



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

TONI LAINE

# **Kokoonpano- ja asennustyökalujen kehitys Cimcorp Oy:n sarjatuotantokokoonpanossa**

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2020

Tekijä(t) Laine, Toni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 12/2020
	Sivumäärä 31 Sivua, 1 Liitettä	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Kokoonpano- ja asennustyökalujen kehitys Cimcorp Oy:n sarjatuotantokokoonpanossa</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
Tiivistelmä  <p>Työn tarkoitus oli kehittää kokoonpano- ja asennustyökaluja Cimcorp Oy:n kokoonpanossa. Cimcorp Oy:n tuotannon läpimenoaika on pienentynyt huomattavasti, joten kehitystyöllä haettiin kustannustehokkuutta tuotannon kokoonpano työhön.</p> <p>Työ aloitettiin keräämällä tietoa ennalta annetuista kehitettävistä kohteista. Työ rajattiin haastattelemalla kokoonpanossa työskenteleviä henkilöitä. Haastatteluilla saatiin kohdennettua kehitystyö eniten kehitystä vaativiin kohteisiin.</p> <p>Työn teoriaosuudessa keskityttiin kokoonpanoon, työohjeisiin ja kehitystoimintaan.</p> <p>Työn tuloksena saatiin suunniteltua asennustyökalu Cimcorp Oy:n robotin pystymoduulin johteiden asennusta varten. Robotin päätylevyyn tehtiin nostolenkeille kierrepaikat helpottaakseen päätylevyn käsittelyä osakokoonpanossa. Kehitysideoita syntyi työ- ja nosto-ohjeisiin sekä multipick-tarttujan kokoonpanolle.</p>		
<u>Asiasanat</u> Kehitystyö, CAD, kokoonpano, tuottavuus		

Author(s) Laine Toni	Type of Publication Bachelor's thesis / Master's thesis	Date 12/2020
	Number of pages 31 pages, 1 Appendices	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Assembly and installation tool development in Cimcorp Oy mass production assembly</b>		
Degree program Mechanical Engineering		
Abstract  <p>The aim of this thesis was to improve assembly and installation tools in Cimcorp Oy mechanical assembly. Aim of development work was to get cost-effectiveness to mechanical assembly because Cimcorp's production lead time is significantly smaller than before.</p> <p>Thesis was started with gathering information about pre given development subjects. Limiting wideness of thesis was made by interviewing workshop workers. By interviews thesis was able to limit for most development needed subjects.</p> <p>Thesis theory part is focused to assembly, work instructions and development work.</p> <p>In result of thesis was designed assembly tool for assembly of Cimcorp's robot Y-movement guide rail. To ease handling end plate in assembly screw hole lift points was made for robot end plate. Also development ideas was created to work and lifting instructions and for multipick gripper assembly.</p>		
<u>Key words</u> Development, CAD, assembly, productivity		

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 CIMCORP-KONSERNI .....	6
3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS .....	7
3.1 Ongelmakohtien kartoitus .....	7
4 KOKOONPANO .....	9
5 TUOTEKEHITYS JA KEHITTÄMISTOIMINTA .....	11
6 KOKOONPANOPROSESSI .....	13
6.1.1 Tuottavuus .....	13
6.1.2 Tuottavuuden kehitys .....	14
6.2 Laatu .....	17
6.3 Ergonomia .....	18
6.4 LEAN .....	21
6.5 Kokoonpanon työohjeet .....	23
7 KEHITTÄMISTYÖN TULOKSET .....	25
7.1 Pystymoduulin johteiden asennustyökalu .....	25
7.1.1 Työkalun suunnittelu .....	25
7.2 Päätylevy .....	26
7.3 Työ- ja nosto-ohje .....	27
7.4 Multipick-tarttuja .....	28
8 YHTEENVETO .....	29
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Cimcorp Oy:n tuotannon läpimenoaika on pienentynyt ja tuotannon määrä suurentunut, mikä tuottaa tuotannolla kuormaa eri tavalla kuin aikaisemmin. Työn tavoitteena oli kehittää Cimcorp Oy:n tuotantoon kokoonpano- ja asennustyökaluja kustannustehokkaammaksi ja samalla edistää asennettavuutta, turvallisuutta sekä laatua.

Työ aloitettiin tarkastelemalla ennalta annettuja kehitystyön kohteita. Aihe rajattiin haastattelujen perusteella eniten kehitystyötä tarvitseviin kohteisiin. Haastattelujen perusteella eniten kehitystyötä vaatii MBR800 -robotin pystyliikkeen valmistus. Haastattelujen perusteella ergonomia ja ohjeiden puute kokoonpanoissa nousi myös keskeiseksi aiheeksi.

Työn teoria kertoo kokoonpanosta ja siihen liittyvästä kehitystoiminnasta, miten tuotantoa ja organisaatiota teorian tasolla voitaisiin tehostaa.

Työkaluista ja parannuksista valmistettiin 3D-mallit ja tarvittavat piirustukset mittatietoineen.

## 2 CIMCORP-KONSERNI

Cimcorp-konserni on robotiikkaan perustuvien automaattijärjestelmien toimittaja. Cimcorp-konserni on rengasteollisuuden johtavia toimittajia koko maailmassa ja omaa vahvan aseman elintarvike- ja logistiikkateollisuudessa. Konsernin emoyhtiö ja pääkonttori on Cimcorp Oy, joka sijaitsee Ulvilassa. Konsernilla on tytäryhtiöt Kanadassa, Yhdysvalloissa, Intiassa ja Espanjassa. Suomessa on huoltoa tarjoavat toimipisteet Helsingissä, Lahdessa ja Jyväskylässä. (Cimcorp www-sivut 2020.)

Yhtiön toiminta on saanut alkunsa vuonna 1975 Rosenlewin työkalutehtaan automaatio-osastona, joka oli erikoistunut robotiikkaan. Yrityskaupan kautta automaatio-osastosta tuli Cimcorp Oy, vuonna 1986. Vuonna 1996 Cimcorp siirtyi Swisslogin omistukseen ja yrityksen nimi muuttui Swisslog Oy:ksi vuonna 2002. Vuonna 2003 yhtiö siirtyi toimivan johdon omistukseen ja vuonna 2004 nimeksi tuli jälleen Cimcorp Oy. Japanilainen Murata Machinery, Ltd. osti Cimcorpin osakekannan 30.10.2014. Omistajanvaihdos ei vaikuttanut Cimcorpin nimeen eikä brändiin, vaan toiminta jatkui ennallaan. Murata Machinery, Ltd. on maailman suurimpia logistiikka-automaation toimittajia. (Cimcorp www-sivut 2020.)

Cimcorp osti vuonna 2010 kanadalaisen RMT Roboticsin, joka muutti nimensä Cimcorp Automation Ltd:ksi vuonna 2015. Cimcorp perusti Yhdysvaltoihin oman toimipisteen vuonna 2016 ja Intiaan vuonna 2019. (Cimcorp www-sivut 2020.)

Cimcorp Oy:n liikevaihto oli vuonna 2019 101.6 miljoonaa euroa ja työllisti 338 henkilöä.

(Finder www-sivut 2020).

## 3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS

### 3.1 Ongelmakohtien kartoitus

Opinnäytetyötä aloitettaessa Cimcorp Oy:lla oli tiedossa useita mahdollisia kehityskohteita. Kehityskohteiden moninaisuuden vuoksi aiheen rajaus suoritettiin haastattelujen avulla. Haastattelujen kysymyslomake liitteenä (Liite 1). Ongelmien lähtökohdat käytiin yksinkertaisesti läpi toimihenkilöiden kanssa. Tutkimustyön tarkentavat haastattelut tehtiin kokoonpanossa työskenteleville henkilöille, jotta käytännön ongelma-kohtat tulisivat mahdollisimman selkeästi esille. Haastatteluissa oli mukana myös ulkopuolisia vuokratyöntekijöitä, jotta vastauksiin saataisiin myös uudempien työntekijöiden näkökulmaa kysymyksiin.

Haastattelujen avulla selvisi, että lähes jokaisella työntekijällä on oma tapansa tehdä kokoonpanoja ja tietyillä työntekijöillä oli sama opittu tapa työskennellä. Syy eri työtapoihin oli yksinkertainen: tiettyihin kokoonpanoihin ei ole tehty yksityiskohtaisia kokoonpano-ohjeita ja näihin kokoonpanoihin työt tehdään työntekijän oman näkemys mukaan, joka toisinaan eroaa muiden työntekijöiden työskentelytavoista. Saman kokoonpanon erilaiset työskentelytavat saattavat tuoda tuotteelle laatueroja. Opi-ut työtavat ovat siirtyneet vanhemmilta työntekijöiltä uudemmille näyttäen omat työntapansa uudemmalle työntekijälle tai uusi työntekijä on joutunut itse päättämään omat työjärjestyksensä kokoonpanolle. Kokoonpanoissa saattaa olla joitain tiettyjä osia, joita ei voida laittaa paikoilleen ennen koko robotin asentamista, mutta kyseiset tiedot kulkevat asentajilla ja uudet työntekijät saattavat huomata kyseiset asiat ns. ”kantapään kautta”. Työntekijöiden mukaan tietyissä kokoonpanoissa tietty kokoonpanojärjestys helpottaa myös ergonomiaa, jolloin mm. kurkottelu vähenee.

