



# Prosessinhallintajärjestelmä hydrauliletkuasennelman tuo- tannossa

Joona Rauhala

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Automaatiotekniikka

RAUHALA, JOONA:

Prosessinhallintajärjestelmä hydrauliletkuasennelman tuotannossa

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Marraskuu 2021

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia prosessinhallintajärjestelmää hydrauliletkuasennelman tuotannossa ja suunnitella sille uudistettu versio. Tavoitteena oli eliminoida tuotannosta mahdollisimman paljon ihmisen tekemiä virheitä sekä mahdollisuuksien mukaan parantaa tehokkuutta. Uudistetun järjestelmän tulee toimia siten, että sitä on helppo hallita ja sille on helppo syöttää tietoja.

Suunnittelun perustana toimi muualla käytetty järjestelmä, jota parempi suunnitellun järjestelmän tulee olla. Tämän perusteella suunniteltiin, mitä uudelta järjestelmältä vaaditaan, jotta se olisi valmistuessaan parempi sekä valmiimpi tulevaisuuden varalle. Järjestelmän tulee lukea prosessin parametrit, jotta se voi asettaa ne prosessin asetusarvoiksi.

Tutkimuksen päämääränä oli toteuttaa järjestelmä, jonka avulla prosessia voidaan ohjata siten, että käyttäjältä vaaditaan prosessin vaiheiden ja parametrien toteuttaminen ja syöttäminen. Uuden järjestelmän säästölaskelmia verrattiin alkuperäisen järjestelmän säästöarvioihin, jotka on laskettu ennen sen toteuttamista.

Työn tuloksena todettiin, että projektin toteuttaminen oli kuviteltua haasteellisempaa, koska siihen liittyi odotettua enemmän ihmisiä. Työtä varten saatujen aineistojen laatu oli vaihtelevaa, eikä projektia ainakaan toistaiseksi saatu päätökseen, vaan se on määrittelemättömän pituisella tauolla.

---

Asiasanat: hydrauliiikka, letkuasennelma, prosessinhallintajärjestelmä, tuotanto

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical Engineering  
Automation Engineering

RAUHALA, JOONA:  
Process Control System in Hydraulic Hose Assembly Manufacturing

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 0 pages  
November 2021

---

The purpose of this thesis was to research a process control system as a part in hydraulic hose assembly manufacturing and to create a new version for it. The objective was to eliminate as many mistakes made by human as possible and if possible, also improve the efficiency of the production. The new system should be easy to operate and simple to input information into.

The new system must be better than a system used elsewhere, which was used as the foundation for the design. The requirements of the new system were analyzed, so it would be more agile and futureproof from the beginning. The system must be able to read the parameters of the process to be able to set them as setpoint for the process.

The objective of the research was to create a system which controls the process in such a way that the user must perform all the process steps with the correct parameters. The saving calculations of the new system were compared to the ones of the original system that had been calculated before the creation of the original system.

As the conclusion of this study, it was understood that executing projects might be more difficult than expected, especially when there were more people involved. The quality of the material obtained for the research was varying. For now, the project is on an indefinite break.

---

Key words: hydraulics, hydraulic hose assembly, process control system, manufacturing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	PARKER HANNIFIN AB .....	8
3	LEAN-TUOTANTOJÄRJESTELMÄ .....	9
	3.1 5S-standardointimenetelmä .....	10
	3.2 Yhden kappaleen virtaus.....	12
	3.3 Huoltojärjestelmä .....	14
4	HYDRAULILETKUASENNELMAN VALMISTUS .....	16
	4.1 Hydrauliletkuasennelman valmistusprosessi.....	16
	4.2 Puhtaus hydrauliletkuasennelmassa.....	20
	4.3 Pituuden mittaaminen .....	24
	4.4 Kappalemäärän laskeminen.....	26
5	PROSESSINHALLINTAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU .....	29
	5.1 Prosessinhallintajärjestelmän säästöjen arviointi .....	29
	5.2 Prosessinhallintajärjestelmän suunnittelu .....	31
	5.3 Prosessinhallintajärjestelmän laitteet .....	33
6	PROSESSINHALLINTAJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS.....	35
	6.1 Yhteydenotto urakoitsijoihin .....	35
	6.2 Urakoitsijan valitseminen .....	37
	6.3 Tilauksen tekeminen .....	39
7	POHDINTA .....	41
	LÄHTEET.....	43

**LYHENTEET JA TERMIT**

5S	Standardointimenetelmä
Asennelma	Hydrauliletku, jossa on liittimet päissä
Lean	Tuotantojärjestelmä, joka keskittyy hukkien vähentämiseen
PC	Henkilökohtainen tietokone
PLC	Ohjelmoitava logiikka
Poka yoke	Järjestelmä, jolla pyritään eliminoimaan virheet
SQL	Ohjelmointikieli (Structured Query Language)
TPM	Huoltojärjestelmä (Total Productive Maintenance)
TPS	Toyotan 1900-luvun puolessa välissä käyttämä tuotantojärjestelmä (Toyota Production System)

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön teettää Parker Hannifin AB. Työn tarkoitus on selvittää, kuinka hydrauliletkuasennelman tuotantoon voidaan lisätä prosessinhallintajärjestelmä, jolla on tarkoitus parantaa valmistuneiden tuotteiden laatua. Hydrauliletkuasennelmien tuotannossa tavaran ulkoiset mitat, sekä oikeat komponentit ovat keskeisessä roolissa. Prosessinhallintajärjestelmän avulla on tarkoitus varmistaa, että jokainen valmistettu tuote on valmistettu oikeilla komponenteilla, sekä oikeisiin mittoihin, jotta syntyneen hukkatavaran, sekä asiakkaalle päätyvien viallisten tuotteiden määrä laskee. Virheellisten osien valmistaminen on yritykselle erittäin kallista, sillä siitä syntyy aina vähintään komponenttien kulut, sekä aika, joka työntekijällä ja koneella kestää valmistaa uusi tuote viallisen tilalle. Lisäksi saattaa syntyä muita kustannuksia, riippuen siitä kuinka pitkälle viallinen tuote ketjussa pääsee. Suurimmat kustannukset syntyvät siinä tapauksessa, jos viallinen tuote päätyy aina asiakkaalle asti.

Yrityksessä käytetään tuotantojärjestelmää, jolla on tarkoitus vähentää syntyneiden viallisten kappaleiden määrää ja tarkoitus onkin varmistaa, että suunniteltu prosessinhallintajärjestelmä sopii käytettyyn tuotantojärjestelmään. Prosessinhallintajärjestelmällä pyritään vähentämään tuotannon inhimillisten virheiden määrää, mieluiten jopa eliminoimaan ne kokonaan tuotantojärjestelmän aatteen mukaisesti.

Opinnäytetyössä tutkitaan korporaation sisällä valmiiksi suunniteltua prosessinhallintajärjestelmää ja pohditaan sen vahvuuksia ja heikkouksia, sekä pyritään suunnittelemaan vaihtoehtoinen ratkaisu, tai alkuperäiseen järjestelmään parannusehdotuksia. Opinnäytetyö vaatii ymmärrystä nykyaikaisista mittausmenetelmistä, sekä kriittistä ajattelua, jotta on mahdollista hahmottaa erilaisten vaihtoehtojen hyvät, sekä huonot puolet.

Opinnäytetyö pyrkii vastaamaan Parker Hannifin AB:n tarpeisiin parantaa hydraulikkaletkun tuotannon laatua. Tutkimuksen tehtävänä on selvittää, kuinka prosessin laatua voidaan parantaa kustannustehokkaasti prosessin tehokkuutta vaarantamatta. Toisena tehtävänä on selvittää, onko korporaatiossa valmiiksi

käytössä oleva järjestelmä riittävä takaamaan prosessin laatua ja voidaanko se ottaa sellaisenaan käyttöön. Tehtävien perusteella opinnäytetyön päämääränä on selvittää automaatiojärjestelmän soveltuvuutta hydraulikkaletkun valmistusprosessiin. Työn lopputulos vaikuttaa käyttöön otettavan prosessinhallintajärjestelmän valintaan.

## 2 PARKER HANNIFIN AB

Parker Hannifin AB Suomen sivuliike, jonka toimitusjohtajana toimii Henrik Albrektson, on hydraulisten ja pneumaattisten laitteiden, komponenttien ja suodattimien markkinoija, sekä niihin liittyvien toimintojen tuottaja. Parker Hannifin AB Suomen sivuliike on vuonna 2019 perustettu sivuliike Parker Hannifin (myöh. Parker) korporaatiolle. Parker on yhdysvaltalainen vuonna 1917 perustettu pörs-siyhtiö. Parkerilla on toimintaa 50 maassa, valmistavia yksiköitä on yli 300 ja tuotetivisioonaa on yli 100. Suomessa Parker on toiminut yli 50 vuotta, mutta Pohjoismaiset myyntiyhtiöt yhdistyivät vuonna 2017. Vuonna 2019 Parkerin liikevaihto oli 14,3 miljardia dollaria ja vuonna 2020 se oli 13,7 miljardia, joka enemmän kuin kompensoi vuoden 2020 talouden heikkenemisen. Näillä luvuilla Parker on maailman suurin liike- ja ohjaustekniikoihin erikoistunut yritys, sekä Fortune 250 yritys. (Parker 2021.)

Parkerin pääjohtajana toimii Thomas Williams, joka on toiminut yrityksen toimitusjohtajana vuodesta 2015. Parker on ollut mukana monessa suuressa hankkeessa, kuten esimerkiksi ensimmäisessä yksin tehdyssä Atlantin ylilennessä ja ensimmäisessä kuulennossa, joihin Parker on useita kriittisiä osia, kuten liittimiä ja venttiilejä. Näiden komponenttien lisäksi Parker tuottaa paljon muita osia hydraulikkaan ja pneumatiikkaan liittyen, kuten erilaisia moottorin lohkoja, suodattimia ja ohjauselektronikkaa. Parkerin teknologia ei useinkaan ole laitteissa se, joka on näkyvillä, vaan piilossa loppukäyttäjiltä, mutta toimii tärkeässä roolissa käyttäjän kokemukselle, sekä turvallisuudelle. (Parker 2021.)

Parker on yrityksenä hyvin laaja-alainen ja se tuottaa järjestelmiä ja komponentteja hyvin erilaisiin järjestelmiin aina terveydenhuollosta avaruustekniikkaan. Kuitenkin muita suuria teollisuudenaloja, joilla Parker toimii, on elektroniikka ja puolijohteet, ilmastointi, kemianteollisuus, tuotantoteollisuus, sähköntuotanto, sekä kuljetusteollisuus. (Parker 2021.)



### 3 LEAN-TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

Lean on tuotantojärjestelmä, jolla pyritään kehittämään prosessien virtaustehokkuutta ja sen kautta asiakasarvoa. Lean on syntynyt Toyota Production Systemin pohjalta ja vastaa Toyotan tuotantoa 1980-luvulla. Leanin avulla tarkoitus on poistaa prosesseista hukkaa ja varsinkin hukka-aikaa, jolla siten saadaan parannettua prosessin tehokkuutta ja samalla koko tuotantoa. Lean perustuu kaiken mahdollisen hukkan eliminointiin, jolloin tuotannosta tulee hyvin suorajohteista. (Womack 1996, 15–16.)

