

LAB-ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka Lappeenranta
Konetekniikan koulutus
Tuotanto ja kunnossapito

Alexi Ikonen

3D-mittalaitteen käyttöönotto

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Aleksi Ikonen

3D-mittalaitteen käyttöönotto, 32 sivua,

LAB-ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka Lappeenranta

Konetekniikan koulutus

Tuotanto ja kunnossapito

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Heikki Liljenbäck, LAB-ammattikorkeakoulu, QHS Manager

Satu Hallikainen, Outotec (Filters) Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa 3D-mittalaitteen käyttöönotto. Työ rajattiin laitteen käytön aloittamisen helpottamiseksi käyttöohjeiden ja työohjeiden tekoon. Työn edetessä käytön tehostaminen lisättiin mukaan opinnäytetyöhön.

Työn avulla saatiin ohjekokoelma, jonka avulla kokemattomampi tai ensikertalainen voi tehdä mittauksia. Ohjekokoelma kattoi laitteen toiminnot, laitteiston yhdistämisen, käsittelyn sekä mittauksien aloittamisen ja lopettamisen. Lisäksi mitaustyöskentelyä saatiin helpotettua ja työntekijän työergonomiaa parannettua apuvälineillä.

Opinnäytetyötä voidaan pitää kokonaisuudessaan onnistuneena. Opinnäytetyön avulla saatiin erillisten koulutuksien sijaan ohje, joka mahdollistaa itsenäisen työskentelyn ja laitteiston käytön. Ohjeiden avulla laitteen käyttäjä pystyy tarkastamaan sekä todistamaan kappaleiden tarkempaa mittalaatua standardilla raporttipohjalla.

Asiasanat: 3D-mittaus, lean, laaduntarkastus

Abstract

Aleksi Ikonen

Introduction of 3D-measurement device, 32 Pages

LAB University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Mechanical Engineering

Production and Maintenance

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: Mr Heikki Liljenbäck, Senior Lecturer, LAB University of Applied Sciences. Ms Satu Hallikainen, QHS-Manager, Outotec (Filters) Oy

The purpose of this thesis was to make the introduction of a 3D-measurement device. At the beginning the project was limited to the manual of the 3D-measurement device and work instructions. As the project progressed, the planning of intensified used of the device was included to the thesis.

The thesis resulted in a collection of instructions which can be used by an unexperienced or novice user to make a measurement with the device. The collection of introductions includes the functions of the device, the connection of the device, using of device and start and stopping of measuring. Also, the measuring with the device was simplified and working ergonomic was improved with working aid.

The thesis achieved the goals. The user can do all measurements with the measurement device without a separated study with the manual. The user can inspect and show better measured quality and standard report with the manual.

Keywords: 3D-measuring, lean, quality inspection

Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Outotec.....	6
3	Vastaanotto- ja laatutarkastukset.....	9
3.1	Tarkoitus.....	9
3.2	Tarkastuksien toteuttaminen.....	9
3.3	3D-mittalaitteet.....	10
4	Lean.....	11
5	Käyttöönotto.....	14
5.1	3D-mittalaitteen käyttö.....	14
5.2	Tiedon keruu.....	14
5.3	Käyttö- ja työohje.....	15
5.3.1	Laitteiston esittely, säilytys ja kytkentä.....	15
5.3.2	Kameroiden sijoittaminen ja kalibrointi.....	17
5.3.3	Mittaus.....	19
5.3.4	Mittaustulokset ja raportti.....	21
5.3.5	Mittaohjelmat.....	22
6	Käytön tehostaminen.....	23
6.1	5S.....	23
6.2	Mittausohjelmat.....	25
6.3	Mittausvaunu.....	27
6.4	Työskentelysolut.....	28
6.5	Mittarit.....	29
7	Yhteenveto.....	29
	Lähteet.....	32

1 Johdanto

Lisääntyneen tuotannon, lyhyempien varastointiaikojen ja toimittajien toimitusai-
kataulujen vuoksi osakomponenttien laaduntarkastukseen käytettävä aika vähe-
nee. Vastaanottotarkastukset joudutaan tekemään nopeasti eikä läheskään kaik-
kia osakomponentteja ehditä tarkastamaan ennen kuin ne päätyvät tuotantoon.
Lisäksi kaikkien oleellisten tarkastuksien teko suodattimien pääkomponenteille
vanhoilla tarkastusmenetelmillä ei ole mahdollista ilman mittatarkkuuden heikke-
nemistä. Geometristen toleranssien kuten tasomaisuuksien tarkastaminen, mah-
dolliset ristimitat ja erityisen vaikeissa paikoissa olevat kohteet ovat myös haas-
teellisia, aikaa vieviä ja mahdollisesti mittatarkkuutta vaativia kohteita. Pääsään-
töisesti alihankinnasta tulevat komponentit ovat laatutiimin tarkastuksen kohteita.
Laatutiimin yhtenä tehtävänä on löytää komponenteista virheitä ja pysäyttää vir-
heellisen osan päätyminen tuotantoon jo ennen projektin aloitusta.

Opinnäytetyö on osana Lappeenrannassa sijaitsevan Outotec (Filters) Oy:n laa-
tutiimille hankitun 3D-mittalaitteen käyttöönottoa. Mittalaite on uusi laite tuotanto-
laitoksessa, eikä se ole entuudestaan tuttu sitä käyttäville henkilöille. Työn tarkoi-
tuksena on tutustua laitteeseen mahdollisimman hyvin, luoda käyttö- ja työohje
sekä saada laite mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Käyttöohjeeseen si-
sällytetään laitteiston esittely, kalibrointi, mittaaminen, tulosten tulkinta sekä mit-
taohjelmien luonti. Ohjeet rakennetaan omien käyttökokemusten ja erilaisten tes-
timittauksien pohjalta. Käytön tehostamisessa on pyritty huomioimaan laitteiston
omat ominaisuudet, työskentelytilat ja mittaajan työskentelyn helpottaminen. Mit-
talaitteen käyttöönotossa ja käytön tehostamisessa on pyritty tukeutumaan lean-
filosofiaan ja sen työkaluihin, kuten 5S. Lean-filosofia on Outotec (Filters) Oy:lle
tuttu työkalu jo entuudestaan ja sitä käytetään tuotannossa useissa eri toimin-
noissa.

2 Outotec

Outotec on vuonna 2006 syntynyt teknologiapörssiyhtiö, joka syntyi teknologia osan irrotessa Outokumpu Oyj:n toiminnasta. Outotec kehittää ja tarjoaa teknologisia ratkaisuja, jonka lisäksi Outotec on myös projektiyritys, joka myy laitos- sekä teknologiahankkeita metalli-, mineraali-, kaivos- ja kemianteollisuuteen sekä veden puhdistukseen. Yritys ensin suunnittelee hankkeen, jonka jälkeen toteuttaa sen joko itse tai yhteistyökumppaniensa kanssa. Tuotteiden osat pääsääntöisesti valmistavat alihankkijat ja näin ollen Outotec toimii lähinnä kokoonpanijana. Koneiden tärkeimmät osat valmistetaan edelleen itse. Laitteistoja valmistetaan ulkomailla sekä Suomessa Outokummussa, Turulassa ja teollisia suodattimia Lappeenrannassa. Outotecilla on noin 4000 työntekijää sekä myynti- ja palvelukeskuksia 34 maassa, kuudella mantereella. Liikevaihto 2018 oli 1,3 mrd euroa. (Outotec 2019. Sisäiset tiedot.) ”Outotec ja Metso minerals yhdistyvät luoden johtavan prosessiteknologiaa, laitteita ja palveluja mineraali-, metalli- ja kivenmurskausteollisuuden aloille tarjoavan yhtiön” (Outotec 2019. Metso-Outotec. Toimialaa mullistava yhdistyminen). Transaktion odotettu toteutumien tapahtuu 2020 vuoden toisella kvartaalilla.

Larox aloitti teollisuussuodattimien valmistamisen vuonna 1977 Lappeenrannan konepajan tiloissa. Teollisuussuodattimia käytetään pääsääntöisesti kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa sekä kemianteollisuudessa. Outotec osti vuonna 2009 Laroxin osake-enemmistön, jonka seurauksena Larox-nimi vaihtui Outotec (Filters) Oy:ksi. Outotec (Filters) Oy valmistaa suodattimia, modernisoi vanhoja suodattimia sekä tarjoaa niille huoltopalveluja. Outotec:lla on käytössä standardit ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 ja ISO 50001 (Outotec 2019. Sisäiset tiedot). Vuonna 2018 Outotec Filtersillä oli 66 työntekijää ja liikevaihto oli 32,9 miljoonaa euroa. (Outotec 2019. Liiketoiminta).

Outotec (Filters) Oy:n valmistamiin tuotteisiin kuuluvat pystypainesuodattimet, vaakapainesuodattimet, paine- ja kaasutiiviit tasonauhasuodattimet, kirkastusuodattimet, sekä rumpusuodattimet. Suodattimien toimintaperiaate on erotella lietteestä neste ja kiinteäaine joko ali- tai ylipaineella, jolloin neste erotetaan joko

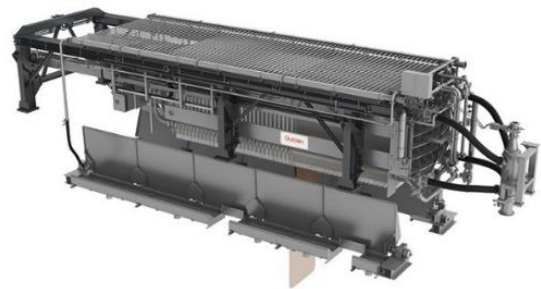
imemällä tai puristamalla kankaan lävitse. Pystypainesuodattimet ovat Lappeenrannan toimipisteen päätuote, joka on myös pitkäaikaisen kehitystyön tulos. (Outotec 2019. Sisäiset tiedot)

Outotec Larox PF pystypainesuodattimien (kuva 1) toiminta perustuu ylipaineeseen. Liete pumpataan suodinlevyjen väliin, ylemmän levyn kumikalvon ja alemman levyn ritilän päällä olevan suodinkankaan väliin. Kumikalvoon ajetaan ylipaine, jolloin kalvo puristaa lietteen nesteen suodinkankaan ja alemman levyn ritilän lävitse, jolloin kiinteäaine ja neste erottuu toisistaan. Vetotela liikuttaa kangasta suodinlevyjen välissä, jolloin kiinteäaine eli kakku tipahtaa kakkukouruun, jonka jälkeen suodatin on valmis aloittamaan uuden syklin. PF-valikoimaan kuuluvat sarjojen 1,6 m², 12 m², 15 m², 48 m² ja 60 m² suodattimet, jotka käyttävät erikokoisia suodinlevyjä joko 1,6m², 2,5m² tai 6m². (Outotec 2019. Tuotteet. PF-suodatin)

Vaakapainesuodatin (kuva 2) toimii samalla periaatteella, mutta levyt aukeavat vaakasuunnassa, jolloin kakku tipahtaa omasta painostaan johtuen automaattisesti kakkukouruun (Outotec 2019. Tuotteet. FFP-suodatin).