Haastattelujen perusteella selvisi, että robotin pystymoduulin kokoonpano olisi hitain kokoonpanna. Pystymoduulin kokoonpanossa erityisesti kuulakelkkojen johteiden asennukseen kului työntekijöiden mukaan runsaasti aikaa. Tämä työvaihe vaatii myös kaksi työntekijää. Johteiden asennukseen kuluu aikaa, koska työ on tarkkaa. Johteet asennetaan heittokelloa käyttäen tiettyyn toleranssiin, ja kiristäessä johdetta toinen työntekijä vääntää sormin johteen oikealle kohdalle ja toinen kiristää johteen

kyseisestä kohtaa pultin momenttiin. Yhdessä johteessa on noin 25kpl pultteja ja yhdessä pystymoduulissa on kaksi kappaletta kellotettavia johteita, joten kyseinen työmenetelmä toistetaan monta kertaa. Kyseiseen työvaiheeseen työntekijöiden mukaan haluttaisiin helpottavaa työkalua. Kyseinen työmenetelmä on hidaskuutensa vuoksi ja vaatii toiselta työntekijältä sormivoimaa, koska johdetta pakotetaan toiseen suuntaan käsin vääntämällä, jotta haluttuun toleranssiin päästään. Kyseinen työtapa on työntekijöiden mukaan myös raskas sormille eli työergonomiaa ajatellen helpottava työkalu olisi tarpeen.

Työergonomia kysymyksen perusteella nähtiin kehityskohteeksi robotin päätylevyjen kokoonpanopiste, jossa erityisesti ison päätylevyn nostoa liittyvät ongelmat nousivat esiin. Nostolevyt toimitetaan työpisteelle kuormalavan päällä nipussa, jolloin levyt ovat päällekkäin. Päällekkäin olevat levyt estävät nostolenkkien laittamista läpi levyn, joten lenkkien läpi saamiseksi työntekijä joutuu repimään raskaan levyn hieman pois nipusta. Tämän lisäksi päätylevy kiinnitetään jigiiin samoista nostorei'istä, jolloin kiinnitysvaiheessa saa olla erityisen huolellinen.

Haastattelussa kävi ilmi, että kokoonpanotyössä tarvitaan kohtalaisen paljon nostoja tai kokoonpanon kääntelyä. Nostoja suoritetaan tiettyihin työpisteisiin asennetuilla nostotyökaluja tai hallissa olevilla siltanostureilla. Ongelmana nostoissa työntekijöiden mukaan on nostokohtien puuttuminen ja nostamiseen liittyvien ohjeiden puute. Nostot tapahtuvat samalla periaatteella kuin työtavat eli vanhemman asentajan näyttämä nostokohta tai itse päättelemällä.

Haastatteluissa ilmeni, että muutamiin työpisteisiin on tehty omat työkalupisteet, joita käytettäisiin kyseisessä kohdassa tiettyihin työvaiheisiin. Työntekijöiden mukaan työkalupisteitä on liian vähän, jolloin ongelmaksi on tullut työkalupisteeltä työkalun lainaaminen toiselle työpisteelle. Tästä syystä työkalut saattavat puuttua työpisteeltä, kun niitä tarvittaisiin.



## 4 KOKOONPANO

Kokoonpano on tuotekohtaisesti valmistettujen osien, komponenttien ja tarvikkeiden liittämistä toisiinsa, mistä syntyy toimiva tuote tai sen osa. Tuotteessa voi olla osakokoonpanoja, joissa syntyy toimivia osakokonaisuuksia ja loppukokoonpano, jossa osakokoonpanot ja muut osat sekä komponentit liitetään toisiinsa eri tavoilla. Osat voivat olla itsellä tai toimittajalla valmistettu tuote. Komponentti on valmiina ostettu standardiosa, toiminto tai osakokonaisuus.

(Tekes 2001, 6-7.)

Kokoonpanotyö on usein manuaalista kokoonpanoa, johon sisältyy usein kappaleiden käsittelemistä, siirtämistä paikasta toiseen, varastointia, liittämistä ja sovittamista sekä tarkastamista. Liittäminen on yleisesti ainoa työ, joka jalostaa tuotetta ja muut työvaiheet lisäävät työn aikaviivettä ja kustannuksia. Ilman näitä toimintoja kokoonpanotyö ei ole kuitenkaan mahdollista, mutta niiden osuus on pyrittävä pitämään mahdollisimman pieninä. (Tekes 2001, 6-7.)

Kokoonpano työpaikkana on pienempien kappaleiden kanssa työpöytä apulaitteineen. Kookkaammat tuotteet saatetaan tuottaa lattialla, telineillä ja tietyille kokoonpanotöille on saatettu tehdä oma varta vasten rakennettu kiinnitin eli jigi. Suurien koneiden kohdalla voi olla tarve, että laite toimitetaan osakokoonpanoihin purettuna, mikä kootaan asiakkaan luona. Kokoonpanossa on yleisesti käytössä monia kevyitä ja yksinkertaisia käsityökaluja ja mittalaitteita. (Tekes 2001, 6-7.)

Kokoonpanotyön kehittämisessä teemoina ovat olleet kokoonpanomenetelmät, materiaalikäsitteily ja varastointi, layout-ratkaisut, työkalut ja -välineet, apulaitteet, testaus ja koeajo, työympäristön ergonomia ja turvallisuus sekä töiden organisointi. Tehtyjen selvitysten mukaan kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta on usein 20-40 prosenttia. Tehdyissä tutkimuksissa kokoonpanotyötä analysoidessa ajankäytöstä työhön osoittaa neljänneksen ajasta kuluvan häiriöihin ja samoin taukoihin ja odotuksiin. Varsinaisen työn tekemiseen kuluu noin puolet koko työajasta, josta usein vain 10-25 prosenttia on varsinaista tuotetta jalostavaa työtä. Lisäksi kokoonpanotyö vaatii suurta osaa tuotantotilasta. (Tekes 2001, 7.)

Kokoonpano pystytään järjestämään paikkakokoonpanoksi tai linjakokoonpanoksi. Paikkakokoonpano on tarkoitettu yksittäis- ja pienerätuotantoon. Paikkakokoonpanon hoitavat tuotteen koon perusteella yksi henkilö tai työryhmä. Linjakokoonpano voi olla jaettuna vaiheisiin, jossa henkilöstöä on jaoteltu eri työvaiheisiin tai henkilöstö voi toimia ryhmänä, joka on vastuussa tuotteen kokoonpanosta ja laadusta alusta loppuun. Linjakokoonpano voi olla äärimmilleen ositeltuna liukuhihnatyötä ja soveltuu suurien erien tuotantoihin. Erätuotantoon soveltuvassa linjakokoonpanossa työryhmä hoitaa tuotteen kaikki työvaiheet ja kulkevat tuotteen kokoonpanoprosessissa alusta loppuun. Työasemat kuuluvat linjakokoonpanoon, jotka ovat varustettu kokoonpanoon tarvittavilla työkaluilla. (Tekes 2001, 8.)

Kokoonpano on tuotteen valmistuksen näkökulmasta tärkein työvaihe. Kokoonpano on paljon enemmän kuin pelkästään osien liittämistä toisiinsa. Kokoonpano yhdistää valmiiksi tuotteeksi kaiken suunnittelutiedon, joka sisältää tiedot tuotteen toiminnasta, muotoilusta, osien valmistuksesta ja osien logistiikasta. Kokoonpanot ovat koko suunnitteluprosessin tuotoksia. Suunnitteluprosessi sisältää tuotteen määrittelyn ominaisuuksista ja toteutuksen, miten lopullisessa tuotteessa ominaisuudet saadaan toimimaan. Ei ole olemassa yhtä ja ainoa oikeaa kokoonpanorakennetta. Jotta valmiista tuotteesta saadaan toimiva, pitää huomioida kaikki eri osien liitokset ja niiden suhde muihin osiin, sekä näiden käyttäytyminen toisiinsa.

(Haag, Salonen, Siltanen, Sääsäski & Järvinen 2011, 11.)

Huonoista osista voi kokoonpanna toimivan kokoonpanon ja laadukkaista osista voi huonolla kokoonpanolla tehdä toimimattoman kokoonpanon. Kokoonpanolla saadaan siis aikaiseksi tuotteen lopullinen laatu ja loppukokoonpanossa selviää koko valmistusprosessin laatu. Suunnittelulla on suuri vaikutus kokoonpantavuuteen ja kokoonpanojärjestykseen. Tuotteita suunniteltaessa saatetaan keskittyä enemmän tuotteen toimivuuteen ja kokoonpantavuus kärsii, kun kaikkia yksityiskohtia ei osata ottaa huomioon. (Haag, Salonen, Siltanen, Sääsäski & Järvinen 2011, 12.)