Leanin pääpaino on asiakkaan näkökulmassa ja siinä, minkä asiakas kokee tarpeelliseksi, sekä tuottavaksi. Tämä vaatii tietenkin tiukkaa yhteistyötä, sekä optimointia ostajan ja myyjän, sekä muiden prosessissa toimivien osapuolien välillä. Parhaassa tapauksessa Leanin avulla saavutetaan asiakkaan näkökulmasta paras arvo investoinnille ja saadaan vähennettyä ylimääräisiä kustannuksia moninkertaisen työn ja hukka-ajan, sekä ylimääräisten neuvotteluiden vähentämisen muodossa. (Womack 1996, 16–19.)

Leanissa on kolme kohtaa, joihin johdon tulisi keskittyä; tarkoitus, prosessi ja ihmiset. Aluksi on tärkeää ymmärtää yrityksen tai toimipisteen tarkoitus, jonka jälkeen voidaan keskittyä vasta prosessiin. Prosessista on opittava löytämään arvovirta, jonka perusteella kannattaa muodostaa tuotteista tuoteperheitä. Jaon tekemisellä on helpompi mitoittaa eri työpisteet oikeankokoisiksi osiksi. Sen avulla voidaan myös varmistaa oikean kokoisten työkalujen löytyminen oikeilta työpisteiltä. Kun tämä on tehty, päästään Lean ajattelun mahdollisesti tärkeimpään asiaan eli ihmisiin. On tärkeää ymmärtää, että Lean ei lopu siihen, kun asioita on muutettu, vaan kehitystyön tulee jatkua ja jokaista prosessia tulee olla jatkuvasti arvioimassa joku, jotta Leanin periaate toteutuisi. Työympäristössä voi olla monia muuttuvia asioita. Muutosten jälkeen tulee arvioida, voidaanko jokin vaihe toteuttaa eri tavalla. (Womack 1996, 254–256.)

### 3.1 5S-standardointimenetelmä

Leania suunniteltaessa tuotantojärjestelmäksi, on 5S useimmin ensimmäiseksi vaiheeksi suositeltava askel. Tämä johtuu siitä, että 5S koostuu vaiheista, joilla päästään hyvään lähtötilanteeseen tehokkaan tuotannon mahdollistumiseksi. Onnistuneella 5S:n käyttöönotolla saadaan hyötyjä niin virheiden estämisessä, huoltotarpeen vähenemisessä, asetusajojen pienentämisessä ja yhden kappaleen virtauksen parantamisessa. 5S sopii erityisesti tuotanto- ja palvelualoille, joissa tärkeää on tavaroiden löytäminen ja kappaleiden läpivirtausaika. Nimensä mukaisesti 5S:ään kuuluu 5 osa-aluetta (kuva 1); Seiri (lajittelu), Seiton (järjestäminen), Seiso (puhdistaminen), Seiketsu (standardointi) ja Shitsuke (sitoutuminen). (Hirano 1995, 18–24.)



KUVA 1. 5S:n viisi osa-aluetta (5s Audit Checklist n.d.)

Ensimmäisessä vaiheessa lajitellaan kaikki tavarat, joita työn tekemistä varten tarvitaan. Loput tavarat heitetään pois, tai siirretään jonnekin, missä niitä tarvitaan useammin. (Hirano 1995, 34–35.)

Toisessa vaiheessa järjestetään tavarat paikoille, joissa niitä on järkevä säilyttää. Tavarat järjestellään, jotta ne olisivat helposti saatavilla oikean työvaiheen aikana. Toinen vaihtoehto tavaroiden järjestelyyn on asetella useimmin käytetyt työkalut lähimmäksi ja vähiten käytetyt kauimpana. (Hirano 1995, 36.)

Kolmas vaihe on puhdistaminen, josta 5S usein tunnustetaan ja jonka vuoksi se usein väärinymmärretään vain siivoustyökaluksi. Puhdistamiseen kuuluu tietysti työalueen ja työhön vaadittavien välineiden puhdistaminen, mutta myös esimerkiksi omista työvaatteista huolehtiminen ja toimistossa tiedostojen ja sähköpostien järjesteleminen. Puhdistamisella tarkoitetaan sitä, että välineet ovat siinä kunnossa, missä ne ovat olleet niiden valmistajilta lähtiessään. Tämän avulla pystytään varmistamaan laitteiden kunto ja huoltoväliä saadaan pidennettyä. (Hirano 1995, 36–37.)

Standardoinnilla saadaan luotua yhteiset säännöt siihen, miltä työpisteen tulisi näyttää. Tämä standardi tulee olla työntekijälle nähtävillä, jotta hän tietää mikä vaadittu taso on. (Hirano 1995, 37.)

Sitoutuminen tarkoittaa asioiden pitämistä sovitussa järjestyksessä jatkuvasti, joka osoittautuu kaikkein vaikeimmaksi vaiheeksi 5S:ssä. Tämän takia on hyvä tehdä työpisteille auditointeja ja muita säännöllisiä tarkastuksia, jonka avulla voidaan estää työntekijöiden luisuminen yhteisesti sovitusta säännöistä. Kun 5S:ää otetaan käyttöön, on tärkeää muistaa koko järjestelmän tarkoitus: ylläpitää laitteiden kuntoa, parantaa tuotteiden laatua sekä työturvallisuutta, ja parantaa työn teon tehokkuutta. Tarkoitus ei ole ainoastaan näyttää puhtaalta. Myös tuotannon ohjauksen puolelta on annettava aikaa puhdistusten tekemiseen, jotta työntekijöillä on mahdollisuus pitää vaadittu puhtaustaso. (Hirano 1995, 37–38.)

5S:n käyttöönotossa hankala vaihe on usein työntekijöiden tapa omia työpisteensä. Tämän jälkeen työntekijät jättävät työkalunsa sinne, mistä he itse kokevat sen parhaiten saavansa, eivätkä sinne missä sen kuuluisi olla. Lisäksi siisteys jää usein taka-alalle, sillä sitä ei koeta työn teon edistämisenä. Työnjohdon tehtäväksi jää valvoa riittävä sääntöjen noudattaminen, jotta työ pysyy kaikille mielekkäänä, sekä työnantajalle kannattavana. Vaihtoehto työpisteiden omimisesta johdettuun ongelmiin on työntekijöiden kierrättäminen eri työpisteillä, jolloin työntekijät ymmärtävät, että seuraavan työpisteelle tulijan on helpompi löytää työkalut, kun ne ovat omalla paikallaan. (Hirano 1995, 13–20.)

### 3.2 Yhden kappaleen virtaus

Yhden kappaleen virtaus (One Piece Flow), on tuotettavien kappaleiden liikkumiseen suunniteltu konsepti. Yhden kappaleen virtauksessa tuotteet valmistetaan yksi kerrallaan, jonka jälkeen ne siirretään seuraavaan työvaiheeseen. Tässä työtavassa kaikkia tuotteita ei siis tehdä ennakkoon ennen seuraavaa työvaihetta, vaan tuotanto suunnitellaan siten, että jokainen osa pääsee suoraan eteenpäin. Yhden kappaleen virtauksessa tärkeää on, että jokaisen työvaiheen pituus on yhtä pitkä, jotta kappaleet liikkuvat sulavasti eteenpäin, eikä odotusaikoja synny. (Protzman 2016, 1–6.)

Toimintatavalla on monia hyötyjä, esimerkiksi tehokkuuden ja laadun parantamisen kannalta, sekä myös työntekijöille terveellisen työtavan kannalta, sillä he vaihtavat asentoaan useammin yhden kappaleen virtauksen vuoksi. Jos konseptille mietitään vastakohtaa, on se koko erän valmistaminen kerrallaan, yksi työvaihe kerrallaan. Yhden kappaleen virtaus ei kuitenkaan ole pakollinen työn tehostamiseksi ja se saattaa jopa huonontaa sitä, mikäli konsepti otetaan liian kirjaimellisesti. Kirjaimellisesti otettuna työn tehokkuus saattaa romahuttaa, mikäli työvaiheen kesto alkaa lähentyä liikkumisaikaa, joka kappaleen täytyy kulkea päästäkseen seuraavaan työvaiheeseen. Tämän takia konseptissa tulee huolehtia yhden kappaleen määritelmästä. Yksi kappale voidaan määritellä esimerkiksi yhdeksi eräksi, joka on sovittu määrä kappaleita. On myös hyvä miettiä, kuinka pitkiä liikkumisia eri työvaiheiden välillä tarvitsee tehdä. (Protzman 2016, 165–169.)

Tehokkuus solujen välillä saattaa vaihdella esimerkiksi tuotteen koon tai työkoneiden vuoksi. Työn tehokkuus ei myöskään ole lähellekään ainoa mittari, jolla työn hyvyttä tulee arvioida, sillä asiat kuten työn laatu ja puhtaus saattavat myös vaikuttaa prosessiin jopa hidastamalla sitä. Niihin liittyviä työvaiheita ei kuitenkaan voida poistaa, mikäli niitä tarvitaan vaaditun laadun varmistamiseksi. Toimitusaika saattaa myös olla joissain tapauksissa tärkeää, joka saattaa pudottaa solun tehokkuutta. Jos solulla joudutaan muuttamaan tuotetta usein, pudottaa muutosaika solun tehokkuutta, mutta saattaa varmistaa sen, että asiakas saa tuot-

teensa ajallaan lyhyellä toimitusajalla. Juuri tämän vuoksi muutosajan lyhentäminen on kriittistä yhden kappaleen virtauksessa ja tuotannossa yleisesti. (Protzman 2016, 190–193.)

Yhden kappaleen virtauksella toteutettuna saadaan tavarat paljon nopeammin tuotantolinjalta pois, eli tuotannossa on vähemmän tavaraa kerrallaan. Jos otetaan esimerkiksi kappale, jonka valmistamisessa on viisi työvaihetta, joista jokainen vie minuutin, kestää 10 kappaleen erällä 14 minuuttia valmistua. Jos taas jokaisella työpisteellä valmistetaan koko erä kerrallaan, kestää erällä 50 minuuttia kulkea koko linjaston läpi. Tämä saattaa kuitenkin hämätä siinä mielessä, että työhön kokonaisuudessaan käytetty aika ei muutu, mikäli jokaisella työpisteellä on jatkuvasti työtä tehtäväksi. Jos taas jokainen työntekijä joutuu odottamaan, että ensimmäisellä työpisteellä on valmista, syntyy prosessiin mittavia odotusajasta ja hitaammasta prosessin kiertoajasta johtuvia kustannuksia. (Protzman 2016, 190–191.)

Sisäisen erän koko on suurin tekijä, joka vaikuttaa tehokkaimpaan mahdolliseen työtapaan. Solun ja työkoneiden, sekä muiden tarvikkeiden asettelu oikeisiin paikkoihin lisää työn tehokkuutta, sillä tarvikkeet on silloin helppo löytää. Mikäli solut on hyvin suunniteltu, saadaan työ tehtyä myös ergonomiseksi, joka säästää pitkässä juoksussa terveydenhuoltokuluja. Parhaimmillaan yhden kappaleen virtaus on kuitenkin silloin, kun valmistettavat tuotteet ovat samankaltaisia ja muutoksia ei juuri tapahdu. Hyvin suunnitellun yhden kappaleen virtauksen avulla voidaan parantaa työtä niin työnantajan, kuin työntekijänkin näkökulmasta. Lisäksi joitain työvaiheita voidaan automatisoida varsinkin muutosajan lyhentämiseksi, jos ne ovat riittävän yksinkertaisia. (Protzman 2016, 195–200.)

