

# **CNC-koneistuksen saannon parantaminen häiriöitä tilastollisesti analysoimalla**

## **Opinnäytetyö**

Josefiina El Khanjar

Opinnäytetyö

Toukokuu 2021

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) El Khanjar, Josefiina	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2021
	Sivumäärä 49	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>CNC-koneistuksen saannon parantaminen häiriöitä tilastollisesti analysoimalla</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Miikka Parviainen Hannu Kivistö		
Toimeksiantaja(t) HT Laser Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän kehittämistutkimuksen toimeksiantajana oli HT Laser Oy:n Keuruun yksikkö. Työn tehtävä oli saannon parantaminen häiriöitä tilastollisesti analysoimalla.</p> <p>Tavoitteena oli löytää 80 % ongelman aiheuttajista ja yrittää saada saantoa 20 % paremmaksi. Ensimmäisenä lähdettiin tutkimaan seinsonta-aikojen mittaus tuloksia, joita zyfra laite antoi. Datan perusteella lähdettiin histogrammien ja pareto kaavion avulla etsimään analysoitavia kohteita. Analysoinnin jälkeen alettiin tuottamaan kehitysideoita haastavalle kiinnitykselle, valmiin ohjelman puuttumiselle ja työkalujen etsimiselle.</p> <p>Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena koska siinä oli ongelma, jolle tarvittiin selkeä muutos. Tarkoituksena oli kehittää prosessia paremmaksi. Työssä oli myös kvalitatiivisia eli laadullisia piirteitä. Työssä käytettiin avointa haastattelua ja avointa keskustelua. Työ alkoi kahden-kolmen viikon pituisella tutustumisjaksolla CNC-koneistukseen ja siinä samassa tehtiin omien havaintojen pohjalta nykytilan kartoitusta. Nykytilan kartoituksen jälkeen haettiin teoriaa. Teorian jälkeen päästiin tekemään mittauksia, analysointia ja kehitysideointia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin muutamia kehitysehdotuksia saannon parantamiseksi. Yrityksessä tehtiin jo ratkaisuja saannon parantamiseksi, jotka liittyivät haastavaan kiinnitykseen, 6S menetelmään ja layout muutosiin. Tehdyt muutokset on tehty työnjohdon ja työntekijöiden yhteistyöllä. Muutoksia tullaan tekemään myös enemmän askel kerrallaan.</p>		
<p>Avainsanat (<a href="#">asiasanat</a>)</p> <p>Lean, Pareto-sääntö, SPC, 5x-miksi, DMAIC, Six sigma, 5S, 6S</p>		
<p>Muut tiedot</p> <p>Osa kuvien 7, 8, 11 ja 12 (tiedoista muokattu). osa kappaleesta 7.2 ja kuvat 18 ja 19 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 21, teknologista kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot. Salassapitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 18.05.2026.</p>		

Author(s) El Khanjar, Josefiina	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2021 Language of publication: Finnish
	Number of pages 49	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Improving the yield of CNC machining by statistical analysis of disturbances</b>		
Degree programme Engineer (AMK), Degree programme in mechanical engineering		
Supervisor(s) Parviainen, Miikka Kivistö, Hannu		
Assigned by HT Laser Oy, Keuruu		
Abstract  <p>This development study was commissioned by HT Laser Oy's Keuruu unit. The task of the work was to improve the yield by statistically analyzing the disturbances.</p> <p>The goal was to find 80 % of the causes of the problem and try to get a 20 % better yield. The first step was to research the results of the measurement of downtime given by the zyfra device. Based on the data, histograms and a Pareto chart were used to search for objects to be analyzed. After the analysis, the development of ideas for a challenging attachment, the absence of a ready-made program, and the search for tools began.</p> <p>The work was carried out as a development study because it had a problem that needed a clear change. The intention was to improve the process. The work also had qualitative features. An open interview and an open discussion were used in the work. The work began with a two- to three-week familiarization period with CNC machining, and at the same time a survey of the current state was made based on one's own observations. After the status survey, a theory was sought. After the theory, measurements, analysis, and development ideas were made.</p> <p>The work resulted in a few development suggestions to improve the yield. The company already made solutions to improve yields related to challenging attachment, the 6S method, and layout changes. The changes have been made in cooperation between management and employees. Changes will also be made more step by step.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  Lean, Pareto-rule, SPC, 5 why's, DMAIC, Six sigma, 5S, 6S		
Miscellaneous: Part of pictures 7, 8, 11 and 12 (data changed), part of paragraph 7.2 and pictures 18 and 19 are confidential and they have been removed from the public thesis. Grounds for se-crecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 21: technological development work and their evaluation. Period of secrecy is five years and it ends 18.05.2026.		

## Sisältö

1	Johdanto.....	4
1.1	Toimeksianto .....	4
1.2	Työn tavoite.....	5
1.3	Työn rajaus .....	5
2	Yrityksen esittely .....	6
2.1	Yleisesti.....	6
2.2	Laatu .....	7
2.3	Tuotteet.....	9
2.4	Työvaiheet .....	9
2.5	CNC-koneet.....	10
2.5.1	Mazak horizontal center nexus 5000-III .....	10
2.5.2	Mazak vertical center smart 530C.....	10
2.5.3	Mazak variaxis i-600 .....	10
3	Tutkimusmenetelmät .....	11
3.1	Kvalitatiivinen tutkimus.....	11
3.2	Kvantitatiivinen tutkimus .....	12
3.3	Kehittämistutkimus .....	12
3.4	Toimintatutkimus .....	13
3.5	Työn tärkeimmät kysymykset .....	13
4	Saannon parantamisen työkalut .....	14
4.1	Lean six sigma.....	14
4.2	Lean .....	15
4.3	Six sigma .....	16
4.4	Pareto .....	16
4.5	SPC.....	16
4.6	DMAIC.....	18

	2
4.7 5S-menetelmä/6S-menetelmä .....	20
4.8 5x-miksi.....	23
4.9 Layoutin muuttaminen .....	24
5 Totetutus .....	25
5.1 CNC-koneistuksen nykytilanteen kartoittaminen .....	25
5.2 Seisonta-aikojen mittauksen työkalu: zyfra MDCplus TVV-10.....	27
5.2.1 Laitetiedot.....	27
5.2.2 Ominaisuudet .....	28
5.2.3 Käyttäminen.....	28
5.3 kahden kuukauden raporttien analysointi .....	29
5.4 Zyfran huomioon otettavat asiat .....	31
5.5 CNC-koneistuksen nykytilanteen havainnointi .....	32
6 Kehitysehdotukset.....	34
6.1 Haastava kiinnitys.....	34
6.2 Valmista ohjelmaa ei ole .....	35
6.3 Kappaleiden tekeminen varastoon .....	36
6.4 CNC-koneiden työkalujen vakiointi .....	37
7 Opinnäytetyön tulokset.....	38
7.1 CNC-koneen alueen muutokset .....	38
7.2 Aktiivinen johtaminen ja 6S-järjestelmä (salaiset kohdat poistettu).....	39
8 Pohdinta ja johtopäätökset .....	41
Lähteet.....	43

## Kuviot

Kuva 1 HT Laser Oy:n toimipisteet (yhteystiedot, n.d.) .....	6
Kuva 2 Käytettävät laadut toimipisteillä (laatu, n.d.).....	8
Kuva 3 TPS:n mukaiset hukat (vuorinen, T. 2013) .....	15
Kuva 4 SPC:n arvot liiketoiminta prosessissa (Sower, V. E. 2014.) .....	17
Kuva 5 DMAIC prosessin kirjainten merkitykset (Shankar. 2009.).....	18
Kuva 6 Esimerkki 5x-miksi analyysistä (5 whys: the ultimate root cause analysis tool. n.d.) .....	23
Kuva 7 Helmikuu - Huhtikuu syyjakauma (luvat otettu pois salassapidon takia) .....	26
Kuva 8 Pareto helmikuu - huhtikuu 2020 (salassa pidettävät tuntimäärät muutettu prosentteiksi) .....	26
Kuva 9 Zyfra MDCplus TVV-10.....	27
Kuva 10 MDCplussan toimivuus (Zyfra digital manufacturing, n.d.).....	29
Kuva 11 Histogrammi tammikuu - helmikuu 2021 (salassa pidettävät tuntimäärät muutettu prosentteiksi) .....	30
Kuva 12 Pareto tammikuu 2021 - Helmikuu 2021 (salassa pidettävät tuntimäärät muutettu prosentteiksi) .....	31
Kuva 13 Horisontaalin ja vertikaali CNC-koneen ympäristö .....	33
Kuva 14 5-axis koneen ympäristö .....	33
Kuva 15 5x-miksi: Haastava kiinnitys .....	35
Kuva 16 5x-miksi: kappaleiden tekeminen varastoon .....	36
Kuva 17 5x-miksi: CNC-koneen työkalumakasiinin työkalujen vakiointi.....	37
Kuva 18 CNC-koneistuksen työympäristön layout muutos (salainen).....	38
Kuva 19 CNC-koneiden uudet työkalut ja hyllyt (salainen).....	39
Kuva 20 6S järjestelmä (yrityksen sisäinen esitys) .....	40

## Taulukot

**Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.**

# 1 Johdanto

## 1.1 Toimeksianto

HT Laser Oy:n toimeksiantona on CNC-koneistuksen saannon parantaminen häiriöitä tilastollisesti analysoimalla. Tarve toimeksiannolle tuli yritykseltä, koska heidän koneistuksensa tuottavuus on ollut negatiivinen. Toimeksiannon antamisen aikaan ei ollut muutoksia lähdetty tekemään, mutta niitä alettiin jo suunnittelemaan loppuvuodesta 2020. Muutoksia on tehty asteittain, jotta saadaan tuottavuus tulos positiiviseksi. Muutos kohteina ovat vaiheet, jotka tuovat CNC-koneille lisää seisonta-aikaa.

Toimeksiannon tarkoituksena oli kehittää CNC-koneistuksen tuottavuutta DMAIC-prosessia hyödyntäen. Prosessin avulla saadaan koneistuksen tuottavuus paremmaksi, koska DMAIC-menetelmän avulla voidaan löytää juurisyy ja saada oikeat ratkaisut koneistuksen tuottavuuden parantamiseen.

Toimeksiannossa annettiin ongelmanratkaisuvälinenä zyfra MDC plus TVV-10 laite, joka kiinnitetään koneen kylkeen ja laite tuo tarvittavat tiedot koneelle automaattisesti ilman, että niitä tarvitsee itse mitata. Zyfran avulla mitataan CNC-koneen seisoma-aikojen syitä. Kun zyfran avulla löydetään syyt, voidaan siirtyä analysoimaan syitä, jotka saavat seisonta-ajat nousemaan yli 20 minuuttia pitkiksi. Zyfra tuo esille syyt, joihin hukkien heikko käytösuhde jakaantuu. Zyfra laitetta ei ole käytetty missään muussa opinnäytetyössä aiemmin, sillä se on suhteellisen uusi laite. Zyfra tuo työlle uutuusarvoa, koska sellaisen käytöstä ei ole tehty aiempia opinnäytetöitä.

Zyfran datan avulla saadaan hyödynnettyä SPC:tä keräämällä data ja lajittelemalla se suoraan taulukoihin. Taulukoiden avulla tehdään histogrammit ja saada selville suurimmat syyt. Histogrammien avulla saadaan järjestys ja luodaan niistä järjestys suurimmasta pienimpään ja saadaan taulukko pareto-kaaviota varten. Pareto-kaavion avulla saadaan selville, mitkä syyt vievät 80 %.

## 1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottavuuden parantaminen. Toimeksiantaja odottaa opinnäytetyön tuovan toimenpiteitä, joita suorittamalla saadaan parannettua saantoa 20 %. Toimeksiantajan tavoite on myös saada näkökulmia niin johtoportaiden kuin työntekijöiden näkökulmasta, jotta kaikilla on parempi työympäristö tehdä töitä samalla, kun tuottavuus on parempi kuin aiemmin.

Opinnäytetyön tekijän oma tavoite on saada yritykselle heidän haluamansa tavoite täytetyksi. Toinen tavoite on saada ymmärrystä kyseisestä prosessin kehittämisestä ja siitä, miten sellainen saadaan toimimaan.

Koneistuksen kehittämisestä on hyötyä niin toimeksiantajalle kuin heidän työntekijöilleen, kun kehitetään esimerkiksi työympäristöä tehokkuuden parantamiseksi. Työympäristön kehittämisen myötä työntekijät löytävät helpommin tarvittavat työvälineet. Työpisteiden siisteydellä saadaan työsuojelu kohdilleen, jolloin jokaiselle on turvallista työskennellä omalla työpisteellään.

## 1.3 Työn rajaus

Työ on rajattu koskemaan vain CNC-koneistusta. CNC-koneistus on yrityksen pullonkaula ja sen kehittäminen vie laskussa olevan tuottavuuden takaisin nousun puolelle.

Työ on rajattu koskemaan tutkinnon koulutusalaan ja tutkimuskohteet ovat niitä asioita, joita on korkeakoulussa tekniikan alojen tutkinnossa käyty läpi. Aihe on kiinnostava kaikille sitä koskeville henkilöille eli: työntekijöille, työpisteen johtoportaalle, opinnäytetyöntekijälle ja koulun henkilöstölle. Aiheessa tutkitaan dataa, jota analysoidaan ja lähdetään luomaan toimenpide ehdotuksia, joilla pystytään parantamaan koko prosessia.

