikana lukuisia erilaisia tappeja, poria ja teräpaloja.

Näillä sorveilla testattiin paljon pitimiä, jotka oli ensin tehty TNR-monitoimisorville, ja osaa myös muutettiin vähän omien ja muiden käyttökokemusten mukaan. Seuraavassa kuvassa (kuva 16) näkyy pöytä, joka on koneiden keskellä ja työkalut ovat hyvinkin sekalaisessa järjestyksessä, ja sen alla olevassa kuvassa näkyy pöytä parannusten jälkeen (kuva 17). Siinä on erilaisia pitimiä alkaen vasemmalta: kovametalliporien pidin, ER-avaimien ja vasaran pidin, ER-holkkien pidin, kahdeksan Capto-pitimen teline, yleistyökalujen pidin ja ensimmäinen versio teräpalojen pitimestä. Lisäksi kuvassa on kaksi työtoverien toiveesta heidän työpisteilleen alun perin tehdyistä pitimistä, jotka otettiin testiin myös näille sorveille: pöydän reunaan kiinnitettävä teline tapeille ja pidin pienelle akkuporakoneelle.

Kuva 16 Multus- ja LB-300-koneiden keskellä sijaitseva työpöytä ennen.



Kuva 17 Multus- ja LB-300-koneiden keskellä sijaitseva työpöytä parannusten jälkeen.



Liitteessä 3 on kolme kuvaa edellisten kuvien (kuva 16 ja kuva 17) taustalla näkyvästä LB-300:n työpisteestä, sekä yksi kuva edellisessä luvussa esitellystä TNR:n työpisteestä eri kulmasta. Liitteen 3 oikeassa yläkulmassa näkyvää TNR:n pidinjärjestelmää on alettu tekemään myös LB-300:n työpisteelle. Muutenkin kuvissa näkyy, että paljon samoja pitimiä on kopioitu TNR:ltä, ne ovat vain eri järjestyksessä.

Multuksen työpisteelle tehtiin varta vasten pitimet Capto-pitimille ja niihin liittyvät numerorullat. Seuraavassa kuvassa (kuva 18) näkyy vasemmalla tilanne ennen ja oikealla tilanne jälkeen. Vasemmassa kuvassa on vähemmän pitimiä, koska niitä säilytettiin silloin enemmän koneen takana ja muilla pöydillä, oikealla ne ovat samassa paikassa.

Kuva 18 Multuksen työpöydän ennen ja jälkeen -kuvat.



Myös näillä työpisteillä voi huomata, että työkalujen etsiminen on vähentynyt, kun työkalun löytää yhdellä silmäyksellä tai huomaa sen puuttuvan. Nämäkin työpisteet ovat omassa käytössä olleet toimivia ja näistä pitimistä on tehty myös muille työpisteille muokattuja versioita.

7 Lopuksi

Projektin tarkoituksena oli kasvattaa työn tehokkuutta samalla pyrkien parantamaan työntekijöiden työssä viihtyvyyttä. Pitimet ja niiden valmistamiseen liittyvät järjestelmät pyrittiin suunnittelemaan niin, että niiden muuttaminen tarpeita vastaavaksi on mahdollisimman helppoa ja joustavaa.

Pidinten suunnitteleminen ja valmistaminen oli prosessina pitkä, koska pitimiä suunniteltiin muun työn ohessa, ja ideat niihin pyrittiin saamaan aidosta tarpeesta. Pitimiä myös testattiin ja muutoksia tai parannuksia tehtiin omien huomioiden sekä muiden työntekijöiden palautteen perusteella, ja joskus tämä prosessi toistettiin useamman kerran.

3D-tulostus on ainakin tässä käytössä, oman arvion mukaan, hyvin yhteensopiva Leanin periaatteiden kanssa. Tämä tarkoittaa pienehköä muovitulostinta, pienessä konepajassa, erilaisten pienehköjen pitimien, kylttien sekä varaosien valmistukseen. Kun kohde on sopiva, tulostus on nopeaa tuotteen etsimiseen ja tilaamiseen verrattuna. Joskus tarpeeseen sopivaa tuotetta ei edes löydy, jolloin kaikki etsimiseen käytetty aika menee hukkaan. Tulostamalla isokin kappale on yleensä seuraavana aamuna valmis, kun tulostin voi jauhaa läpi yön. Mallit ovat helposti muokattavissa, ja esimerkiksi pitimiä voi valmistaa niin, että ne voi sijoittaa poikkeuksellisen näkyviin tai ergonomisiin paikkoihin. Modulaarisuuden hyödyntäminen sopii myös hyvin yhteen 3D-tulostuksen kanssa. Pitimiä voi tehdä vain juuri tarvittavan määrän ja säästää tilaa ja vaivaa. Ei tarvitse tehdä lisäpaikkoja tulevaisuuden varalle, koska lisäpaikkoja voi tulostaa helposti tarpeen vaatiessa.