Kuva 1 Pystypainesuodatin
(Outotec 2019. Tuotteet. PF-suodatin)



Kuva 2 Vaakapainesuodatin
(Outotec 2019. Tuotteet. FFP-suodatin)

Kiekkosuodattimien ja keraamisten kiekkosuodattimien (kuva 3) toiminta perustuu kapillaari-ilmiöön ja alipaineeseen. Kiekko uitetaan lietteessä, jolloin neste kulkeutuu kiekossa olevien huokosten lävitse ja erottuu kiinteästä aineesta. Nesteen kulkeutumista huokosten lävitse helpotetaan imulla. (Outotec 2019. Tuotteet CC-Ceramic suodatin.)



Kuva 3 Kiekkosuodatin (Outotec 2019. Tuotteet CC-Ceramic suodatin)

Pannevis eli tasonauhasuodattimen (RT) (kuva 4) toimintaperiaate perustuu alipaineeseen. Erona pysty ja vaakapainesuodattimiin tasonauhasuodattimessa on imutasot, joiden päälle liete pumpataan ja imutasot imevät nesteen kankaan lävitse. (Outotec 2019. Tuotteet. RT-suodatin.) Pannevis-suodattimista RT-GT (kuva 5) on kaasutiivis, jolloin mahdollisesta prosessista johtuvien kaasujen poistuminen hengitysilmaan estetään. (Outotec 2019. Tuotteet. RT-GT suodatin).



Kuva 4 Tasonauhasuodatin RT



Kuva 5 Tasonauhasuodatin RT-GT

(Outotec 2019. Tuotteet. RT-suodatin) (Outotec 2019. Tuotteet. RT-GT suodatin)

3 Vastaanotto- ja laatutarkastukset

3.1 Tarkoitus

Yleisesti vastaanotto- ja laatutarkastuksien tavoitteena on estää viallisten sekä vääränlaisten osien päätyminen tuotantoon, jolloin vältetään tuotannon aikaista hukkaa. Mahdolliset vialliset osat voivat aiheuttaa viivästyksiä, poikkeavia työtehtäviä ja osien turhaa liikkumista, jotka aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia. Viivästykset aiheuttavat aikatauluun muutoksia ja pahimmassa tapauksessa vialliset osat voivat aiheuttaa turvallisuusriskin tai koneen valmistuksen pysähtymisen. Viallisten osien tuotantoon pääsyn estämisellä pyritään myös varmistamaan lopputuotteen oikeanlaisuus ja se, että tuote on juuri mitä asiakkaalle on myyty. Tarkastuksilla pyritään myös valvomaan alihankinnasta tilattuja komponentteja hyvissä ajoin. Näin toimittajalle annetaan mahdollisuus sekä aikaa korjata mahdolliset virheet itse, ilman että niillä on vaikutusta omaan tuotantoon.

3.2 Tarkastuksien toteuttaminen

Nykyinen laaduntarkastus tapahtuu pääosin pistokokeina lukuun ottamatta runko-osia eli niin sanottuja raskaita osia, jotka pääsääntöisesti tarkastetaan kaikki. Lisäksi tarkastuksia tehdään tuotannon aikana tai erillisestä pyynnöstä, mikäli asentaja havaitsee ongelmia tuotteessa. Mittausvälineinä toimivat mikrometrit, rullamitat, linjauldat ja suorakulmat, joita myös joudutaan käyttämään yhdessä ja soveltaen. Raskaiden osien mittauksissa ongelmia tuottavat mittauspisteet, jotka ovat mahdottomia tai hyvin hankalia mitata edellä mainituilla mittausvälineillä ja menetelmillä. Näitä mittauksia ovat esimerkiksi ristimitat, kulmien yli mittaukset sekä geometrinen toleranssien tarkastelut.

Tarkastettavan kohteen tarkastus alkaa siitä, että tarkastaja tulostaa valmistuspiirustuksen tarkastettavasta kohteesta, kerää tarvittavat mittavälineet ja mittaa mitattavissa olevat ja oleellimmat mitat verraten piirustuksiin. Suunniteltaessa mittauksista mittaaja joutuu joskus käyttämään luovuutta hankalan mittavälin mittaamiseen. Mikäli mittauksesta halutaan erillinen mittausraportti, jokainen mittaaja luo omanlaisen raportin, jolloin ne ovat aina hyvinkin erilaisia. Tarkastuksille ei ole tehty ohjetta tai mallia, kuinka tarkastukset tulee suorittaa ja mitä kaikkea

täytyy tarkastaa. Myöskään raporteille ei ole standardi pohjaa, jota käyttää. Nykyinen käytäntö on hyvin hidas, kaikkia mittoja ei ole mahdollista tarkistaa, jotkin mittaukset jättävät mittaajalle liikaa tulkittavaa, jolloin tulokset eivät ole niin luotettavia ja mahdollistavat virheiden syntyminen.

3.3 3D-mittalaitteet

Mittaamiseen on kehitetty paljon erilaisia apuvälineitä, joilla pystytään tehokkaammin ja tarkemmin toteuttamaan laadun tarkastamista. Kyseisiä apuvälineitä ovat esimerkiksi koordinaattimittausjärjestelmät, lasermittausjärjestelmät sekä skannerit. Mittausjärjestelmät mahdollistavat perinteisille mittausmenetelmille hankalat tai mahdottomat mittaukset sekä tulosten suoran vertaamisen kappaleesta olevaan CAD-malliin.

3D-mittaus on moderni keino mitata, skannata ja havainnollistaa mitattava monimuotoinen kappale tarkasti ja nopeasti. Tästä syystä 3D-mittausta voidaan hyödyntää eri teollisuuden aloilla ja tilanteissa. 3D-mittauslaitteistot ovat koordinaattimittausjärjestelmiä, joilla pystytään mittaamaan geometrisille elementeille muun muassa pituus, ympyrä, taso ja niiden geometrisia vertailuja. Mittalaitteet ovat helppokäyttöisiä ja mahdollistavat mittaukset paikoissa, joissa kohdetta ei välttämättä pystytä siirtämään. Mittaukseen tarkoitettuja laitteita on useita erilaisia, jotka toimivat esimerkiksi laserin avulla tai LED-valojen avulla. (Vossi 2019.) 3D-mittalaitteella pystytään mittaamaan perinteisille mittausvälineille hankalissa ja jopa mahdottomissa paikoissa olevia pintoja ja etäisyyksiä suurella mittatarkkuudella. Perinteisiin mittaustapoihin verrattuna 3D-mittauksella voi säästää aikaa jopa 70 %. (Kiwa 2019.)

Norjalaisen Metronorin valmistama kahden optisen kameran siirrettävä koordinaattimittausjärjestelmä Metronor DUO (kuva 6) sisältää kaksi kameraa, vastaanottimen, tietokoneen, mittausohjelman ja mittatikun. Laite mahdollistaa mittauksien suorittamisen eri paikoissa ja se on helposti liikuteltavissa sen keveyden takia, noin 30 Kg. Laite mahdollistaa mittatulosten vertauksen suoraan olemassa olevaan CAD-malliin ja sen toleransseihin, vääntymien, vääristymien ja muodonmuutosten mittauksen, prosessin aikaisen seurannan sekä raporttien puoliautomaattisen tekemisen mittaustuloksista. Mittauksen suorittamisessa kameroiden

täytyy havaita mittakynän LED-valot. Näin ollen mitattavan kohteen ei tarvitse näkyä kameroissa ja pystytään suorittamaan kulman taakse mittauksia. Laitteisto on heti valmis käytettäväksi ilman minkäänlaista esilämmitystä tai valmistelua 0,02 mm mittatarkkuudella, joten mittauksia voidaan suorittaa aina tarvittaessa hyvällä mittatarkkuudella. Laitteiston ominaisuuksiin kuuluu sen helppo liikuteltavuus, jolloin mittauksia voidaan tehdä ympäri tehdasta ilman kappaleiden siirrostä syntyviä kustannuksia ja työturvallisuusriskejä. Laitteisto mahdollistaa momenttityyppisiä mittauksia sen mittausominaisuuksien avulla sekä mahdollisuuden tehdä omia mittausohjelmia ja juuri omiin mittauksiin sopivia mittapäitä. (Metronor 2019.)



Kuva 6 3D-mittauslaite (Metronor Duo)

4 Lean

Lean toimintamalli on kehitetty Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Ensiksi se on otettu käyttöön autoteollisuudessa, josta lean on levinnyt lähes kaikille toimialoille. Lean on toimintajärjestelmä, jonka toimintaperiaatteilla ja kehitysokalujen avulla pyritään tehostamaan työtapoja, parantamaan toiminnan laa-

tua ja lisäämään tuotteen arvoa vähentämällä jatkuvasti hukkaa. ”Leanin tavoitteena on kehittää yrityksen ja sen henkilöstön osaaminen maailman parhaalle tasolle.” (Kouri 2009, 5.)