Yritykseltä löytyy tarvittaessa hyvät resurssit lähteä suorittamaan toimenpiteitä. He ovat valmistautuneet siihen, että hyvän toimenpide-ehdotuksen tullessa ollaan valmiita toimimaan sen perusteella. He ovat käyttäneet resursseja muutoksiin ja ovat

valmiita käyttämään lisää resursseja CNC-koneistuksen tuottavuuden parantamiseksi. Muutoksia on tehty aiemmin jo haastavassa kiinnityksessä

## 2 Yrityksen esittely

### 2.1 Yleisesti

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii HT Laser Oy:n Keuruun toimipiste. HT Laser Oy on vuonna 1989 perustettu metalliteollisuuden järjestelmätoimittaja. Yrityksen liikevaihto on 61 miljoonaa euroa (vuonna 2020). Työtekijöiden määrä on noin 400 henkilöä ja asiakkaita on noin 1000. Yrityksellä on seitsemän tehdasta ympäri suomea ja yksi tehdas Poznanissa, Puolassa. Suomen tehtaat sijaitsevat Kaarinassa, Keuruulla (päätoimipiste), Lappeenrannassa, Tampereella, Torniossa, Vaasassa ja Viere-mällä. Tehtaiden lisäksi Jyväskylässä sijaitsee HT Laserin toimisto. Toimipisteiden sijainnit nähdään tarkemmin kartalla kuvassa 1.

(Yritys. n.d.)



Kuva 1 HT Laser Oy:n toimipisteet (yhteystiedot, n.d.)

HT Laser Oy on osa Teiskonen Oy konsernia. Konserniin kuuluu viisi eri teknologian yritystä, joita ovat: HT Laser Oy, HT Laser Oy Puolan maayhtiö, Elekmerk, Alamarin-Jet Oy ja HT Enerco Oy. Yrityksillä on eri tehtävät, sillä HT Laser Oy ja HT Laser Oy Puolan maayhtiön tehtävinä on toimia sekä järjestelmätoimittajina että komponenttitoimittajina. Elekmerkin tehtävänä on toimia ohutlevyteollisuuden sopimusvalmistajana. Alamarin-Jet Oy toimii veneiden propulsiolaitteiden ja näiden ohjausjärjestelmien kehittäjänä sekä valmistajana. HT Enerco Oy toimii nokkatuotteiden ja tulimax-bioenergiakattiloiden kehittäjänä sekä valmistajana.

(Teiskonen Oy. n.d)

## 2.2 Laatu

HT Laser Oy:lle on tärkeää, että laatua tehdään yhdessä. Tämä näkyy siinä, että yrityksessä puututaan jo heti sisä- ja ulkopoikkeaman huomattessa ja se viedään andoniin. Andon tuotannon avunpyyntöjärjestelmä, jonne viedään kappale, jossa on havaittu jonkinlainen laatu poikkeama. Andoniin viedään myös kappalekokonaisuudet, joissa koetaan jonkinlainen virhe tai jokin osa on väärä. Yrityksessä noudatetaan viittä erilaista laatu järjestelmää ja niiden käyttö vaihtelevat eri kaupunkien välillä.

Laatustandardeja, joita käytetään ovat:

- ISO9001
- ISO14001
- EN1090-1
- ISO3834-2
- EN15085-1/2.

Ainoa tehdas, jossa toteutetaan kaikki näistä, on Poznanin tehdas Puolassa. Tämän voi havaita myös kuvan (2) avulla

	ISO9001	ISO14001	EN1090-1	ISO3834-2	EN15085-1/2
Kaarina	x	x	x	x	
Keuruu	x	x		x	x
Lappeenranta	x	x		x	x
Tampere	x	x		x	
Tornio	x	x			
Vaasa	x	x			
Vieremä	x	x			
Poznan	x	x	x	x	x

Kuva 2 Käytettävät laadut toimipisteillä (laatu, n.d.)

Kuten kuvasta 2 voidaan havaita, Keuruun toimipisteellä noudatetaan ISO 9001 laatua, joka on kansainvälinen laadunhallintajärjestelmän standardi. Toisena standardina on ISO14001, joka on kansainvälinen ympäristöjärjestelmiä koskeva standardi. Kolmantena laatuna Keuruulla on ISO3834-2 kansainvälinen standardi, joka koskee metallien sulahitsauksen vakiolaatuvaatimuksia. Viimeisimpänä kansainvälisenä laatustandardina on EN15085-1/2, joka koskee kiskoajoneuvojen ja -komponenttien hitsauksen laatuvaatimuksia.

(Laatu, n.d.)

Tuotteiden laatu on yritykselle tärkeää. Yritykselle on tärkeää saada tuotteet laadukaina ja aikataulussa tilauksesta lähetykseen. Jos tuotteessa havaitaan ongelmia, ne joudutaan siirtämään takaisin aiempiin vaiheisiin. Palauttaminen aiempiin vaiheisiin vaikuttaa läpimenoaikaan ja siten tuotannon tehokkuuteen, koska sama kappale menee saman vaiheen läpi kaksi kertaa.

## 2.3 Tuotteet

HT Laser Oy:n erikoisosaamiseen kuuluu kokoonpanot ja komponenttienvalmistus sekä tämän lisäksi tarpeiden mukaan optimoidut ja jalostetut leikkeet. Tuotteita valmistetaan eri teollisuuksille muun muassa konerakentajille, laiterakentajille, kuluneuvoteollisuudelle, energiateollisuudelle, meriteollisuudelle, rakennusteollisuudelle ja puuteollisuudelle.

(palvelut. n.d.)

Tuotteet ovat tärkeä osa koneistuksen saantoa, koska tuotteet asiakkaille pysyvät usein samoina ja 90 % tuotteista ovat useasti toistuvia tuotteita. Jos tuotteet pysyvät samoina niihin pystytään panostamaan paremmin ja tekemään ratkaisuja, joilla saadaan kappale tehtyä nopeammin esimerkiksi käyttämällä kiinnityksessä jigijä tai tekemällä ohjelma valmiiksi.

## 2.4 Työvaiheet

HT Laserin Keuruun toimipisteellä työvaiheita on aina erilaisista leikkausmenetelmistä järjestelmätoimituksiin. Työvaiheita on muun muassa seuraavissa vaiheissa: laserleikkaus, vesileikkaus, plasmaleikkaus, polttoleikkaus, särmäys, hitsaus, laserhitsaus, robottihitsaus, CNC-koneistus, manuaalikoneistus, 3D-metallitulostus, Pintakäsittelyt, kokoonpano ja setitys. Tämän lisäksi löytyy tuotekehitystiimi asiakkaiden suunnittelun tueksi.

(palvelut, n.d.)

Työvaiheiden merkitys on tärkeä, koska niiden avulla voidaan suunnitella tuotannon layout kustannustehokkaaksi, jossa mahdollistetaan lyhyet siirtymät eri vaiheiden välillä. Tuotannon siistinä pitäminen vaikuttaa myös työhön, koska se mahdollistaa työkappaleiden kuljetuksen vaiheelta toiselle ilman ongelmia.

## 2.5 CNC-koneet

### 2.5.1 Mazak horizontal center nexus 5000-III

Koneen kapasiteetin mukaan suurin työkappaleen halkaisija on 800 mm ja suurin korkeus on 1000 mm. X-akselin liike on 730 mm, Y-akselin liikkuvuus on 730 mm ja Z-akselin liikkuvuus on 800 mm. X-akseli liikkuuttaa oikeaa ja vasenta saraketta, Y-akseli liikuttaa karaa ylös ja alas sekä Z-akseli liikuttaa pöytää edestakaisin.

Karan nopeus on enintään 18 000 min<sup>-1</sup>. Pöydän ja lavan leveys on 500 mm ja lavan pituus on 500 mm.

Työkaluja koneeseen mahtuu vakiomäärä eli 40 kappaletta ja työkalun vartena käytetään ISO BT40. Koneen koko on leveydeltään 2444 mm ja pituudeltaan 4943 mm.

(Mazak horizontal center nexus 5000-III, n.d.)

### 2.5.2 Mazak vertical center smart 530C

Koneen kapasiteetin mukaan työpöydän ristikoko on 1300 mm ja pituusmitta on 550 mm. Karan pyörimisnopeus on enintään 12 000 min<sup>-1</sup>. Syöttönopeudet kaikille akselille (X, Y ja Z) ovat 42 m/min.

Pöydän työmitta ristisuunnalta on 1300 mm ja pöydän pituussuuntainen työmitta on 550 mm. Työkalumakasiinin kapasiteetti on vakiona 30 työkappaletta. Työkalun vartena käytetään MAS BT-40. Koneenkoko on leveydeltään 2950 mm ja pituudeltaan 2929 mm.

(Mazak vertical center smart 530C, n.d.)

### 2.5.3 Mazak variaxis i-600

Kapasiteetin mukaan suurin työkappaleen halkaisija on 700 mm ja suurin korkeus on 450 mm. X-akselin isku on 510 mm, Y-akselin isku on 910 mm, Z-akselin isku on 510 mm.

Karan maksimi nopeus on 12 000 min<sup>-1</sup>. Syöttönopeuksien nopeat liikkumisnopeudet X-akselilla on 60, Y-akselilla 60 ja Z-akselilla 56 sekä A ja C nopea liikkumisnopeus on 18000 astetta minuutissa. 5-akselisessa koneessa työkalujen varastointikapasiteetti on vakiona 30 ja siihen voi hankkia lisävarusteena 40, 80 tai 120 työkalupaikkaa. Työkalu varren tyyppi on MAS BT40 tai CAT-numero 40.

(variaxis i-600, n.d.)

### 3 Tutkimusmenetelmät

Tässä kohtaa perehdytään erilaisiin tutkimusmenetelmiin ja valitaan opinnäytetyön kannalta sopivin. Menetelmän valintaan vaikuttavat aihe ja sen tavoitteet. Myös tärkeimmät kysymykset antavat suuntaa valinnalle. Tutkimusmenetelmistä valinta kohdistuu kehittämistyöhön, koska opinnäytetyön aiheen mukaan tarkoituksena on parantaa prosessia. Kehittämistyö jaetaan kahteen eri tutkimukseen, jotka ovat: kvalitatiivinen tutkimus ja kvantitatiivinen tutkimus.

Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä soveltuu aiheeseen, koska se mahdollistaa uuden tiedon ja uuden ratkaisun tutkimisen. Kvalitatiivinen tutkiminen on enemmän osallistuvaa tutkimista. Menetelmässä on tarkoituksena olla mahdollisimman lähellä käytäntöä, osallistutaan enemmän käytännöntason asioihin ja luodaan tulkintoja omien havaintojen perusteella. Tutkimuksessa osallistutaan CNC-koneistuksen toimintaan, jonka avulla saadaan nykytilanteen kartoittaminen tehtyä.

(Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritakoski, J. 2015)

#### 3.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivinen tutkimus on laadullinen tutkimusmenetelmä. Nykytilan kartoitusta varten laadullisissa tutkimuksissa käytetään teemahaastattelua, avointa haastattelua, ryhmähaastattelua ja osallistuvaa havainnointia. Laadullisessa tutkimusmenetelmässä on myös tarkoituksena hankkia paljon tietoa suppeasta aiheesta ja tiedon avulla ymmärretään ilmiöitä ja kokonaisvaltaisuutta paljon paremmin.

(Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritakoski, J. 2015)

Opinnäytetyössä on käytetty kvalitatiivisen tutkimuksen avointa haastattelua. Tämän lisäksi käytettiin myös osallistuvaa havainnointia. Laadullinen tutkimus on merkittävämpi tässä työssä, koska prosessi ei perustu ainoastaan datan keräämiseen. Työssä halutaan ymmärtää hukkien syitä ja määrää. Tämän jälkeen halutaan parantaa prosessia kokonaisvaltaisesti ymmärtäen kaikkia osapuolia.

### 3.2 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen tutkimus on määrällistä tutkimusta. Määrälliset tutkimusmenetelmät sopeutuvat parhaiten tilanteisiin, joissa kysytään samat kysymykset useilta eri ihmisiltä. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa kaikkien tietojen, haastattelujen ja tilanteiden dataa tutkitaan ja verrataan keskenään. Datan keräämiseen käytetään yleensä lomakekyselyitä ja strukturoituja lomakehaastatteluja. Kvantitatiivinen tutkimus on usein tutkijasta riippumatonta ja tutkija ei välttämättä edes kohtaa tutkittavia kohteita niin läheltä kuin kvalitatiivinen tutkimus. Tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan mittaus-ten luotettavuuden ja mittausten tarkkuuden avulla.

(Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritakoski, J. 2015)

Määrällinen tutkimus ei sopinut työhön, koska määrällisessä tutkimuksessa kyse on numeerisesta datasta. Kvantitatiivisessa menetelmässä käytetään lomakekyselyitä ja strukturoituja lomakehaastatteluja, jossa samat kysymykset kysytään kaikilta ja niitä verrataan keskenään. Näiden vuoksi menetelmä eivät sovi tähän opinnäytetyöhön.