## 5 TUOTEKEHITYS JA KEHITTÄMISTOIMINTA

”Kehittäminen tähtää muutoksen, sillä tavoitellaan jotakin parempaa tai tehokkaampaa kuin aikaisemmat toimintatavat tai -rakenteet.”

(Toikko & Rantanen 2009, 16.)

”Tuotekehityksellä tarkoitetaan määrätietoista toimintaa uusien tuotteiden ja palveluiden kehittämiseksi tai jo ennestään olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden oleellista parantamista.” (Villanen 2016).

Kehittämistoiminnalla voidaan tarkoittaa tuotekehitystä. Kehitystoiminnassa suuntana on vanhasta uuteen, missä asia voi muuttua määrällisesti, rakenteellisesti tai laadullisesti. Tuotekehitys voi olla uuden tuotteen tavoitteellisesta suunnittelusta tai olemassa olevan tuotteen parantamista, sekä tuotteen valmistuksen kehittämistä niin, että siitä tulee valmistuskustannuksiltaan halvempi. (Jokinen 2010, 10; Toikko & Rantanen 2009, 16.)

Aikaisemmin yritykset eivät käyttäneet hyväksi tuotekehityksen erityisiä menetelmiä. Kehitystä tuli luonnollisesti eteen tulevien ongelmien myötä. Suunnittelutyö on luovaa työtä, jota ei ole asetettavissa jäykkiin kaavoihin. Onnistunut tuotekehitystoiminta on jatkuvaa ja yrityksen edellytys menestyäkseen. Ilman tuotekehitystä tuotteesta tulee ajan myötä vanhentunut ja sille ei ole kysyntää. (Jokinen 2010, 9-10.)

Kehittämisen ajatellaan yleisesti olevan toimintaa, jota tehdään tarkasti määritellyn tavoitteen saavuttamiseksi. Kehittämistoiminta ei ole rajattu tiettyihin kohteisiin, laajuuteen, organisointitapoihin tai lähtökohtiin ja ne voivat vaihdella huomattavasti. Kehittämisellä voidaan tähdätä toimintatavan tai koko toimintarakenteen parantamiseen. Kehittäminen toimintatavoissa voi kohdistua työntekijän toiminnan kehittämiseen tai, vaikka koko organisaation toimintatavan kehittämiseen. Toimintarakenteen kehittämisen pitää sisällään rakenteellisia muutoksia organisaatioon, mikä voi olla uudistuksia tai jopa uuden organisaation luonti. (Toikko & Rantanen 2009, 14.)

Kehittämistoiminnan tavoite voi olla ulkoapäin määritelty tai toimijoiden itsensä määrittelemä tavoite. Yleisin toimintatapa on kuitenkin ulkoapäin määritellyt tavoitteet, jotka voivat olla organisaation ulkopuolelta määritelty tai yleisesti yrityksen johto on määritellyt, mihin suuntaan organisaatiota pitää kehittää. Kun toimijat kehittävät, tavoitetta ei voida määritellä etukäteen vaan tavoite muotoutuu prosessin etenemisen myötä vaihe vaiheelta. Kehittäminen saattaa olla hankeperusteista toimintaa, jolla on tavoitteet, määritetyt toimintatavat ja varmistettu arviointiasetus. Organisaation kehittäminen voi olla jatkuvaa jokapäiväistä perustoimintaa esimerkiksi laatutyöskentely. Kehittämistoiminta voi olla uuden asian keksimistä, jolloin puhutaan innovoinnista. Kehittämistoiminta voi olla myös asiakaslähtöisiä myytäviä toimitusprojekteja, jotka kohdistetaan ulkopuoliselle asiakkaalle. (Toikko & Rantanen 2009, 15.)

Kehittämisprosessi itsessään sisältää viisi perustehtävää, joista ensimmäinen on perustelu siitä, mitä ja miksi kehitetään. Tässä tehtävässä tärkeintä on vastata kysymykseen miksi kehittää? Lähtökohta kehittämiselle voi johtua jostain ongelmasta tai visioon paremmasta. Yleisesti menestyksekkäs kehittäminen perustuu molempien varaan, sillä pelkästään ongelmaan kohdistettu kehittäminen saattaa johtaa yhä vaikeampiin ongelmiin, ja pelkästään visioon kohdistunut kehittäminen voi johtaa epärealistiseen kehitykseen. Kehittämisen toteutuksen kannalta on hyvä määritellä yksi tai kaksi tavoitetta, jotka voidaan perustella konkreettisesti. (Toikko & Rantanen 2009, 57.)

Kehittämisprosessin toinen tehtävä on organisointi, joka pitää sisällään käytännön toteutuksen suunnittelua ja valmistelua. Organisoinnin lähtökohta muodostuu kehittämistoiminnan tavoitteesta, joka voidaan osittaa alatavoitteisiin ja vaiheistaa sen esimerkiksi toimintajaksoihin. Organisoinnissa määritellään kehittämistoiminnan käytettävät resurssit, jotka ovat tavoitteeseen käytettävä budjetti ja toimijat, jotka voivat olla esimerkiksi ulkopuolisia organisaatioita, järjestöjä tai epävirallisempia tahoja tai kehittämistoimintaan koottu erillinen työryhmä. (Toikko & Rantanen 2009, 59.)

Kolmas kehittämisprosessin tehtävä on sen toteutus, joka muodostuu ideoinnista ja priorisoinnista, kokeiluista ja mallintamisesta. Tässä tehtävässä suurin kysymys on, miten asetettu tavoite voidaan saavuttaa? Toteutus pyritään rajaamaan ja priorisoimaan mahdollisimman tarkasti, koska kaikkea ei voida toteuttaa. Konkreettinen toiminta tai testaaminen alkaa ideoinnin ja priorisoinnin jälkeen. Kokeilutoiminta voi olla

vaiheistettu, jolloin tiettyä toimintatapaa kokeillaan tietyissä jaksoissa, josta kerätään palautetta ja seurataan tekemistä, joiden perusteella muutetaan ja kehitetään toteutusta. (Toikko & Rantanen 2009, 60.)

Kehittämisprosessissa neljäntenä tehtävänä tulee arviointi, jonka tavoite on tuottaa tietoa, jolla kehittämisprosessia ohjataan. Lähtökohta arvioinnille on hankesuunnitelma ja määritellyt tavoitteet. Arvioinnin perusteella nähdään kehittämistoiminnan tulokset, onko tavoitteeseen päästy, missä on onnistumisia ja epäonnistumisia. Kehittämistoiminnan arviointi voidaan suorittaa ulkopuolisella taholla, jolloin saadaan puolueeton arviointi tuloksista. Sisäisen arvioinnin hyöty on toiminnan ja kohteen hyvä tietämys, jolloin on helpompi hyödyntää tietoja kehittämiseen. (Toikko & Rantanen 2009, 62.)

Viimeisenä tehtävänä tuotekehitysprosessissa on tulosten levittäminen, jossa kehittämisen tulokset tuodaan esille kuten uudet toimintatavat. Tulosten levittämistä kutsutaan myös juurruttamiseksi ja valtavirtaistamiseksi. Tuotteistamisella voi edistää tulosten levittämistä, mikä tarkoittaa esimerkiksi työmenetelmän tai -prosessin mallintamista. (Toikko & Rantanen 2009, 62-63.)

## 6 KOKOONPANOPROSESSI

### 6.1.1 Tuottavuus

Tuottavuus ja kannattavuus ovat käsitteitä, jotka liittyvät läheisesti, mutta monimutkaisesti toisiinsa. Tuottavuus on kannattavuuden osatekijä, mutta kannattavuuteen liittyy merkittävästi tuottavuuteen käytetyt panokset, kuten tuotannosta syntyvä työ. Tuottavuus ilmaisee kuinka tehokasta tuotteiden ja palveluiden tuottaminen on. (Euroopan kansallisten tuottavuuskeskusten liitto, EANPC 1999, 8.)

Tuottavuudessa on useita osatekijöitä, joita määritellään omalla tavalla tuottavuustekijöinä riippuen, mistä näkökulmasta asiaa katsotaan. Tuottavuuden osatekijöiksi on määritelty esimerkiksi:

- Osaaminen
- Kilpailu ja laatu
- Innovatiivisuus ja teknologia
- Työ ja menetelmät
- Työllisyys
- Työn organisointi
- Ympäristö
- Työturvallisuus, työterveys ja työolosuhteet
- Työmarkkinayhteistyö
- Talouskasvu

(EANPC 2006, 4.)

Jokaisen yrityksen edellytyksenä on olla kannattava ja tuottava, jotta se on menestyvä. Tästä syystä tuottavuuden kehittäminen on keskeinen asia yrityksen toiminnassa. Tuottavuuden käsite ilmaistaan yleensä fyysisinä yksikköinä tai arvoina. Määritelmä tuottavuudesta on yleisesti yrityksen tuotosten ja panosten välinen suhde. Yrityksissä yksi helpoimmin mitattavista panoksista on työntekijöiden tekemä työ. Yrityksissä tekniset muutokset tähtäävät työpanosten tehokkuuden parantamiseen, missä työntekijän kuormitus ei suurene. Työsuoritus paranee, jos työskentelyä suunnitellaan järkevästi eli hyödynnetään resurssit oikeanlaisesti ja hahmotetaan tuottavuuteen vaikuttavat tekijät.

