



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henna Palomäki

Vaihtoehtoja Jucatin hitsausjigien säätöihin

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Kone- ja tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Insinööri

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Henna Palomäki

Työn nimi: Vaihtoehtoja Jucatin hitsausjigien säätöihin

Ohjaaja: Pasi Junell

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 45

Liitteiden lukumäärä: 3

Jucat Oy on vuonna 2001 perustettu eteläpohjalainen yritys. Jucat tuottaa innovatiivisia palveluita tehostamiseen ja kehittämiseen valmistavan teknologiateollisuuden yrityksille. Jucatin visio on olla toimialallaan halutuin yhteistyökumppani, lisäksi toiminnan tulee olla kannattavaa ja hallitusti kasvavaa. Jucat toteuttaa kokonaisratkaisuja teknologiateollisuuden yrityksille niin Suomessa kuin kansainvälisestikin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja selvittää yritykselle nykyistä nopeampia, luotettavampia ja yrityksen tarpeisiinsa sopivia vaihtoehtoja hitsausjigien säätämiseen.

Työ eteni eri yritysten tarjoamien vaihtoehtojen selvittämällä. Vaihtoehtojen selvittämisen jälkeen yritysten edustajat kävivät esittelemässä tuotteitaan Jucatile. Näin nähtiin, mitkä tuotteet olivat sopivia yrityksen tarkoitukseen.

Tulokseksi saatiin, että Hexagon Manufacturing Intelligencen Leica Absolute Tracker AT403 -laite oli hitsausjigien säätöihin nopea ja luotettava eli vastasi yrityksen toiveita. Toisena vaihtoehtona oli MLT Machine & Laser Technology Oy:n Metrascan 3D skanneri. Tämä laite oli myös luotettava, mutta ei niin nopea. Lisäksi laitteessa oli paljon ominaisuuksia, joita yritys ei tarvitse tällä hetkellä.

¹ Asiasanat: hitsaus, säätö, laserkeilaus, 3D-skannaus, hitsausjigi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Henna Palomäki

Title of thesis: Options for adjusting Jucat welding jigs

Supervisor: Pasi Junell

Year: 2020

Number of pages: 45

Number of appendices: 3

Jucat is a company based in South Ostrobothnia, it was founded in 2001. Jucat offers companies in the manufacturing industry services that improve and enhance the efficiency of their manufacturing processes. The vision of the company is to be the preferred partner in the manufacturing industry. The business is profitable and growing steadily. Jucat provides complete turnkey solutions for the technology manufacturing industry both in Finland and abroad.

The aim of the thesis was to study faster, more reliable and suitable options for the adjustment of a welding jig. Sales representatives from different companies demonstrated varied solutions for the adjustment. In this way it was possible to see which products would be suitable for Jucat.

The result was that Leica Absolute Tracker AT403 from Hexagon Manufacturing Intelligence was the best option and met the company's needs. The second option was a 3D scanner from MLT Machine & Laser Technology Oy. The 3D scanner was also reliable but had features which the company would not need at the moment.

¹ Keywords: Welding, feedback control, laser scanning, 3D scanning, welding jig

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Toimeksiantaja	8
1.3 Työn tavoite	12
1.4 Työn rakenne	12
2 Hitsaus	13
3 NYKYTILAN KUVAUS.....	14
3.1 Jigin säätäminen	16
3.2 Lasermitta Futech multicross 8.....	19
3.3 Jigin mittausapuvälineet	20
4 KEHITTÄMINEN.....	22
4.1 Vaatimukset	22
4.2 Asiakkaiden vaatimukset.....	22
4.3 Vaihtoehtoja säätämiseen	22
4.3.1 Fotogrammetriset 3D-mallit.....	23
4.3.2 Laserkeilaus.....	23
4.3.3 Takymetri	24
4.3.4 3D-skannaus.....	24
4.4 TYÖN ETENEMIINEN.....	24
4.4.1 Mitutoyo, Geotrim, IKH.....	24
4.4.2 Rensi Finland Oy	25
4.4.3 MLT Machine & Laser Technology Oy	25