### 3.3 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimusta tarkastellaan todellisissa olosuhteissa, joissa hyödynnetään työntekijöitä prosessien kehittämisessä. Kehittämistutkimuksessa on aina lähtökoh- tana ongelma, jota lähdetään ratkaisemaan. Kehittämistutkimuksessa on tärkeää, että ongelma analysoidaan ja siitä selvitetään tarvittavat kehittämiskohteet, mahdol- lisuudet sekä haasteet. Kun ongelma-analyysi on tehty, niin siirrytään kehittämistä- voitteisiin, jotka ovat kehittämistutkimuksen kannalta myös oleellisia. Kehittämistut- kimukseen liittyy se, että muutokset tehdään sykleissä ja olemassa oleviin muutoksiin keksitään jatkuvan parantamisen mallin mukaan uusia ratkaisuja ja jatkokehityskoh- teita.

(Pernaa, J. 2004.)

Opinnäytetyössä käytetään pääosin kehittämistutkimusta. Kehittämistutkimuksessa on tärkeää työnjohdon ja työntekijöiden yhteistyö, selkeät tavoitteet ja rajaukset.

Nämä ovat seikkoja, joita myös leanin jatkuva parantaminen pitää sisällään. Kehittämistutkimukseen kuuluu oleellisena osana, että kaikki osallistuvat kehittämiseen. Etuna on myös se, että ratkaisu syntyy ottaen huomioon kaikki osapuolet.

### 3.4 Toimintatutkimus

Toimintatutkimusten tarkoituksena on ratkaista käytännön asioita, kuten: tuotteita, työtapaa ja elämänlaatua. Ongelmat ratkaistaan yleensä konkreettisesti ja ne tehdään yhteistyössä asiakkaan kanssa. Toimintatutkimuksessa on tärkeää havainnoida asioita, reflektoida, kehittää parannettua suunnitelmaa, suunnitella ja toimia. Kaikkia näistä täytyy tehdä jatkuvasti. Toimintatutkimuksessa täytyy koko ajan tietää selkeä arvopäämäärä ja oma suhde niihin. Lisäksi täytyy prosessin joka vaiheessa olla yhteyksissä useiden ammattilaisten kanssa.

(Ruohonen, S. 2018.)

Toimintatutkimuksesta löytyy piirteitä, jotka sopivat opinnäytetyön toteuttamiseen. Havainnointi on yksi osa nykytilanteen tarkistelua, jolloin havainnon tekijä pystyy ottamaan kantaa asioihin niin työntekijöiden kuin työnjohdon rinnalla. Kaikessa kehittämisessä on hyödyllistä käyttää apuna erilaisia ammattilaisia ja heidän avullaan viedä prosessia eteenpäin.

### 3.5 Työn tärkeimmät kysymykset

Opinnäytetyössä tärkeimmät kysymykset luovat pohjan käsiteltäville asioille. Sain opinnäytetyötä varten yritykseltä tarkat kysymykset, jotka selventävät opinnäytetyön tavoitteet hyvin.

Tärkeimmät kysymykset opinnäytetyötä varten ovat:

- mitkä vikakoodit edustavat 80 % seisonta- ja venymäajoista.
- Syiden analysointi
- toimenpide-ehdotukset, joiden avulla saantoa voidaan parantaa 20 %

## 4 Saannon parantamisen työkalut

### 4.1 Lean six sigma

Lean six sigma on yhdistelmä kahdesta eri menetelmästä: lean johtamisen filosofiasta ja six sigmasta. Lean six sigmalla on oma merkityksensä, jossa lean ja six sigma on yhdistettynä. Tämän lisäksi kummallakin on ihan oma merkityksensä erikseen. Lean six sigman pääideana on jatkuva parantaminen, jonka avulla viedään laatua ylöspäin ja samalla kustannuksia alaspäin. Lean six sigmassa on kyse jatkuvasta täydellisyyden tavoittelusta ja oman alan hallitsemisesta, jossa laatu on korkea ja kustannukset matalat. Tämänkaltaiset yritykset johtavat alallaan paremmin kuin muut.

(Tetteh, E. G. 2015, s.175)

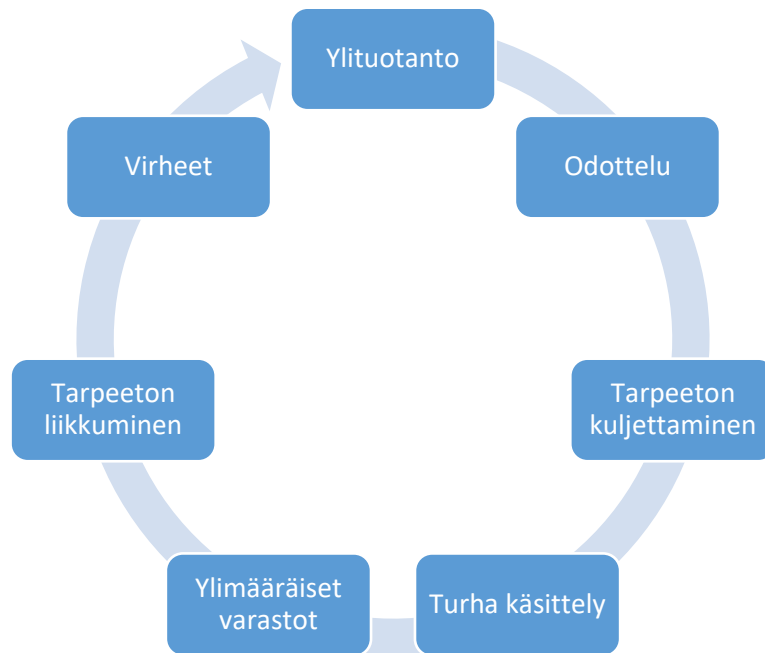
Yksinkertaistettuna lean six sigma on datalähtöinen lähestymistapa ja tämän lisäksi metodologia, jossa analysoidaan valmistuksen ja liiketoiminnan ongelmien perimmäiset syyt poistamalla vikojen keskihajontaa ja parantamalla tuotetta dramaattisesti. Lean six sigma on myös johtamisstrategia, jonka avulla voidaan hallita projekteja taloudellisiin tavoitteisiin. Tämä parantaa myös työntekijän tietämystä liikkeenjohdosta ja asiakastyytyväisyydestä. Viimeisenä se yhdistää suunnittelutekniikan filosofian ja tekniikat pieniin riskeihin ja työkaluina toimii: mittaa, analysoi, kehitä ja tarkista.

(Taghizadegan, S. 2006)

Lean six sigma on tehokas, koska sen avulla pystytään yhdistämään sekä tilastollinen analyysi että laatuun keskittyvä analyysi. Samalla ne ajavat samaa asiaa ja parantaa prosessia yhtäaikaaisesti jatkuvan parantamisen kannalta. Kustannustehokkuus tämän avulla syntyy, kun saadaan vähennettyä hukkaa ja laadusta johtuvia virheitä ja samalla saadaan selville, mitkä vaiheet vievät eniten kustannuksia ja aikaa.

## 4.2 Lean

Lean on toyota production systems (TPS) pohjalta syntynyt johtamisoppi. Lean johtamisoppia käytetään useilla eri toimialoilla ympäri maailman. Leanin peruseriaatteenä on saada asiakkaalle kustannustehokas ratkaisu, jolla tuotetaan asiakkaalle lisäarvoa. Toyota production systems malliin kuuluvat kuvan 3 kaltaiset hukat:



Kuva 3 TPS:n mukaiset hukat (vuorinen, T. 2013)

Näitä hukkia eliminoimalla organisaatio pystyy tuottamaan halvemmalla seuraavallaisia resursseja:

- laatu
- valikoima
- hinta
- toimitusaika

(Vuorinen, T. 2013)

Lean tekniikka on hyödyllinen opinnäytetyön kannalta, koska sen avulla pystytään vaikuttamaan laatuun, valikoimaan, hintaan ja toimitusaikaan. Lean pystyy näihin tavoitteisiin eliminoimalla hukkaa organisaation sisällä. Lean keskittyy enemmän tuomaan kustannustehokkaampaa ratkaisua kuin six sigma. Lean keskittyy enemmän analyyttiseen näkökulmaan kuin numeeriseen näkökulmaan.

### 4.3 Six sigma

Six sigma on motorolan perustama liiketoimintaprosessi, jossa pyritään minimoimaan hävikki ja turhat prosessit samalla, kun lisätään asiakkaiden tyytyväisyyttä. Six sigma pyritään mahdollisimman vähiin virheisiin aina tilauksen tekemisestä tilauksen toimittamiseen asti.

(Harry, M., Schroeder, R. 2000.)

### 4.4 Pareto

Pareto kaavio on pylväsdiagrammi, jossa on pylväiden lisäksi kumulatiivinen prosentti, joka kertoo ongelman osuuden verrattuna muihin syihin. Diagrammi taulukon luokat voivat olla esimerkiksi menoluokat ja tilanteiden syyt, valitusten luokat ja muiden muiden samankaltaisten mitattavien syiden luokkia. Pareton avulla nähdään eri syiden suhteellinen tärkeys. Ajatuksena siinä on, että 80 % ongelmista aiheutuu 20 % syistä.

Pareton tekemisen vaiheet:

1. Mitattavien tietojen kerääminen
2. Tietojen luokittelu taulukoksi
3. Kaikkien luokkien esiintymisprosenttien määrittäminen suhteessa vikojen kokonaismäärään
4. Tietojen asettaminen taulukkoon yleisimmästä vähiten yleisimpään

(Lean six sigma that works, 2006, s.66)

Pareton käyttäminen opinnäytetyössä on olennaista, koska sen avulla päästään parhaiten juurisyyhyn, koska siitä saadaan lähes suoraan tietää mitkä ongelmat aiheuttavat noin 80 % ongelmista. Näitä ongelmia parantamalla saadaan kehitettyä tuotantoa tehokkaammaksi ja saadaan tuotanto tuottamaan paremmin sekä saadaan parannettua asetusaikoja.

### 4.5 SPC

SPC on lyhenne sanasta Statistical process control mikä tarkoittaa suomeksi tilastollista prosessin hallintaa. Nimensä mukaisesti sitä kuvaillaan amerikkassa tilastollisten tekniikoiden soveltamiseksi prosessin hallitsemiseksi. SPC:n käytöstä voi olla paljon hyötyä oikein käytettynä. Tuotteiden valmistuksessa ja palvelujen toimittamisessa

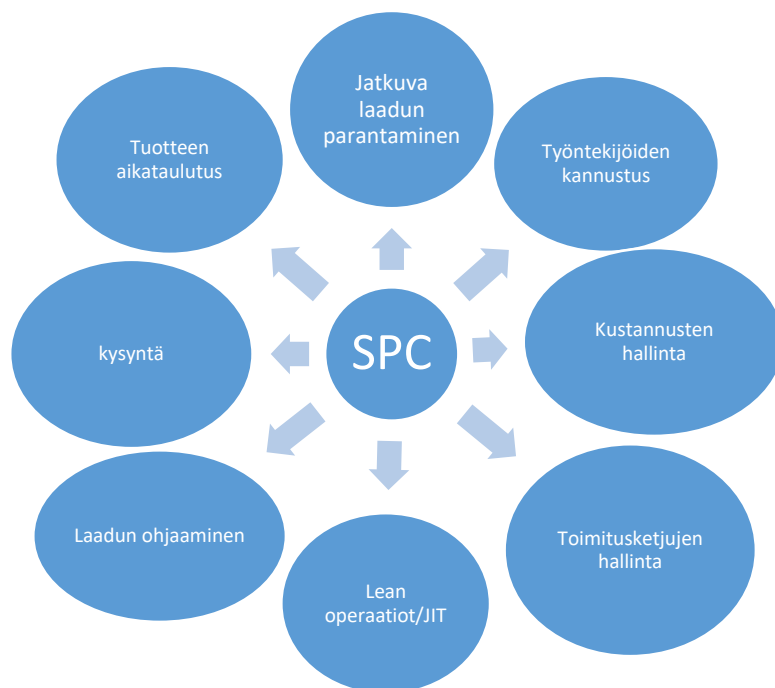
voidaan saada hyötyä SPC:stä, koska se on merkittävä tekijä vaihteluiden, niistä joh-  
tuvien epävarmuuksien hallinnassa ja minimoimisessa. SPC:n hyödyntämisen tulok-  
sena on usein parempi laatu ja alhaisemmat kustannukset, koska sen avulla voidaan  
saada selville ongelmien perimmäiset syyt.

(Sower, V. E. 2014)

### SPC:n merkitys liiketoimintaprosessiin

SPC:llä on kahdeksan merkitystä liiketoimintaprosessiin, jotka on esitelty kuvassa 4

(Sower, V. E. 2014)



Kuva 4 SPC:n arvot liiketoiminta prosessissa (Sower, V. E. 2014.)

### SPC:n käyttäminen ongelmien tunnistamisessa

SPC:tä voidaan käyttää visuaalisesti korostamaan prosessin vaihtelua yleisten syiden  
takia. Kuitenkin SPC:n tärkein osuus on erityisten syiden aiheuttamien ongelmien ha-  
vaitseminen. SPC on tehokkain ongelmanratkaisuväline seuraavan kolmen asian koh-  
dalla:

- antaa luotettavan osoituksen todellisuudesta
- viittaa ongelmiin mahdollisimman lähellä lähdeettä
- sen käytöstä vastaavat henkilöt pystyvät ymmärtämään ja tulkitsemaan valvontakaa-  
vioita

(Roberts, L. 2006)

SPC on hyödyllinen työkalu arvojen mittaamiseen. Opinnäytetyössä tarvittava data tulee zyfra laitteesta ja siirtyy suoraan excel tiedostoon, jonka pohjalta pystytään luomaan tilastollinen tieto ja muuttaa kyseinen tieto esimerkiksi histogrammi muotoon tai pareto muotoon, jossa saadaan suoraan selville, mitkä vievät 80 % tuotannosta. SPC on merkittävä ongelmanratkaisuväline opinnäytetyössä. Näiden lisäksi sen avulla pystytään aikatauluttamaan prosessia, keskittymään kustannusten hallintaan ja toimitusketjujen hallintaan. Sen avulla pystytään myös ohjaamaan laatua ja tarkastelemaan kysyntää ja siten ohjaamaan kaikkea yrityksen tärkeää ohjaamista.