(EANPC 1999, 7.)

### 6.1.2 Tuottavuuden kehitys

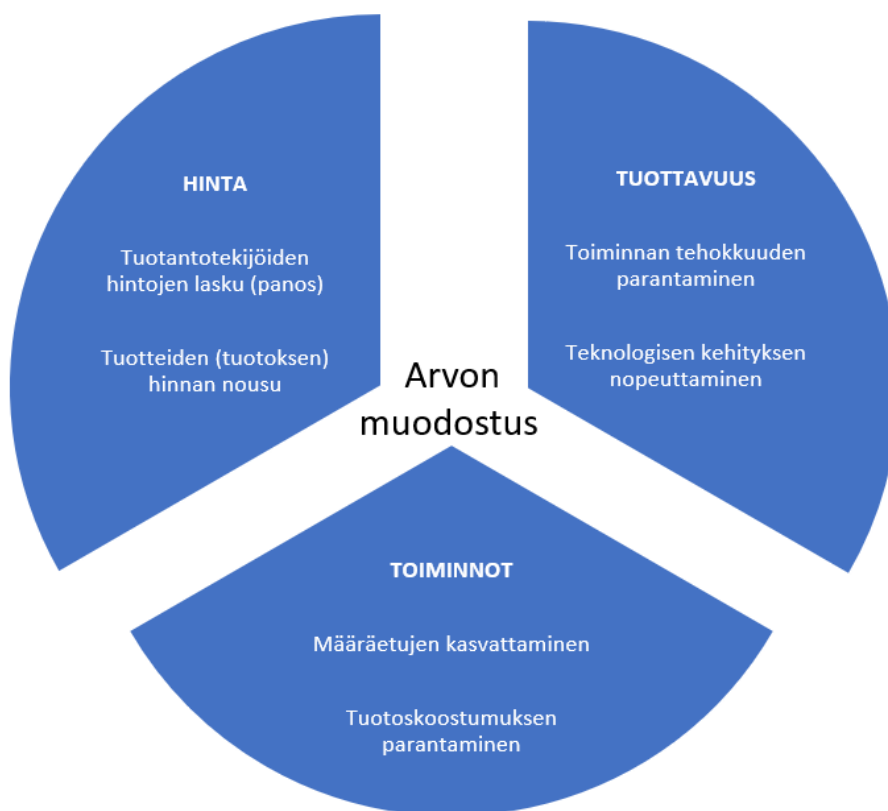
Tuottavuus edellyttää pitkäjänteisyyttä ja on jatkuva prosessi, jossa pyritään tekemään asiat aina entistä paremmin. Tuottavuus ei ole itsestään kehittyvä prosessi vaan vaatii suunnitelmallista seuranta ja asioihin puuttumista. Tuottavuuden kehityksellä on

myös rajansa. Rajan ylittäessä tehdyillä muutoksilla saattaa olla epäedullinen suunta tuottavuuteen. (EANPC 1999, 8.)

Jotta yritys voi hyödyntää tuottavuutta, sitä on tarkasteltava suhteessa muihin tavoitteisiin. Yleisellä tasolla yrityksen menestymisen taustalla on kolme asiaa:

1. organisaation toiminnot
2. tavaroiden ja palveluiden osto- ja myyntihinnat
3. millä tuottavuudella panokset muutetaan tuotoksiksi

(EANPC 1999, 12.)



Kuva 1 Arvon muodostumista hahmottava kuvio EANPC 1999, 12.

Tuottavuutta voidaan kasvattaa tehokkaammalla toiminnalla, teknologisella kehityksellä tai innovaatioilla. Yrityksien kilpailun vuoksi innovaatiot ovat tuotannon ja kasvun väline. Ilman innovaatioita kestävää tuottavuuden kehitystä ei tapahtuisi.

Onnistuneet innovaatiot ovat enimmäkseen markkinalähtöisiä, johon teknologia liittyy vahvasti. Teknologialla on kyky synnyttää innovatiivisia tuotteita, palveluita ja prosesseja. Teknologia on yksi tärkeimpiä tuottavuuden kehitykseen vaikuttava tekijä. Teknologia ei kuitenkaan yksistään riitä tekemään yrityksestä kilpailukykyistä. Uuden teknologian lisäksi pitää ottaa huomioon inhimilliset tekijät, organisaatorakenne ja -kulttuuri. Edellytyksiä myönteiseen inhimilliseen tekijään ovat hyvä tiedonkulku ja yhteistoiminta. Työntekijällä voi olla suuri merkitys tuotteita ja prosesseja koskevissa innovaatioissa ja uuden teknologian käyttöönotossa. Tämä on mahdollista, jos henkilöstön osallistumismahdollisuudet ja työn organisointi ovat optimaalisia.

(EANPC 1999, 19.)

Innovaatiot eivät saa rajoittua pelkästään uuteen tuotantoteknologiaan, vaan innovaatioiden tulisi johtaa uusiin tuotteisiin ja palveluihin ja parempiin suoritusprosesseihin, jotka vaikuttavat myönteisesti työn organisointiin ja työolosuhteisiin.

Suurin osa tuottavuuden kehityksestä on tapahtunut uuden teknologian myötä, jolloin ihmistyötä ovat korvanneet koneet ja järjestelmiä automatisoitu. Koneiden yleistymisen lisäksi niistä on tehty entistä tehokkaampia ja olemassa olevalla panoksella tuotosta on saatu enemmän. Usein teknologinen kehitys on viety niin pitkälle, kuin se on järkevän tuottavuuden rajoissa tehtävissä.

Kun teknologian osuus tuottavuuden kehityksessä on tullut tiensä päähän järkevän kehityksen osalta, on tuottavuuden kehittämiseen noussut yhä tärkeämmäksi tekijäksi inhimillisiin tekijöihin kohdistuvat kehityskohteet.

(EANPC 1999, 8.)

Inhimilliseen tekijään sisältyy kaksi pääomäkäsitettä: inhimillinen pääoma, joka koostuu henkilön taidoista, kyvyistä ja ajatuksista. Toiseksi sosiaalinen pääoma, joka on yrityksen työntekijöiden ja johdon keskuudessa oleva yhteinen luottamus, yhteistyö ja kumppanuushenki. Yritykselle arvokas inhimillinen tekijä muodostuu korkeatasoisesta henkilöstä ja hyvästä työn organisoinnista. Korkea sosiaalinen pääoma edistää innovatiivisuutta ja dynaamisuutta, jotka puolestaan edistävät tuottavuutta ja kilpailukykyä. Tärkeät toimenpiteet kehittäessä inhimillistä tekijää ovat suuremman vastuun antaminen työntekijöille, huomion kiinnittäminen työn terveellisyyteen, yksilölliseen



ja kollektiiviseen oppimiseen perustuvia taitoja ja organisaatioita edellyttävien työpaikkojen luominen, uuden tiedon kriittinen seuranta ja käyttö sekä johdon ja työntekijöiden yhteistyön edistäminen.

(EANPC 2006, 16.)

## 6.2 Laatu

Laatu käsitteenä on vanha ja Aristoteles antoi sille jo kaksi määritelmää: Laatu ilmaisee, miten jokin kohde erottuu toisista kohteista ja miten kohde koetaan hyvänä tai pahana. Arkikielessä laadun käsite on samankaltainen. Laatu sana kuvaa kohteen hyvyyttä ja erityisesti halutaan tuoda positiivista vaikutelmaa. Laatu on hyvän ja onnistumisen käsite ja siksi laatuun suhtaudutaan yleisesti positiivisesti.

(Anttila & Jussila 2016, 1.)

Laatua tutkiessa sen näkökulmat ja muodolliset laatukäsitteet ovat aiheuttaneet erilaisia näkemyksiä ja laatukäsitysten pirstoutumisen. Laatua voidaan katsoa erilaisista näkökulmista, ja siksi laatukäsitteen merkitykset voidaan jakaa viiteen eri ryhmään:

1. Tuoteperusteiset määritelmät
2. Tuotantoperusteiset määritelmät
3. Rahalliset arvoperusteiset määritelmät
4. Reaalitaloudelliset arvoperusteiset määritelmät
5. Heuristiset ja myyttiset määritelmät

(Anttila & Jussila 2016, 1-2.)

Näistä kaksi ensimmäistä määritelmää ovat tärkeimmät tämän työn kannalta.

Tuoteperusteisissä määritelmissä katselukohteena on tuote, jolla on mitattavia ominaisuuksia, joita voi olla esimerkiksi nopeus, tehokkuus, kestävyys jne. Mahdollisia laatueroja syntyvät mitattavien asioiden eroavaisuuksista. Tuoteperäiseen laatukäsitteeseen yhdistetään yleisesti hinta ja kustannukset. Tämä johtuu ajatuksesta, että korkeampi tuotteen laatu vaatii korkeampaa tuotantokustannusta, jolloin voidaan perusteella korkealaatuisen tuotteen korkea hinta. (Anttila & Jussila 2016, 1.)