Lean-toimintamalli näkyy parhaiten jatkuvassa kehitystyössä sekä tuotannon organisoinnissa. Tarkoituksena on kehittää yrityksen toimintaa siellä, missä tuotteet valmistetaan. Laatuajattelu on lean toiminnan asian ydin, jossa tehdään kaikki mahdolliset toimenpiteet tuotteen ja toiminnan laadun varmistamiseksi. ”Tuotteen tai palvelun arvo määritellään asiakkaan näkökulmasta; se muodostuu tuotteen ominaisuuksista, laadusta, toiminnasta ja varmuudesta.” (Kouri 2009, 8)

Leanissa yritys pyrkii toimimaan asiakaslähtöisesti ja asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa tuottavana. Yrityksen pitää ymmärtää ne toiminnot, jotka lisäävät arvoa asiakkaan silmissä ja pyrkiä kohdistamaan voimavarat juuri niihin toimintoihin. Leanin tarkoituksena on parantaa työskentelyolosuhteita, antaa työntekijöille mahdollisuus vaikuttaa sekä osallistua työn kehittämiseen, parantaa yrityksen kilpailukykyä ja tehdä oikeita asioita, jotka johtavat yrityksen eteenpäin viemiseen kaikilla osa-alueilla. (Modig & Åhlström 2013, 118–123.)

Leanissa tarkoituksena ei ole toimia kustannustensäästöohjelmana, siirtyä liukuhihnatyöhön, pyrkiä henkilöstön vähentämiseen, vähentää työn mielekkyyttä tai karsia kaikesta. Tarkoitus ei ole muuttaa kaikkea kerralla vaan ottaa pieniä askeleita ja seurata muutoksien vaikutusta. Kyse myöskään leanissa ei ole pelkästä projektista, jolla on aloitus- ja lopetuspäivä. Kyse on jatkuvasta kehityksestä. Vaikka lean on syntynyt autoteollisuudessa ja se mielletään massatuotannon työkaluksi, sitä ei ole tarkoitettu pelkästään teollisuuteen ja liukuhihnatyöhön. (Ouatotec 2019. Sisäiset tiedot. Lean) Leaniä voidaan soveltaa monilla eri aloilla hyödyntäen leanin eri työkaluja ja hyödyntäen juuri omaan työhön parhaimpia ja sopivimpia työkaluja. (Modig & Åhlström 2013, 91.)

Leanin tavoite on asiakastyytyväisyyden parannus poistamalla virheiden esiintymistodennäköisyyksiä prosesseissa sekä varmistaa prosessin laatua, kyvykkyyttä ja ennustettavuutta yhdenmukaistamalla prosesseja. Tarkoituksena on ottaa kaikki työntekijät mukaan prosessin sekä työpaikan kehittämiseen ja parantaa

työpaikan turvallisuutta, työn ergonomiaa ja tietysti tuotetta. Lean-toiminnan hyödyt vähentävät kustannuksia poistamalla prosessin hukkia. Hukkien poisto vähentää keskeneräistä tuotantoa ja lyhentää läpimenoaikoja. Standardit luovat pohjan kaikelle kehittämiselle ja helpottaa muutosten sekä ongelmien havaitsemisen poikkeamina standardeista. Lisäksi standardointi parantaa toiminnan laatua ja tuottavuutta, lisää työiihtyvyyttä, vähentää virheitä ja tapaturmariskejä. Kaikki yhdessä parantavat yrityksen imagoa. (Outotec 2019. Sisäiset tiedot. Lean.)

Hukka tarkoittaa kaikkia niitä asioita, jotka eivät lisää tuotteen tai palvelun arvoa asiakkaan näkökulmasta. Toiminta ei siis lisää arvoa, jos asiakas ei ole valmis maksamaan kyseisestä toiminnasta. Hukan oireita on ylituotanto, varastointi, kuljetus, odotus eli kaikki se aika, jolloin itse työtä ei voida tehdä, virheet ja korjaukset, prosessointi ja osaamisen alihyödyntäminen. Kuljetuksella tarkoitetaan materiaalien ja puolivalmisteiden siirtelyä paikasta toiseen, jolloin tuotteen valmistuksen aikainen matka kasvaa. Virheet ja korjaukset tarkoittavat asiakkaan laatuvaatimuksia vastaista tuotetta. Hukkien poistaminen parantaa laatua, toimitusvarmuutta, asiakastyytyväisyyttä ja työturvallisuutta. Lisäksi tuotannon läpimenoajat lyhenevät. Lean filosofian tärkeimmät osa-alueet ovat jatkuva parantaminen, ihmisten kunnioitus ja työntekijöiden kannustus kehittämään tuotantoa ja heidän työasemaansa. (Outotec 2019. Sisäiset tiedot. Lean.)

Jatkuvalla parantaminen on tuotannon tarkastelua jatkuvasti eri näkökulmista. Tuotteen laadusta ja sen kehittämisestä vastaa jokainen työntekijä, jolloin poikkeamia havaittaessa jokaisen tulisi raportoida niistä eteenpäin. (Kpedu 2019.)

Havaitut ongelmat ovat mahdollisuus parantaa laatua, tehokkuutta tai työturvallisuutta. Työtapoja kehittäessä työn tulisi olla standardoitu eli vakioitu, jolloin jokainen noudattaa olemassa olevia selkeitä tapoja ja työohjeita kyseisessä työssä. Mikäli ei ole systemaattista tapaa toimia ja toteuttaa työtä, on siitä vaikea löytää ongelmia ja kehittää sitä. Selkeillä työtavoilla ja ohjeilla turvallisuus paranee ja työn opettaminen helpottuu.

Työn standardointi edellyttää hyviä työohjeita. Hyvät työohjeet ovat hyvin havainnollistavia, selkeillä kuvilla ja selityksillä varustettuja. Kuvilla saadaan havainnollistettua mahdollisesti vaikeasti selitettäviä vaiheita ja niiden tulisi olla mahdollisimman visuaalisia. Työohjeiden tulisi olla mahdollisimman helposti saatavilla jokaiselle niitä tarvitsevalle. (Kpedu 2019.)

5 Käyttöönotto

5.1 3D-mittalaitteen käyttö

3D-mittalaitteen käytön opettelu jäi pääsääntöisesti itseopiskeluksi, mikäli laitteen kolmipäiväistä peruskäytön koulutusta ei oteta mukaan laskuihin. Laite otettiin aluksi käyttöön satunnaisten kappaleiden tarkastuksiin ja samalla pystyin itse opettelemaan laitteen käyttöä. Tarkoituksena oli opetella laitteiston toiminta mahdollisimman hyvin ja löytää käytöstä epäkohtia, joihin etsiä ratkaisuja. Alkukankeutta aiheuttivat aluksi mittaukset, ja käyttö oli epävarmaa, joten mittaukset olivat todella hitaita. Tähän selkeänä syynä oli, etten luottanut vielä omaan taitoon mitata laitteella ja mittaustulokset tuntuivat usein hyvinkin epäluotettavilta. Epäluotettavuutta aiheuttivat mitattavat kappaleet, joissa sattui olemaan oikeasti virheitä. Käyttökokemusten kasvaessa laitteen käyttö helpottui, jolloin omiin mittaustuloksiin rupesi luottamaan, kun niitä tarpeeksi monta kertaa tarkasti. Usein uusien laitteiden käyttö voi olla hankalaa ilman aikaisempaa käyttökokemusta, koulutusta tai käyttöohjetta, jolloin tehokkuutta ja laatua parantavasta laitteesta voi tulla myös haitta tai hidaste. Näiden ongelmien ratkaisuun hyvät työ- ja käyttöohjeet sekä käyttöä helpottavien asioiden kehittäminen auttaa laitteiston tehokkaaseen käyttöön. Mittalaitteen tarkoitus on parantaa tuotteen arvoa, joka on yksi lean toiminnan osa-alueista.

5.2 Tiedon keruu

Mittaamista tehtiin pääsääntöisesti sisätiloissa, koska suurin osa mittauksista tulaaan tekemään sisällä. Laitteistoa testattiin myös ulkona, jotta mahdolliset käyttöpaikat sekä ongelmat mittaamisessa saatiin selville. Mittauksien aikana tehtiin mahdollisimman paljon muistiinpanoja sekä otettiin valokuvia tulevaa käyttö- ja työohjetta varten. Mittaukset sekä laitteen eri ominaisuuksien valinnat tehdään

tietokoneella, jolloin näyttökuvia oli helppo ottaa eri vaiheista ja ominaisuuksista, jotka myöhemmin liitettiin ohjeisiin. Mittalaitteen käytön ja opettelun aikana työstettiin samanaikaisesti käyttöohjetta, jolloin pystyttiin kirjoittamaan muistiinpanot sekä työn vaiheet suoraan ohjeeseen.

5.3 Käyttö- ja työhöje

Mittalaitteen käytölle järjestetyssä koulutuksessa keskityttiin laitteiston käytön valmisteluun sekä perusmittaamiseen. Koulutus oli varsin nopea ja tästä syystä yksityiskohtaisempi käyttöohje on varsin tärkeä etenkin niille, jotka eivät käytä laitetta usein tai käyttävät sitä ensimmäisiä kertoja. Lisäksi käyttöohje on hyvä tuki kokeneemmallekin käyttäjälle. Työhöjeilla pyritään myös työn vakiinnuttamiseen. Selkeät käyttö- ja työhöjeet ohjaavat laitteiston käyttöä, jolloin laitetta käytetään oikein ja sen käyttö on tehokasta. Käyttöohjeen selkeyteen voidaan vaikuttaa hyvillä visuaalisilla kuvilla työvaiheesta sekä työvaihetta kuvailevalla ja selkokielisellä ohjeistuksella. Ohjeissa kuvataan työn päävaiheet ja niihin liittyvät keskeiset, turvallisuuteen, laatuun ja tuottavuuteen vaikuttavat seikat. (Kouri 2009, 17.)