#### 4.6 DMAIC

DMAIC on prosessin kehittämisen metodologia. Tämän metodologian avulla pystytään kehittämään prosessia. Ennen kuin prosessi aloitetaan, täytyy määrittää ryhmä jäseniä, jotka sitä vastaavat. Kun tehtävästä vastaava ryhmä on tiedossa, niin voidaan lähteä määrittämään ongelmaa, johon halutaan ratkaisu. Ongelman määrittämisessä on tärkeää saada selville kaikki tavoitteet, mitä työssä lähdetään hakemaan niin yrityksen kuin asiakkaiden kannalta. Ongelman määrittämisen jälkeen aloitetaan itse DMAIC prosessi, joka koostuu kuvan 5 kaavan mukaan.

(Shankar. 2009.)



Kuva 5 DMAIC prosessin kirjainten merkitykset (Shankar. 2009.)

##### **Määrittely (Define)**

Määrittely vaiheen tärkein tehtävä on tunnistaa ongelma ja määrittellä ongelman selvittämisen vaatimukset. Tässä yhteydessä asetetaan myös tavoite, johon kehittämissuunnitelmassa pyritään. (Lean six sigma DMAIC)

##### **Mittaus (Measure)**

Mittauksen tehtävänä on varmistaa ongelma erilaisilla menetelmillä ja tilastoilla, jotta suurin ongelma on varmasti se oletetuin ongelma, jota lähdetään kehittämään. Tässä vaiheessa myös viimeistellään ongelman tavoite ja mitataan vaatimusten suorituskykyä. (Lean six sigma DMAIC)

### **Analysointi (Analyze)**

Analysointi vaiheessa on tärkeää lähteä perehtymään ongelman ytimeen. Kyseistä vaihetta varten on luotu esimerkiksi arvovirta-analyysi, juurisyysanalyysi ja 5x-miksi. Näiden avulla päästään etenemään suurimpaan syyhyn, mikä aiheuttaa ongelman. Analysoinnilla mietitään myös, että mikä vaihtoehto on paras tapa lähteä kehittämään ongelmaa ja millä päästään ratkaisemaan kaikista sisäisin syy, joka aiheuttaa eri ongelmia. (Lean six sigma DMAIC)

Syiden analysoinnin työkaluja ovat:

- histogrammi
- pareto kaavio
- scatter kaavio
- suhdekaavio
- affiniteetti kaavio
- ongelmaan keskittyvä kaavio

(Andersen, B., Fagerhaug, T. 2006)

### **Parannus (Improve)**

Parannuksessa tarkoituksena on luoda ratkaisu, jolla ydinsyyt poistetaan ja saadaan menetelmät toimiviksi. Parannuksen jälkeen testataan ratkaisua ja mitataan tulos uudelleen, jolloin selviää, kuinka hyvin analysointi on toteutunut. Kun ratkaisua on testattu, päästään luomaan uusia parannuksia ja kehittämään ongelmaa oikeaa ratkaisua kohti. (Lean six sigma DMAIC)

### **Ohjaus (Control)**

Ohjauksen tehtävänä on luoda standardimittaukset, joilla selviää prosessin eteneminen ja ylläpitämään suorituskykyä. Ohjauksessa myös korjataan ongelmat, joita kyseinen ratkaisu on tuonut.

(Lean six sigma DMAIC)

DMAIC prosessin ideana on toimia projektin runkona, jonka avulla on selkeä edetä projektin alusta loppuun asti. Projekti aloitetaan määrittämällä, jossa valitaan projektin tärkeimpiä tavoitteita, joita on tarkoitus saada toteutumaan. Määrittelyn jälkeen etsitään toiminnot, joiden avulla pystytään mittaamaan aiemmin määritettyjä tavoitteita ja niiden suoriutumista. Mittausajanjakson jälkeen suoritetaan analysointi, jossa tarkoituksena on analysoida prosessia ja luoda siitä erilaisia tilastoja. Näiden avulla pystytään tunnistamaan asiat, jotka aiheuttavat prosessiin virheitä. Analysoinnin jälkeen pyritään selvittämään ratkaisut aiemmin löydettyihin virheisiin. Tässä vaiheessa tehdään analysointi, josta luodaan parannuskeinoja ongelmiin ja juurisyihin. Parannuskeinojen jälkeen on ohjaus, jonka tarkoituksena on kokeilla parannusten toimivuutta ja vakiinnuttaa ne, mikäli ratkaisu on toimiva sekä samalla ylläpitää suorituskykyä. Jos ratkaisu ei ole toimiva, niin siirrytään takaisin analysointi vaiheeseen ja lähdetään analysoimaan lisäsyitä ja selvittämään oikea juurisyy, jonka ratkaisu on toimiva.

DMAIC on todella hyödyllinen työkalu projektien loppuunsaattamista varten. Prosessissa edetään määrittämisestä aina toimimiseen asti ja sen avulla pystytään seuraamaan missä kohtaa prosessia ilmenee ongelmia. DMAIC on osa jatkuvaa parantamista, mikä ei koskaan tule olemaan yrityksessä ohi. On tärkeää pitää projektin jälkeenkkin seurantaa, jotta aina päästään puuttumaan ongelmiin mahdollisimman pian ja mahdollisimman läheltä juurisyytä.

#### 4.7 5S-menetelmä/6S-menetelmä

5S-menetelmä on nimensä mukaan viisi vaiheinen menetelmä. Sen sijaan 6S on muokattu 5S-menetelmästä ja sen perään on lisätty viimeisin S eli suojele (safety). 5S menetelmä on keksitty Japanissa. Menetelmä koostuu viidestä seuraavasta vaiheesta, joista viimeisin kuuluu 6S järjestelmään:

- sorteeraus
- systematisointi
- siivous
- standardointi
- seuranta
- suojele

5S-menetelmä auttaa tunnistamaan ja eliminoimaan turhaa hukkaa ja samalla luomaan ja ylläpitämään tuottavuutta. Se pakottaa myös palvelua katsomaan ongelmia, jotka on jo unohdettu. 5S:n ideana on pitää työpaikka ja työalue siistinä sekä työympäristö hyvin sijoiteltuna.

(Debashis, S. 2006)

**Ensimmäisessä vaiheessa eli sorteerauksessa** tarkoituksena on selvittää, mitä työkaluja käytetään paljon ja merkitään ne eri värisillä merkeillä, jotta voidaan tarkistella niiden tärkeyttä värien perusteella ja lajitella ne niin, että useimmiten käytetyt ja tärkeimmät työkalut ovat hyvin saatavilla. Väreinä voitaisiin ajatella käytettävän esimerkiksi vihreää merkkiä useasti käytettäville työkaluille, keltaista merkkiä työkaluille, jota käytetään harvemmin ja punainen merkki työkaluille, joiden käyttö on todella vähäinen tai ei käytetä ollenkaan. Täten pystytään myös hävittämään työympäristöstä työkalut, joille ei ole käyttöä.

**Toisessa vaiheessa eli systematisoinnissa** on tarkoituksena päättää jokaiselle työkalulle tai laitteelle paikka joko hyllyissä, lattialla tai muissa säilytyspaikoissa. Vihreillä merkeillä olevat työkalut ovat tärkeitä asetella niin, että niiden saamiseksi tulee mahdollisimman vähän liikettä. Työkalujen paikoille voidaan merkitä jonkinlainen merkki siitä, että mikä työkalu kyseiseen paikkaan kuuluu esimerkiksi viivan, muodon tai muiden merkkien avulla.

**Kolmannessa vaiheessa eli siivouksessa** on tärkeää, että työpisteellä on määritetty, miten siistinä työpiste täytyy olla. Työpisteen läheisyyteen voi laittaa esimerkiksi kuvan miltä työvuoron jälkeen työpisteellä kuuluisi näyttää. Määrittäminen on tärkeää, koska eri työntekijät kokevat siisteyden eri tavalla. Jotkut haluavat kiiltävän puhdasta ja toisille riittää se, että kaikki työkalut ovat paikallaan ja lattia on harjattu puhtaaksi.

**Neljännessä vaiheessa eli standardisoinnissa** luodaan menettely, jonka perusteella suoritetaan kolmea aikaisempaa vaihetta säännöllisesti. Standardisoinnissa on myös tarkoitus luoda tehtävänmäärittäsmatriisi, jossa luetellaan kaikki tarvittavat tehtävät,

henkilö, joka tehtävän suorittaa ja suorittamisen päivämäärä ja aika. Tuotannon siistinä pitämiseen sitä voisi standardoida niin, että kaikki siivoavat työvuoronsa jälkeen työkalut omille paikoilleen.

**Viidennessä vaiheessa eli seurannassa** on kyseessä toiminta orientoitunut vaihe, kun tiimi on valittu tarkoin. Seurantaan tarvitaan pysyvä tiimi suorittamaan seurannan alusta loppuun jonkun tietyn ajanjakson ajaksi. Tiimin vakituiset jäsenet ovat vastuussa tarvittavan tiedon ylläpidosta ja vaiheen menettelyjen noudattamisesta. Tässä ryhmässä voi toimia pääosin korkeampaa johtoa tai tietyn työvaiheen johtoryhmää. Toisessa tiimissä tärkeänä ovat kyseisen vaiheen työntekijät. Työntekijöiden ryhmien jäsenet tulee esitellä ensimmäisen ryhmän jäsenille, jotta seurannasta tulee tehokas. Tarkastuksien lukumäärä on tärkeää liittyen seurantaan. Seuranta pitäisi tarkistaa säännöllisesti päivittäin tai viikoittain.

(Fredendall, L. D., Thürer, M. 2016)

**Kuudennessa vaiheessa eli suojelussa** on kyseessä työsuojelu. Työsuojelu 5S-järjestelmään lisättynä tunnetaan joko 6S-menetelmänä tai 5S-menetelmä + suojelu. Suojelu on lisätty viimeisimpänä 5S-järjestelmään ja sen tarkoituksena on vaikuttaa kaikkiin viiteen aiempaan menetelmään ja niiden suoritusten työturvallisuuteen. Työsuojelu varmistetaan tekemällä kaikki vaiheet työturvallisuutta noudattaen ja pitämällä työympäristö siistinä. (What is 6S Lean? n.d.)

5S/6S-menetelmät ovat tuotannolle tärkeä, sillä niiden avulla saadaan lisättyä tuotannon tehokkuutta, parannettua laatua sekä työturvallisuutta. 5S/6S-menetelmien avulla pystytään myös torjumaan hukkia ja siten myös karsimaan työpisteeltä turhat tavarat, jotka vievät tilaa ja sotkevat ympäristöä. Jotta 5S/6S-menetelmät saadaan toteutumaan oikealla tavalla, niin työnjohdon täytyy sitouttaa henkilöstön jollain keinolla, jotta työpisteen kunnossapitamisestä tulee rutiini. Esimerkiksi luomalla työvuoron kuuluvan siivousohjeen siitä, kuinka tavaroiden pitää olla. Jokaiselle tavaralle voisi vakiinnuttaa oma paikkansa, jotta tavarat varmasti menevät oikeille paikoilleen. Pitäisi myös vakiinnuttaa lainaus politiikka niin, että jokainen tuo lainassa olevan työkalun omalle paikalleen pisteestä huolimatta. Tämän avulla työkalut ovat nopeasti

löydettävissä ja niiden kuntoa pystytään paremmin tarkkailla, kun niistä pidetään parempaa huolta sekä varmistetaan, että hankitaan uusia, kun niiden osto on tarpeen.

5S-menetelmästä päästään myös nopeasti 6S menetelmään, jossa viimeiseksi vaiheeksi lisätään suojele. Nykyaikoina työsuojelu on tullut yhä oleellisemmaksi työpaikan sisällä. Mitä parempaa huolta pidetään työturvallisuudesta ja työergonomiasta sitä pidempään pystytään pitämään työntekijät töissä ilman

#### 4.8 5x-miksi

5x-miksin tarkoituksena on toimia tekniikkana, jonka avulla saadaan juurisyy selville. Juurisyyn selvittämiseen tarvitaan noin viisi miksi kysymystä. Yleensä ensimmäinen syy on niin sanottu pintasyy ja sen ratkaiseminen ei itsessään korjaa juurisyytä, jonka vuoksi ongelman saattaa ratketa hetkeksi, mutta ei pitemmällä aikavälillä. 5x-miksi analyysin on keksinyt Toyota production systemin keksijä.

(Moore, R. 2007)

Esimerkkinä millainen 5x-miksi analyysin kuuluisi olla selventyy kuvan 6 avulla.



Kuva 6 Esimerkki 5x-miksi analyysistä (5 whys: the ultimate root cause analysis tool. n.d.)