Tuotantoperusteiset laatumääritelmät ovat vaatimusten täyttämistä ja niiden täyttymistä. Tuotantoperusteiset määritelmät ovat käytössä perinteisessä laatutekniikassa. Tämä tarkoittaa materiaalisten tuotteiden valmistusta määriteltyjen spesifikaatioiden ja sopimusten mukaisesti sekä mahdollisten valmistusvirheiden estäminen. Näissä määritelmässä laatu tarkoittaa tasoa, millä tuote täyttää sille asetetut vaatimukset. Tästä syystä tietyllä tuotteella voi olla vaatimuksena tietty hyväksyttävissä oleva laatutaso tai virheettömyys. Välttyäkseen korkeilta tuotantokustannuksilta tehty työ pitää tehdä kerralla oikein. (Anttila & Jussila 2016, 1.)

Kun laatutoiminnasta edetään käytännön teknologian ratkaisuihin, vastaan tulee laatu-alan ammatillisina käsitteinä ja termeinä laadunhallinta, laadun parantaminen ja laadunvarmistus. Näille on olemassa ISO 9000 -standardimääritelmät. ISO 9000 -standardisarja käsittää kansainväliset laadunhallintastandardit ja niihin liittyvät ohjeet. ISO 9000 -standardisarja on maailmanlaajuisesti tunnettu perusta vaikuttaviin ja tehokkaisiin laadunhallintajärjestelmiin. On määritelty, että organisaatio, joka täyttää ISO 9001 -standardin perusvaatimukset, kykenee tuottamaan johdonmukaisesti tuotteita ja palveluita, sekä ovat lainsäädännön ja viranomaisvaatimuksen mukaisia. (Suomen Standarditoimistoliitto SFS ry 2019, 2-3.)

### 6.3 Ergonomia

Ergonomia on määritelty kitkan poistamiseksi työn ja työntekijän väliltä. Ergonomia on kilpailutekijä kone-, laite-, ja tuotesuunnittelussa sekä tärkeä tuottavuustekijä työympäristöjen, työprosessien ja töiden suunnittelussa. Nämä liittyvät ihmisen ja kaikenlaisen ympäristön vuorovaikutukseen. Ergonomian tavoitteena on edistää ihmisen hyvinvointia ja optimoida järjestelmän suorituskyky. Ergonomia parantaa ihmisen turvallisuutta, terveyttä ja hyvinvointia sekä järjestelmän tehokkuutta.

(Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2014, 2.)

Ergonomiasta on oma standardinsa ja sen perusteet esitetään standardissa SFS-EN ISO 6385. Kyseisessä standardissa ergonomia tai inhimillisten tekijöiden tutkimus on määritetty tieteenalaksi. Tässä tieteenalassa kohteena on ihmisen ja järjestelmän

vuorovaikutuksen ymmärtäminen sekä osaamisalue, joka soveltaa teoriaa, periaatteita, tietoa ja menetelmiä suunnitteluun ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän kokonaisuksyyden optimoimiseksi. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2014, 2.)

Ergonomian perusmääritelmän lisäksi on määritetty kolme ergonomian osa-aluetta:

- fyysinen ergonomia: fyysisen työympäristön, työpisteiden, työvälineiden ja työmenetelmien suunnittelu
- kognitiivinen ergonomia: järjestelmien ja niiden käyttöliittymien (kuten näyttöjen ja ohjainten) ja tiedon esittämistapojen suunnittelu
- organisatorinen ergonomia: henkilöstön, työprosessien, työkokonaisuuksien ja työaikajärjestelyjen suunnittelu sekä tuotannon, toiminnan laadun ja yhteistyön kehittäminen.

(Launis & Lehtelä 2011, 20.)

Ergonomialla haetaan työn sopivuutta kaikille, jossa kaikki voisivat käyttää laitetta tai toimia ympäristössä haitatta ja tehokkaasti. Ergonomian kehittämiskohteita ovat ensisijaisesti työprosessit ja tekniset ratkaisut, mitkä käsittävät työjärjestelyt, tehtävät, koneet ja laitteet, kalusteet, tilat, ja fyysikaalinen ympäristö. Ergonomiaa ei ole pelkästään ihmiseen kohdistuvat toimet eikä pelkästään työorganisaatioon kohdistuvat toimet. Tutkimus ergonomiasta kohdistuu yleensä ihmisen toimintaan, ajatuksiin ja tuntemuksiin. Näillä tutkimuksen keinoilla tavoitellaan arviota laitteen käytettävyydestä tai toimintatilanteen kuormittavuudesta sekä tunnistaakseen korjaus- ja kehittämistarpeet.

(Launis & Lehtelä 2011, 21.)

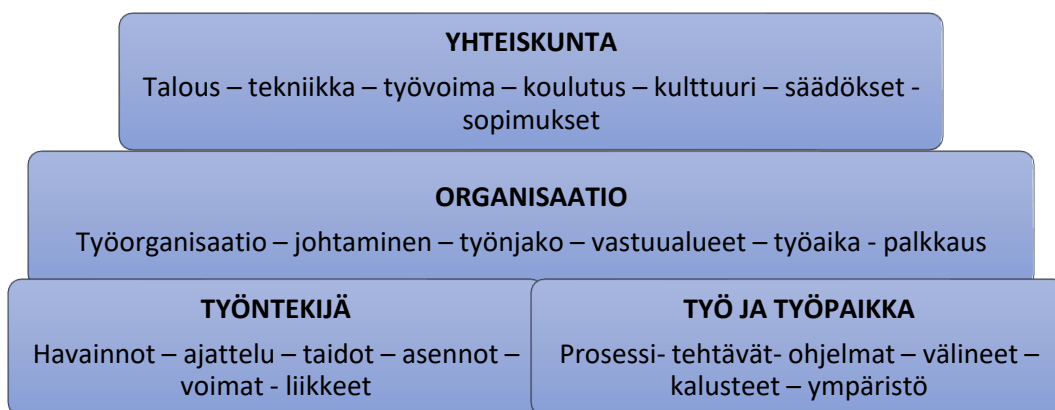
Ergonomisen ajattelun ydin on tarkastella toimintatilannetta kokonaisuutena. Ihmisten, välineiden, tehtävien ja ympäristön kokonaisuutta, jonka tarkoituksena on tuottaa haluttu lopputulos, kutsutaan työjärjestelmäksi. Tämän järjestelmän osatekijät vaikuttavat ihmisen suoriutumiseen ja kuormittavuuteen tehtävässään. Pienikin muutos jossain osatekijässä saattaa muuttaa ratkaisevasti kokonaisuuden toiminnan.

(Launis & Lehtelä 2011, 21-22.)

Fyysinen kuormittavuus riippuu työn määrän lisäksi työntekijän voimasta, työhön vaadittavasta voimasta, työasennosta, työvaiheen kestosta ja sen toistuvuudesta, työtehtävän osaamisesta sekä ympäristön lämpötilasta. Vaadittavaan voimaan, työasentoihin ja liikkumiseen vaikuttaa työympäristö, kuten työpaikan järjestelyt, työvälineen ja työpisteen rakenne ja mitoitus.

Työvälineen käytön osaaminen, työprosessin tuntemus, eri tekijöiden vuorovaikutuksen tuntemus, laitteen antama tai työprosessista saatava informaatio, kokonaisuormitus ja mahdollinen tarkkaavaisuuden heikkeneminen, tehtäväkokonaisuuden toimivuus ja mielekkyys sekä ympäristöolojen vaikutukset, vaikuttavat kaikki työn hallintaan, työn psyykkiseen kuormittavuuteen ja tapaturmariskiini.

(Launis & Lehtelä 2011, 22.)



Kuva 2 Ihmisen ja työpaikan muodostama työjärjestelmä laajemman kokonaisuuden osana. Launis & Lehtelä 2011, 23.

Ergonomian kehityksen positiiviset vaikutukset voivat olla heti todettavissa ja parantaa ihmisten työssä ja sen sujuvuudessa. Positiiviset vaikutukset todetaan lisääntyneenä työhyvinvointina ja tuotannon tehostumisena. Ergonomisella suunnittelulla voi olla myös taloudellisia vaikutuksia organisaatiolle ja parantaa sen toimintaa. Ergonomian soveltamisen vaikutuksia on Launis ja Lehtelä koonnut kattavasti kuvassa 3. (Launis & Lehtelä 2011, 36.)