Toimintatapojenstandardoinnilla luodaan ennustettavuutta ja nopeutetaan oppimista. Ennustettavuudella pystytään mittaamaan työhön kuluva aikaa, jolloin läpivientiä voidaan ajoittaa tehokkaammin. Työn opettaminen ja oppiminen helpottuu standardoiduilla menetelmillä. Työn voi tehdä usealla eri tavalla, mutta ilman standardoituja ja noudatettavia menetelmiä virheiden sattumisen mahdollisuus kasvaa. Mikäli kaikki tekevät saman työn samalla tavalla, voidaan olettaa laadukasta lopputulosta. ”Aina, kun vika havaitaan, ensimmäinen kysymys on: ”noudatettiinko standardoitua työtä?” (Tuominen 2010, 103). Virheen etsiminen voidaan suorittaa vaihe vaiheelta hyödyntäen työhöjettä. Työn suorituksessa käytetty menetelmä käydään läpi alusta loppuun työhöjeen mukaan, jolloin voidaan löytää epäkohta työskentely menetelmässä tai ohjeessa. Mikäli ohjetta on noudatettu kohta kohdalta ja silti virhe ilmenee, tulee ohjetta muuttaa.

5.3.1 Laitteiston esittely, säilytys ja kytkentä

Käyttöohjeeseen pyrittiin kirjoittamaan kaikki tarpeelliset tiedot ja ohjeistukset laitteen asennuksesta, käytöstä, ominaisuuksista, säilyttämisestä ja huollosta.

Käyttöohjeiden alkuun koottiin käytettävän laitteen osien esittely. Laitteiston esittelyssä kerrottiin, mikä mikäkin osa on, kuinka se toimii ja kuinka se esimerkiksi huolletaan (kuva 7).



Kuva 7 Kuva käyttöohjeesta (laitteiston esittely)

Laitteiston ja välineiden esittelyn jälkeen käyttöohjeeseen lisättiin laitteiston pakkaus ja siihen ohjeet. Välineiden oikeat paikat ja niiden sijainnit näkyvät 5S-osiossa (kuva 16). Laitteiston kytkentä tuli loogisesti heti kaikkien alkuesittelyiden ja pakkauksen jälkeen, koska siitä laitteen käyttö jokainen kerta alkaa. Ohjeessa kuvattiin kytkentäkaaviolla, mihin ja millä mikäkin laitteen osa kytketään (kuva 8).

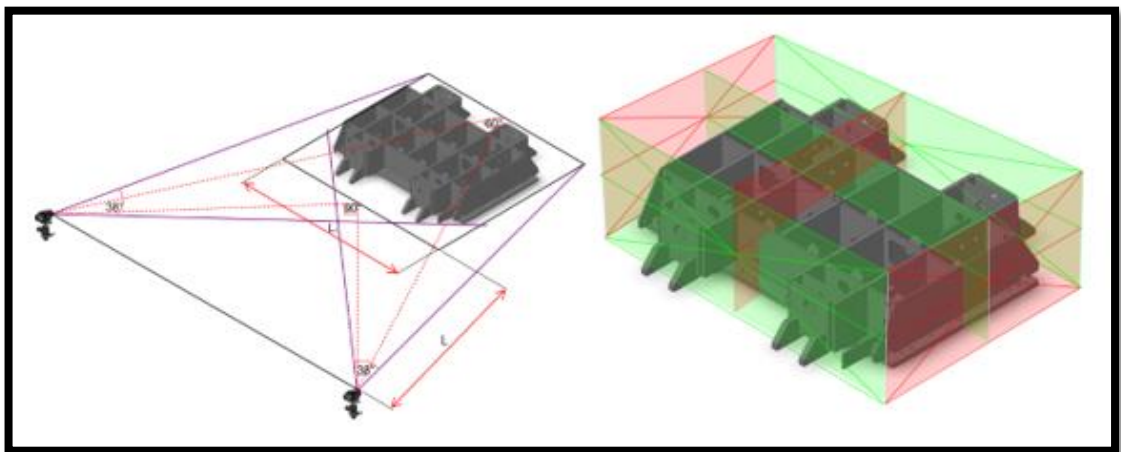


Kuva 8 Esimerkki työohjeesta (laitteiston yhdistäminen(kaavio))

5.3.2 Kameroiden sijoittaminen ja kalibrointi

Ohjeessa kerrottiin lyhyesti mitä, tietokoneohjelmia käytetään missäkin työvaiheeseen ja mitä ohjelmilla tehdään. Ohjelmien läpi käynnin jälkeen päästiin kameroiden sijoitteluun ja asemointiin, joissa kerrottiin kuinka kamera tai kamerat tulisi sijoittaa ja kuinka kameroiden etäisyydet voi laskea.

Käyttö- ja työohjeeseen pyrittiin saamaan mahdollisimman paljon kuvia eri vaiheista ja havainnollistamiseksi kuviin lisättiin visuaalisia ominaisuuksia, joilla pyritään paremmin selventämään, mitä tarkoitetaan ja miten tehdään. Lisäksi visuaalisilla ominaisuuksilla pyritään auttamaan mittaajaa kuvittelemaan esimerkiksi mihin kamerat tai mitattava kappale tulee asettaa, jotta mittaus pystytään suorittamaan mahdollisimman hyvin. Ohjeessa kuvattiin kameroiden yhdistäminen samalle koordinaatistolle ja kuinka se tehdään yhdistämistangolla. Kuvassa 9 näkyy, kuinka visuaalisilla toimilla on pyritty havainnollistamaan kameroiden sijoittelua sekä kameroiden yhdistäminen samalle koordinaatistolle eri värien avulla. Vihreät kuvaavat leveyssuunnan ja punaiset syvyys-suunnan kohtia, joista yhdistämistangolla tulee ottaa mittapisteet.



Kuva 9 Esimerkki käyttöohjeesta (Kameroiden sijoittamisen ja yhdistäminen)

Laitteiston yhdistämisen, kameroiden sijoittelun sekä kameroiden yhdistämisen jälkeen, ohjeeseen laitettiin laitteiston kalibrointi. Ohjeistuksessa käsitellään kalibroinnin aloittaminen, kuinka mittapäät kalibroidaan oikein sekä milloin kalibroinnit tulisi tehdä. Ohjeeseen lisättiin ensimmäisen mittapään kalibroinnin toteutus,

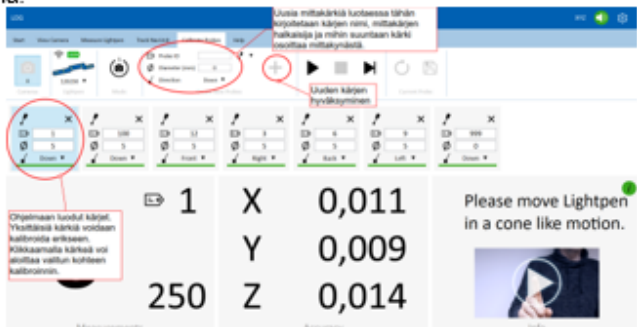
kuinka mittakynää tulee liikuttaa ja mitä eroa sillä on muiden mittapäiden kalibroimiseen. Ohjelmassa on itsessään video, joka tarkentaa kuinka mittasauvaa liikutetaan kalibroinnin aikana, joten se lisättiin myös ohjeeseen. Lisäksi ohjeessa kerrottiin, mihin kalibroinnissa tulee kiinnittää huomiota.

4 Probe kalibroinnit

Mittapäiden kalibrointi tulee suorittaa määrääjain esimerkiksi kerran kuukaudessa. Vääntynyttä mittapäätä voidaan käyttää mittauksissa, mikäli mittapää kalibroidaan uudelleen. Itse vääntyminen ei ole vakavaa, mutta aiheuttaa tuloksiin virheellisiä arvoja, mikäli vääntyminen tapahtuu kesken mittauksien.

4.1 Kalibrointi

Kalibrointialusta asennetaan magneettiseen alustaan, esimerkiksi mitattavaan kappaleeseen 2-4 m etäisyydelle kamerasta. Alustan tulee olla tukeva, jolloin alusta ei pääse heilumaan kalibroinnin aikana. Tärkeää on tarkistaa, että mittasauvan kaikki LED-valot näkyvät kamerasta/kameroista. Mikäli kalibrointi tehdään kahdella kameralla, tulee kamerat yhdistää samalle koordinaatistolle ennen kalibrointiä. Lisäksi on hyvä muistaa 90° & 60° ehto, jolloin saadaan tarkin kalibrointi. Kalibroinnista on video-ohje kalibrointivälilehden oikeassa alakulmassa. Videolla näkee, kuinka mittakynää liikutetaan kalibroinnin aikana.

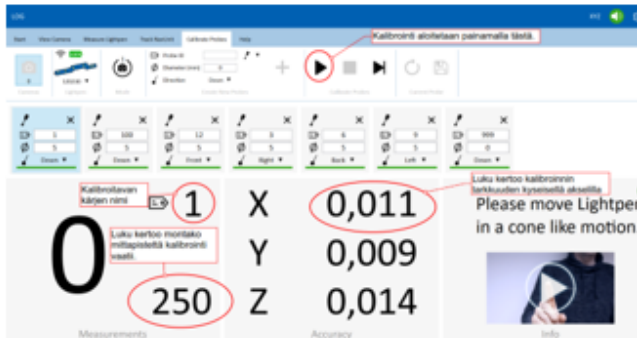


The screenshot shows the software interface with the following data and instructions:

1	X	0,011
	Y	0,009
250	Z	0,014

Instructions: "Please move Lightpen in a cone like motion." and "Uudelleen käden hyydyttämisen".