Kuvan kuusi keskeisenä asiana on löytää ongelmalle erilaisia miksi ratkaisuja, jotta ongelmasta löydetään se perimmäisin syy. Tässä esimerkissä kysytään viisi kertaa miksi ja jokainen miksi muuttuu ongelmaksi, johon etsitään syy niin kauan, kunnes ei pystytä vastaamaan miksi kysymykseen. Yleensä siihen riittää viisi kertaa, mutta joskus perimmäisin syy voi tulla jo aikaisemmin. Esimerkissä ongelmat ja syyt ovat seuraavanlaiset:

- Ongelma: punaisia päin ajaminen → miksi: myöhästyminen töistä
- Ongelma: Myöhästyminen töistä → miksi: liian myöhään herääminen
- Ongelma: Liian myöhään herääminen → miksi: Herätyskello on rikki
- Ongelma: herätyskello on rikki → miksi: Ei testannut toimivuutta
- Ongelma: Ei testannut toimivuutta → miksi: unohtui testata eilen

Näin esimerkin avulla nähdään, että punaisia päin ajamisen juurisyy oli omassa muistissa, kun ei ollut testannut herätyskellon toimivuutta. Jos juurisyyyn sijaan ratkaistaisiin vain ensimmäistä syytä niin se antaisi ratkaisun vain hetkeksi. Jos ongelmaa ei ratkaista juurisyyyn avulla niin ongelma todennäköisimmin palaa takaisin.

Tämän vuoksi on tärkeää lähteä opinnäytetyötä tehdessä miettimään, että mikä/mitkä aiheuttavat ongelmiin syyt ja näistä syistä lähdetään kulkemaan vielä syvemmälle juurisyyhyn.

#### 4.9 Layoutin muuttaminen

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan erilaisia laitteiden, työpisteiden, kulkureittien, varastojen sekä muiden tarvittavien asioiden sijoittelua tehtaassa. Layoutin tarkoituksena on saada tuotanto sujuvaksi ja tehokkuus paremmaksi. Mitä tarkemmin tuotannon vaiheet on sijoiteltu, sen parempi on tuotannon tehokkuus. Hyvän layoutin tunnistaa siitä, että tehdas on turvallinen niin vierailijoille kuin työntekijöille. Tehdas on organisoitu niin, että materiaalivirrasta tulee mahdollisimman tehokas. Layoutilla saadaan myös minimoitua tuotteen läpäisyaikaa ja työntekijöiden turhia liikkeitä. Hyvä layout auttaa myös tuottamaan hyvää laatua ja hyödyntämään käytössä olevan tilan mahdollisimman kustannustehokkaasti.

(tuotannon layout. N.d.)

## 5 Totetutus

### 5.1 CNC-koneistuksen nykytilanteen kartoittaminen

Nykytilanteen kannalta on tärkeää tietää, että seisonta-aikojen ylittäminen luo hukkaa. Hukat syntyvät, kun seisonta-aika ylittää 20 minuuttia. Odottelu, tarpeeton kuljettaminen, turha käsittely ja virheet ovat vaiheita, jotka tuovat hukkaa. Nämä hukat ovat leanin ja TPS:n mukaisia hukkia, joita teoria osuudessa jo mainittiin.

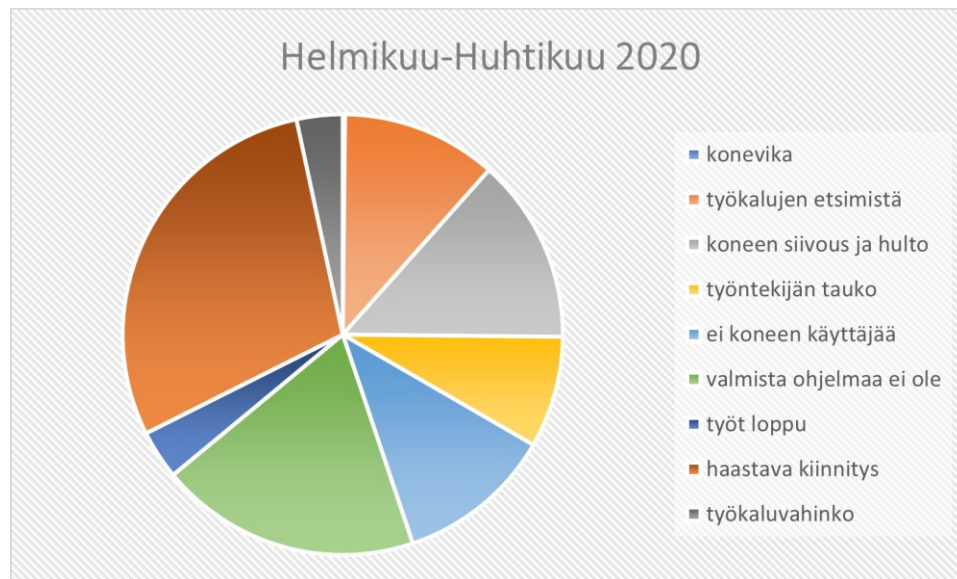
Ensimmäiset viikot CNC-koneistukseen tutustumisessa antoivat selvitystä mihin työntekijät käyttävät asetusaikaa ja mitä kaikkea asetusaikeihin liitetään. Nykytilanteen kartoituksessa selvisi myös, että on työntekijästä riippuvaa mitä seisonta-ajan syyksi laitetaan. Tutustumisen aikana selvisi, että 20 minuutin asetusajan aikana työntekijän on kiinnitettävä ensimmäinen kappale, etsiä oikea työkalu ja vaihtaa se koneen työkaluihin ja luoda tai etsiä valmis ohjelma koneelta.

DMAIC prosessia käytetään nykytilan kartoituksessa. Nykytilan kartoituksessa määritellään ja rajataan aihe sekä hukat. Määrittelyn jälkeen mitataan hukkien aiheuttamaa dataa. Mittauksien perusteella luodaan SPC:n mukainen Histogrammia kaavio, jota analysoimalla luodaan pareto kaavio. Analysoinnin jälkeen luodaan parannus ehdotus ja lähdetään toimimaan sen mukaan.

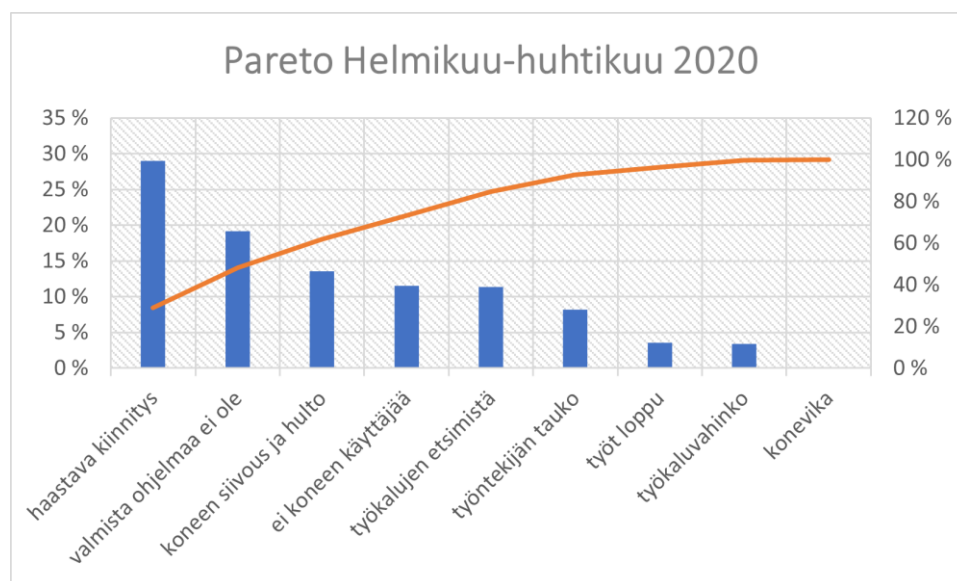
Zyfran avulla on mitattu CNC-koneistuksen asetusaikeja. Mittaustuloksia on saatu jo yli vuoden verran. Zyfran avulla on tullut raportteja helmikuusta 2020 maaliskuuhun 2021. Zyfran nykytilanteen kuvaamiseen käytetään ajanjaksoa helmikuu 2020 – huhtikuu 2020 ja analysoitava osuus on tammikuu 2021 – Helmikuu 2021. Muut ajankohdat on jo tarkoituksella jätetty pois mittausanalysoinnista, koska niiden aikana on ollut paljon mittauksiin vaikuttavia virheitä, kuten työmäärän vähyyttä, zyfran väärin toimiminen ja työvuorojen väheneminen maailmalla vallitsevan tilanteen vuoksi.

Zyfran väärinkäyttäytymisestä huolimatta saadaan kuitenkin arvioita, että mitkä ovat suurimpia syitä. Nykytilanteen kartoitukseen ajalta helmikuu 2020 – huhtikuu 2020

olen taulukoiden pohjalta luonut syyjakauma ympyrän sekä pareto analyysin. Syyjakauma ympyrän (kuva 7) pohjalta huomataan ongelmien suurimmat aiheuttajat ja pareto kaavion (kuva 8) avulla voidaan tarkastella mitkä syyt vievät 80 % ongelmista.



Kuva 7 Helmikuu - Huhtikuu syyjakauma (luvut otettu pois salassapidon takia)



Kuva 8 Pareto helmikuu - huhtikuu 2020 (salassa pidettävät tuntimäärät muutettu prosenteiksi)

Pareto kaavion avulla nähdään, että 80 % ongelmista tulevat haastavasta kiinnityksestä ja valmiiden ohjelmien puuttumisesta.

## 5.2 Seisonta-aikojen mittauksen työkalu: zyfra MDCplus TVV-10

### 5.2.1 Laitetiedot

Zyfra MDCplus TVV-10 on laite, joka voidaan liittää tuotannossa toimivaan koneeseen. Zyfra seuraa laitetta, sen toimintoja sekä henkilöstön suorituskykyä etänä. Zyfra lähettää reaaliaikaisia raportteja, joiden avulla pystytään arvioimaan koneen tuottavuutta ja vähentämään kustannuksia.

(zyfra MDCplus, n.d)

Zyfra on kuvan 9 kaltainen laite:



Kuva 9 Zyfra MDCplus TVV-10

### 5.2.2 Ominaisuudet

Zyfran avulla pystytään tarkkailemaan laitteiden kuormitusta, laitteiden tilaa ja laitteiden toimintatilojen tilaa. Koneessa voidaan myös luokitella seisonta-aikojen syiden tunnistamista ja luokittelua. Ominaisuuksia käyttämällä pystytään vaikuttamaan nopeasti suunnittemattomiin seisonta-aikoihin ja parantamaan laitteiden käytön tehokkuuden kasvua jopa 15 %. Vaikuttamalla mekaanisten komponenttien rikkoutumiseen pystytään laitteiden käyttötehokkuutta kasvattaa jopa 8 %.

Zyfran ominaisuuksia käyttämällä voidaan vähentää tai poistaa seuraavia asioita:

- asennusaika
- seisonta-aika
- hukat
- energiankulutus
- laitteiden vikoja.

Vähentämisen/poistamisen lisäksi zyfran avulla pystytään parantamaan seuraavia asioita:

- tehtävän suunnittelu
- työntekijöiden tuottavuus
- laitteiden suorituskyky
- huoltosuunnittelu
- koneiden korjaustehokkuus.

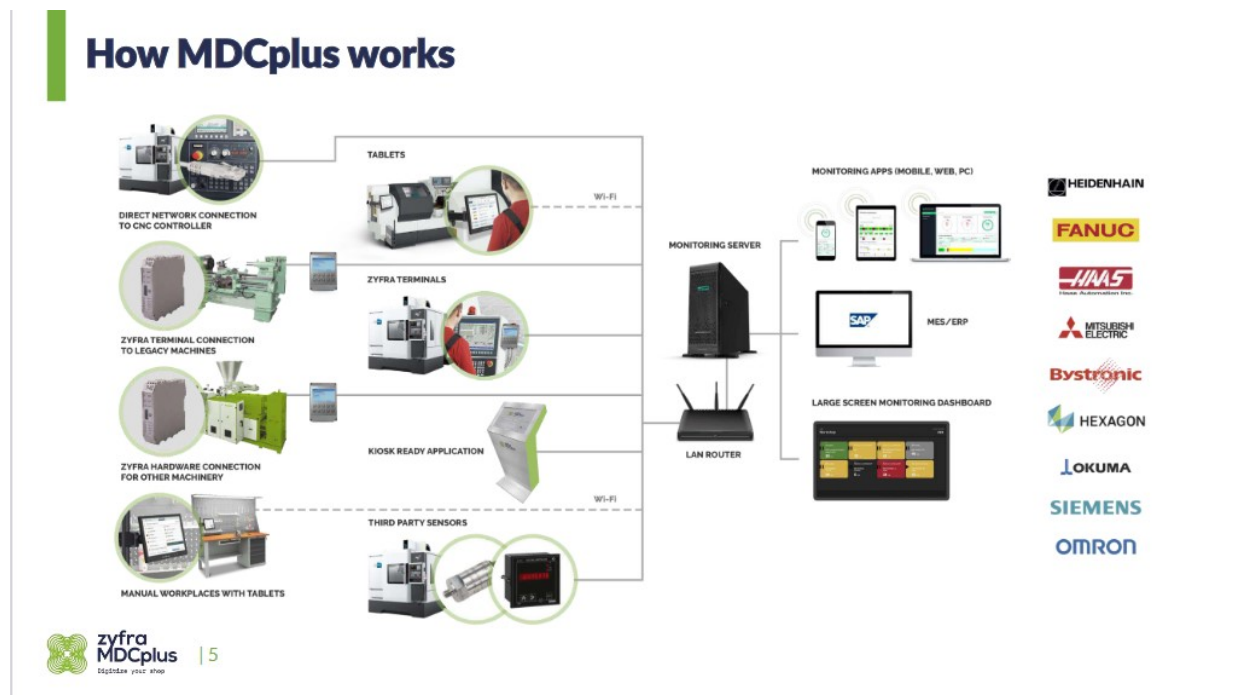
(zyfra MDCplus, n.d.)