Vaikutuksia työntekoon ja tuotantoon	Taloudellisia vaikutuksia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parempi työn hyötysuhde</li> <li>• Kehittyneempi ihmisen ja tekniikan yhteistoiminta</li> <li>• Parempi teknisen järjestelmän hallinta</li> <li>• Parempi työprosessin ja laatutekijöiden hallinta</li> <li>• Vähemmän virheitä, parempi tuotantohäiriöiden hallinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehokkaampi tuotanto</li> <li>• Vähemmän tuotannon häiriöitä ja katkoksia</li> <li>• Parempi tuotannon laatu</li> <li>• Joustavampi tuotanto</li> <li>• Parempi asiakkaan palvelu</li> <li>• Parempi kilpailukyky</li> </ul>
Vaikutuksia työn ja työympäristön kokemiseen, terveyteen ja hyvinvointiin	Taloudellisia vaikutuksia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Työ on kevyttä ja sujuvaa</li> <li>• Työ on mielekästä ja haastavaa</li> <li>• Työssä voi käyttää kykyjään ja taitojaan</li> <li>• Työ on tuloksellista ja merkityksellistä</li> <li>• Työympäristö on miellyttävä</li> <li>• Parempi viihtyvyys, motivaatio ja työssä jaksaminen</li> <li>• Vähemmän haitallisia fyysisistä ja psyykkistä kuormitusta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähemmän poissaoloja</li> <li>• Vähemmän poissaoloista johtuvia tuotannon häiriöitä</li> <li>• Vähemmän työperäisiä sairauksia</li> <li>• Vähemmän työkyvyttömyyseläkkeitä</li> <li>• Vähemmän tapaturmia</li> <li>• Helpompi työvoiman saanti ja pienempi vaihtuvuus</li> </ul>
Vaikutuksia organisaation toimintaan	Taloudellisia vaikutuksia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehokas yhteistyö työolojen kehittämisessä</li> <li>• Laaja kokemuksen ja tiedon käyttö suunnittelussa</li> <li>• Tiedot ovat käytettävissä oikea-aikaisesti</li> <li>• Suurempia kokonaisuuksia ratkaistaan kerrallaan</li> <li>• Organisaation osaaminen kasvaa ja tietoa kerääntyy</li> <li>• Suunnittelussa mukana olevien sitoutuneisuus kasvaa</li> <li>• Organisaation toimintatavat kehittyvät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelu tehostuu ja nopeutuu</li> <li>• Järjestelmien käyttöönotto helpottuu ja nopeutuu</li> </ul>

Kuva 3 Ergonomian tietojen, menetelmien ja toimintatapojen soveltamisen vaikutuksia. Launis & Lehtelä 2011, 36.

## 6.4 LEAN

Lean-ajatusmaailma on lähtöisin Japanista Toyotan tuotantofilosofiasta. Lean on laatujohtamisen periaatteiden soveltamista tuottamiseen, missä keskitytään kokonaisuu- den optimoimiseen. Tavoitteena maksimoida yritykselle tuomaa arvoa, eli poistamaan kaikenlaisen hukan, jossa ei tuoteta yritykselle lisäarvoa. Perusajatuksena on prosessien parannus tunnistamalla niiden ongelmat sekä hukan aiheuttajat. Tuotannosta on tavoitteena tehdä tasaisesti virtaava ja täydellisestä lisäarvoa tuottavaa sekä virheetöntä. Lean ajatuksessa kehityskohteena on myös inhimillinen tekijä, jossa paneudutaan henkilöstön taidon ja osaamisen kehitykseen. Näiden lisäksi kehitetään koko organisaation ja sen sidosryhmien yhteistyötä. Lean periaatteen ajatuksena on edistää

joustavaa ja oikea-aikaista tuotantoa kehittäen sitä jatkuvasti tehokkaammaksi ja tuotavamaksi. (Työturvallisuuskeskus 2018, 14.)

Lean ajattelun yksi perusajatuksista on vaihtelun ja hukkan vähentäminen. Ainakin kahdeksan hukkamuotoa on:

- Tarpeeton tuotanto ja liikatuotanto. Tuotetaan osia tai komponentteja, joita ei heti käytetä tai tuotetaan tarpeettomasti varastoon osia.
- Turha odottelu ja ylimääräinen aika. Koneet tai henkilöstö liian vähäisellä kuormituksella tai odottelu raaka-aineen myöhästymisestä.
- Tarpeettomat kuljetukset ja siirrot. Kuljetetaan materiaalia turhaan,
- ja varastoidun tavaran siirtelyä
- Tarpeeton työ. Valmistetaan laadukkaampaa tuotetta asiakkaalle kuin olisi tarpeen.
- Tarpeeton varastointi. Liiallinen varastointi johtaa läpimenoajan pidentymiseen ja sitoo varastoituihin tuotteisiin turhaa pääomaa sekä vie turhaa tilaa.
- Hyödyntämätön osaaminen. Työntekijöiden osaamista ei hyödynnetä organisaatiossa maksimaalisesti.
- Tarpeeton henkilöstön liikkuminen. On työntekijöiden turhaa liikkumista esimerkiksi hakiessaan työkaluja, materiaaleja tai työhohjeita.
- Virheet ja vialliset tuotteet. Virheisiin ja niiden korjaamiseen kuluu ylimääräistä turhaan käytettävää aikaa ja lisää kustannuksia.

(Arter 2020, 7.)

Yksi lean perustekniikoista Prosessien tehokkuuden arvioimiseen on arvovirtakuvaus (Value Stream Mapping). Prosessista pyritään löytämään kehityskohteita esimerkiksi tuotannon pullonkauloja. Prosessin kehittäminen arvovirtakuvauksen menetelmällä sisältää kahdeksan vaihetta:

1. Määrittele ja rajaa prosessikohde
2. Päätä prosessin mittauspisteet ja kerättävä tieto
3. Mittaa prosessin suorituskykyä
4. Mallinna nykytilan arvovirta
5. Analysoi arvovirtaa ja tunnista kehityskohteet
6. Päätä prosessin kehittämistavoitteista

7. Hahmottele tavoitetilan arvovirta
8. Luo suunnitelma ja toteuta kehitystoimenpiteet  
(Arter 2020, 11.)

Toinen leanin perustyökalu on 5S, jota käytetään tehostaakseen epäjärjestyksessä olevaa työpistettä. 5S-työkalun tavoitteena on järjestetty, siisti ja turvallinen työympäristö, jossa tarvittavat työkalut ovat helposti saatavilla ja turha kulkeminen poistuu.

1. Lajittelu (Sort, Seiri),  
Poistetaan kaikki turhat esineet ja asiat, joita ei tarvita työhön.
  2. Järjestäminen (Store, Seiton)  
Järjestetään esineet ja niille oma paikkansa ja merkataan. Pidetään kaikki tarvittavat asiat oikeilla paikoillaan ja helposti saatavilla.
  3. Puhdistaminen (Shine, Seiso)  
Pidetään työalue, laitteet ja työkalut siistinä. Luo järjestelmä, jolla varmistetaan siisteys.
  4. Standardisointi (Standardize, Seiketsu)  
Pidetään järjestys ja siisteys. Tehdään visuaalisia ohjeita, jotta tavaroiden paikka on selkeästi esillä.
  5. Sitoutuminen (Sustain, Shitsuke)  
Otetaan toimintatavat käytännöksi niin, että niistä tulee rutiini.
- + Turvallisuus (Safety, Anzen)  
Siisteys ja järjestys takaa turvallisen työskentelyolosuhteen.

(Arter 2020, 15; Six Sigma www-sivut)

### 6.5 Kokoonpanon työhjeet

Kokoonpano-ohjeiden tulee kuvata, mitä on tehtävä, missä järjestyksessä, sekä millä työkaluilla kokoonpano suoritetaan. Työhjeiden pitää minimoida työntekijän opetteluaika ja työhjeen luomisen, ylläpidon ja jakamisen täytyy olla taloudellista. Tärkeitä kokoonpano-ohjeita ovat visuaaliset ohjeet, kuten valokuvat, piirustukset ja 3D-mallit.

Sama manuaalisen työ kuva- ja tekstiohjeet ovat tulkinnanvaraisia ja kulttuurillisella, osaamistason ja kielen eroavaisuuksien takia saatetaan tulkita eri tavalla. Uuden teknologian myötä on mahdollista tehdä animoituja työympäristöjä, jossa työntekijä pystyy tutkimaan kokoonpanoja ja nähdä, mihin kohtaan ja missä asennossa tietty osa tulee kokoonpanoon, jolloin selitettjä ohjeita ei välttämättä tarvita. (Haag, Salonen, Siltanen, Sääsäski & Järvinen 2011, 14.)

Tyypillisesti kokoonpano-ohjeet ovat paperille tulostettuja 2D-viivakuvia, osaluettelaita, valokuvia ja selittävää tekstiä. Paperiohjeiden vahvuutena on helppo kuljetettavuus ja ”käyttöliittymä”. Paperisten ohjeiden heikkous on niiden päivitykset ja 2D-piirustusten tulkinta ja ymmärtäminen vaatii hyvää ammattitaitoa ja tarvittavien asioiden löytäminen piirustuksista on usein työlästä. Teknologian kehittyessä käyttöön on saatu 2D-piirustuksen lisäksi tietokonepohjaisia ohjeita, joissa käytetään 3D-malleja. Käyttäjä pystyy navigoimaan 3D-mallissa ja saatavat informaatiot ovat saatavilla mallista. Tämän heikkoutena on edellytys työntekijän perehdyttäminen käyttämään tietokonepohjaista ohjetta ja sen sujuva käyttö työssä. (Haag, Salonen, Siltanen, Sääsäski & Järvinen 2011, 14-15.)