- Ensimmäisellä mittapäällä on erilainen kalibrointi verrattuna muihin mittapäihin ja tästä syystä kalibrointi tulee aina aloittaa ensimmäisestä mittapästä, joka on tässä tapauksessa nimetty numerolla yksi. Kalibrointi voidaan aloittaa painamalla "play", jolloin ohjelma on valmiina kalibrointiin.
- Ensimmäisen "Proben" kohdalla kalibrointi eroaa muista siten, että mittasauvaa liikutetaan eteen-taakse, sivulta sivulle ja ympäri kunnes ohjelma on ottanut 250 mittapistettä. Lopuille "Probeille" riittää, että mittakynä pidetään pystyssä paikallaan ja kalibrointiin tarvitsee vain 50 mittapistettä. On tärkeää, ettei proben pää irtoa kalibrointialustasta tai kalibrointialusta liiku kalibrointien aikana tai välissä. Muuten kalibrointi on suoritettava uudestaan. Mikäli jokin x, y tai z suuntien tarkkuus pysyy punaisena eikä muutu vihreäksi, pitää kalibrointi tehdä uudelleen. Myöskään ohjelman pyytämää mittapistemäärää ei kannata hirveästi ylittää. Jos ohjelma pyytää 250 mittapistettä niin 250-260 on riittävä määrä kalibroinnin suorittamiseen. Mikäli mittapistemäärä ylittyy reilusti ennen kuin tarkkuus saadaan hyväksytyksi, on todennäköisesti kalibroinnissa jotain pielessä ja kalibrointi tulee suorittaa uudelleen kyseiselle mittapäälle.



This screenshot shows the same interface with annotations:

- "Kalibrointia aloitetaan painamalla täällä" (pointing to the play button)
- "Kalibrointilavasta käden nimi" (pointing to the probe name '1')
- "Luku kertoo montako mittapistettä kalibrointi on" (pointing to the measurement count '250')
- "Luku kertoo kalibroinnin tarkkuuden kyseisellä akselilla" (pointing to the accuracy values '0,011', '0,009', '0,014')

Kuva 10 Esimerkki käyttöohjeesta (Kalibroinnit)

5.3.3 Mittaus

Kalibrointien jälkeen ohjeessa päästiin itse mittaamiseen. Mikäli jokainen mittauksia tekevä henkilö noudattaa ohjeita, voidaan varmistua mittauksien laadusta. Mittauksien vakiinnuttaminen mahdollistaa myös virheiden helpomman havaitsemisen. Mikäli käytämme toistettavia menetelmiä, joiden työajat sekä tulokset ovat ennustettavissa, voidaan virheeseen johtanut työskentely tapa havainnoida helpommin.

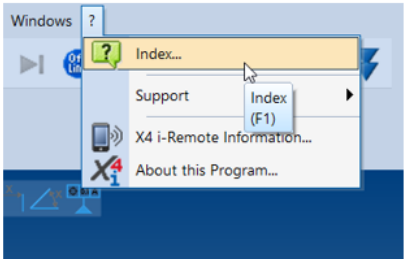
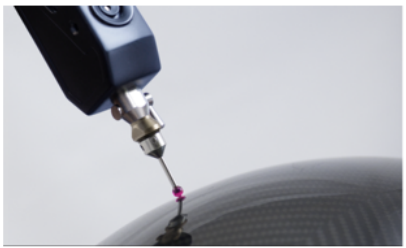
Perusmittaamiseen tein yksityiskohtaisemman ohjeistuksen vaiheista, joita täytyy tehdä mittauksen toteuttamisessa. Alkuun kerrottiin yleisesti mittaamisesta: kuinka mittakynän pää tulee asettaa pintaa vasten ja kuinka mittakynästä kannattaa pitää kiinni (Kuva 11).

5 Mittaus

Mittauksessa mittakynän probe/mittapää tulee asettaa mitattavan kohteen pintaan vasten, mittakynän LED-valot kameran suuntaan ja painamalla mittakynän "mittaus" nappia. Tarkemman tuloksen saa mitä paremmin kohtisuoraan pintaa vasten probe on asetettu. Toisella kädellä kannattaa pitää "Proba" paikallaan, jolloin kynä ei pääse liikahtamaan mittaus hetkellä.

5.1 Apua mittauksiin

Mikäli ei ole tietoa tai on epävarmuutta, kuinka esimerkiksi sylinteri mitataan, Metrolog-ohjelman yläreunan valikkopalkissa on kysymysmerkki. Painamalla pikavalintapainiketta "F1" tai yläpalkin kysymysmerkkiä painamalla ja sen jälkeen valitsemalla "Index" aukeaa nettisivusto. Sivuston oikean yläkulman suurennuslasia klikkaamalla ja hakuun kirjoittamalla esimerkiksi "measure cylinder" aukeaa ohje, joka neuvoo, kuinka sylinteri mitataan.



Kuva 11 Esimerkki käyttö- ja työohjeesta (Mittaus)

Tämän jälkeen ohjeeseen kirjoitettiin yhden ja kahden kameran mittaamisen eroista ja kuinka mittauksia suoritetaan. Ohjeessa kerrotaan vaiheittain ja yksityiskohtaisesti, mitä tehdään sekä näytetään kuvalla mistä täytyy painaa, jotta voidaan suorittaa haluttu mittaus. Tällä opetetaan perus asiat mittaamisesta, jolloin tulevaisuudessa mittausohjelmissa ja mittausohjeissa ei tarvitse käydä niin yksityiskohtaisesti mittaustoimintaa läpi. Näin ollen myöhemmissä vaiheissa riittää, että

ohjeessa pyydetään mittaamaan esimerkiksi taso ja mittaaja osaa tehdä sen ilman tarkempia ohjeita. Esimerkiksi (kuva 12) näyttää katkelman mittauksen aloituksesta, jossa käydään läpi, kuinka mitataan taso.

Jokaisen yksittäisen kappaleen mittaamiseen ei erillisiä ohjeita tehty, sillä se olisi ollut osittain turhaa työtä. Yleinen mittausohje ja laitteiston toimintaohjeet riittävät lähes jokaisen mittauksen tekoon, kun laitteen käytön perusteet oppii. Jokainen uusi mittaus tarvitsee tietenkin mittaajalta ymmärrystä siitä, mitä tarvitsee mitata ja kuinka mittaus tehdään, jotta saadaan mittatulokset oikeasta paikasta. Ymmärrys kehittyy vain laitetta käyttämällä.

5.2 Mittauksen aloitus

- Mittauksen voi aloittaa kun kamera/kamerat on yhdistetty ohjelmistoon. Metrolog-ohjelmasta täytyy valita "Measure Lightpen" (ylävalintapalkki) ennen kuin mittaus toimii Metrolog-ohjelmassa.
- Mittauksessa tulee valita ensin mitä mitataan. Esimerkiksi tasoa mitattaessa painetaan "create plane" -kuvaketta ruudun yläreunassa olevasta kuvakkeesta.
- Valitaan "Measure". Mittapisteiden määrän voi vaihtaa avoimena olevan ikkunan "Nbr Pnts" kohdasta. Tasoa mitattaessa pisteitä tulee olla vähintään kolme, mutta voi olla enemmänkin riippuen millaisesta tasosta on kyse esimerkiksi tasomaisuuden mittaus.
- Pisteiden määrittämisen jälkeen voi alkaa mittaamaan tasoa. Kun mittapisteitä on mitattu riittävästi, ohjelma siirtyy seuraavaan mittaukseen.
- Seuraavaa tasoa voi alkaa mittaamaan saman tien.
- Mitattujen tasojen jälkeen, mittauksesta poistutaan painamalla "cancel".
- Sylintereiden, pisteiden, ympyröiden jne. mittaukset toimivat samalla tavalla.

Kuva 12 Esimerkki käyttö- ja työohjeesta (Mittauksen aloitus)

Erilaisista laitteiston mittausominaisuuksista kerrottiin ohjeistuksessa hyvin lyhyesti. Lähinnä kustakin ominaisuudesta kerrottiin, missä niitä voi hyödyntää. Parhaan mittatarkkuuden saamiseksi ja mitattavien kappaleiden eri tarkastelutapojen vuoksi pyrittiin osoittamaan hyvin yksityiskohtaisesti, kuinka mittatarkkuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi kameroiden sijoittelulla. Ohjeistuksien tueksi tehtiin

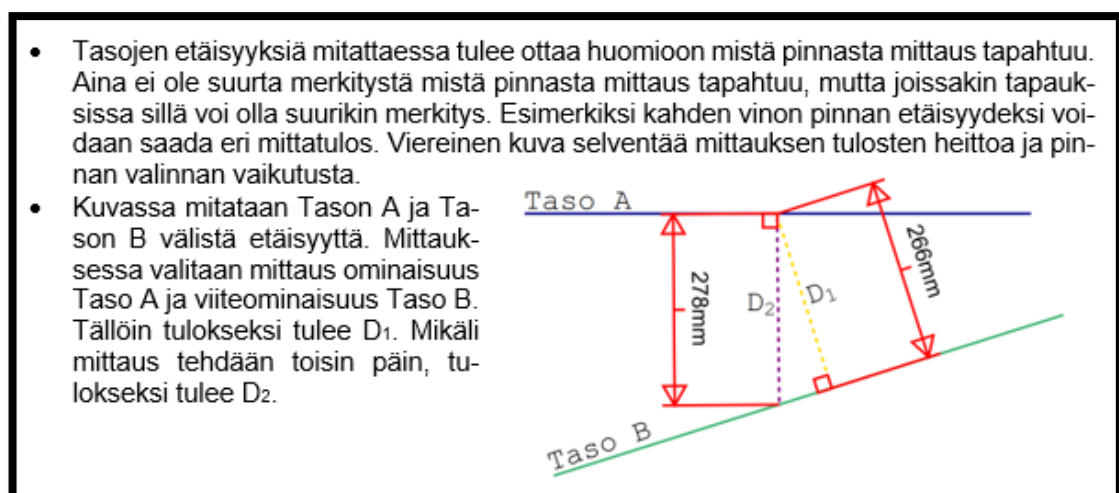
kuvia, joilla pyritään selventämään tekstiä ja ymmärtämään tarkoitettua asiaa. Esimerkiksi pelkän tasomaisuuden mittaamiseen kameroiden sijainnilla ja mitattavan kappaleen asennolla on väliä, kun haetaan parasta mittatarkkuutta.