Zyfra on hyvänä apuna ongelmanratkaisussa. Sen käyttö antaa reaaliaikaista tietoa ja sitä on mahdollista tarkastella sekä tietokoneelta että puhelimelta. Zyfran avulla tuotannon tehokkuutta voidaan kaiken kaikkiaan parantaa 20 %:lla ottaen huomioon kaikki tarvittavat asiat, joiden takia tulee turhia ja ennalta sovittuja seisonta-aikoja.

### 5.2.3 Käyttäminen

Zyfran yhdistäminen onnistuu neljällä eri tavalla. Kaikki yhdistyvät Lan-reittimeen, josta se yhdistyy seurantapalvelimeen. Seurantapalvelimesta se yhdistyy seuraaviin: seuranta applikaatiot, kuten esimerkiksi: puhelin, web-selain ja PC. Tämän lisäksi se

yhdistyy MES/ERP ohjelmiin ja suuren näytön valvontapaneeliin. Tämän voi havaita kuvan 10 avulla:



Kuva 10 MDCplussan toimivuus (Zyfra digital manufacturing, n.d.)

Zyfran ohjelmistoon on asennettu 20 minuutin asetusaika, jonka ylitettyä täytyy työntekijän antaa syyn koneen seisomisajalle.

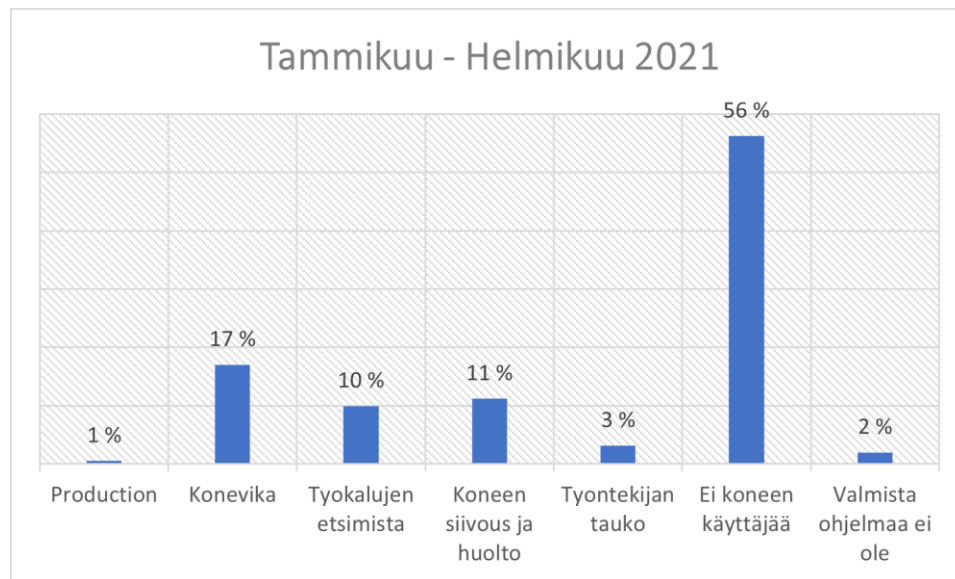
CNC-koneiden seisonnassa käytettävät syyt ovat:

- konevika
- aihiota ei löydy tai puutteita
- valmista ohjelmaa ei ole
- työkalujen etsiminen
- työt loppu
- koneen siivous ja huolto
- työntekijän tauko
- työkaluvahinko
- ei koneen käyttäjää
- haastava kiinnitys

### 5.3 kahden kuukauden raporttien analysointi

Analysointiin käytetään apuna histogrammia, johon on sijoitettu zyfran antamat arvot. Zyfra antaa taulukon, jonka pohjalta luodaan histogrammi ja siitä on helppo katsoa pareto diagrammia varten, että mitkä pidentävät eniten asetusaikaa ja saadaan

suoraan järjestettyä syyt pareto kaaviota varten. Pareton avulla pystytään analysoimaan helposti ensimmäisen tärkeän kysymyksen ja sen avulla saadaan valittua parannettavat kohteet, joihin lähdetään luomaan toimenpide-ehdotuksia.

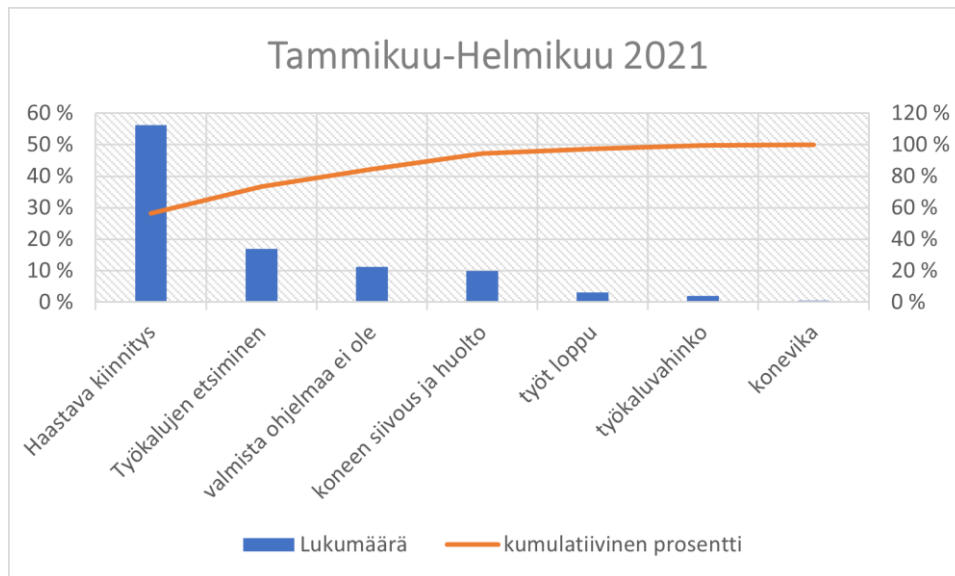


Kuva 11 Histogrammi tammikuu - helmikuu 2021 (salassa pidettävät tuntimäärät muutettu prosenteiksi)

Kuvan 11 histogrammista voidaan havaita, mitkä vaiheet vievät eniten aikaa. Tämän histogrammin perusteella pystytään järjestelemään taulukko suurimmasta pienimpään. Tämän järjestyksen avulla saadaan luotua pareto kaavio, joka näyttää tarkalleen, mitkä vaiheet vievät 80 % ongelmista. Kuvan perusteella nähdään, että suurimmat ongelmat ovat haastavassa kiinnityksessä, jotka nousivat jo nykytilanteen aikajaksolla suuremmaksi niin työntekijöiden kuin työnjohdonkin näkökulmasta.

Seuraavana otetaan tarkasteluun pareto kaavio, joka näyttää oranssilla viivalla kumulatiivisen prosentin rajan.

Tammikuu 2021 – helmikuu 2021 pareto kaavio näyttää kuvan 12 kaltaiselta.



Kuva 12 Pareto tammikuu 2021 - Helmikuu 2021 (salassa pidettävät tuntimäärät muutettu prosenteiksi)

Kuvan 12 pareto kaavion mukaan nähdään, että 80 % kumulatiivisen prosentin ongelmista edustavat haastava kiinnitys, työkalujen etsiminen ja valmistusta ohjelmaa ei ole. Nämä ongelmat ovat siis samat kuin vuosi aiemmin nykytilanteen kohdalla.

Haastavaan kiinnitykseen ja työkalujen kohdalle on tullut pieniä muutoksia ja tarkoituksena on luoda lisää kehitysehdotuksia, millä parantaa saantoa 20 %.

Kaaviosta poistettiin kohdat työntekijän tauko ja ei koneenkäyttäjää, koska niiden kohdalla oli tullut virheellisiä tietoja, jotka vaikuttavat lopputulokseen. Työpisteen tarkkailussa havaittiin, että ne eivät voi olla suurimpien syiden joukossa koneiden seisomiselle.

#### 5.4 Zyfran huomioon otettavat asiat

Zyfrassa on otettava huomioon erilaisia tapauksia, joita on tapahtunut mittauksien aikana. Ensimmäisenä alkuvuodesta 2020 koneet eivät toimineet täysin oikein vaan saattoivat itse laittaa syyn, vaikka kone työsti kappaletta. Välillä koneella työstettiin kappaleita ja zyfra laitteessa luki koneen siivous ja huolto. Ajan mittaan zyfran toimimista saatiin paranneltua, että se ei itsekseen laittanut virheellistä syytä.

Tämän jälkeen on otettava huomioon myös, että asetusaika, joka on 20 minuuttia, pitää sisällään työkalujen vaihdon sekä etsimisen, kappaleen kiinnittämisen, ohjelman tekemisen ja nollapisteiden hakemisen. Täten työntekijän on itse mietittävä mikä on syynä, että kappaleessa asetusaika kesti yli 20 minuuttia. Tämä tarkoittaa sitä, että zyfran tuloksiin vaikuttaa työntekijöiden henkilökohtainen arvio.

Vuoden 2020 huhtikuusta vuoden 2021 maaliskuuhun asti on otettu dataa zyfralla, mutta tuohonkin aikaan on vaikuttanut vallitseva maailmantilanne ja koneiden virhearviot. Päätimme kuitenkin koneistuksen esimiehen kanssa ottaa kaikista parhaimmat tarkkailuajanjaksot, jotka olivat tammikuu-helmikuu 2021.

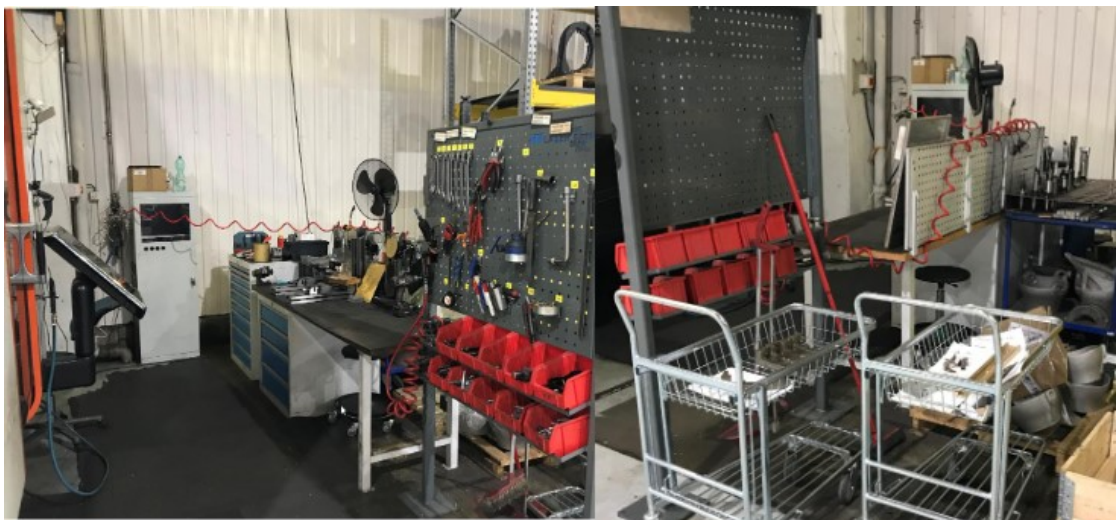
## 5.5 CNC-koneistuksen nykytilanteen havainnointi

Tässä osiossa havainnoidaan CNC-koneistuksen tilannetta kuvien avulla. Kuvia verrataan myöhemmin tehtyjen muutosten osiossa. Ensimmäisenä huomiona nykytilanteesta voidaan sanoa, että työpisteellä ei ole noudatettu 6S-menetelmää, mitkä näkyvät siinä, että kuvissa työpisteet ovat sotkuisia. Pöydillä ei ole tilaa tehdä töitä, koska ne ovat täynnä kaikkia työkaluja, jotka eivät ole omilla paikoillaan. Kuvista nähdään myös, että koneiden välillä ei ole tarpeeksi tilaa ja lavojen vuoksi käytävät ovat tukkiutuneita. Työkaluseinistä ja lokeroista nähdään järjestelemättömyys ja työkalujen puuttuminen, eikä seinillä ole tarkkoja paikkamerkintöjä eri työkaluille.



Kuva 13 Horisontaalin ja vertikaali CNC-koneen ympäristö

Kuvan 13 avulla nähdään, miten sekainen työympäristö on. Tämän vuoksi seisonta-aikaa syntyy turhaan, kun työkaluja joudutaan etsimään.



Kuva 14 5-axis koneen ympäristö

Kuten kuvan 14 avulla nähdään, myös 5-akselisen koneen työympäristö on ollut sekaisin ja työkaluseinältä puuttuu selvästi tarvittavia työkaluja. Tila on myös erittäin ahdas, jolloin saman työympäristön ympärille ei mahdu montaa ihmistä tekemään samaan aikaan töitä. 6S-menetelmä otetaan käyttöön tässä vaiheessa, koska hyvä järjestys tuotannossa nopeuttaa vaiheita ja luo työturvallisuutta.