Räätälöidyt tuotteet ja lyhyet sarjat vaikeuttavat toimivien työohjeiden tekemistä, koska jokaiselle yksilöidylle tuotteelle pitäisi olla yksilökohtainen työohje. Työohjeistuksen suurimmat haasteet ovat useimmiten seuraavanlaisia:

- Ohjeiden luonti on manuaalista. Lisäksi ohjeiden tekemiseen ei ole riittävästi resursseja
- Ohjeita ei ole helppo päivittää luontitavan takia (kuvankäsittely, valokuvat)
- Ohjeiden tekeminen ja ylläpito koetaan liian työlääksi tai tarpeettomaksi
- Ohjeiden laatimista tai päivittämistä ei ole linkitetty suunnittelu- tai valmistusprosesseihin. Työohjeen laadinta nähdään kertaluontoisena työnä. Ohjeet jäävät helposti päivittämättä.
- Todellisia opastusjärjestelmiä ei ollut käytössä. Päivitettyjenkin ohjeiden lukeminen on täysin kiinni työntekijöiden aktiivisuudesta.
- Ammattitaitoiset työntekijät eivät tarvitse työohjeita. Työt osataan jo tehdä. Voidaan kuitenkin kysyä, mitä tapahtuu, jos omaa tuotantoa siirretään, ulkoistetaan tai työntekijät vaihtuvat?



(Haag, Salonen, Siltanen, Sääsäski & Järvinen 2011, 17.)

## 7 KEHITTÄMISTYÖN TULOKSET

### 7.1 Pystymoduulin johteiden asennustyökalu

Pystymoduuliin tarvittava kehitys oli tiedossa jo Cimcorp Oy:n lähtötiedoissa, mutta haastattelujen perusteella saatiin selville keskeinen työvaihe, jossa kehitystä eniten tarvittiin. Kehityskohteeksi valikoitui pystymoduulin johteiden asennus. Pystymoduulin asennus on tarkkuutta vaativa ja aikaa vievä työvaihe, jossa vaadittiin kahden työntekijän panosta ja kaiken lisäksi haastava ergonomisesti. Tavoitteena helpottavalle työkalulle oli saada mekaaninen työkalu, joka pystyy väännättämään asennettavaa johdetta vaadittuun toleranssin, jolloin toisen työntekijän työpanos saadaan siirrettyä muualle, eikä työvaihe kuormita niin paljon ergonomisesti työntekijää.

Cimcorp Oy:n robotit ovat aina mittatilattuja asiakkaan haluttuihin mittoihin, joten pystymoduulin ääriimitat muuttuvat aina projektikohtaisesti. Robotteihin on olemassa tietyt minimi ja maksimi mitat, joilla robottia on mahdollista saada. Työkalusta pitää saada näin ollen säädettävä, jotta työkalu toimii pienemmässä ja myös isommalla mitalla olevassa pystymoduulissa.

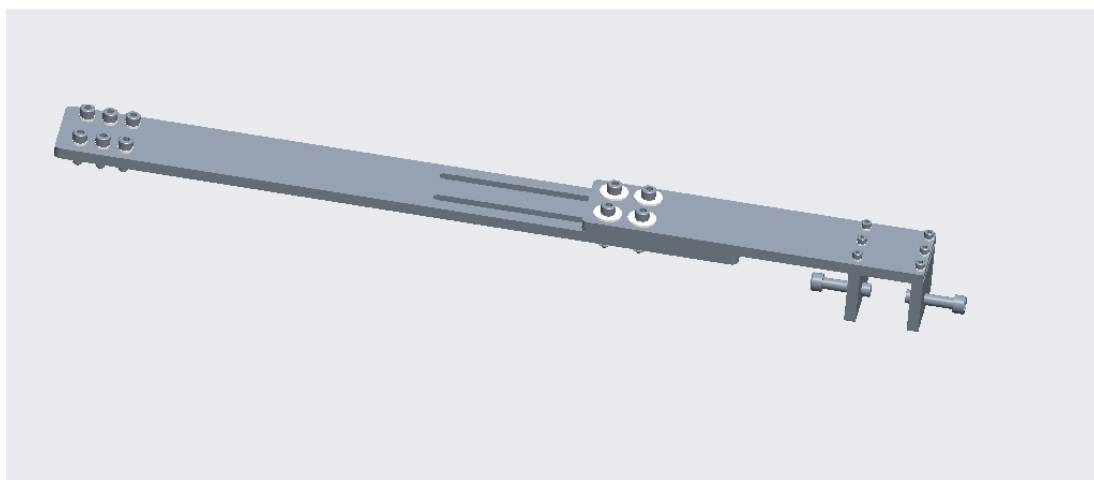
Pystymoduulin johteet ovat erikoisterästä, jossa kuulalaakeroitu kelkka liikkuu. Johteen pinta on koneistettu ja mittatarkka, joten mekaanista metalli vasten metallikon-taktia ei saa olla, ettei johteen pinta vahingoitu.

#### 7.1.1 Työkalun suunnittelu

Työkalun suunnittelu tehtiin Creo Parametric -suunnitteluohjelmaa käyttäen. Työkalun materiaalina käytetään Cimcorp Oy:n yleisimpiä suunnittelukäytössä olevia

materiaaleja. Suunnittelun aluksi tarkasteltiin työkalun tarvittava säätöalue leveyden puolesta, jotta samaa työkalua on mahdollista käyttää kaikissa pystymoduuleissa.

Työkalun rungon materiaaliksi valittiin alumiini, joka tekee työkalun kevyeksi. Työkalun runko muodostuu koottavista koneistetuista alumiinilevykappaleista, jotka kiinnitetään pultein. Varsinainen johteen vääntäminen tapahtuu pulteilla johdetta päin kiertämällä. Johteeseen ei saanut metalli vasten metalli kontaktia muodostaa, joten pultin kierteiden päihin on suunniteltu nylon holkit.



Kuva 4 Suunnittelun asennustyökalun 3D-mallin kuva.

## 7.2 Päätylevy

Päätylevyjen ongelmana oli, että nostoreikiin ei pysty nostolenkkiä kiinnittämään, kun päätylevyt ovat pinossa kokoonpanopisteellä. Myös päätylevyn nostaminen jigiin ja sen kiinnitys vaatii tarkkuutta ja huolellisuutta, koska jigiin kiinnitys ja levyn nostaminen tapahtuu samoista rei'istä. Tästä syystä levy joudutaan laskemaan nosturilla vedättäen sitä hieman vinoon, jotta nostolenkit mahtuvat levyn ja jigin väliin. Robotin päätylevyt ovat isoja 25 mm paksuja alumiinilevyjä, joten yksittäisen levyn paino voi olla yli 100 kg. Nykyinen toimintatapa on siirtää päällä olevaa levyä tarpeeksi pois pinosta, jotta nostoreiät tulevat näkyviin ja nostolenkin pystyy kiinnittämään. Raskaan levyn siirto kuormittaa työntekijää tavalla, jota pitäisi välttää. Nykyinen jigin kiinnitysmenetelmä on myös riskialtis, koska levyn nosto tapahtuu kahdella kiinnityspisteellä, joista toinen otetaan pois jigin kiinnitystilanteessa.

Päätelevyyn tehdään pieni muutos ja lisätään kaksi M10 kierrettä levyn yläreunaan. Kierteisiin voidaan näin ollen kiinnittää nostolenkit, vaikka levy on pinossa. Myös levyn kiinnitys jigisiin helpottuu, koska nosto tapahtuu eri kohdasta kuin jigisiin kiinnityskohdat levyyn. Levyn laskeminen jigisiin helpottuu myös, koska nosto tapahtuu suoraan levyn yläpuolelta ja levy voidaan laskea suoraan alas taivuttamatta sitä kulmaan.

### 7.3 Työ- ja nosto-ohje

Cimcorp Oy:llä ei ole olemassa varsinaisia kokoonpano-ohjeita, vaan tuotannossa on kokoonpanojen 2D-kuvat kokonaisina sekä 3D Creo View -ohjelma käytössä tietokoneella, josta työntekijä pystyy tutkimaan 3D-mallia. Kun yhtenäistä työmenetelmää ei ole, se altistaa laadun vaihtelulle. Yhtenäisellä työmenetelmällä varmistetaan työn tasalaatuisuus, kun kaikki työntekijät noudattavat samoja toimintatapoja. Kun koko prosessi olisi samankaltaista työskentelyä, työvaiheiden, työmenetelmän tai työkalujen muuttaminen kehittämismielessä olisi helpompaa. Työohjetta noudattamalla saadaan työnlaatu pysymään samana. Esimerkiksi kokoonpanossa tiettyjen levyjen kiristysjärjestys voi olla oleellinen, väärin kiristäessä jo kiristetty pultti voi muiden kiristyessä menettää kiristysmomenttinsa ja näin ollen jäädä löysälle. Ilman työohjeita työskennellessä on riskinsä myös unohduksille, kun työjärjestys ja vaiheet ovat työntekijän muistin varassa. Kokoonpanot ovat yleisesti tarkkoja kokoamisjärjestyksistään ja tietyn osan unohtaminen aiheuttaa turhaa purkamista ja uudelleen kokoamista, mikä lisää tuotannon aikaa ja tuottavuus laskee.