4.4.4	Cascade Suomi.....	31
4.4.5	Hexagon Manufacturing Intelligence.....	35
5	TULOKSET	41
6	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kuvassa on merkitty ruuvit, jotka säädetään haluttuun mittaan mittavälineiden avulla.	19
Kuva 2. Lasersäde Futech Multicross 8-mittaukseen.	20
Kuva 3. Jigin mittausapuvälineet: vasemmalla rullamitta, keskellä teräsmitta ja oikealla pystymitta magneetilla.	21
Kuva 4. HandySCAN-3D-skanneri kuljetussalkussa ja lisävarusteet	26
Kuva 5. Skannauksen lukutarroja jigissä vasemmalla ja HandySCAN-3D-skanneri käytössä oikealla.	27
Kuva 6. Skannausohjelma VXelements vasemmalla sekä skannattu pistepilvi oikealla. ...	27
Kuva 7. Skannattua jigiiä.	28
Kuva 8. C-Track-järjestelmä vasemmalla ja järjestelmän kuvausalue oikealla.	28
Kuva 9. Metrascan-3D-skanneri vasemmalla ja oikealla skanneri käytössä.	29
Kuva 10. Metrascan 3D-skannerilla kuvattua jigiiä.	30
Kuva 11. HandyPROBE Next D-mittalaitteen sekä Metrascan-3D-skannerin magneetteja ja lisälaitteet vasemmalla ja HandyPROBE Next D-mittalaitte oikealla.	30
Kuva 12. ATOS Core D-skanneri ja skannaustarroja vasemmalla ja oikealla. Demo-paloja, joiden avulla laitteen esittely suoritettiin.	32
Kuva 13. Skannausohjelma ATOS Correlate. Skannausalueelta tarkistetaan, että kuvattavat kohteet ovat oikeassa paikassa.	32
Kuva 14. Demo-osien etäisyyksiä selvitetään.	33
Kuva 15. TRITOP kannettava koordinaattimittalaite vasemmalla ja Tritop-mittalaitteella kohteen kuvaaminen oikealla.	34

Kuva 16. Tritop-apuvälineitä ja demo-osia vasemmalla ja oikealla Tritop-apuvälineistä kuvaa ohjelmassa.	34
Kuva 17. Ohjelman kuvaa apuvälineistä/demo-osia pistepilvenä.	35
Kuva 18. Leica Absolute Tracker AT403 vasemmalla ja tracker-laitteen vaaitus oikealla..	35
Kuva 19. Kuvassa PolyWorks ohjelma, Leica RRR 1.5''reflektori ja kaukosäädin.	36
Kuva 20. Nollapisteyden määrittelyä vasemmalla ja nollapisteyden haku oikealla.	37
Kuva 21. Pikku reflektorilla säädetty ruuvia vaadittuun korkeuteen.	37
Kuva 22. 1.5''reflektorin avulla säädetään mittapistettä.	38
Kuva 23. Osan molemmin puolin löydetty kaksi pistettä näistä saadaan osan keskipiste ja näin jigille nollapiste.	39
Kuva 24. Leica B-probella mittaaminen vasemmalla ja Leica Absolute Tracker AT403:n apuvälineitä oikealla.....	40
Kuvio 1. Kuvio jigin säätöjen haasteesta.....	15
Kuvio 2. Jigin mittakartta, jonka mukaan osa numeroidaan, ja näin tiedetään, mikä osa tulee mihinkäkin nimellismittaan (Jucat 2020). LÄHDELUOTTELOON!!!	17
Kuvio 3 Mittakortti, jonka mukaan säädetään osat haluttuun nimellismittaan mittavälinein (Jucat 2020).....	18
Taulukko 1. Jucatilta kerätyt jigin säätöjen haasteet.	15

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D-skannaus	3D-skannerin tarkoitus on skannata kohde ja tuottaa dataa kohteen muodosta ja ulkonäöstä. Tästä datasta koostetaan kolmiulotteinen malli, jota voidaan työstää suunnitteluohjelmassa.
Hitsausjigi	Hitsausjigi on "työkalu" tämä asemoi/linjaa liitettävät osat oikein toisiinsa nähden muodostaen yhden kokonaisuuden. Osien liittämisen jälkeen osat voidaan hitsata kiinni toisiinsa eivätkä osat pääse enää liikkumaan. Tämä tehdään aina tuotteeseen sopivaksi ja helpottamaan tuotteen hitsausta.
Laserkeilaus	Laserkeilaus on mittaustapa, jonka avulla kohteesta saadaan lasersäteiden perusteella mittaustarkkaa kolmiulotteista tietoa kohteeseen koskematta.
Takymetri	Takymetri on maanmittauksessa käytettävä mittalaite, jonka avulla mitataan säteittäisesti eli polaarisesti pisteiden sijainteja kojeeseen nähden. Laite toimii napakoordinaatistossa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Jucat Oy suunnittelee ja valmistaa asiakkaan yksilöllisiin tarpeisiin hitsausjigijä. Hitsausjigit hitsataan ja kootaan Jucatin omissa tiloissa. Asiakkaan tarpeiden mukaan myös jigien liikkuvat säädeltävät osat säädetään Jucatin mittakartan ja -kortin avulla. Tällä hetkellä jigien säätämiseen menee paljon aikaa. Jucatin toive oli, että tutkitaan ja selvitetään nopeampia, luotettavia ja heidän tarpeisiinsa sopivia vaihtoehtoja jigien säätämiseen. Tällä hetkellä arviolta yhden henkilön työaika menee säätöihin, jos jigijä on vuodessa 50. Aikaa kuuluu paljon, koska jokainen jigi on yksilö.