Kestävä kehitys sopii yhteen sekä 3D-tulostuksen, että Leanin periaatteiden kanssa. Varaosien ja pitimien tulostaminen, juuri siellä missä niitä tarvitaan, on sekä kätevää, että vähentää osaltaan tarvetta kuljetuksille. Tulostus on virtaviivainen tapa valmistaa monimutkaisiakin esineitä yksinkertaisilla koneilla ja vähäisellä työllä. Tulostettavat kappaleet voi tehdä ontoiksi, eikä valmistuksessa synny samaan tapaan hukkamateriaalia, kuten lastuavissa menetelmissä. Materiaalia tarvitaan vähemmän ja materiaalia voi käyttää uudelleen tai kierrättää. Pienet korjaukset ja varaosien valmistus käy monesti kätevästi 3D-tulostamalla.

Tällaisen toiminnallisen opinnäytetyön onnistumisen arviointiin on useita eri mittareita, kuten yrityksen liikevoitot, erilaiset tehostumisen mittarit tai palautteet asianosaisilta. Tämän projektin vaikutukset ovat verrattain pienet, joten liikevaihto tai liikevoitto on siihen turhan laaja mittari. Vuosi 2022 oli ennätysellisen vilkas koko toimialalla, kuten myös Formetilla. Jotta liikevaihtoa voisi käyttää mittarina, pitäisi yrityksen olla hyvin pieni tai vaikutusten suuret. Formetilla seurataan kuhunkin työhön käytettyä aikaa, ja niitä seuraamalla olisi teoriassa mahdollista arvioida tehokkuuden paranemista. Ei ole kuitenkaan realistista sulkea pois kaikkia muita tehokkuutta parantavia tekijöitä tämän mittakaavan projektissa, joten tällä keinoin saa vain hyvin monitulkintaisia lukemia. Kumpikaan näistä keinoista ei myöskään mittaa työssä viihtymisen paranemista, joka on hankalasti mitattavissa.

Parempi tapa juuri tämän opinnäytetyön onnistumisen arviointiin voisikin olla työntekijöiltä ja työnjohdolta saatu palaute sekä omat arviot. Vaikka nämä, varsinkin omat arviot, ovat subjektiivisia, on tässä tapauksessa aika helppo antaa arvio, onko mikäkin muutos ollut askel parempaan vai huonompaan suuntaan. Muutoksen määrän ja vaikutuksen arviointi on tietenkin tällä tavoin vaikeaa, mutta tämän kaltaisessa projektissa suuntaa antava arvio on hyvinkin riittävä.

Palaute on ollut pääosin positiivista. Varsinkin pitimet, jotka on valmistettu työtovereiden ideasta, tai jonka suunnitteluun ja paranteluun työtoverit ovat osallistuneet, ovat saaneet hyvän vastaanoton. Tällaiset pitimet on ollut nopea mallintaa, kun usein paikka, käyttötarkoitus ja muoto ovat olleet hyvin selvillä. Toisaalta joissakin pitimissä, jotka opinnäytetyön tekijä on suunnitellut vastaamaan omaa tarvettaan, on ollut kritisointavaa, kuten että erilaisia työkalupaikkoja on liikaa, tai pitimet ovat olleet liian ahtaita, tai että työkalut saattaisivat likaantua tai ruostua pitimessä, eikä jokin pidin sellaisenaan sopisi omalle työpisteelle. Mutta myös näistä kritiikeistä on usein syntynyt idea kokonaan uuteen pitimeen, tai niiden perusteella on tehty hyviä muutoksia. Jokainen on oman työnsä asiantuntija, ja kun siihen lisätään jonkinlainen näkemys Leanista, on saatu aikaan hyviä lopputuloksia.