Nosto-ohjeiden puute laittaa työntekijän päättelyn vastuulle käytettävän nostotyökalun ja nostokohdan. Esimerkiksi multipick-tarttujan putkikehikko rakenne altistaa nostotilanteissa liinan luistamisen. Tähän voisi ratkaisuna olla hitsattavat kierteet tai kiinteät nostolenkit, joista nostaminen tapahtuu. Kun nostokohdat ovat tiedossa ja olemassa, ei työntekijän tarvitse miettiä omaa parasta näkemystä nostokohdalle. Työntekijän näkemys nostokohdasta saattaa altistaa kokoonpanon sellaiseen kuormitukseen, mihin sitä ei ole tarkoitettu ja väärin valittu nostokohta voi pahimmassa tapauksessa muodostaa turvallisuusriskin.

#### 7.4 Multipick-tarttuja

Multipick-tarttuja oli jo lähtötiedoissa tiedostettavissa kehityskohteena ja haastattelussa ilmeni myös tarttujan olevan hyvin hidas ja yksityiskohtainen pikkutarkkaa työtä vaativa kokoonpano. Hitaus nähdään johtuvan tarttujan konstruktion vuoksi. Tarttujan kehikko on hitsattu putkikehikko, jonka sisälle kokoonpannaan johteita, pneumatiikkaa, sähköjohtoja, antureita ym. Mitään yksittäistä työvaihetta tarttujan kanssa ei noussut esille, mikä olisi kaikista hitain tai työläin, vaan koko tarttuja nähtiin yhtenä hitaana kokonaisuutena. Monimutkaisen kokoonpanon takia on vaikea saada aikaiseksi kehitettäviä asioita, kun lähes jokainen mitta on eri tarttujassa hieman erilainen, koska hitsatut rungot eivät ole aivan täsmällisiä mitoistaan ja esimerkiksi johteiden ja ohjausrautojen asennus runkoon vaatii aina tarkkaa asemointia säätölevyjen kanssa.

Mitään konkreettista kehitystä ei tarttujaan saatu aikaiseksi vaan aihetta tutkimalla saatiin kehitysideoita, joita voi lähteä pohtimaan, olisiko ne kannattavia Cimcorp Oy:lle ideoita tuotekehityksen lähtökohdiksi. Mahdollinen konstruktion muutos hitsattavalle rungolle ja tilalle tulisi mittatarkka runko, jolloin välttyttäisiin tarkalta ja hitaalta mitaamiselta, eikä komponenttien asennus vaadi säätöä. Tällä muutoksella säästettäisiin työssä kuluvaa aikaa ja nopeutettaisiin läpimenoaikaa. Mittatarkka runko kuitenkin on hitsattavaa rakennetta kalliimpi, joten rungon muuttaminen ei välttämättä ole järkevä ratkaisu kustannustehokkuutta ajatellen.

Haastattelujen kautta työntekijät pohtivat, että paremmat työalustat tai pukit voisivat myös nopeuttaa mittailuja ja kokoonpanon kanssa työskentelyä. Tarttujille voisi tehdä säädettävät asennuspukit, joilla saisi säädettyä pukkilinjan suoraan ja helpottaisi mittailuja. Tarttujan kehikolle voisi myös tehdä oman jiginsä, jonka avulla kehikkoa pystyisi ilman nostotyökalua pyörittämään, jolloin siirtoihin kuluva aika lyhenee ja jalostavaan työhön kuluva aika lisääntyy.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyöhön ennakkoon annetut kehityskohteet toivat hyvin laajan valikoiman aiheeseen valittavia kohteita. Haastattelujen avulla työntekijöiden käytännön kokemuksesta oli selvästi hyötyä haastavien ja hitaiden työvaiheiden selvittämiseksi, minkä avulla työn rajaus onnistui hyvin. Työkalun ja parannettavien kohteiden ideointia helpotti huomattavasti omakohtainen kokemus Cimcorp Oy:n kokoonpanosta.

Työn tavoitteena oli kehittää työkaluja kokoonpanoon ja asennukseen, johtuen tuotteiden suurentuneesta läpiviennistä. Työn ansiosta saatiin suunniteltua asennustyökalu helpottamaan pystymoduulin johteiden asennusta. Työkalujen lisäksi haastatteluiden perusteella oli aihetta tutkia myös kokoonpanon prosessia, josta löytyi myös kehityskohteita.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua työkalu, josta on tarvittavat suunnittelupiirustukset, jonka perusteella työkalu on mahdollista valmistaa. Työn tuloksena saatiin myös muutos päätylevyihin, joka on lisätty revisioinnilla olemassa olevaan malliin, jolloin muutoksen hyväksyttäessä tiedot siirtyvät suoraan osan valmistajalle. Haastattelujen perusteella aihetta oli myös kokoonpano- ja nosto-ohjeille, joista oli puutetta kokoonpanosta. Kehityskohteena nähtiin myös multipick-tarttuja, jonka kokoonpano on hidasta ja työlästä. Työssä kerrottiin kokoonpano- ja nosto-ohjeiden tärkeydestä ja työn tuloksena saatiin multipick-tarttujaan kehitysideoita.

Kokonaisuudessaan työ sujui hyvin, mutta Covid-19 pandemia toi omalle kohdalle erityisen haastavaksi ajankäytön opinnäytetyöhön, jonka takia opinnäytetyön aikataulu ei onnistunut suunnitelmien mukaisesti ja viivästystä tuli runsaasti.

## LÄHTEET

Anttila, J. & Jussila, K. 2016. Ihmismieli ja laatu. International Academy for Quality, Aalto Yliopisto.

Arter Oy 2020. Lean Six Sigma virtauksen maksimointi ja hukan poistaminen. Viitattu 15.12.2020.

<https://www.arter.fi/app/uploads/2020/06/Lean-Six-Sigma-pikaopas-6-2020-Arter-Oy.pdf>

Cimcorp Oy:n www-sivut 2020. Viitattu 15.12.2020.

<https://www.cimcorp.com/fi/cimcorp/cimcorp-konserni>

Euroopan kansallisten tuottavuuskeskusten liitto, EANPC 1999. Tuottavuus, innovatiivisuus, työelämän laatu ja työllisyys. Helsinki: Työsuojelurahasto.

Euroopan kansallisten tuottavuuskeskusten liitto, EANPC 2006. Tuottavuus tie vaurauteen. Helsinki: JTO-Palvelut Oy, Työsuojelurahasto, Työturvallisuuskeskus.

Finder www-sivut 2020. Viitattu 15.12.2020.

<https://www.finder.fi/Robottiikka/Cimcorp+Oy/Ulvila/yhteystiedot/129231>

Haag, M., Salonen, T., Siltanen, P., Sääsä, J. & Järvinen, P. VTT. 2011. Työohjeiden laadintamenetelmiä kappaletavaruotannossa. Loppuraportti.

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys, Otaniemi: Aalto-yliopisto.

Launis, M. & Lehtelä, J. 2011. Ergonomia. Tampere: Työterveyslaitos.

Six sigma www-sivut. Viitattu 15.12.2020.

<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoeaku/>

Suomen Standardisoimisto SFS ry. 2014. Ergonomian ja käytettävyyden standardit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen Standardisoimisto SFS ry. 2019. ISO 9000 -sarjan valinta ja käyttö. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Tekes. 2001. Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta 1998-2000. 2/2001, Loppuraportti. Helsinki.

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Tampere: Tampere University Press.

Työturvallisuuskeskus. 2018. Lean-safety, Työkirja.

Villanen, J. 2016. Tuotteista tähtituotteita. Helsinki: Kauppakamari.

## LIITE 1

## HAASTATTELUN KYSELYPOHJA

1. Nimi, työnkuvaus, työsuhteen kesto.
  
2. Mikä on mielestäsi työläin/hitain työvaihe/kokoonpano? Kehitysajatuksia?
  
3. Missä kokoonpanossa/työvaiheessa kuvittelet olevan eniten kehitettävää?  
Miksi/miltä osin?
  
4. Missä kokoonpanossa/osassa/työvaiheessa tulee eniten laatuvaihtelua? Miksi?
  
5. Missä kokoonpanossa/osassa/työvaiheessa on mielestäsi parannettavaa ergonomiassa (kurkotukset ym.) tai työturvallisuudessa (riskit).
  
6. Käytettävät työkalut? Työpistekohtaiset vai omat? Erikoistyökaluja? Muuta?