Kun mietitään yhden kappaleen virtausta ja solutyöskentelyä kokonaisuutena, saadaan siitä hyötyä varmistamalla, että jokaisella työntekijällä on vähemmän osattavia asioita. Silloin jokainen voi keskittyä yhteen työvaiheeseen ja kehittyä siinä, jolloin tuotanto tehostuu. Yhden kappaleen virtauksen ansiosta myös laatu paranee, sillä virhe tuotteet voidaan havaita välittömästi tai vähintäänkin nopeammin, kun työvaiheet toteutetaan yksi kappale ja työvaihe kerrallaan. Esimerkiksi viiden työvaiheen työssä virhe, joka on tapahtunut ensimmäisessä työvai-

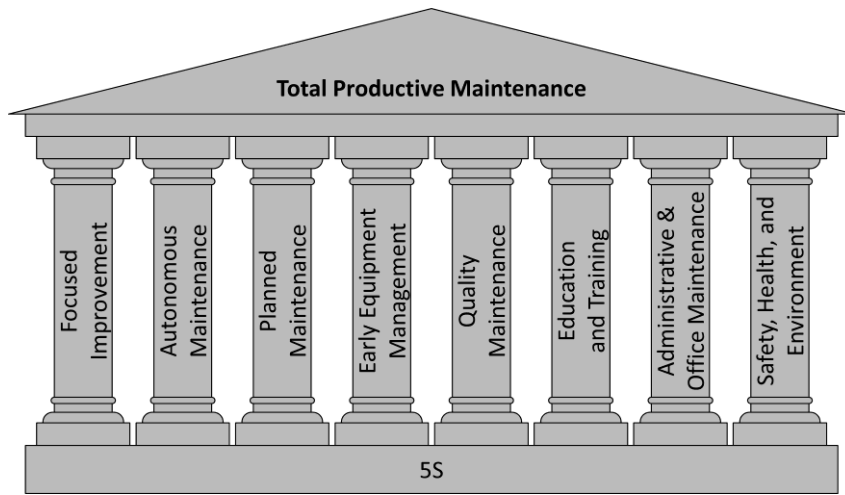
heessa, saatetaan huomata viimeisessä työvaiheessa, joka yhden kappaleen virtauksella tarkoittaa mahdollisesti vain viittä huonoa kappaletta, verrattuna normaalin tuotannon kokonaiseen erään. (Protzman 2016, 167–203.)

### 3.3 Huoltojärjestelmä

Total Productive Maintenance (TPM) on käsite, joka kehitettiin pitämään huolta, että jokainen kone ja laite on kunnossa silloin, kun niitä tarvitaan, eikä tuotanto täten keskeydy. TPM tarkoittaa koko tuotannon ylläpitoa ja on Lean-järjestelmän huoltojärjestelmä. TPM kasvattaa tuotannon tehokkuutta parantamalla laatua ja tehokkuutta, sekä pienentämällä kustannuksia. Täydellisessä maailmassa laitteet eivät tarvitsisi huoltoa, joka periaatteessa on hukkaa itsessään, sillä se ei tuota mitään, mutta todellisuudessa huoltoa kuitenkin tarvitaan. Teollisuudessa huolto voi jäädä huomioimatta, mutta huoltamisen avulla voidaan säästyä huoltokatkoilta, vikatilanteilta ja -kappaleilta, sekä voidaan huomata laitteissa olevat viat ajoissa, ennen kuin ne vaikuttavat tuotantoon. (Suzuki 1994, 1–3.)

TPM:n ajatuksena on parantaa tuotantolaitoksen tehokkuutta tekemättä suuria investointeja. TPM:n toimiminen ja onnistuminen vaatii jokaisen työntekijän sitomista siihen. Tämän avulla saadaan parannettua niin työn tehokkuutta, työntekijän moraalialia, kuin työn mielekkyyttäkin. Onnistuneessa mallissa TPM ei ole ainoastaan työntekijöiden, vaan kaikkien siihen liittyvien henkilöiden ja ryhmien, kuten johtajien ja omistajienkin asia. (Suzuki 1994, 6–7.)

TPM:n ympärille on kehitetty eräänlainen pilarimainen ajatus, jolla viitataan siihen, kuinka sen eri osioista rakentuu kokonaisvaltainen toimiva huoltojärjestelmä ja tuotanto. Pilareiden alustana toimii 5S, joka on työpaikan standardoimista varten kehitetty menetelmä, jossa jokainen työpiste on tarkkaan määritelty, sekä pidetty siistinä. Tämän päälle rakentuvat erilaiset pilarit, joita ovat itseohjautuva huolto, tarkoituksenmukainen kehitys, suunniteltu huolto, laatu, varhainen työjohto, harjoittelu ja koulutus, tuotannon tuki, turvallisuus, sekä terveys ja ympäristö (kuva 2). Jokainen pilari sisältää suuremman ajatuksen takanaan ja on yhtä tärkeä kokonaisuuden kannalta. (Suzuki 1994, 13–20.)



KUVA 2. TPM:n kahdeksan pilaria (Roser 2021)

## 4 HYDRAULILETKUASENNELMAN VALMISTUS

Hydrauliletkuasennelman valmistus on tarkkaa työtä, jossa jokainen työvaihe on erityisen tärkeä lopputuotteen laadun kannalta. Asennelman valmistuksessa tärkeitä asioita ovat varsinkin oikeat komponentit, asennusarvojen oikeellisuus, sekä asennelman puhtaus. Asennusarvot saadaan oikeanlaisiksi työvälineiden huollolla, oikein tehdyillä työtilauksilla ja mittalaitteiden tarkkuuksilla, sekä kalibroinneilla. Komponenttien oikeellisuus voidaan varmistaa toteuttamalla työn valmistelu huolellisesti ja puhtaus toteuttamalla sitä edistäviä työvaiheita. (Malcovsky 2021, 1–2.)

Mittaustekniikka on tärkeä osa valmistustekniikkaa ja huolto- ja korjaustoimintaa. Mittaustekniikkaa ei ikinä pidä unohtaa ja sitä kannattaakin jatkuvasti opiskella mahdollisimman laaja-alaisesti. Oikein suoritettujen ja tarkkojen mittausten avulla saadaan varmistettua valmistettujen tuotteiden laatu ja tehokkuus. Mittaustekniikkaa on monenlaisiin tarkoituksiin ja tässä kappaleessa käsitellään kappaletavaran mittaustekniikkaan liittyviä mittaustapoja, suureita ja välineitä.

(Keinänen 2014, 5.)

Mittaustekniikkaan liittyy useita käsitteitä, kuten mittalaite, joka kuvaa laitetta tai työkalua, jolla haluttu mittasuure saadaan esille. Tätä reaalimaailmasta saatua arvoa verrataan tämän jälkeen fyysisiin arvoihin. Yleisesti on hyväksytty vakioita, joita pidetään yksikköinä ja mittatulos annetaankin mitattavan kohteen ja verrattavan yksikön suhteenä. (Keinänen 2014, 11.)

### 4.1 Hydrauliletkuasennelman valmistusprosessi

Hydrauliletkuasennelmien valmistus on kappaletavaratuotantoa, jossa letku- ja liitinkomponentit yhdistetään toisiinsa. Prosessin keskeisimpiä työkaluja ovat saha, jolla hydraulikkaletkumateriaalia katkaistaan, sekä puristin, jolla liitin puristetaan letkumateriaaliin kiinni. Lisäksi prosessissa voidaan käyttää erilaisia työkaluja tai laitteita, joilla on tarkoitus parantaa lopputuotteen puhtautta. Tyypillinen menetelmä hydraulikkaletkujen puhdistukseen on vaahtomuovista valmistettujen



puhdistustulppien ampuminen paineilmalla letkumateriaalin läpi. Muita menetelmiä ovat paineilman puhaltaminen letkun läpi, sekä erityistä puhtautta vaativissa tuotteissa letkujen puhdistus nesteellä hydraulikkaletkun puhdistamiseen tarkoitettulla laitteella. Hydraulikassa keskeisessä roolissa on tuotteiden laatu, sekä puhtaus, sillä hydraulikkajärjestelmässä saattaa olla hyvinkin pieniä, jopa alle millimetrin halkaisijaltaan olevia venttiileitä. (Malcovsky 2021, 1–2.)

Kun hydraulikkaletkusta on valmiina työtilaus, voidaan työtilaukselle tarvittavat komponentit kerätä asennuspisteelle. Keräilyssä tarkoitus on tuoda komponentit nopeasti saataville, sekä tarkistaa komponenttien yleisilme. Mikäli komponentit näyttävät keräilijän mielestä ehjiltä, voi hän kerätä tuotteet käytettäväksi. Liittimet tulevat liittintehtaalta laatikoissa, joissa on tuotteen nimi, sekä nimeä vastaava viivakoodi. Keräilijän tulee varmistaa tuotteen oikeellisuus vertaamalla laatikossa olevaa viivakoodia työtilauksella olevaan viivakoodiin. Näin voidaan parantaa valmistettujen hydraulikkaletkujen laatua siten, että vältetään inhimillinen virhe, jossa keräilijä vahingossa valitsee väärän liitinlaatikon. Tällaisen virheen tapahtuessa lopputuote olisi vääränlainen. Tämän jälkeen keräilijä ottaa laatikosta työtilaukselle vaaditun määrän liittimiä ja laittaa ne laatikkoon, joka viedään tuotantolulle työtilauksen kanssa. (Kauppinen 2016, 1–4.)

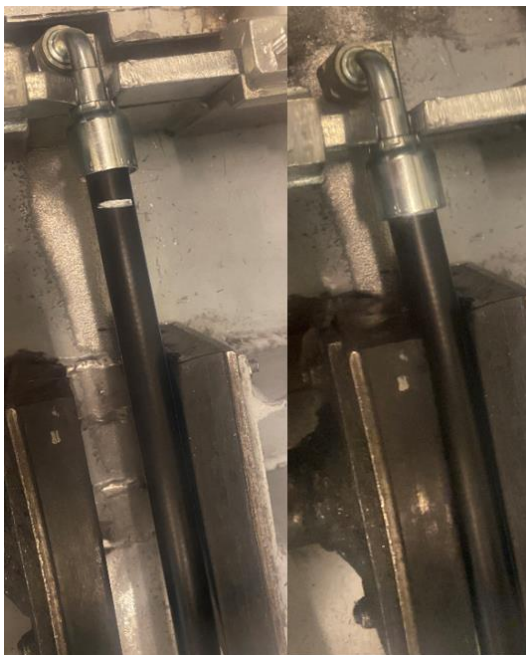
Solulla asentaja aloittaa työtilauksen valmistamisen työtilauksen läpikäynnillä. Työtilaukselta käy selville tilaukselle tarvittavat komponentit, eli liittimet, letkumateriaalit, asennelman pään peittämiseen käytettävät kapsyyliit, sekä muut mahdolliset osat, kuten suojasukat tai -spiraalit. Lisäksi työtilaukselta löytyy mahdollisia lisätietoja letkun valmistukseen, kuten liitinten kulmat toisiinsa tai letkun luonnolliseen kaarevuuteen nähden, puristimessa käytettävä leukasarja, puristusarvo, tai asiakkaan erityistoiveita. Asentaja varmistaa, että hänellä on sahan vieressä oikeaa letkumateriaalia. Asentaja merkkää työtilaukselle letkun tyyppin kohdalle letkun eränumeron, jonka jälkeen hän vaihtaa tarvittaessa puristimen leukasarjan, sekä valmistettavan tuotteen koodin puristimen leukasarjaan. Lisäksi valmisteluvaiheessa asentaja asettaa vielä sahapöydän takavasteen työtilauksella ilmoitettuun mittaan, jotta valmistettava letku liittimineen vastaa asiakkaan tilaamaa kokonaispituutta. (Honkanen 2017, 1.)