3D-tulostus on yksi lisäkeino, jolla työntekijät voivat vapaasti muokata työympäristöään omia tarpeitaan vastaavaksi, hyviä ideoita voi jakaa muille ja muiden ideoita voi muokata omanlaisikseen. On jokseenkin perusteltua tehdä johtopäätös, että lisääntynyt vapaus oman työympäristön muokkaamiseen lisäisi työssä viihtymistä. Myös positiiviset palautteet ovat tämän johtopäätöksen tukena.

3D-tulostus myös mahdollistaa esimerkiksi jo kertaalleen mallinnettujen pitimien muokkaamisen. Osittainkin sopiva pidin saadaan muokattua tarpeisiin sopivaksi pienellä vaivalla. Sellaisenkin pitimen, josta löytyy useita erilaisia kaupallisia versioita, valmistaminen tulostamalla voi olla nopeampaa ja halvempaa, kuin oikeanlaisen tuotteen etsiminen ja tilaaminen. Kaupallista tuotetta on usein myös hankalampi tai joskus mahdotonkin muokata, jos täysin tarpeisiin sopivaa ei löydy. Parhaimmillaan 3D-tulostus on, kun asioita tehdään tarpeeseen ja tarve on tulostukseen sopiva.

Kokonaisuutena projekti antoi hyvän osaamisohjan jatkaa parannusten tekemistä Leanin-periaatteiden mukaisesti. Pienimuotoisen 3D-tulostuksen ottaminen mukaan valmistusmenetelmien valikoimaan saattaa olla yhä enemmissä määrin hyödyllistä. 3D-tulostus on verrattain uusi menetelmä ja siinä tapahtuu nopeaa kehitystä, joten on todennäköistä, että sen käyttö tulee lisääntymään. Lean on osoittanut toimivuutensa jo vuosikymmenten ajan. Sen periaatteiden tunteminen ja noudattaminen on hyödyksi niin työ- kuin yksityiselämässäkin.

Lähteet

3D Printing Industry. (2017) *History of 3D printing*. <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/#02-history>

Cudney, E., Furtener, S., Dietrich, D & Mujahid, A. (2013) *Lean systems: applications and case studies in manufacturing, service, and healthcare*. [kuvat 1 ja 2] CRC Press, Taylor & Francis Group.

Dennis, P. (2015) *Lean production simplified*. CRC Press, Taylor & Francis Group

Egelston A. (2013) *Sustainable development: a history*. Springer Netherlands.

Formet Oy. (n.d.) <https://www.formet.fi/>

GE Additive. (n.d.) *Additive manufacturing. Aviation and aerospace industry*. Haettu 8.5.2023 osoitteesta <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing/industries/aviation-aerospace>.

Geekbuying. (n.d.) *Labists SX1 Desktop 3D Printer for Beginners*. Haettu 8.5.2023 osoitteesta <https://www.geekbuying.com/item/Labists-SX1-Mini-3D-Printer-508861.html>

Liker, J. (2006) *Toyotan tapaan: 14 Johtamisen periaatetta*. Readme.fi.

Martin, C. (2019) *Designing for the circular economy*. Routledge.

Modig, N. & Åhlström P. (2013) *Tätä on Lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin*. Rheologica.

Prusa Research. (n.d.) *Original Prusa i3 MK3S+ 3D-tulostin*. Haettu 8.5.2023 osoitteesta <https://www.prusa3d.com/category/original-prusa-i3-mk3s/>

PTC. (n.d.) *Creo*. <https://www.ptc.com/en/products/creo>.

Russell Gonzalez, S. & Bennett, D. (2016) *3D printing: a practical guide for librarians*. Rowman & Littlefield Publishers.

Srivastava, M., Rathee, S., Maheshwari, S. & Kundra, T. (2020) *Additive manufacturing: fundamentals and advancements*. CRC Press, Taylor & Francis Group

Taylor-Smith, K. (2021) AZoM. *How is 3D printing a sustainable manufacturing method?* <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=20017>.

Team Xometry. (30.8.2022) *3D Printing vs. traditional manufacturing: differences and comparison*. Xometry. <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/3d-printing-vs-traditional-manufacturing/>

Liite 1. Kuvia 3D-tulosteista.



Liite 2. Kuvia 3D-tulosteista.



Liite 3. Kuvia työpisteistä.