1.2 Toimeksiantaja

Jucat Oy on vuonna 2001 perustettu eteläpohjalainen yritys. Jucat tuottaa innovatiivisia palveluita tehostamiseen ja kehittämiseen, valmistavan teknologiateollisuuden yrityksille. Jucatin visio on olla toimialalla halutuin yhteistyökumppani sekä toiminta on kannattavaa ja hallitusti kasvavaa. Jucat toteuttaa kokonaisratkaisuja teknologiateollisuuden yrityksille niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. (Jucat 2019.)

Jucat tarjoaa tuotannon tehostamiseen konseptisuunnittelua ja valmistuslinjoja, tuotannon automatisoinnin ja robotisoinnin ratkaisuja, laitteita sekä erilaisia tukipalveluita. Jucatin kokonaisvaltainen palveluntarjonta tuottaa asiakkaille lisäarvoa paremman kilpailukyvyn, laadun, tuottavuuden, ergonomian ja turvallisuuden muodossa. Jucatin tavoite on olla asiakkaille tuotannon pitkäaikainen ja luotettava kehityskumppani. Jucatin tavoite on myös vastata asiakkaan kaikkiin kehitystarpeisiin investoinnin koko elinkaaren ajan. Edistyksellisen sekä tehokkaan suunnittelu- ja tuotantoprosessin ansioista Jucat ottaa täyden vastuun ratkaisuistaan ja antaa niille tuottavuustakuun. (Jucat, [viitattu 3.11.2020].)

Jucat lupaa varmistaa, että projektit valmistuvat aikataulun mukaisesti ja että ne vastaavat asiakkaan tarpeita, tavoitteita ja laatuvaatimuksia. Ammattitaitonsa ja kokemuksensa ansiosta Jucat pystyy tuomaan kaikki teknologian hyödyt asiakkaidensa tuotannon

tehostamiseksi. Jucatin luotettava ja kattava yhteistyö- sekä alihankintaverkosto täydentää heidän palveluntarjontaansa entisestään. (Jucat, [viitattu 3.11.2020].)

Jucatilla on ratkaisuja erilaisiin tilanteisiin, sekä yksittäisiin hitsausjigeihin tai kokonaisvaltaisiin valmistuslinjoihin. Yrityksen tuotevalikoima on laaja ja laatuun kiinnitetään erityisesti huomioita. Jucatilla suunnitellaan sekä automatisoituja että manuaalisia valmistuslinjoja. Tuotteiden avulla on asiakkaan mahdollista edistää tuotantoaan. Jucatilla on JCP-laitekanta sekä yhteistyösopimuksia parhaiden kumppaneiden kanssa, joiden tuotteet ja palvelut täydentävät palvelutarjontaa. (Jucat, [viitattu 3.11.2020].)

Jucat myy myös yksittäisiä tuotteita. Näitä ovat JCP- ja JCL-kappaleenkäsittelylaitteet, JCW-jauhekaaritornit, ABB-robottijärjestelmät, hitsaus- ja kokoonpanojigit, nostoapuvälineet, pyöritysrullastot, logistiikkatelineet sekä kiinnittimet. (Jucat, [viitattu 3.11.2020].)

Jucatin valikoimassa on JCP-kappaleenkäsittelylaitteita 7 erikokoista. JCL-kappaleenkäsittelylaitteita on 4 erikokoista. JCK-kappaleenkäsittelylaitteita on 6 erikokoista. Lisäksi JCKP-käsittelypöytiä on 5 eri kokoa. (Jucat, [viitattu 3.11.2020].)