Kuva 13 Esimerkki käyttöohjeesta (Tasomaisuus ja suoruus)

5.3.4 Mittaustulokset ja raportti

Ohjeen loppuun laitettiin mittatulosten analysointi ohjelmalla ja raportin muodostaminen. Mittaustulokset käyttäytyvät mittauksia tarkastellessa eri tavoin riippuen pintojen asennoista. Mikäli mittaja ei tiedä, kuinka pinnat käyttäytyvät, on mahdollista saada vääriä tuloksia mittausraporttiin. Tästä syystä oli tärkeää sisällyttää ohjeisiin, kuinka valita oikeat pinnat, jotta mittaja ja ohjelma tarkastelevat samoja asioita.



Kuva 14 Esimerkki käyttöohjeesta (Tasojen käyttäytyminen)

5.3.5 Mittaohjelmat

Käyttöohjeeseen lisättiin ihan loppuun mittaohjelmien tekoon liittyvä ohje (kuva 15) sekä esimerkkiohje erään suodattimen runko-osan mittaamisesta ohjelman avulla (kuva 17). Mittaohjelmien tekemisen ohje liittyy laitteen käytön tehostamiseen ja helpottamiseen.

1. Ensiksi valitaan CAD-mallista kaikki tasot, joilla on vaikutusta mittaukseen tai tulosten tarkasteluun. Valinta tapahtuu klikkaamalla haluttua pintaa Generic työkalulla. Ohjelma nimeää tasot "PLN1, PLN2 jne."
2. Seuraavaksi sylinterit (CYL1), reiät ja ympyrät (CIR1...) jne.
3. Kaikkien tarvittavien kohteiden valinnan jälkeen ohjelma täytyy laittaa "Offline" tilaan. Offline tilan saa päälle yläpalkista painamalla "Offline mode" kuvaketta. Offline tila täytyy laittaa päälle, jotta ohjelma ymmärtää, ettei mittalaitetta vielä käytetä.
4. Features puun järjestystä voidaan muuttaa painamalla aluksi hiiren oikeaa painiketta features puussa jonkin valitun pinnan kohdalla. Valitaan Display → User Sort.
5. Ohjelmiston yläreunassa löytyy User Sort Toolbar, jonka avulla features puun järjestystä voidaan muuttaa. Järjestystä muutettaessa valitaan haluttu pinta ja tämän jälkeen klikataan user sort toolbar:sta mihin suuntaa valittua pintaa halutaan kuljettaa.
6. Kun mittausjärjestys on kunnossa, voidaan luoda valmiiksi ohjelmaan haluttujen kohteiden välimittoja tai kulmia. Näin mittaohjelma tekee halutut mittaukset saman aikaisesti, kun mittapisteitä ja pintoja mitataan, eikä näitä tarvitse sitten jälkikäteen ohjelmaan syöttää.
7. Seuraavaksi maalataan kaikki halutut pinnat ja painetaan "Evaluate". Tässä vaiheessa kaikkien pintojen mittaukset määritetään eli monta pistettä ja miten esimerkiksi ympyrä halutaan mitata.
8. Määritettyjen mittausten jälkeen ohjelma on valmis. → Offline tila pois ja kaikki on valmista mittaukseen.



Kuva 15 Esimerkki käyttöohjeesta (Mittausohjelman luonti)

6 Käytön tehostaminen

Käyttöönoton ja sujuvan käytön jälkeen mittalaitteiston käyttöä on tarkoitus tehostaa. Ideana on saada käytettävästä laitteesta enemmän irti eli toteuttaa vastaavat mittaustyöt tehokkaammin. Käytön tehostamisella viitataan työskentelyn nopeuttamiseen, helpottamiseen ja laadun parantamiseen. Tehostamisella pyritään vähentämään hukkaa kuten odottelua, viivästymisiä, tarpeetonta kuljettelua, laaturvirheitä ja tarpeetonta liikettä työskentelyssä. Tarkoituksena on myös helpottaa mittaajan työskentelyä. (Kouri 2009, 10–13.) Mittalaitteen käyttöä lähdettiin tehostamaan eri tavoilla kuten mittaussolun layoutin suunnittelulla, 5S:llä, valmiiden mittausohjelmien luomisella ja käytöllä sekä mittausvaunulla.

6.1 5S

5S on yksi leanin työkaluista. 5S:n ideana on optimoida työtila. Työtilan tulisi olla turvallinen, puhdas, ergonominen ja ilman hukkia eli hyvin järjestelty, jotta turhilta liikkumisilta vältyttäisiin. Työtilasta tulisi löytyä tarvittavat materiaalit kuten tiedot, tiedostot, työkalut, osat, ja kaikkien tulisi olla nopeasti saatavilla. Tämä helpottaa poikkeamien havainnointia standardeista. 5S on lyhenne sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. (Kouri 2009, 26–27.)

Seiri tarkoittaa lajittelua. Tarpeettomien tavaroiden, työkalujen, papereiden yms. poistamista ja ainoastaan tarpeellisten asioiden säilyttämistä työympäristössä. **Seiton** on kaikille useimmin ja tärkeimmille tarvikkeille paikkojen järjestämistä, jolloin ne ovat helppo ja nopea käyttää. **Seiso** tarkoittaa siivoamista, huoltamista ja puhdistamista. Työtilat, sekä laitteet tulee pitää kunnossa, jolloin ne kestävät pidempään ja niitä on mukavampi käyttää. **Seiketsu** tarkoittaa vakiinnuttamista eli standardointia. Ideana on toteuttaa tietyn työn kaikki työpisteet samanlaisiksi, jolloin jokainen tietää mitä sieltä löytyy ja mistä, mitkä ovat työntekijän vastuut työpisteellä perustuen kolmeen ensimmäiseen askeleeseen. **Shitsuke** tarkoittaa ylläpitoa. Ylläpidä, seuraa ja tarkista standardeja pitämällä uusi tapa toiminnassa ja varmistamalla, ettei vanhoihin tapoihin palata. (Kouri 2009, 26–27.)

Työkalujen ja mittausvälineiden oikeanlainen pakkaus ja säilyttäminen liittyy osana 5S-työkaluun. Mittalaitteen pakkaus säilytyslaatikkoon ja standardimene-

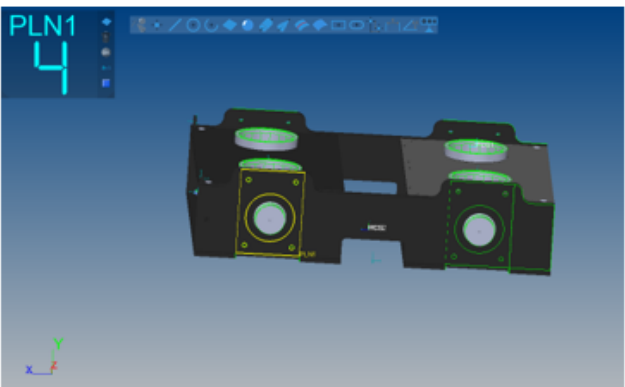
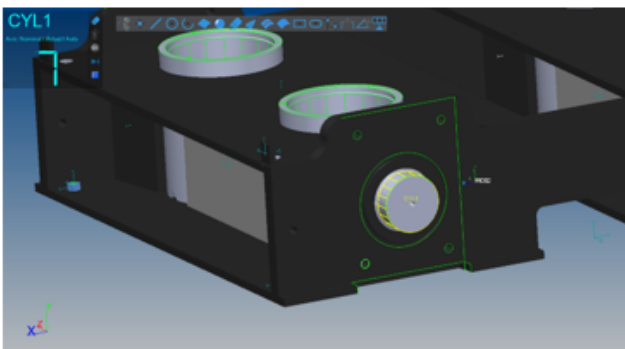
telmällä voidaan varmistaa kaikkien mittalaitteen välineiden säilymisen ja löytymisen oikealta paikalta. Työkalujen paikkojen määrittäminen voidaan suorittaa esimerkiksi nimeämällä tai osoittamalla paikat kuvalla. (Kouri 2009, 26–27.) Työkalujen oikeat paikat kuvattiin ja kiinnitettiin pakkauslaatikon kannen alle, jolloin välineiden oikea sijainti on helppo tarkistaa pakkauksen aikana. Puutokset ovat myös helppo havaita, mikäli jokin osa ei ole omalla paikallaan. Työkalujen löytyminen omilta paikoiltaan auttaa myös seuraavaa mittaajaa löytämään kaikki tarvittavat välineet, jolloin turhaa etsimistä vältetään.