Kun valmistelut on tehty, voidaan ensimmäinen kappale valmistaa. Aluksi letku-materiaali viedään takavasteeseen ja painetaan sahapöytää vasten (kuva 3). Letku katkaistaan, jonka jälkeen katkaistun letkun molempiin päihin merkataan tussilla viiva, jolla ilmaistaan kuinka syvälle liitin pitää letkuun työntää, jotta se on riittävän syvällä. (Honkanen 2017, 1.)



KUVA 3. Letku painettuna takavasteeseen valmiina katkaistavaksi

Letkun molemmat päät harjataan sahauksessa syntyneen kumipurun irrottamiseksi. Tämän jälkeen letkun läpi ammutaan paineilman avulla molemmista päistä vahtomuovitulppa, jolla irrotetaan letkumateriaalin sisälle jäänyt lika. Puhdistamisen jälkeen letkuun esiasennetaan liittimet, eli liittimen kara öljytään painamalla se öljytyyn sieneen ja painetaan joko käsin, tai koneen avustuksella letkuun (kuva 4) siten, että liitin ei enää mene syvemmälle ja on noin letkuun merkityn viivan kohdalla. (Honkanen 2017, 1.)



KUVA 4. Liitin ennen sen työntämistä letkumateriaaliin (vasemmalla) ja sen jälkeen

Liitinten esiasennuksen jälkeen liittimet puristetaan letkuun kuvan 5 mukaisesti kiinni työtilauksella lukevaan arvoon ja varmistetaan, että puristin puristaa koko liittimen holkin matkalta letkuun. Tämän jälkeen letkun läpi puhalletaan vielä kolmen sekunnin ajan paineilmaa, jotta saadaan puhtautta vielä parannettua, mikäli liittimistä on irronnut likaa letkuun. (Honkanen 2017, 1.)



KUVA 5. Liittimen puristaminen letkuun

Puhalluksen jälkeen liittinten päälle kutistetaan kapsyyli (kuva 6), jotta uutta likaa ei enää pääse valmiiseen tuotteeseen. Seuraavaksi toisen liittimen halkaisija mitataan keskeltä liittimen holkkia kahteen suuntaan työntömitalla puristuksen halkaisijan ja pyöreäyden varmistamiseksi. Puristusarvo merkataan työtilaukselle. Lisäksi letkun kokonaispituus mitataan liittimiseen ja varmistetaan, että pituus on toleranssissa ja merkataan työtilaukselle. (Honkanen 2017, 1.)



KUVA 6. Kapsyyli liittimen päällä sulatusuunin edessä

Mikäli kaikki mitat ovat kunnossa, eikä letkuun tule enää muita komponentteja, voidaan aloittaa seuraavan letkun valmistus. Valmistus tapahtuu yhden kappaleen virtauksella, johon on sisäisesti sovittu joitakin poikkeuksia, jotta työ on mahdollisimman sulavaa. Jokaisen työtilauksen ensimmäinen ja viimeinen letku tarkistetaan sen kokonaispituuden ja liittimen halkaisijan osalta, sekä lisäksi joka 25. letku, mikäli työtilauksen kokonaismäärä on vähintään 50 letkua. Kun yhden työtilauksen kaikki letkut ovat valmiina ja viimeinenkin letku on tarkistettu, voidaan siirtyä seuraavaan työtilauksen valmisteluun. (Honkanen 2017, 1.)

## 4.2 Puhtaus hydrauliletkuasennelmassa

Hydrauliletkuasennelmien puhtaudessa on tyypillisesti seurattu standardia ISO 4406, jolla on tarkoitus mitata hydraulioöljyn puhtautta. Tämä standardi ei kuitenkaan sovellu uuden komponentin puhtauden määrittämiseen, sillä siinä ei huomioida komponentin valmistuksessa syntyvää likaa. Hydrauliikassa epäpuhtaudet

ovat erittäin keskeisessä roolissa, sillä jo pienetkin hiukkaset saattavat aiheuttaa toimintahäiriöitä hydraulijärjestelmissä. Tämän vuoksi hydraulikkakomponenttien puhtautta tutkitaan standardin ISO 16232 mukaan. Standardinmukaisten tutkimusten perusteella saadaan komponenteille määritettyä puhtaustaso. Yritykset saattavat pyytää komponenttinsa erilaisilla puhtausvaatimuksilla usein tämän standardin mukaisesti. (Malcovsky 2021, 1–2.)

Asennelman puhtauteen vaikuttaa suuri määrä asioita alkaen raaka-aineiden puhtaudesta. Asennelmia valmistettaessa raaka-aineita ovat letkumateriaali, sekä liittimet. Raaka-aineen puhtauteen tuotannossa vaikuttaa sen puhtaus valmistettaessa, sekä ympäristöolosuhteet letkun kulloisessakin sijainnissa. Letkumateriaali toimitetaan valmistavalta tehtaalta usein pahvilla peitetyillä lavoilla rullalle käärittynä ilman päiden tulppaamista. Tämän takia letkumateriaalin sisälle saattaa päästä ilmasta epäpuhtauksia. Liittimet toimitetaan vaihtelevan kokoisissa laatikoissa aina yksittäin pakatuista useiden satojen kappaleiden pakkauksiin, jolloin ne pääsevät hankaamaan toisiaan ja niistä saattaa irrota pinnoitetta liitinlaatikkoon ja liitinten pinnalle. (Recommendations and best practice... 2015, 10–11.)

Komponenttipuhtauden lisäksi erittäin merkittävässä roolissa asennelmien puhtauden kannalta on letkumateriaalin katkaisu, joka on yksi suurimmista kontaminaationlähteistä asennelmien valmistuksessa. Letku katkaistaan yleensä pyörivällä terällä, joka on letkumateriaalista ja -koosta riippuen joko sileä tai hammas-tettu. Katkaisuvaiheessa syntyy huomattava määrä likaa juuri terän pyörimisestä johtuen. Osa liasta on melko irtonaista, mutta terään kitkan vuoksi syntyneen lämmön takia osa liasta jää letkumateriaaliin kiinni. Tätä likaa irrotetaan harjaamalla letkun molemmat päät (kuva 7). (Recommendations and best practice... 2015, 12–16.)



KUVA 7. Letkun harjaaminen

Letkussa valmiiksi ollut ja sahauksessa syntynyt lika irrotetaan letkusta ampuamalla vaahtomuovitulppa paineilman avulla letkun läpi (kuva 8). Jotta vaahtomuovitulppa saadaan letkun sisälle, tarvitaan kartiomainen kupera nokka, joka työnnytetään letkun sisälle. Nokan mallin vuoksi letku jää puhdistumatta lyhyeltä matkalta letkun päästä. Tämän vuoksi ammutaan yksi tulppa molemmista päistä, jotta letkun molemmat päät puhdistuvat. Lisäksi letku voidaan asettaa koveraan kartioon ja sen läpi puhalltaa paineilmaa, jotta letku puhdistuu koko matkalta. (Recommendations and best practice... 2015, 12–16.)



KUVA 8. Katkaistun letkumateriaalin tulppaus

Muita työvaiheita, joista asennelmaan saattaa syntyä likaa on liittimen karaa öljytessä. Tässä vaiheessa kontaminaatiota saattaa syntyä, mikäli öljysieni on jossain vaiheessa päässyt likaantumaan. Jotta öljysieni pysyy mahdollisimman puhtaana, tulee öljysienen astian olla suljettavissa, sekä öljysienen vaihtaminen olla säännöllistä. Jotta asennelman puhtaus voidaan varmistaa, suoritetaan viimeisenä työvaiheena vielä paineilmapuhallus asennelman läpi, jonka jälkeen on erittäin tärkeää sulkea asennelman molemmat päät joko tulpalla tai kapsyyllillä. Näin varmistetaan, että valmiiseen puhtaaseen asennelmaan ei enää pääse likaa. (Recommendations and best practice... 2015, 12–18.)

Asennelman puhtauden kannalta on erittäin tärkeää, että kaikki puhtauteen käytettävät välineet itsessään ovat puhtaita. Näitä välineitä ovat harja, jolla letkun päät harjataan, kupera kartio, jonka avulla puhdistustulppa ammutaan letkun läpi, kovera kartio, jolla asennelma puhdistetaan paineilmalla, puhdistustulpat, sekä kapsyylit ja korkit. Onkin tärkeää, että tulppia ja kapsyyleja säilytetään kannella suljettavissa laatikoissa, harja vaihdetaan säännöllisin väliajoin, tai kun se havaitaan liian likaiseksi ja kartiot puhdistetaan säännöllisin väliajoin. (Recommendations and best practice... 2015, 11–13.)

### 4.3 Pituuden mittaaminen

Pituus on yksikkö, joka mitataan SI-järjestelmän mukaisesti suureella metri. Pituusvaihtelun ollessa suurta, klassinen tapa mitata pituuksia on rullamitta. Rullamitta on yksi yleisimmistä mittavälineistä pituudelle. Pitkille etäisyyksille lasermittaus on alkanut vähentämään rullamittojen ja mittakelojen suosiota, sillä lasermitauksessa ei synny epäsuoruuden aiheuttamia mittavirheitä. Erilaisia ominaisuuksia rullamitassa ovat esimerkiksi tarkkuusluokka, nauhan materiaali, asteikko, jakovälin pituus ja väri. (Keinänen 2014, 43–44.) Rullamittojen tarkkuusluokat on määritelty Euroopan Unionin lainsäädännössä ja ovat nähtävissä taulukossa 1 (Direktiivi 2014/32/EU).

TAULUKKO 1. Rullamittojen sallitut virheet tarkkuusluokan mukaan (Direktiivi 2014/32/EU)

Jakovälin pituus $i$	Suurin sallittu virhe tai poikkeama millimetreinä tarkkuusluokan mukaan		
	I	II	III
$i \leq 1 \text{ mm}$	0,1	0,2	0,3
$1 \text{ mm} < i \leq 1 \text{ cm}$	0,2	0,4	0,6

Rullamitalla mitattaessa mittavirhettä syntyy tyypillisesti mitan taipumisesta. Taipuminen mihin tahansa suuntaan aiheuttaa mittavirhettä, mutta varsinkin ”väärään suuntaan” taitettaessa mittanauhaan saattaa syntyä vaurioita, jolloin mittanauhaan jää pysyvä ylimääräinen mittavirhe. Suoria kappaleita mitattaessa mittavirhettä voi syntyä mittanauhan sekä mitattavan kappaleen taipumisesta, jotka vaikuttavat käänteisesti mittavirheeseen. Mittanauhan taipuminen, eli riippuma, kasvattaa mittaustulosta ja mitattavan kappaleen taipuminen lyhentää sitä. (Keinänen 2014, 43–44.)