Kuvasta 14 ja 13 nähdään millaisessa kunnossa ne ovat ja kuinka ahdasta niissä on työntekijöille tehdä töitä. Tämän perusteella on päätetty tehdä layout muutos, joka saa aikaan turvallisuutta työntekijöille sekä vierailijoille. Samalla materiaalivirta tulee tehokkaammaksi ja tuotteen läpäisyajat pienenevät, koska tilaa on enemmän ja ei ole turhia asioita tiellä. Layout muutoksella saadaan aikaan myös, että tilaa on enemmän ja saadaan tehtyä parempaa laatua, kun työkaluja ja layoutia uusitaan.

## 6 Kehitysehdotukset

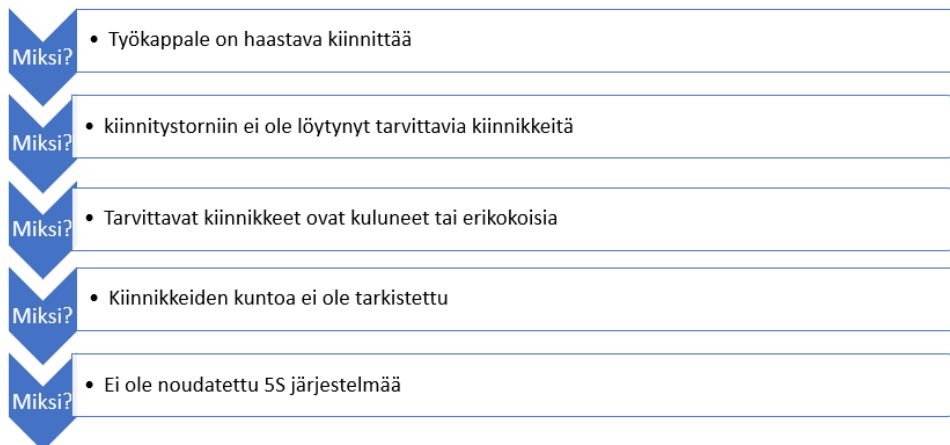
Kehitysehdotuksista luotiin toimenpiteitä, joiden avulla päästään etenemään kohti 20 % parempaa saantoa. Yrityksessä on tehty muutoksia haastavan kiinnityksen, layout muutoksen ja 5S + suojelu menetelmän kannalta, jotta saadaan tehtyä muutoksia as-teittain. Toimenpiteiden kohteet valittiin pareto kaavion avulla noudattaen 80/20 periaatetta, jossa tarkoituksena on keskittyä 80 % ongelmista, jotta sitä saadaan parannettua 20 %.

### 6.1 Haastava kiinnitys

Haastavassa kiinnityksessä on tärkeää, että stopparit ja kiinnitystarvikkeet ovat hyvin saatavilla ja ne on helppo asentaa ja niissä ei ole kuluma jälkiä. Haastavan kiinnityksen kannalta tehtyjä uudistuksia ovat: stoppareiden uusiminen, kiinnitystarvikkeiden uusiminen ja uuden kiinnitystornin hankinta. Kiinnitystorni on koneen sisällä oleva paletti, johon saadaan kappaleita kiinni neljälle eri puolelle.

Kuten voidaan kuvan 15 perusteella nähdä, niin kiinnitystorniin ei ole löytynyt tarvittavia kiinnikkeitä. Kiinnitystarvikkeiden puuttuminen johtuu usein erikokoisista kiinnikkeistä tai ruuvien kierteiden toimimattomuudesta eli ne ovat kuluneet. Tämä johtuu siitä, että niille ei tehdä tarvittavia tarkistuksia ja työntekijällä kuluu turhaa aikaa oikean kiinnittimen etsimiseen. Tähän ratkaisuna on 5S + suojelu järjestelmän käyttäminen, jota on jo toteutettu.

## ongelma: Haastava kiinnitys



Kuva 15 5x-miksi: Haastava kiinnitys

Ensimmäinen toimenpide-ehdotus haastavaan kiinnitykseen on uusien jigien valmistaminen. Jigien valmistusta varten on ensin kartoitettava nykytila toistuvilla tuotteilla ja mietittävä tarkkaan, mitkä kappaleet tulevat pysymään toistuvina. Tällä hetkellä yrityksellä on 90 % tuotteista toistuvia, mutta toistumisen aikaväli on joissakin osissa pitempi kuin muissa. Yrityksen pitäisi siis kartoittaa, että mitkä tuotteet toistuvat useammin ja mitkä tuotteet tulevat säilymään toistuvina. Yrityksellä on olemassa jigijä, jotka olivat ennen toistuvia, mutta nykyään niitä tehdään vain harvoin. Tämän vuoksi täytyy arvioida tarvittavuus tarkasti, että jigijä ei tehdä turhaan.

Nykytilan kartoituksen aikaan uusien jigien tarvitseminen tuli esille työntekijöiden toimesta. Jigien käyttö mahdollistaa pienillä kappaleilla sen, että useampia voi asettaa kerrallaan lähelle toisiaan ja tehdä monta kappaletta samalla kertaa. Jigien käyttö on kumminkin tuotekohtaista eikä kappaleille voi käyttää samaa jigijä ja niiden kannattavuus tulee laskea ennen päätöstä.

### 6.2 Valmista ohjelmaa ei ole

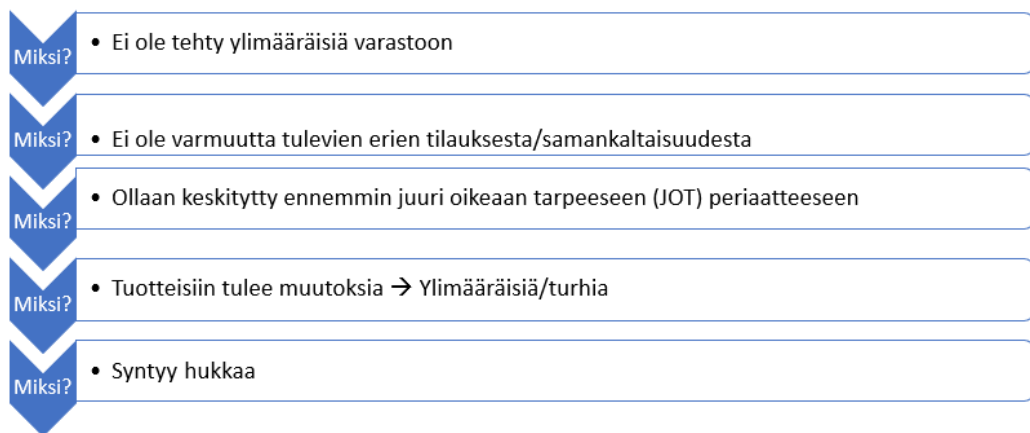
Valmiiden ohjelmien toimenpide-ehdotus on, että useasti toistuvien tuotteiden ohjelmat tehdään valmiiksi ja tallennetaan CNC-koneeseen. CNC-koneisiin mahtuu 250 ohjelmaa konetta kohti ja loput mahtuvat verkkokansioon, josta ne pitää erikseen hakea. Koneisiin voitaisiin tallentaa pidemmät ohjelmat, jotta uusien työntekijöiden ei

tarvitsisi lähteä erikseen kuluttamaan aikaa siihen, vaan he voisivat hakea ohjelman suoraan koneelta. Helpoimmat ja lyhyemmät ohjelmat voitaisiin edelleen tehdä itse ennen työn tekemistä.

### 6.3 Kappaleiden tekeminen varastoon

Kolmantena toimenpiteenä voitaisiin selvittää useasti toistuvista kappaleista niiden toistuvuuden määrä sekä aikaväli ja niiden perusteella arvioida onko kappaleiden tekeminen varastoon järkevää. Kappaleista voisi esimerkiksi katsoa yleisen erämäärän ja tehdä 1 tai 2 erää ennalta varastoon. Eriä ei kannata kuitenkaan tehdä liikaa valmiiksi, koska eräkoot saattavat muuttua ja turhaksi jäädessään muuttua hukaksi. Osiin saattaa tulla jonkinlaisia parannusmuutoksia, jotka myös saattaisivat vaikuttaa siihen, että kappaleet jäisivät ylimääräisiksi.

#### **Ongelma: Kappaleiden tekeminen varastoon**



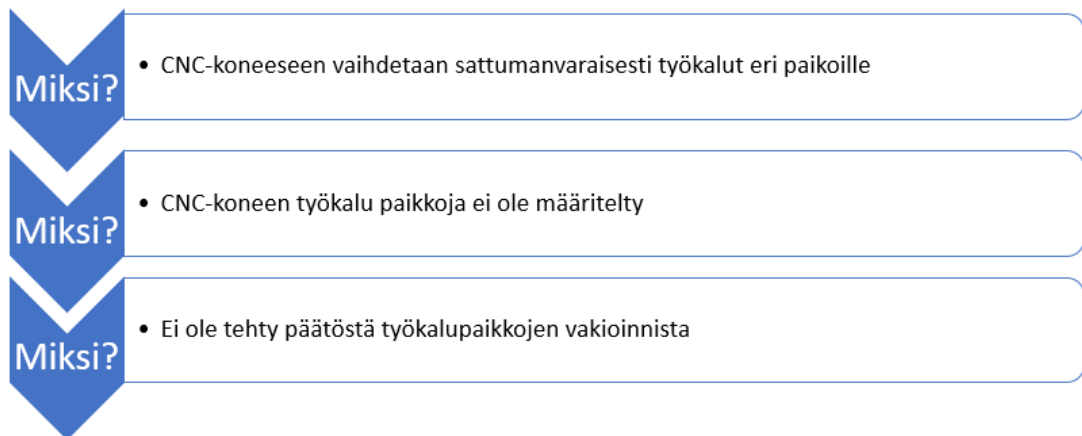
Kuva 16 5x-miksi: kappaleiden tekeminen varastoon

kuvan 16 kaltaisella 5x-miksi analyysin avulla päädyttiin tulokseen, että nykyisellään yrityksessä on keskitytty enemmän JOT-periaatteeseen, koska yritykselle on tärkeää pystyä muuttamaan kappaletta asiakkaan toiveiden mukaan aina tarpeen tullen. Tämän vuoksi ei ole tehty kappaleita varastoon talteen.

## 6.4 CNC-koneiden työkalujen vakiointi

CNC-koneisiin mahtuu kaikkiin noin 40 työkalua konetta kohti. Nykytilanteessa ei ole vakioituja työkaluja ja niitä vaihdellaan usein. Työkalut voidaan vakioida siten, että selvitetään mitä työkaluja käytetään CNC-koneessa eniten. CNC-koneeseen voisi vakioida esimerkiksi 20 paikkaa jokaiseen koneeseen, jota ei irroteta muuta kuin vaihdettaessa huonoksi menneet uusiin. Täten työn tullessa ei tarvitse lähteä laatikosta etsimään tarvittavaa työkalua vaan sen terä voidaan tarkistaa ennen työstöä, mikä säästää huomattavasti aikaa.

### Ongelma: CNC-koneen työkalumakasiinin työkalujen vakiointi



Kuva 17 5x-miksi: CNC-koneen työkalumakasiinin työkalujen vakiointi

Kuvan 17 5x-miksi analyysi käsittelee CNC-koneiden sisällä olevaa työkalumakasiinia, johon olisi hyvä määrittää 20 vakio työkalua. Näiden työkalujen paikkaa ei vaihdeta, vaan ne korvataan aina samalla aiemman työkalun terän huonontuessa.

## 7 Opinnäytetyön tulokset

### 7.1 CNC-koneen alueen muutokset

HT Laser Oy:lla on aloitettu CNC-koneistuksen vaiheiden muutokset. Tarkoituksena on tehdä muutoksia, joiden avulla saadaan parannettua saantoa ja tuotantoaikoja. Samalla pyritään lyhentämään asetusajoja merkittävästi. Muutoksia on toteutettu jo seuraavissa kohteissa: 6S projekti, 2-torniajot, aktiivinen johtaminen LTR:n avulla ja työkalujen sekä työkaluseinien uusiminen.

Opinnäytetyön aikana CNC-koneistus on muokannut layoutia ja työympäristön järjestystä. Tämän avulla työpisteelle on saatu enemmän tilaa myös vuorossa olevien töiden kohdalle. Myös useat kaapit ja pöydät on korvattu uusilla. Uusissa kaapeissa ja pöydissä on myös pyörät, jotta niiden siirtely sujuu ongelmitta.

Kuva 18 CNC-koneistuksen työympäristön layout muutos (salainen)

Kuvan 18 avulla nähdään, kuinka paljon tilavammaksi saadaan työpisteen ympäristö ja paikat lavoille, joita työstetään sillä hetkellä. Työ piste on siten myös paljon loogisempi ja järkevämpi.

#### **Mazak koneisiin tehdyt muutokset**

Mazakin koneisiin on tehty uudet layoutit. Layoutin lisäksi vaakakaraiseen on vaihdettu uudet paletit, joka mahdollistaa 2-torni ajon. Aiemmin 2-torniajo ei ollut mahdollista, koska tornit olivat erilaisia. Tämän uuden torni layoutin myötä koneella on mahdollista vaihtaa kappaletta, kun aiemmasta irrotetaan lastua tai voidaan tehdä asetuksia seuraavalle työlle. Tämä nopeuttaa kappaleiden vaihtoa ja saadaan lisää ennakkointia työntekoon.