Kuva 16 Esimerkki käyttöohjeesta (Mittalaitteen työkalujen pakkaus)

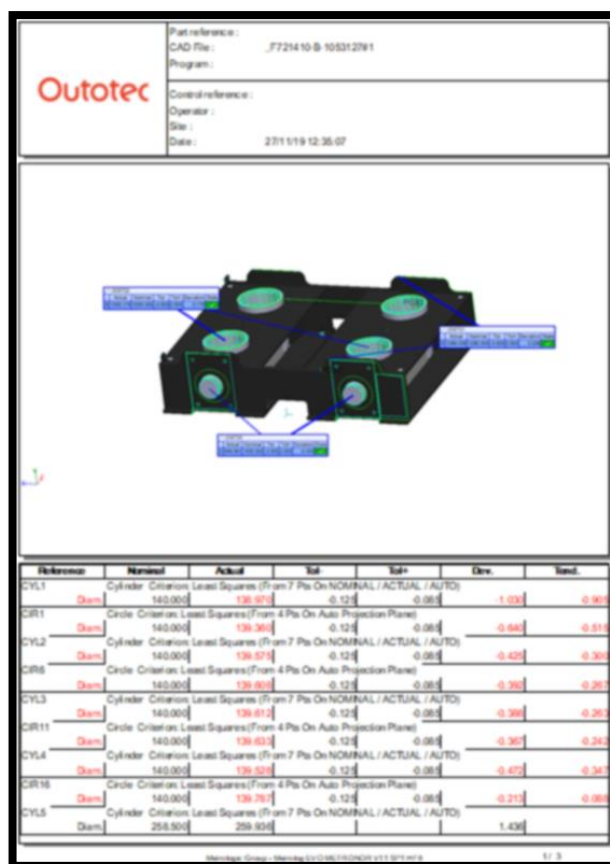
6.2 Mittausohjelmat

Valmiit mittausohjelmat poistavat hukkaa tehokkaasti. Mittausohjelmat kertovat mittaajalle, mitä tulee mitata, kuinka monta mittauspistettä halutaan ja mistä. Näin mittaajan ei itse tarvitse miettiä, mitkä ovat tärkeitä kohtia, kuinka mitataan ja kuinka monta pistettä mitataan. Mittausohjelman käytössä mittaajan ei tarvitse liikkua mitattavan kappaleen luota tietokoneelle määrittelemään seuraavaa mittauspistettä, jolloin ei tule myöskään turhia askelia mittaajalle. Mittaohjelmien avulla mitaamisesta tehtiin yksi yksityiskohtaisempi ohje, jonka avulla mittaaja saa kuvan, kuinka mittaus tapahtuu (Kuva 17).

<p>1) Mittaohjelmalla mitattaessa ohjelma näyttää CAD-kuvassa keltaisella mikä pinta halutaan mitata. Mittakynän pää tulee asettaa keltaiselle alueelle mitattavaan kappaleeseen.</p>	
<p>2) Vasemmassa yläkulmassa näkyy mittaustapa ja kuinka monta mittapistettä tarvitaan. Tässä tapauksessa taso 1 (PLN1=PLANE 1) ja neljä pistettä tarvitaan.</p>	
<p>Tasosta otettujen neljän pisteen jälkeen ohjelma siirtyy automaattisesti seuraavaan mitattavaan kohteeseen.</p>	
<p>3) Seuraava mitattava kohde on sylinteri 1 (CYL1) joka ulkonee tasosta 1. Mittaukseen tarvitaan seitsemän pistettä, joista ensimmäinen piste otetaan sylinterin juuresta ja toinen sylinterin päästä (ulkokehältä). Näillä luodaan akseli sylinterille. Loput viisi pistettä otetaan sylinterin pinnalta eri puolilta sylinteriä.</p>	
<p>4) Seuraava mitattava kohde on reikä 1 (CIR1). Mittaus vaatii neljä pistettä ja mittaus tapa on ympyrän mittaus. Mittauksessa otetaan neljä pistettä reiän sisäpinnoilta.</p>	

Kuva 17 Esimerkki käyttöohjeesta (Mittaohjelmalla mitaaminen)

Yksi suuri työvaihe on mittausraportit. Mikäli mittauksista tarvitaan erillisiä mittausraportteja esimerkiksi asiakkaalle, saadaan ne helposti suoraan mittausohjelmasta, jolloin mittaajan työskentely tehostuu. Ohjelman raporttien avulla saadaan näkyviin kaikki halutut mitat ja pystytään selventämään raportin lukijalle useiden kuvien avulla, mistä kyseiset mitat on otettu. Lean-työkaluihin kuuluu työn standardointi. Tässä yhteydessä standardoinnilla tarkoitetaan mittausraporttien standardointia. Näin mittaajan aika ei kulu enää raporttien tekoon ja saadaan kaikille samanlainen mittausraportti, riippumatta mittaajasta tai raportin tekijästä. Samat raporttipohjat ja asetukset antavat ammattimaisen kuvan työskentelystä.



Kuva 18 Mittausraportti

Uusia mittausohjelmia tehtiin sitä mukaan, kun uusi kappale mitattiin. Näin mittausohjelma pystyttiin tekemään samalla, kun mittaus suoritettiin. Etuna ohjelman tekemiseen mittauksen yhteydessä oli oleellisten mittauspintojen ja suoritustapojen havaitseminen. Asioita pystyi helpommin havaitsemaan kappaleen viereltä kuin toimistosta. Uusia ohjelmia valmistetaan samalla menetelmällä lisää.

6.3 Mittausvaunu

Mittausvaunun suunnittelulla ja toteutuksella pyritään helpottamaan mittajaan työtä ja työergonomiaa. Tarkoituksena on auttaa laitteiston siirtämistä mittauspaikasta toiseen ja mahdollistaa koko mittauslaitteiston sovittaminen samaan pakettiin. Näin mittaja saa kaikki tarvitsemansa kerralla mittauspaikalle. Pyörillä kulkeva vaunu on myös työskentelijälle ergonominen, jolloin laitteistoa ja siihen liittyviä välineitä ei tarvitse nostella eikä kantaa paikasta toiseen. Mittausvaunuksi kelpasi televisiolle tarkoitettu lattiateline pyörillä (Kuva 19). Telineeseen pitää vaihtaa vain suuremmat pyörät, jotta mittajaa pystyy liikuttelemaan telinettä helpommin tuotantoalueella. Mittausvaunuun kiinnitetään säilytyslaatikolle kiinnikkeet, jotta säilytys/kuljetuslaatikko ei putoa vaunua liikutellessa. Vaunussa on lisäksi paikka laitteiston käyttöön vaadituille välineille. Vaunussa on tietokoneen ruutua isompi televisio, joten laitteiston ja mittauksen toimintaa on helpompi seurata, mikäli mittaus tapahtuu kauempana. Pienestä tietokoneen ruudusta on vaikea nähdä tai kuulla melussa millaisia merkkejä tai merkkiäänä ohjelmisto antaa mittauksista. Näin voidaan parantaa ergonomiaa mittauksen aikana, jolloin vähennetään mittajan turhaa liikkumista ja näkö- ja kuuloyhteys laitteeseen säilyy paremmin.

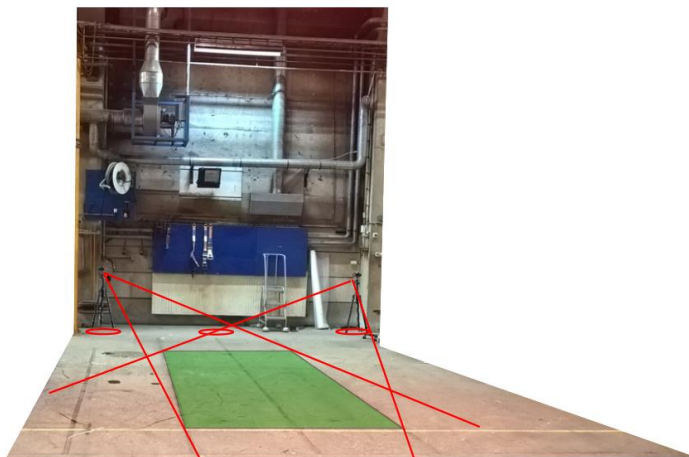


Kuva 19 Mittausvaunu

6.4 Työskentelysolut

Mittaussolun sekä työskentelysolujen merkinnöillä on tarkoitus helpottaa mittauksen aloittamista. Selkeät paikat mitattaville kappaleille, kameroille ja järjestelmälle näyttöineen poistavat turhaa pohtimista, kuinka mitattava kappale ja kamerat tulisi asemoida, jotta mittaaminen onnistuisi. Työn suorittaminen siihen tarkoitettussa solussa ja selkeiden ohjeiden kera tehostavat mittaustyöskentelyä ja laadun tarkastamista. Lattiaan teipatut tai maalatut paikat ja rajat auttavat hahmottamaan sijainteja. Kameroiden sijainti merkinnät ja koneen pystyttämipaikat on hyvä olla jokaisessa kokoonpanosolussa, jolloin rajapinta- ja muiden mittauksien tekeminen helpottuu. Kun kone kasataan valmiiksi oikeaan kohtaan, tiedetään mihin kamerat tulee sijoittaa mittauksien ajaksi. Näin voidaan olettaa, ettei kameroiden paikoilla ole esteitä. Mittaussolun lattia-merkinnät helpottavat mittaajaa valmistelemaan mittauksia jo ennen kuin mitattava kappale saapuu mittauspaikalle. Kun mitattavan kappaleen paikka on tiedossa jo ennen kuin kappale on saapunut, pystytään helpommin tekemään mm. kameroiden kalibroinnit.

Mittaussolu toimii lähinnä vastaanottotarkastuksien yhteydessä, jolloin varmistetaan kappaleen olevan juuri sitä mitä on valmistuspiirustuksien mukaan tilattu jo ennen kuin se siirtyy tuotantoon. Tarkoituksena on poistaa hukkaa aiheuttavia tekijöitä ennen tuotannon aloitusta. Mittaussolua ja valmistussolujen asemointeja ja viivoituksia ei tehdä ainakaan vielä tässä vaiheessa. Tarkkaa tietoa ei vielä ole minne mittaussolu on mahdollista asemoida ja valmistussolujen uusien layout merkintöjen tekeminen ei ole tässä vaiheessa korkean prioriteetin tapaus.



Kuva 20 Mittaussolun layout

6.5 Mittarit

Perinteisillä mittausmenetelmillä raskaiden osien eli suurien runko-osien mittauksissa mitattu aika on 1–2 h riippuen kappaleen koosta ja siitä, tekeekö mittaaja tarkastuksen yksin.

Mittalaitteen käyttöä ja sen tehokkuutta on mitattu ajallisesti saman kappaleen mittaamiseen kellotettujen aikojen vertailulla. Esimerkiksi erään suodattimen runko-osan mittaukseen käytetty aika perinteisillä mittavälineillä oli omalta työpisteeltä lähdettynä ja sinne takaisin palattuna tunti ja 15 minuuttia. Kyseisessä mittauksessa ei saatu kaikkia yksityiskohtia mitattua ja mittausraporttia ei tehty.