Lasermittauslaitteet ovat yleistyneet niiden tarkkuuden, sekä mittausvirheidenvähyyden vuoksi. Lasermittauslaitteissa ei ole samanlaista roikkumaa kuin rullamitalla mitattaessa. Lasermittareiden mittausväli voi olla millimetreistä aina satoihin metreihin asti ja samalla mittalaitteella voidaan mitata koko mittausväliä luotettavasti. (Keinänen 2014, 48–51.)



Lasermittaukseen liittyy aina jonkinlainen anturi. Anturit on lasermittauksessa jaettu kolmeen kategoriaan: sironnasta syntyvän kuvapisteen paikantamiseen, valopulssin kulkuaikaan ja laser-interferometriaan perustuviin antureihin. Sirontaan perustuvassa mittauksessa lähetin ja anturi ovat keskenään eri kulmassa ja lähetin lähettää signaalin, joka heijastuu anturiin. Anturin ja lähettimen eri kulmasta johtuen valonsäde osuu etäisyyden mukaan anturin eri kohtaan, jonka perusteella saadaan anturin ja lähettimen välinen etäisyys. (Keinänen 2014, 48–51.)

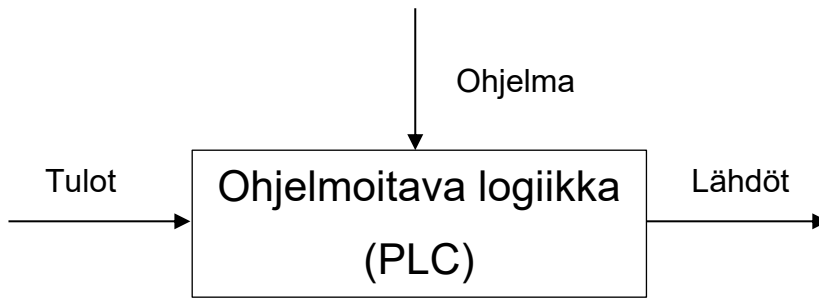
Valon kulkuaika -antureilla mittaaminen perustuu joko puhtaasti aikaan, joka valolla kestää kulkea lähettimestä vastaanottimelle, tai vaihtoehtoisesti valon vaihe aikaan, joka tarkoittaa, että lähettimeltä lähetetään valoa tunnetulla taajuudella. Heijastuvaa valonsädettä suodatetaan ja verrataan lähetetyn valon vaiheeseen. Interferometrimitauksessa kahdesta lähteestä saapuvat valot yhdistetään yhdeksi kuvaksi, jota tutkimalla saadaan mitattua etäisyys. Interferometreissä hyödynnetään peilejä ja niiden asettelu on hyvin tarkkaa, jotta saadaan kuva syntymään oikein. Tarkkuus interferometreillä on kuitenkin erinomainen, jopa nanometriluokkaa. (Fonselius ym. 1988, 89.)

Lineaarianturi on nykyaikainen tapa mitata kappaleen sijaintia ja sitä kautta etäisyyttä. Lineaariantureita on optisia, magneettisia, kapasitiivisia ja induktiivisia. Lineaarianturit ovat erittäin luotettavia kappaleen sijainnin mittaamiseen ja niitä käytetäänkin esimerkiksi koordinaatinmittauskoneissa, joissa tarkkuus on ensisijaisen tärkeää. Lineaarianturin tarkkuus riippuu paljon käytettävästä tekniikasta ja mittapäästä, mutta jopa alle mikrometrin tarkkuus on mahdollista saavuttaa. Optinen lineaarianturi on tyypeistä tarkin, mutta vaatii erittäin tarkkaa asennusta ja käyttöolosuhteita, sillä se on herkkä likaantumiselle. Optinen lineaarianturi saattaa perustua erilaisiin tekniikoihin, kuten esimerkiksi diffraktioon, moareekuivioon tai holografiaan. Magneettinen lineaarimittaus voi perustua joko magnetisointiin, tai muuttuvaan reluktanssiin ja magneetista riippuen myös antureiden tyyppi vaihtelee käämien, Hall-antureiden ja magnetoresistiivisen mittapään välillä. Magneettinen lineaarimittaus ei ole yhtä tarkka kuin optinen mittaaminen, mutta jopa mikrometrin tarkkuus on mahdollista saavuttaa. (Nyce 2004, 8–9.)

Lineaariantureita on kahdenlaisia, absoluuttisia ja inkrementaalisia. Absoluuttisella mittauksella tarkoitetaan, että jokaiselle positiolle on olemassa oma signaalinsa, jolloin voidaan mitata laitteen absoluuttista sijaintia. Inkrementaalisella mittauksella mitataan sensorin tai vastakappaleen liikettä. Inkrementaalisessa mittauksessa tulee olla tarkkana, sillä signaali vaatii ainoastaan yhden tai kahden bitin tilan muuttumista, jolloin nollakohta pitää varmistaa. Inkrementaalisella mittauksella päästään absoluuttista mittausta parempiin mittaustarkkuuksiin samasta syystä. Inkrementaalisissa mittalaitteissa voidaan käyttää kahden bitin lisäksi myös nollauskohtaa, jossa sen lukema voidaan aina nollata. (Nyce 2004, 153–154.)

#### **4.4 Kappalemäärän laskeminen**

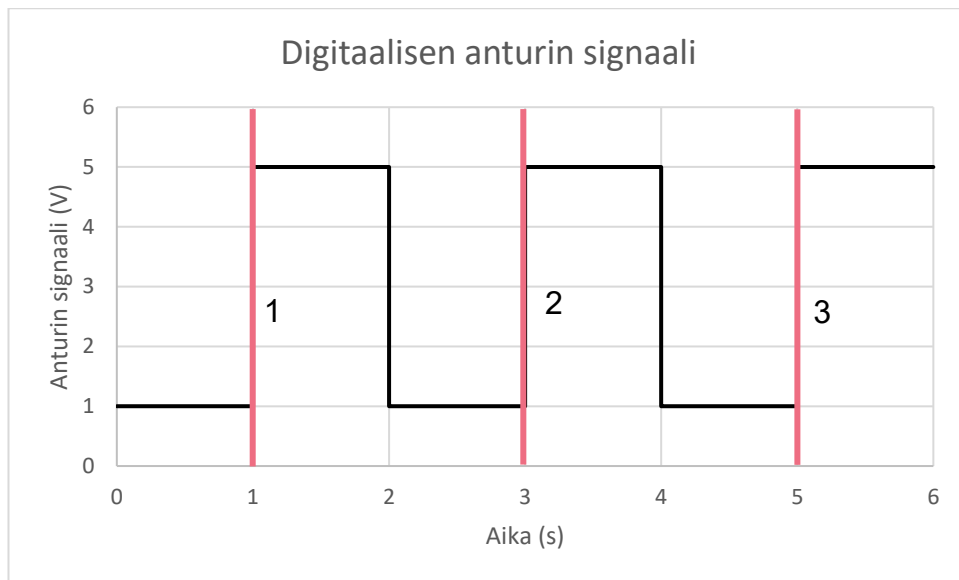
Tuotannosta on tärkeää saada erilaisia tietoja, esimerkiksi kappalemäärä. Kappalemäärää voidaan laskea monella eri tavalla, alkaen työntekijän omasta laskemisesta, jota voidaan suorittaa päässä tai kirjallisesti esimerkiksi tukkimiehen kirjanpidolla. Kun tuotannosta kuitenkin halutaan saada tietoa automaation avulla, tarvitaan erilaisia välineitä, jotta se onnistuu yksinkertaisesti. Tärkein tarvittava asia on jokin anturi, jonka perusteella tiedetään, että kappale on valmis. Anturi, joka tuottaa tietoa prosessista on prosessin tulo. Anturi on termi, jolla kuvataan laitetta, joka mittaa jotakin prosessin suuretta ja muuttaa sen käytettäväksi sähköiseksi signaaliksi. Lisäksi tarvitaan laite, jolla voidaan lukea anturin tuottamaa sähköistä signaalia, esimerkiksi ohjelmoitava logiikka. Ohjelmoitava logiikka on erityinen mikroprosessoripohjainen ohjain, joka käyttää ohjelmoitavaa muistia ohjausten luomiseen ja muokkaamiseen (kuvio 1). Ohjelmoitavan logiikan tarkoitus on luoda yksinkertainen tapa prosessin tietojen keräämiseen ja ohjaamiseen. Lisäksi kappalemäärän laskemisessa on hyvä olla jonkinlainen osoitin, jonka avulla työntekijän on helppo hahmottaa jo tuotettu kappalemäärä. (Mehta & Reddy 2015, 37–39.)



KUVIO 1. Ohjelmoitavan logiikan perustoiminta (Mehta & Reddy 2015, 37, muokattu)

Anturi, jota kappalemäärän laskemiseen käytetään, voi olla mikä tahansa anturi, josta saadaan signaali. Signaalin tyyppi voi olla joko analoginen tai digitaalinen, joista jälkimmäinen on yleisempi ja kustannustehokkaampi. Tyypillisesti kappalemäärää laskettaessa on käytössä mekaaninen rajakytkin, lähestymiskytkin, kapasitiivinen tai induktiivinen anturi tai optinen rajakytkin. Kyseisillä komponenteilla voidaan mitata ja havaita erilaisten komponenttien läsnäolo tai liike ja tuottaa digitaalinen signaali, eli signaali, joka on joko päällä tai pois. (Mehta & Reddy 2015, 42.)

Anturista tulevan signaalin ja ohjelmoitavassa logiikassa olevan ohjelman perusteella logiikka päättää mitä se tekee tulevan signaalin kanssa. Signaalin perusteella jokin lähtö voidaan esimerkiksi kytkeä päälle, jokin tieto voidaan siirtää eteenpäin, tai voidaan luoda viive, jonka aikaa signaalin tulee olla päällä tai pois. Kun tarvitaan kytkimeltä tai anturilta kappalemäärää, lasketaan tulokanavan pulssien lukumäärä tulosignaalin nousureunalla (kuvio 2). (Mehta & Reddy 2015, 37–49.)



KUVIO 2. Digitaalisen signaalin mittaaminen nousureunalla

## 5 PROSESSINHALLINTAJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Prosessinhallintajärjestelmän toteuttamiseksi tarvitaan tiedot alkuperäisestä järjestelmästä, raaka suunnitelma uudesta järjestelmästä, sekä kustannusarvio vanhalle ja suunnitellulle järjestelmälle. Ohjelmistoa tai muitakaan työkaluja ei tarvita, sillä kyseessä on suunnitelma, eikä voida vielä miettiä projektin toteutusta. Huomioon otettavia asioita projektin aikana ovat etenkin järjestelmän turvallisuus sekä vaikutus tehokkuuteen ja valmistuvien komponenttien laatuun. Työturvallisuus on tärkeää varsinkin automatisoitua järjestelmää suunniteltaessa, sillä siihen liittyy automaattisesti liikkuvia koneenosia, puristumisvaaraa, sekä korkeajännitteisiä virtajohtoja. Prosessinhallintajärjestelmän suunnittelu on kuitenkin järkevää aloittaa sen säästöjen arvioinnista.