### **Työkalujen ja niiden säilytyksen uusiminen**

Työpisteille on hankittu uudet reikäseinät, jotka sisältävät jalat sulavaa liikuttamista varten. Tämän lisäksi on tilattu myös uusia asennusvaunuja, joissa on jalat ja niitä on mahdollista liikuttaa sekä niissä pystyy säilyttämään työkaluja.

Kuvassa 19 nähdään, millaiset työkalut on asetettu CNC-koneen lähetyville. Työkalujen on tärkeää olla lähellä, jotta ne ovat nopeasti saatavilla ja jokainen työkalu löytyy omalta paikaltaan.

Kuva 19 CNC-koneiden uudet työkalut ja hyllyt (salainen)

Kuvasta 19 nähdään, että jokaiselle työkalulle on asetettu vakiopaikka ja ne on asetettu koneen lähelle. Tämä helpottaa työkalujen saamista, kun aloitetaan kiinnittämään kappaleita. Kuten tästä voidaan huomata niin työkalut ovat nyt paljon loogisemmassa järjestyksessä. Kun uudet seinät ja uudet työkalut on hankittu. Ero on huomattava verrattuna nykytilanteessa esitettyihin kuviin.

## **7.2 Aktiivinen johtaminen ja 6S-järjestelmä (salaiset kohdat poistettu)**

### **6S:n noudattaminen**

CNC-koneistuksen nykyisten muutosten myötä aletaan noudattamaan 6S periaatetta, joka on sama kuin 5S periaate, mutta viimeisimpänä siinä on lisätty työsuojelu, joka on tärkeä arvo toimeksiantajalle. Toimeksiantaja on alkanut viemään eteenpäin työturvallisuutta ja haluaa varmistaa, että kaikille on turvallista työskennellä. Tärkeää on myös, että työergonomia on kunnossa. 6S:n noudattaminen varmistaa myös, että kaikki pysyvät paikallaan ja työkaluilla on vakioidut paikat sekä niiden puute on selkeästi nähtävillä. Täten työkalujen lainaajatkin tuovat varmemmin työkalut paikalleen.



Kuva 20 6S järjestelmä (yrityksen sisäinen esitys)

Kuvassa 20 nähdään 6S järjestelmä, joka on muuten samanlainen kuin 5S järjestelmä, mutta sinne on vain lisätty kuudenneksi suojelu eli työsuojelu. Syynä siihen, että on valittu 6S järjestelmä on työturvallisuuden painottaminen. Työturvallisuus tulee loogisen ajattelun myötä 5S-menetelmässä, mutta se on selkeämmin esillä omana kohdaksi. Tämän vuoksi työsuojelua on vaikea sivuttaa. Työturvallisuuden ylläpitäminen vähentää poissaoloja ja parantaa työntekijöiden työkykyä sekä pitää työympäristöä viihtyisämpänä.

## 8 Pohdinta ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitkä seisonta-aikojen vikakoodit edustavat 80 % koneiden seisonta- ja venymäajoista. Tavoitteena oli tämän lisäksi analysoida näitä syitä ja yrittää parantaa saantoa 20 %. Toteutusta oli helppo hoitaa, koska tunsin työntekijät ja johtoryhmän aiemman työkokemuksen ja harjoittelun avulla. CNC-koneistuksen työntekijät tulivat tutuksi paremmin nykytilanteen tarkistuksen aikana. Koneistuksen työnjohto oli apunani useasti. Hänen kauttaan sain kaikki zyfran antamat raportit. Hän myös tarvittaessa järjesti aikaa, jolloin pystyin tekemään avointa haastattelua mielessäni olevista asioista. Sain myös työntekijöille suoritettua avointa keskustelua nykytilanteen tarkastelun aikana.

Työ ei edennyt täysin normaalissa aikataulussa vallitsevan maailmantilanteen eli koronavirus epidemian vuoksi. Korona vaikutti yritykseen siten, että monet siirtyivät etätöihin ja tilanteet olivat epävarmoja sekä vierailuja rajoitettiin. Mittaustuloksia onnistuttiin tämän ansiosta saamaan yli vuoden ajan, mutta useimmissa kuukausissa oli joitain negatiivisesti vaikuttavia asioita, minkä vuoksi ne päädyttiin ottamaan pois arvioitavista taulukoista. Työn tulokset olivat samanlaiset, kuten ennen tuloksia pelkästään näköhavaintojen perusteella ajateltiin.

Tutkimusta olisi helpottanut, jos olisi tehnyt paljon tarkemman suunnitelman ja pysynyt siinä, mutta se onnistui mielestäni hyvin tällaisena. Tutkimuksen alussa olin kahden-kolmen viikon pituisella tutustumisajan jaksolla CNC-koneistuksen pisteeseen, jossa seurailin työntekijöiden työntehtäviä ja sitä mihin 20 minuutin asetus aika kuluu. Siinä samalla tuli laitettua hyviä seikkoja ylös, joita työntekijät sanoivat omien havaintojensa ja kokemuksensa pohjalta. Sain myös ideoita kehitysehdotuksiin työnjohdolta. Nykytilan tutkimuksen pohjalta sai selkeät käsitykset ongelmakohteista, ja tulosten perusteella ne osoittautuivat oikeiksi. Analyysiä olisi kuitenkin voinut vielä paneutua enemmän ja pyytää useampia näkökulmia, mutta oma aikataulutus hieman vaikeutti asiaa. Olisin voinut enemmän hyödyntää johtoryhmien ja työntekijöiden ammattitaitoa analyysia varten, mutta analysoimalla itse näkökulma tulee ulkopuolisen näkökulmasta.

Yritysten sisällä tehdyistä muutoksista on mielestäni ollut hyötyä ja selkeän eron näkee kuvien perusteella. Projektin loppuunsaattamista varten on työpisteeltä otettu kuvat ennen muutoksia ja sen jälkeen, jotta nähdään selkeä ero mitä on muokattu ja miksi. Myös tuottavuus on parantunut tehtyjen muutosten aikaan ja päätimme työnjohdon kanssa lisätä jo tehdyt muutokset opinnäytetyön aiheeseen. Muutoksia alettiin tehdä jo koronaviruksen aikana, jolloin vierailu oli edelleen rajoitettua ja sitä suoritettiin työnjohdon ja työntekijöiden yhteispelillä. Raportointi muutoksista perustuvat työnjohdon antamaan materiaaliin, joka on nähtävillä vain yrityksen sisällä.

Kokonaisuuteni opinnäytetyötä oli mielenkiintoista tehdä ja hyödynnettävää teoriaa löytyi paljon. Tavoitteet täyttyivät mielestäni hyvin ja suunnitellusti aiheen sisältä. Suurin osa teorian kirjallisuudesta oli englannin kielellä. Uskon löytäneeni teoriaa uskottavista lähteistä tietokirjallisuudesta. Jatkotutkimuskohteina voisi hyvin olla tehtyjen toimenpiteiden vertaaminen alkutilanteeseen ja siitä, kuinka se on parantunut. Muutosten jälkeen voisi hyvin analysoida muutosten vaikutuksia ja etsiä niistä uusia kehittämiskohteita jatkuvan parantamisen mallin tapaan.

## Lähteet

Andersen, B. , Fagerhaug, T. 2006. Root cause analysis: simplified tools and techniques. United states of America: American society for quality. Milwaukee 53203. Viitattu 12.03.2021 <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/lib/jypoly-ebooks/reader.action?docID=1884171>

Carriera, B. Trudell, B. 2006. Lean six sigma that works: a powerful action plan for dramatically improving quality, increasing speed, and reducing waste. New York: American management association. Viitattu 31.03.2021 <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993636738106251>

Debashis, s. 2006. 5S for service organizations and offices: a lean look at improvements. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. Viitattu 20.04.2021 <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993641458206251>

Fredendall, L. D., Thürer, M. 2016. An introduction to lean work design: volume II, standard practices and tools of lean. Business Expert Press. Viitattu 23.04.2021 <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993635528406251>

Harry, M. , Schroeder, R. 2000. Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. New York: Doubleday a division of random house. Viitattu 12.03.2021

Lean six sigma DMAIC. Viitattu 09.03.2021. [Lean Six Sigma DMAIC - ongelmanratkaisumenetelmä](#)

Mazak Horizontal center nexus 5000-III. N.d. Mazakeu:n verkkosivuilta. Viitattu 09.05.2021. <https://www.mazakeu.com/da/horizontal-center-nexus-5000-iii/>

Mazak vertical center smart 530C. N.d. Mazakeu:n verkkosivuilta. Viitattu 09.05.2021. <https://www.mazakeu.com/da/machines/vertical-center-smart-530c/>

Moore, R. 2007 Selecting the right manufacturing improvement tools: what tool? when? Elsevier Butterworth-Heinemann. Viitattu 25.04.2021 <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993620410106251>

Ojasalo, K., Moilanen, T., Ritakoski, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: Sanomapro oy. Viitattu 26.04.2021. <https://www.ellibrary.com/book/978-952-63-2695-5>

Pernaa, J. 2004. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Viitattu 09.05.2021. [https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013\\_Pernaa\\_KT\\_tutkimusmenetelma\\_a\\_KT\\_kirja.pdf](https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013_Pernaa_KT_tutkimusmenetelma_a_KT_kirja.pdf)

Ruohonen, S. 2018. Toimintatutkimus opinnäytetyössä. Viitattu 09.05.2021 <https://slideplayer.fi/slide/14113492/>

Roberts, L. 2006. SPC for right brain thinkers: Process control for non-statisticians. United states of America: American society for quality. Milwaukee 53203. Viitattu 20.03.2021 <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/lib/jypoly-ebooks/reader.action?docID=3002541>

Shankar, R. 2009. Process improvement using six sigma. A DMAIC guide. United states of America: American society for quality. Milwaukee 53203. Viitattu 21.02.2021 <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/lib/jypoly-ebooks/reader.action?docID=3002635>

Sower, V. E. 2014. Statistical process control for managers. New York: Business expert press, LLC. Viitattu 17.03.2021. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.jamk.fi:2443/lib/jypoly-ebooks/reader.action?docID=1768923>

Taghizadegan, S. 2006. Essentials of lean six sigma. Amsterdam: Boston, Mass: Elsevier c2006. Viitattu 31.03.2021. <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993630551306251>

Teiskonen Oy. N.d. Verkkosivuilla oleva esittely Teiskonen Oy konsernista. Viitattu 08.06.2020 <https://htlaser.fi/yrittys/teiskonen-oy/>

Tetteh, E. G. , 2015. Lean six sigma approaches in manufacturing, services, and production. Hershey: Business science reference. Viitattu 31.03.2021. <https://janet.finna.fi/Record/jamk.993618027806251>

Tuotannon layout. N.d. Logistiikan maailma verkkosivuilta. Viitattu 15.05.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>

Variaxis i-600. N.d. Mazakeu:n verkkosivuilta. Viitattu 09.05.2021. <https://www.mazakeu.com/da/machines/variaxis-i-600/>

Vuorinen, T. 2013. Strategiakirja -20 työkalua. Alma talent Oy ja Tero Vuorinen. Viitattu 12.03.2021 [https://bisneskirjasto-almatalent-fi.ezproxy.jamk.fi:2443/teos/CACBEXDTEB#/kohta:OSA\(\(20\)2\(\(20\)STRATEGIATY\(\(d6\)KALUT\(\(20\)JA\(\(a0\)MENETELM\(\(c4\)T\(\(20\)ERI\(\(20\)TILANTEISIIN\(\(20\):1\(\(20\)STRATEGIATY\(\(d6\)KALUJA\(\(20\)TEHOKKUUDEN\(\(20\)PARANTAMISEEN\(\(20\):LEAN\(\(20\):Tarkoitus\(\(20\)ja\(\(20\)toiminta\(\(20\)/piste:b1197](https://bisneskirjasto-almatalent-fi.ezproxy.jamk.fi:2443/teos/CACBEXDTEB#/kohta:OSA((20)2((20)STRATEGIATY((d6)KALUT((20)JA((a0)MENETELM((c4)T((20)ERI((20)TILANTEISIIN((20):1((20)STRATEGIATY((d6)KALUJA((20)TEHOKKUUDEN((20)PARANTAMISEEN((20):LEAN((20):Tarkoitus((20)ja((20)toiminta((20)/piste:b1197)

What is 6S Lean? N.d. Safety culture yrityssivut. Viitattu 14.05.2021 <https://safetyculture.com/topics/6s-lean/>

Yrittys. N.d. HT Laser Oy:n yritysesittely verkkosivuilta. Viitattu 08.06.2020. <https://htlaser.fi/yrittys/>

Zyfra digital manufacturing. Zyfran esittely pdf. Viitattu 30.03.2021 [Zyfra MDCplus \(mdc-plus.com\)](https://zyfra.com/mdc-plus)

Zyfra MDCplus. Zyfran nettisivuilta. Viitattu 09.03.2021.

[www.zyfra.com/product/mdcplus](http://www.zyfra.com/product/mdcplus)

5 whys: the ultimate root cause analysis tool. N.d. Kanbanize verkkosivuilta. Viitattu 10.05.2021

<https://kanbanize.com/lean-management/improvement/5-whys-analysis-tool>