3D-mittalaitteella on kaksi eri tapaa tehdä mittaukset. Mittaukset voidaan tehdä ilman valmista mittausohjelmaa tai ohjelman kanssa. Saman kappaleen mittauksen suorittamiseen kahdella kameralla ilman valmista mittausohjelmaa vei ajallisesti tunnin ja 20 min. Kuluneeseen aikaan sisältyi laitteiston asennus sekä mittausraportin teko. Tässä mittauksessa saatiin kaikki yksityiskohdat kappaleesta mitattua ja tarkemmat tulokset kuin perinteisillä mittausmenetelmillä.

Valmiin mittaohjelman avulla tehty mittaus sisälsi kaikki samat vaiheet kuten aikaisemman 3D-mittalaitteella tehty mittaus, mutta aikaa kului vain 45 minuuttia. Valmis mittaohjelma säästi huomattavan paljon aikaa, saatiin tarkemmat tulokset kuin perinteisillä mittaustavoilla ja mittausraportti valmistui ohjelman avulla mittauksen aikana. Ohjelman tekoon kulunutta aikaa ei laskettu mukaan.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön lähtökohtana oli ottaa uusi mittaus- ja tarkastusväline laatutiimin käyttöön sekä mahdollistaa laitteen käyttö sellaisille työntekijöille, jotka harvemmin työskentelevät laitteen kanssa tai käyttävät sitä ensimmäisiä kertoja. Työssä opiskeltiin laitteen käyttö mahdollisimman hyvin ja etsittiin laitteen käyttöön liittyviä ongelmia sekä pyrittiin ratkaisemaan niitä. Tarkoituksena oli helpottaa mittajan työskentelyä sekä parantaa laitteen käytettävyyttä. Työn toteutuksessa pyrittiin tukeutumaan lean-filosofiaan ja hyödyntämään sen työkaluja apuna laitteen

käytön tehostamisessa sekä työergonomian parantamisessa. Leaniä hyödynnettiin mm. käyttöohjeessa, jolloin saatiin ideoita ohjeistuksen visualisoimiseen sekä 5S-työkalun avulla laitteiston välineiden oikean säilytyspaikan havainnollistamisessa kuljetuslaatikkoon.

Työn aloitusvaiheessa oli hyvin selkeää käyttöohjeiden luominen uuden työkalun käyttöönoton yhteyteen. Uusi työkalu tai laite tuo usein kysymyksiä, laitteen opettelua sekä haasteita. Näitä pyrittiin vähentämään ja helpottamaan käyttöohjekokeelmalla, joka sisältää laitteen peruskäyttöön liittyviä ohjeita sekä laitteen ominaisuuksiin liittyviä ohjeita selkeillä kuvilla. Osa ohjeista oli yksityiskohtaisempia kuin toiset, riippuen asian haastavuudesta tai siitä oliko kyseisiä asioita jo käsitelty ohjekokeelman aikaisemmissa ohjeissa. Yksityiskohtaisilla käyttöohjeilla pyrittiin mahdollistamaan laitteen käyttäminen vähäiselläkin käyttökokemuksella. Ohjeiden tekeminen sujui nopealla tahdilla, mutta ei ollut niin helppoa kuin aluksi ajateltiin. Käyttöohjeeseen saatiin helposti kerättyä asiaa ja kuvia eri työvaiheista samalla kun laitteistoa käytettiin, mutta ongelmien kohdalla oli vaikea saada vastauksia tai löytää tietoa laitteen käytöstä sen oman suppean käyttöohjeen takia. Ongelmien selvittämiseen saimme vastauksia suoraan laitteen valmistajalta, mutta osa jouduttiin ratkaisemaan itse ja osa jäi mysteeriksi.

Selkeiden työohjeiden ja vaiheiden selostaminen muille helposti ymmärrettäväksi tuotti ajoittain ongelmia, eikä kaikille englanninkielisen ohjelman vaiheille, ominaisuuksille tai kohteille löytynyt hyviä suomennoksia. Vaikeasti käännettäviä kohtia jouduttiin tarkentamaan useilla kuvilla ja käyttämällä englanninkielen lainauksia. Näihin kohtiin olisi ehkä voinut keksiä kokonaan uudet sanat tai nimetä ne uudelleen, jolloin käyttäjä voisi mahdollisesti ymmärtää asiat helpommin. Käyttöohjetta tullaan näyttämään eri henkilöille, jolloin saadaan palautetta, mikäli joitakin kohtia ei ymmärretä. Lisäksi ohjetta tullaan testaamaan henkilöllä, joka suorittaa mittauksen pelkästään ohjeen avulla. Näin saadaan arvokasta palautetta ja pystytään korjaamaan ohjetta mahdollisimman selkeäksi. Ohjekokeelmaan tullaan mahdollisesti lisäämään sisältöä laitteen lisäominaisuuksista, jotka jäivät ohjeesta pois, koska emme voi hyödyntää niitä tällä hetkellä.

Osittain laitteiston käytön tehostaminen onnistui soveltaen laitteiston omia ominaisuuksia, jolloin saatiin esimerkiksi nopeutettua laitteen käyttöä. Kokoonpanosolujen paikoittamista ei pystytty toteuttamaan johtuen siitä, ettei kokoonpanosoluihin ole vielä tehty uusia layouteja. Koneille on kuitenkin tehty mittauksia kokoonpanosoluissa ja mittauksista saaduista kokemuksista pystyttiin toteamaan mahdollisten merkittyjen paikkojen helpottavan rajapintamittauksiin valmistautumista ja niiden suorittamista, mutta ne eivät ole välttämättömiä. Mittaussolua pystyttiin testaamaan normaalia solua pienemmällä alueella, jolloin saatiin suuntaa antavaa tietoa, kuinka mittaussolu toimisi. Tuloksilla saatiin vahvistusta sille, että mittaussolu olisi kannattava ja helpottaisi mittaajan työskentelyä antamalla mittaajalle paremmat valmistautumismahdollisuudet sekä työrauhan. Työergonomian parannusta lähdettiin miettimään mittauskokemusten perusteella. Mietittiin, mikä on hankalaa ja miten sitä voidaan helpottaa. Nopeasti tuli selväksi, ettei ruutua näe tai merkkiäänä kuule tietyissä paikoissa, joten isompi näyttö oli aiheellinen. Näyttö ja koko mittauskalusto haluttiin samaan pakettiin, jolloin mittaaja saa kerralla kaiken tarvitsemansa mittauspisteelle. Mittausvaunulle löytyi valmis television teline, joka soveltui kyseiseen käyttöön ja helpotti laitteiston käyttöä mittapaikoilla. Näin myös työergonomia parani suuremman näytön ansiosta. TV-teline löytyi valmiiksi työpaikalta, joten sitä päästiin testaamaan käytännössä ja toteamaan sen toimivuus pienien muutostöiden jälkeen. TV-teline soveltui mainiosti kyseiseen tarpeeseen eikä nähty tarpeelliseksi lähteä suunnittelemaan kokonaan uutta telinettä.

Pidän työtä varsin onnistuneena siitä näkökulmasta, että olen yksi laitteen pääkäyttäjistä ja näin pystyin opettelemaan laitteen käytön varsin hyvin ja pystyin helpottamaan omaa työskentelyä sekä luomaan kattavan ohjeistuksen käytöstä. Työn avulla löysin ongelmia laitteen käytöstä ja näiden havaintojen avulla pystyin kirjoittamaan käyttöohjeeseen myös käyttöön liittyvistä ongelmista sekä ratkaisemaan niitä. Ongelmien havainnoinnilla ja niiden ratkaisulla etukäteen voidaan välttää tulevien mittauksien ongelmia ja suunnittelemaan mittaukset niiden mukaan. Lisäksi saimme laitteiston käyttöön ja merkittävän tarkastusapuvälineen hankalien mittauksien toteuttamiseen.

Lähteet

Kiwa 2019. 3Dmittaus. <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/3d-mittaus/>. Luettu 31.10.2019.

Kouri, I. 2009. LEAN TASKUKIRJA. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Kpedu 2019. LEAN. <https://www.kpedu.fi/kampanjat/lean/esimerkkejä-lean-menetelmistä>. Luettu 10.12.2019.

Metronor 2019. tuote-esite_2014, Liikuteltavat koordinaattimittauslaitteet.

Metronor Duo, Data sheet, Ver 19.1.

Modig, N & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean- Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Tukholma: Rheologica publishing.

Outotec 2019. Sisäiset tiedot.

Outotec 2019. Sisäiset tiedot. Lean.

Outotec 2019. Metso-Outotec. Toimialaa mullistava yhdistyminen. <http://www.outotec.fi/landing-pages/metso-outotec/>. Luettu 25.7.2019.

Outotec 2019. Tuotteet. PF-suodatin. <http://www.outotec.com/products/filtration/larox-pf-pressure-filter/>. Luettu 19.9.2019.

Outotec 2019. Tuotteet. FFP-suodatin. <http://www.outotec.com/products/filtration/larox-ffp-membrane-filter-press/>. Luettu 19.9.2019.

Outotec 2019. Tuotteet. CC-Ceramic suodatin. <http://www.outotec.com/products/filtration/larox-cc-ceramic-filter/>. Luettu 19.9.2019.

Outotec 2019. Tuotteet. RT-suodatin. <http://www.outotec.com/products/filtration/larox-rt-horizontal-vacuum-belt-filter/>. Luettu 19.9.2019.

Outotec 2019. Tuotteet. RT-GT-suodatin. <http://www.outotec.com/products/filtration/larox-rt-gt-gas-tight-filter/>. Luettu 19.9.2019.

Outotec 2019. Liiketoiminta. <http://www.outotec.fi/yhtio/outotec-yrityksena/liiketoiminta/>. Luettu 6.10.2019.

Tuominen, K. 2010. LEAN – kohti täydellisyyttä. Juva: WS Bookwel Oy.

Vossi. 2019. Valmistajat. Metronor. <https://www.vossi.fi/valmistajat/metronor/>. Luettu 7.9.2019.