### 5.1 Prosessinhallintajärjestelmän säästöjen arviointi

Järjestelmän suunnittelu aloitetaan selvittämällä yrityksen sisällä, kuinka alkuperäinen järjestelmä on toteutettu. Selvityksen alla on käytetyt osat ja toimintaperiaate. Lisäksi tarvitaan tietoja kustannuksista sekä säästöistä, jotka järjestelmällä on saatu aikaan. Tietojen keruu osoittautuu oletettua haastavammaksi työvaiheeksi, sillä järjestelmän kehitys on tapahtunut yhdessä toimipisteessä, josta se on siirretty toiseen toimipisteeseen. Järjestelmän siirtymisen aikana on tapahtunut myös järjestelmän kehitystyön siirto toiselle toimipisteelle. Tästä syystä tietoja joudutaan kysymään monesta paikasta ennen kuin löydetään tiedot uusimmasta käytössä olevasta versiosta. Oikea yhteyshenkilö kuitenkin löytyy ja tietoja päästään tutkimaan.

Nopeasti käy selville, että alkuperäisen järjestelmän suunnittelu on jäänyt melko aikaisessa vaiheessa puolitiehen, eikä siihen ole tämän jälkeen koskettu. Tietoja järjestelmästä ei löydy millään maailmankielellä, vaan ainoastaan suunnittelukohteen paikallisella kielellä, joten työn suunnittelu on aloitettava kielikäännöksestä. Kielikäännös joudutaan tekemään itsenäisesti, jonka jälkeen se joudutaan varmistamaan yhteyshenkilöltä, joka varmistaa käännöksen oikeellisuuden. Jokainen käytetty komponentti löytyy suunnitelmista, mutta niistä ei ole minkäänlaisia

mallitietoja tai kuvia. Suunnitelmissa on myös selvitettyä järjestelmällä saavutetut hyödyt euromääräisenä. Hyötyjen suuruus on merkittävä, jopa useita prosentteja myynnistä per vuosi. Työssä kuitenkin pyritään kriittiseen ajatteluun ja huomataan, että lasketut säästöt ovat ylioptimistisia. Asiaa lähdetään selvittämään ja saadaan varmistus yhteyshenkilöltä, että laskelmat prosessinhallintajärjestelmän hyödyistä on laskettu kyseisenlaiseksi organisaatiollisista syistä.

Säästöodotusten laskemisessa jokainen sekunti on muutettu rahaksi, jota se ei todellisuudessa kuitenkaan ole. Esimerkiksi jos yhden tuotteen valmistusaika on 1 minuutti, ei 30 sekunnin päivittäistä hyötyä voida laskea mukaan lainkaan, vaikka siitä vuodessa reilu 100 minuuttia aikaa kertyykin, sillä tuotteet tehdään aina loppuun saakka. On siis tärkeää ymmärtää, että esimerkiksi juuri aikasäästöä on hankala muuttaa rahaksi. Säästöjen laskemisessa on kuitenkin hyvin otettu huomioon virheiden väheneminen, sekä niihin käytetty aika, joka on erittäin tärkeä asia Leanin näkökulmasta. Työtilausten välisen valmisteluajan lyheneminen ja paperille merkkauksen väheneminen on laskettu mahdollisiin säästöihin, vaikkakin huomattavasti yläkanttiin. Todellisuudessa nämä säästöt tulevat luultavasti olemaan noin kahdeksasosan alkuperäisestä laskelmasta, joka muuttaa alkuperäisiä laskelmia huomattavasti. Mahdolliset säästöt lasketaan vielä uudelleen kotimaisilla kustannuksilla ja realistisilla arvoilla laadun parannuksen näkökulmasta, joilla päästään noin puoleen alkuperäisistä säästöodotuksista. Uutta järjestelmää harkittaessa on hyvä muistaa, että sen tulee olla huomattavasti alkuperäistä parempi, jotta sitä kannattaa suunnitella, tai ottaa käyttöön.

Uuden järjestelmän suunnittelu aloitetaan karkealla kustannus- ja säästöarvioinnilla. Projekti aloitetaan tekemällä päätös siitä, että karkea suunnittelu toteutetaan itse ja järjestelmän toteutus tapahtuu ulkoistetusti. Tämä helpottaa järjestelmän toteuttamista, sillä suunnittelu tehdään itsenäisesti. Toteutuksen ulkoistaminen nostaa kuitenkin kustannuksia, sillä toteuttavalla toimijalla on luonnollisesti omalle työlleen jokin hinta. Kustannuskeskusteluissa päädytään järjestelmän kokonaishinnan ylärajaan, joka vastaa puolitoistakertaisesti alkuperäisen järjestelmän hintaa. Kustannusten kasvun vuoksi ymmärretään, että yritys toivoo järjestelmältä myös huomattavasti parempia säästöjä, kuin alkuperäiseltä. Tämä on kuitenkin vaikea tavoite, sillä yrityksen sisäisesti on käsitys, että alkuperäisen järjestelmän tuomat säästöt ovat huomattavasti todellisia säästöjä korkeammat.

Projektille saadaan kuitenkin suostumus ja uutta järjestelmää lähdetään suunnittelemaan.

## 5.2 Prosessinhallintajärjestelmän suunnittelu

Prosessinhallintajärjestelmän suunnittelu aloitetaan prosessin läpikäymisestä pohtimalla, mitä asioita järjestelmän tulee tietää ja mitä sen tulee kerätä. Järjestelmän tulee olla prosessille vähintään osittain poka yoke -järjestelmä, jotta inhimillistä virhettä ei pääse syntymään. Prosessia tutkitaan ja mietitään mitkä työvaiheet voisi automatisoida, jotta inhimillisen virheen riski pienenee ja työ mahdollisesti nopeutuu.

Lisäksi arvioidaan automaation tarpeellisuutta järjestelmään ja ettei automaatiota suunnitella vain automatisaation vuoksi. Kysymyksenä tämä edistää omaa ajattelua, sillä ymmärretään että aikasäästö joka mittapöydän automatisoinnilla saavutetaan, ei välttämättä ole automatisoinnin kustannusten arvoinen. Tämän vuoksi on hyvä miettiä myös automatisaation arvoa prosessille.

Lähtökohtana suunnittelulle on se, että tuotteen koko työtilaus saadaan tuotantosalulle sähköisenä, sekä nähtäväksi näytölle. Tämä tarkoittaa, ettei asentajan tarvitsisi enää käsitellä solulla paperia ja merkata kynällä tarkastustuloksia, vaan kaikki tieto kulkisi sähköisesti. Tällä säästettäisiin huomattavasti aikaa, sillä tiedon etsiminen paperilta ja merkkäminen paperille vie reilusti aikaa jokaisen työtilauksen kohdalla. Lisäksi säästytään ongelmilta, joita syntyy epäselvän käsialan tai värin kulumisen takia. Tieto myös saadaan ja sitä voidaan aina käsitellä digitaalisenä, jolloin prosessista saadaan tarkempia tietoja pienemmällä työllä. Digitalisaatio auttaa prosessin jatkuvassa Leanin mukaisessa kehittämisessä. Muita etuja, joita digitalisoinnilla saavutetaan, on koneiden käyttöasteiden tarkempi määrittäminen.

Jotta prosessinhallintajärjestelmästä saadaan enemmän irti, on siihen hyvä sisällyttää myös datan lukua prosessista. Suureet, joita järjestelmällä halutaan lukea, ovat letkun katkaisupituus, letkun kokonaispituus, sekä liittimen halkaisija. Parametreista letkun katkaisupituus on prosessissa asentajan asettama suure, joka

voidaan eliminoida toteuttamalla takavasteen siirto automaation avulla. Takavasteen avulla ei kuitenkaan haluta vetää letkua oikeaan mittaan, sillä sitä varten tarvittaisiin vahva sähkömoottori, letkurullan tasaista rullaamista, sekä nopeaa automaattista liikettä. Automaattinen liike on valtava turvallisuusriski, johon liittyy koneturvallisuusmääräyksiä. Turvallisuuden varmistaminen automaattisesti liikkuville laitteille on erittäin kallista, sillä se vaatii turva-automaatiota. Tätä ajatusta ei kustannusten takia lähdetä jatkojalostamaan.

Jotta asennelmasta saadaan liittimen halkaisija, tarvitaan järjestelmään työntömitta, jossa on jokin sarjaliikenneväylä. Tällaisia löytyy useimmin RS232C-väylällä. Halkaisijaa voidaan mitata myös esimerkiksi konenäön avulla. Työntömitta on kuitenkin huomattavasti kustannustehokkaampi vaihtoehto. Muita tarvittavia komponentteja on jokin anturi, jonka avulla lasketaan katkaistujen letkujen määrä. Yrityksessä käytettävissä sahoissa on jo valmiiksi asennettuna kappalemäärälaskuri ja sille anturi, joita voidaan hyödyntää kappalemäärän laskemisessa. Sahassa oleva anturi antaa pulssin aina, kun saha on ääriasentoon painettuna.

Järjestelmälle halutaan jokin yksinkertainen ohjauskeskus, jonka vuoksi päädytään ohjelmoitavaan logiikkaan. Ohjelmoitavan logiikan etuja ovat sen yksinkertainen ohjelmointi ja muokkaaminen, helppo laajennettavuus, sekä kustannustehokkuus. Yksinkertaiseen järjestelmään, kuten suunniteltu prosessinhallintajärjestelmä, ei vaadita kuin virtalähde, prosessori ja yhdet kahdeksanpisteiset tulo- ja lähtökortit mahdollisesti analogisena ja digitaalisena, riippuen halutusta tiedosta. Ohjelmoitava logiikka on myös helppo visualisoida ja hallita joko tietokoneen näytöltä valvomo-ohjelmistolla, tai erillisellä käyttöliittymälaitteella.

Järjestelmään mietitään jo ennalta mahdollisia laajennuksia, joilla saadaan parannettua esimerkiksi asennelmien puhtautta, tai prosessin tehokkuutta. Näitä ei kuitenkaan vielä toteuteta. Mahdollisuuksia laajennuksiksi on tiettyjen yhden kappaleen virtauksen pakottaminen, tulppapuhalluksen seuranta ja kelarullan aukikelausjärjestelmä. Nämäkin kaikki ovat yksinkertaisesti toteutettavissa olevia laajennuksia, jotka voidaan tarpeen vaatiessa ja tilanteen salliessa jälkiasentaa.



Lisäksi pitää tietää, mistä tieto pitää hakea ja minne se pitää viedä. Yrityksessä käytetään toiminnanohjausjärjestelmänä Oraclen omistamaa JD Edwards World -järjestelmää. Järjestelmästä saadaan tieto helposti muutettua Excel-tiedostoksi, joten tiedonsiirto päätetään järjestää Excel-tiedostojen kautta SQL-kielellä. Suoraa linkkiä toiminnanohjausjärjestelmän ja prosessinhallintajärjestelmän välille ei kuitenkaan luoda, sillä se vaatisi investoimista erittäin vanhan järjestelmän tunte- mukseen, joka saatetaan korvata tulevaisuudessa. Parempaa linkitystä järjestel- mien välille pohditaan, kun toiminnanohjaus on muutettu nykyaikaisemmaksi.

### **5.3 Prosessinhallintajärjestelmän laitteet**

Koska prosessinhallintajärjestelmällä halutaan parantaa asennelmien laatua, on järjestelmän komponenttien tärkein ominaisuus niiden tarkkuus. Varsinkin pituu- den asettamiseen on valittava servo-ohjattu, eli takaisinohjattu laitteisto. Servo- tekniikalla takavaste saadaan paikoitettua jopa alle millimetrin tarkkuudella ase- tettuun sijaintiin. Lisäksi valittavan työntömitan on oltava riittävän tarkka.

Takavasteen siirtämiseksi voidaan käyttää erilaisia moottoreita, erilaisilla toimin- tatavoilla. Erilaisia toimintatapoja on nauha-anturit, jotka saattavat olla optisia tai magneettisia, vaijerianturit, liikeruuvit, energiansiirtoketjut, sekä laseriin perustu- vat mittalaitteet. Monille ohjaustypeille rajoitteeksi syntyy mitattavan kappaleen pituus, sillä käytössä olevan mittapöydän pituus on kuusi metriä. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että käyttöön otettavan järjestelmän tulee olla mahdollisimman vian- ja pölynkestävä, sillä teollisuusolosuhteissa likaantumista ei voida välttää. Tämän vuoksi myös laitteen koteloinnilla on merkitystä ja laitteen IP-luokituksen tuleekin olla vähintään IP64. Myös laitteen kulutuksenkeston tulee olla riittävä, sillä vaste saattaa liikkua koko mittapöydän etäisyydeltä useita kertoja päivässä.

Myös työntömittoja käydään läpi ja mietitään vaihtoehtoa, millä muilla mittalait- teilla liittimen halkaisijaa voidaan mitata. Toiseksi vaihtoehdoksi löytyy mikro- metri, joka putoaa kilpailusta, sillä mikrometrien hinnat karkaavat käsistä mitatta- van etäisyyden kasvaessa, jos niissä on jokin tiedonsiirtoväylä. Lisäksi mikromet- rien heikkous on se, jos mitattavien kappaleiden koko vaihtelee, sillä mikromet-

rien minimimittausalue ei yleensä ole 0 millimetriä, vaan jotain melko lähellä mitausalueen maksimia. Suurimpien käytössä olevien liittimien halkaisija ylittää 75 millimetriä, joka vaatii jo huomattavan suuren mikrometrin.

## 6 PROSESSINHALLINTAJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Prosessinhallintajärjestelmä päätetään toteuttaa ulkoistamalla, sillä henkilöstöressurssit järjestelmän suunnitteluun ja toteuttamiseen ovat minimaaliset. Koska asennussoluja on useampia, syntyisi järjestelmän toteuttamisesta pitkiä käyttökatkoja, mikäli asennus toteutettaisiin itse. Asennuksen ulkoistaminen alan ammattilaiselle saattaa helpottaa asennustyötä nopeuttamalla sitä. Myös projektin laitekohtainen suunnittelu jätetään ulkopuoliselle toimijalle. Jotta kuitenkin saadaan erilaisia mahdollisuuksia, pyydetään tarjoustä järjestelmästä seitsemältä eri urakoitsijalta. Yrityksiä haetaan useista eri kokoluokista, jotta nähdään erilaisia toteutuksia, sekä yrityksen koon vaikutus esimerkiksi asiakaspalveluun, lopputuotteen suunnitteluun, tai hinnoitteluun.

### 6.1 Yhteydenotto urakoitsijoihin

Kun suunnitelma prosessinhallintajärjestelmästä on pääpiirteittäin valmis, aloitetaan yhteydenotto mahdollisiin urakoitsijoihin. Lopulta valitaan kahdeksan toisistaan erilaista yritystä, joita erottaa yrityksen koko, sijainti sekä tyypillisimpien projektien laatu. Tarkoituksena on ymmärtää erilaisten yritysten toimintatapoja projektin suunnittelussa, sekä asiakaspalvelua. Järjestelmän suunnittelun kulmakiveksi tiedetään muodostuvan projektin budjetti, joka on hyvin rajallinen, mutta laskelmien mukaan sillä on mahdollista toteuttaa projektin mukainen järjestelmä.

Kahdeksasta yrityksestä kuusi vastaa tarjouspyyntöön kahden viikon sisällä ja näiden yritysten kanssa lähdetään suunnittelemaan järjestelmän toteutusta. Lopuista kahdesta yrityksestä vastausta ei saada lainkaan. Heti ensimmäisistä yhteydenotoista lähtien huomataan yritysten erot. Osa yrityksistä on hyvinkin yksityiskohtaisesti kiinnostunut projektin laadusta, kun taas osa yrityksistä on enemmänkin kiinnostunut budjetista sekä komponenteista, joita projektiin tarvitaan. Kaikkien yritysten kanssa sovitaan tapaaminen tehtaalla ja käydään läpi, kuinka prosessin virtaus toimii ja minkälaisia toiminnallisuuksia järjestelmästä vaaditaan. Urakoitsijat nimetään jatkossa nimillä urakoitsija X, jossa X on numero, joka erittelee yritykset toisistaan. Numerot ovat 1:stä 6:een.

Urakoitsija 1:n kanssa yhteistyö alkaa moitteettomasti, heidän selvittäessään puhelimen välityksellä projektin tarkoitusta. Tarkoituksen selvittämisen jälkeen he haluavat tietää toiminnallisuuden, jota järjestelmältä toivotaan. Urakoitsija myös kyselee omatoimisesti prosessin maksimiarvoista, sekä mahdollisista poikkeustapauksista, joka kertoo hyvästä insinöörimäisestä ongelmanratkaisuasenteesta. Urakoitsija 1:n kanssa aletaan selvittää mahdollisuuksia laajentaa järjestelmää, mutta todetaan laajennusten tulevan kyseeseen vasta myöhemmin. Urakoitsijalle näytetään video alkuperäisen järjestelmän toiminnallisuudesta, jonka jälkeen todetaan, että he luovat kaksi tarjousta, joista toisessa mittapöydän takavaste on automatisoitu lineaarimoottorilla ja toisessa takavaste siirretään manuaalisesti asentajan toimesta oikealle paikalleen. Lisäksi urakoitsija kehittää optioita, joilla automatisaation astetta voidaan nostaa, mikäli sille koetaan tarvetta.

Urakoitsija 2:n kanssa yhteistyö alkaa samanlaisella puhelulla, jossa keskustellaan ensin projektin luonne läpi. Tämän jälkeen sovitaan tapaaminen ja prosessin tarkempi tutkiminen. Urakoitsijan kanssa päästään yhteisymmärrykseen ja todetaan, että projekti on mahdollista toteuttaa. Yrityksen tapa toimia selviää nopeasti, sillä urakoitsija ei liiammin kysele kehitysmahdollisuuksista, vaan ilmoittaa kaiken olevan tehtävissä. Urakoitsija 3 puolestaan ilmoittaa jo ensimmäisessä keskustelussa, että heillä ei riitä aikaa projektin toteuttamiseen, joten keskustelu heidän kanssaan päättyi alkuunsa.

Urakoitsija 4 on käynyt katsomassa prosessin läpi jo ennen opinnäytetyön aloittamista, joten heillä on tiedossaan, kuinka prosessi toimii. Heidän kanssaan tilanne on yhtä lailla yksinkertainen, sillä he ovat valmiita toteuttamaan projektin ilman kehitysehdotuksia. Myös urakoitsija 5 ilmoittaa, että hekin tulisivat katsomaan prosessin läpi. Paikalle tultuaan urakoitsija on hyvin kiinnostunut prosessista ja ehdottaa erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa projekti. Yrityksen tapa hoitaa asioita on selvästi tehokas, eivätkä he juuri käytä aikaa asioiden pohtimiseen, vaan ryhtyvät saman tien toimeen.

Urakoitsija 6 on työtavaltaan hyvinkin perusteellinen ja aloittaa välittömästi keskustelut asiakaslähtöisesti. Urakoitsijan tavoite on selvästi tarjota asiakkaalle erinomainen kokemus heidän palveluistaan. Tapaaminen sovitaan myös kyseisen urakoitsijan kanssa. Tapaamisessa prosessi käydään hyvin perusteellisesti

läpi. Prosessin kaikki mahdolliset vastoinkäymiset käydään läpi, jokainen kytkentä mietitään, sekä jopa tiedonsiirtoväylät tutkitaan tarkasti. Urakoitsija ehdottaa monia asioita parannukseksi, mutta ottaa jatkuvasti myös budjetin huomioon. Tapaamisesta jää käsitys, että urakoitsijalla on erittäin vahva tahto toteuttaa projekti ja jopa ylittää asiakkaan tavoite.

## 6.2 Urakoitsijan valitseminen

Urakoitsijoista 4 lähettää oman tarjouksensa projektin toteutuksiksi, joita lähde-tään käsittelemään. Jokainen tarjous on toisistaan poikkeava niin sisällöllisesti, kuin tyyllillisestikin. Osa tarjouksista on selvästi laadittu toisia tarkemmin ja niissä on prosessi sekä järjestelmä tarkasti kuvattuna. Toiset tarjoukset on luotu selvästi vain ajattelemalla suurin piirtein prosessiin vaadittavat komponentit ja luomalla niiden pohjalta jonkinlainen hinta-arvio kokonaisuudelle. Jokainen tarjous sisältää työn suunnittelun, komponentit, sekä asennuksen käyttöönottotarkastuksineen.

Urakoitsija 1 lähettää kaksi tarjousta, joista ensimmäinen sisältää tarjouksen järjestelmälle, jossa on automaattinen takavasteen siirto ja toinen järjestelmälle, jossa takavaste siirretään manuaalisesti. Tarjoukset sisältävät tarkasti tiedot siitä, kuka on suunnitellut ja mitä, sekä kenelle. Jokainen asia järjestelmän toiminnasta on avattu yksiselitteisesti. Automaattiselle järjestelmälle komponenteiksi on kirjattu lineaarijohde servomootoreineen sekä ohjaimineen ja tarvikkeineen, kotelot johdoille ja laitteille, paneeli-PC, ohjelmoitava logiikka ja sen tulo-, ja lähtökortit, teholähteet, digitaalinen työntömitta, sekä viivakoodinlukija. Jatkossa komponentit mainitaan ainoastaan takavasteen siirtotyyppin osalta. Lisäksi tarjouksista nostetaan esille vain asioita, mitkä erottavat sen oleellisesti muista tarjouksista. Urakoitsijan 1 toinen tarjous sisältää muuten samanlaisen toteutuksen, mutta paikoitus on manuaalinen ja mittaus toimii magneettinauhalla sekä magneettinauha-anturilla. Paikoitusta helpottamaan on myös lisätty takavasteeseen erillinen näyttö, joka näyttää takavasteen sijainnin.

Urakoitsijan 2 tarjous on muutoin vastaavanlainen sekä odotettu, mutta keskusteluissa esiin tullut lineaarijohde on muutettu lineaariruuviksi. Tämä muuttaa projektia siten, että riskienarviointi pyöriville komponenteille on hieman erilainen kuin

lineaarisesti liikkuville. Pyörivästä liikkeestä saattaa aiheutua ylimääräinen turvallisuusriski, mikäli ruuvia ei ole riittävästi suojattu. Urakoitsijan 4 tarjous on sisältöään hyvin samanlainen ensimmäisen tarjouksen kanssa. Urakoitsijan 5 tarjous puolestaan on hyvinkin puutteellinen, jossa ei kerrota lopputuotteesta juuri mitään. Tarjouksessa ei kerrota laitteiden malleja, tai edes toimintatapoja, eikä siitä käy ilmi juuri muutakaan.

Urakoitsijan 6 tarjous on kaikin puolin kattava, sekä yksityiskohtainen. Tarjouksessa jokainen laite on ilmoitettu malleineen, sekä jokaisen osan toiminta ja parametrit on selitetty. Lisäksi tarjouksessa on otettu valmiiksi huomioon erilaiset koneturvallisuusmääräykset.

Kun kaikki tarjoukset on saatu, ne käydään tarkasti läpi ja pohditaan jokaiseen tarjoukseen liittyvät hyvät ja huonot puolet. Jokainen tarjous koostetaan myös englanniksi, jotta ne voidaan esittää johdolle arvioitaviksi. Oma arviointi perustuu yksinkertaiseen kolmen arviointikriteerin arviointiin, joista jokaiselle annetaan painoarvo asian kriteerin tärkeyden mukaan. Arviointiasteikko on nollasta kahteen. Arviointikriteereitä ovat tarjouksen hinta, jolle annetaan painoarvo viisi, tarjouksen laajuus, jolle annetaan painoarvo kolme, sekä tarjouksen vastaavuus tilaukseen painoarvolla yksi.

Tarjouksen hinta saa arvosanan 2, mikäli hinta alittaa tarjoukselle ilmoitetun budjetin, arvosanan 1, mikäli budjetti ylittää budjetin korkeintaan 10 %:lla ja tätä korkeammat hinnat saavat arvosanan 0. Tarjouksen laajuus saa arvosanan 2, mikäli tarjoukseen on sisällytetty koko järjestelmän sisältö komponentteineen, suunniteltuineen, sekä asennuksineen ja testauksineen. Laajuus saa arvosanan 1, mikäli jokin mainittu kokonaisuus on merkitty erillisveloituksella, suurempi määrä erillisveloituksia tuottaa arvosanan 0. Tarjouksen vastaavuus tilaukseen saa arvosanan 2, mikäli tarjous vastaa sisällöllisesti täysin tilausta, arvosanan 1, mikäli jokin komponentti on muutettu toiminnaltaan erilaiseen ja arvosanan 0, mikäli tarjouksessa on jätetty jokin kokonaisuus täysin mainitsematta.

Tarjousten arvioinnin perusteella saadaan tulos, jossa urakoitsijan 1 tarjous saa parhaan arvosanan ja tämä ilmoitetaan johdolle tarjousten esittelyn yhteydessä. Johto saa oman aikansa tarjousten käsittelyyn, joka tapahtuu täysin pois projektin

vetäjän käsistä. Päätös selviää ja johdon painoarvot omissa arvioinneissaan ovat eriävät ja he päätyvät urakoitsijan 4 tarjoukseen. Tämän jälkeen kyseisen tarjouksen perusteella lähdetään luomaan tilausta ja muille urakoitsijoille ilmoitetaan, ettei projektia tulla jatkamaan heidän kanssaan.

### 6.3 Tilauksen tekeminen

Urakoitsijalle 4 ilmoitetaan, että heidän tarjouksensa on valittu, jonka jälkeen tarjousta halutaan viedä nopeasti tilauksen tasolle. Tilaussopimusta lähdetään luomaan ja käydään palaveri projektiin liittyen ostavan yrityksen eri osastojen välillä. Tässä vaiheessa eräästä osastosta ilmoitetaan, ettei heiltä ole pyydetty lupaa järjestelmän toteuttamiseen, joka yrityksen sisällä vaaditaan. Heille järjestelmän luominen tulisi liian aikaa vieväksi, joten projektia joudutaan arvioimaan uudelleen.

Projektin päämäärää ja ratkaisuja on ilmoitettu eteenpäin aina uuden tiedon tullessa, tarvittavia komponentteja myöten. Projektin analysoinnin jälkeen tullaan tulokseen, että projektia ei enää saa jatkaa, vaan yrityksen sisällä valmiiksi oleva prosessinhallintajärjestelmä halutaan toteuttaa. Tämä muuttaa koko projektin luonteen, jonka jälkeen kyseessä on enää kopiointityö, johon vaaditaan muista tehtaista tieto, mitä komponentteja järjestelmässä on käytetty. Työn toteutus halutaan siitä huolimatta tehdä urakoitsijan 4 kanssa, jolle ilmoitetaan projektin muutoksesta. Projektin komponenttien hankinnat tehdään ostavan yrityksen puolesta, mutta urakoitsija toteuttaa mekaanisen asennuksen.

Komponenttien selvittäminen osoittautuu kuitenkin yllättävän haastavaksi, sillä täyttä komponenttilistaa ei tunnu olevan olemassa. Siitä huolimatta jatkuvasti painotetaan, että komponenttien tulee olla juuri samanlaiset, jotta järjestelmä voidaan ottaa käyttöön moitteettomasti. Tiedon etsimisen jälkeen löytyy jonkinlainen suurpiirteinen lista tarvittavista komponenteista, jotka tilataan toisen tehtaan kautta, sillä kyseisessä maassa saatavuus komponenteille on parempi.

Kun komponenttitalaus on lähetetty toiselle tehtaalle, saadaan uusi projektia hidastava tieto, jonka vuoksi projekti on jätettävä määrittelemättömän pituiselle taulolle. Tässä vaiheessa projekti on jo niin pitkällä, ettei uutta opinnäyteprojektia kannata enää aloittaa. Voidaan vain todeta, että projekti jää keskeneräiseksi. Yritysten suuri koko saattaa toisinaan vaikuttaa projektien kulkuun ja uuden projektin ilmaantuessa edellinen projekti saatetaan jättää täysin varjoon uusien houkuttelevampien projektien taakse.



## 7 POHDINTA

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Parker Hannifin AB:n kanssa. Työn tavoite oli selvittää, minkälainen prosessinhallintajärjestelmä voidaan luoda hydrauliletkuasennelman tuotantoprosessiin ja olisiko se hyödyllinen tuotannon laadun parantamiseksi. Suunniteltua järjestelmää verrattiin muualla jo valmiiksi käytössä olevaan järjestelmään. Uuden järjestelmän oli tarkoitus toimia siten, että se parantaisi lopputuotteen laatua, mutta ei leikkaisi tehokkuudesta.

Työ toteutettiin kahtena kokonaisuutena: alkuperäisen järjestelmän tutkimisena, sekä uuden järjestelmän suunnitteluna ja tilauksena. Alkuperäisen järjestelmän suunnittelu oli toteutettu nopeasti sekä vajavaisesti, jonka vuoksi kustannus- ja säästöarvioita jouduttiin kyseenalaistamaan ja uudelleenlaskemaan. Tämä hidasti työn aloitusta huomattavasti, sillä ei ollut järkevää lähteä suunnittelemaan uutta järjestelmää, kun yrityksen käsitys alkuperäisen järjestelmän säästöistä näyttivät niin optimistisilta. Yritystä kiinnostavat asiat opinnäytetyössä olivat järjestelmän säästöarviot tulevaisuudessa, sekä sen mahdollisuudet eliminoida virheet tuotannosta, sillä yritys noudattaa hyvin tarkasti Lean-tuotantojärjestelmää.

Suunniteltu järjestelmä vaikutti kiinnostavalta mahdollisuudelta, sekä tulevaisuuden katsovalta, varsinkin sen kustannusten ollessa kilpailukykyiset alkuperäisen järjestelmän kanssa. Tämän vuoksi voitiin olettaa, että suunniteltu järjestelmä tuottaisi yritykselle enemmän säästöjä kuin nykyinen eli alkuperäinen järjestelmä. Lisäksi uutta järjestelmää olisi helppo laajentaa, eikä olisi tarvetta luoda täysin uutta järjestelmää, kun prosessia halutaan seuraavan kerran kehittää. Todellisuudessa vastaan tuli suuren yrityksen rajoitukset, jossa käytössä olevien järjestelmien määrää halutaan rajata, jotta tiettyjen osastojen työmäärä ei kasvaisi valtavasti. Jokainen järjestelmä, joka yrityksessä on käytössä, vaatii yrityksen sisältä henkilöitä, jotka ovat kyseisen järjestelmän osaajia.

Järjestelmän kehittämismahdollisuuksia on huomattava määrä, sillä ohjelmoitava logiikka on yksinkertainen keskusyksikkö prosessin erilaisten tietojen selvittämiseksi ja ohjaamiselle. Varsinkin aukikelausjärjestelmä keventäisi työtä tulevaisuudessa, joka on tärkeä asia työn mielekkyyden, sekä työhyvinvoinnin kannalta.

Lisäksi halkaisijan mittaamiseen olisi monia mahdollisuuksia, joilla prosessia voitaisiin yhdenmukaistaa ja inhimillisen virheen riskiä pienentää. Liittimen esipuristus ja puristus olivat lisäksi kriittisiä työvaiheita, joihin jatkojalostusta voisi vielä toteuttaa.

Työn lopputulos jäi vielä avoimeksi, sillä mitään järjestelmää ei toistaiseksi viedä eteenpäin. Työn toteutus oli melko hankalaa, josta kertoo sen keskeneräisyys, sekä keskeytykset useissa vaiheissa. Lopputulos jäi avoimeksi, mutta jonkin järjestelmän valmistuminen kohteeseen on lähitulevaisuudessa varmaa. Projekti opetti todellisesta maailmasta, että vaikka jokin asia olisi absoluuttisesti parempi, se ei välttämättä toteudu, riippuen eri tahojen intresseistä. Tärkeintä oli kuitenkin se, että projektia ei tehty turhaan, vaan sen avulla onnistuttiin oppimaan vastaavien projektien varalle.

## LÄHTEET

- Direktiivi 2014/32/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi mittauslaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 7.1.2015. Luettu 17.9.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L0013&from=FI>
- Fonselius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Sampo, A. & Välimaa, T. 1994. Koneautomaatio. Anturit. 3. painos. Helsinki: Painatuskeskus.
- Hirano, H., Talbot, B. & Bodek, N. 1995. 5 pillars of the visual workplace: the sourcebook for 5S implementation. Portland: Productivity Press.
- Honkanen, A. 2017. Yleinen työohje, kokoonpanosolut. Julkaisematon. Parker Hannifin.
- Kauppinen, J. 2016. Työohje keräily. Julkaisematon. Parker Hannifin.
- Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014. Mittaustekniikka. 1. painos. Helsinki.
- Malcovsky, S. 2021. HS-P101E. Julkaisematon. Parker Hannifin.
- Mehta, B. & Reddy, Y. 2015. Industrial process automation systems: design and implementation. Amsterdam: Elsevier.
- Mettler Toledo. n.d. 5s Audit Checklist - Requirements to Sustain a Lean Laboratory. Luettu 7.11.2021. <https://www.mt.com/id/en/home/library/guides/laboratory-weighing/5S-audit.html>
- Nyce, D. 2004. Linear position sensors theory and application. Hoboken: Wiley-Interscience.
- Parker Hannifin Corporation 2021. Parker Hannifin kotisivut. Luettu 13.8.2021. <https://www.parker.com/>
- Recommendations and best practice for hydraulic hose assembly cleanliness. 2015. 1. painos. Oxfordshire: The British Fluid Power Association.
- Roser, C. 2021. Eight Pillars of TPM. Luettu 15.10.2021. <https://www.allabout-lean.com/tpm-pillars-overview/eight-pillars-of-tpm/>
- Womack, J. & Jones, D. 1996. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster.
- Protzman, C., McNamara, J. & Protzman D. 2016. One-Piece Flow vs. Batching: A Guide to Understanding How Continuous Flow Maximizes Productivity and Customer Value. Boca Raton: Productivity Press.
- Suzuki, T. & Loftus, J. 1994. TPM in Process Industries. 1. painos. Portland: CRC Press.