Esimerkiksi JCP 500 -kappaleenkäsittelylaitteen ominaisuuksia ovat:

- nostokyky 500 kg/pari
- pyöritysmomentti on 50 Nm
- tilttimomentti: 625 Nm
- nostoalue: 860 mm
- lautasen läpimitta: 250 mm
- korkeus 1010 mm
- leveys 530 mm
- syvyys 530 mm
- paino 100 kg. (Jucat 2019.)

Esimerkiksi JCP 32 000 -kappaleenkäsittelylaitteen ominaisuuksia ovat:

- nostokyky 32000 kg/pari
- pyöritysmomentti 18000 Nm

- tilttimomentti 50000 Nm
- nostoalue 1000–1800 mm
- lautasen läpimitta 1490 mm
- korkeus 2615 mm
- leveys 1700 mm
- syvyys 1500 mm
- paino 4800 kg. (Jucat 2019.)

Esimerkiksi JCL 750 -kappaleenkäsittelylaitteen ominaisuuksia ovat:

- nostokyky 750 kg
- pyöritysmomentti 2500 Nm
- kallistusmomentti 2500 Nm
- pyörityshalkaisija 1500 mm
- kallistusakselin korkeus 700–1200 mm
- kallistusakselin ja lautasen välinen offset 350 mm
- lautasen läpimitta 500 mm
- korkeus 1540 mm
- leveys 780 mm
- syvyys 2010 mm
- paino 830 kg. (Jucat 2019.)

Esimerkiksi JCL 8000-kappaleenkäsittelylaitteen ominaisuuksia ovat:

- laitteen nostokyky 8000 kg
- pyöritysmomentti 10000 Nm
- kallistusmomentti 18000 Nm
- pyörityshalkaisija 3600 mm
- kallistusakselin korkeus 1000–1800 mm
- kallistusakselin ja lautasen välinen offset 500 mm
- lautasen läpimitta 950 mm
- korkeus 2665 mm

- leveys 1700 mm
- syvyys 4115 mm
- paino 6800 kg. (Jucat 2019.)

Esimerkiksi JCK 750-kappaleenkäsittelylaitteen ominaisuuksia ovat:

- laitteen nostokyky 750 kg
- pyöritysmomentti 2500 Nm
- tilitymomentti 3000 Nm
- nostoalue 700–1200 mm
- lautasen läpimitta 500 mm
- korkeus 1540 mm
- leveys 780 mm
- syvyys 830 mm
- paino 600 kg. (Jucat 2019.)

JCK 16 000 -kappaleenkäsittelylaitteen ominaisuuksia ovat:

- laitteen nostokyky 16000 kg
- pyöritysmomentti 18000 Nm
- tilitymomentti 50000 Nm
- nostoalue 1000–1800 mm
- lautasen läpimitta 1490 mm
- korkeus 2615 mm
- leveys 1700 mm
- syvyys 1500 mm
- paino 4800 kg. (Jucat 2019.)

1.3 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja selvittää yritykselle nykyistä nopeampia, luotettavia ja yrityksen tarpeisiinsa sopivia vaihtoehtoja hitsausjigien säätämiseen. Nykyiset säätökeinot vievät paljon aikaa, ja jokainen asentaja tekee säädöt erilaisin apuvälinein. Tavoitteena on löytää hyvä ratkaisu, jota kaikki asentajat voisivat käyttää, ja säädöt saataisiin nykyistä nopeammin tehtyä. Tavoitteena on, että noin puolet nykyisestä säätöihin menevistä ajoista pystyttäisiin säästämään. Tasalaatuisuus paranee samalla, kun säätöprosessi yhtenäistetään.

1.4 Työn rakenne

Työn alussa kerrotaan työn tavoitteesta ja työn toimeksiantajasta. Sen jälkeen siirrytään teoriaosuuteen hitsauksesta. Hitsausta käydään läpi yleisellä tasolla. Tämän jälkeen kerrotaan Jucatin nykytilanteesta hitsausjigien säätöjen osalta, tällä hetkellä se tehdään manuaalisesti mittaamalla. Nykytilan kuvauksen jälkeen käydään läpi hitsausjigin vaatimukset. Tulevaisuudessa vaatimukset kasvavat asiakkaiden ja yrityksen puolelta. Seuraavaksi työssä käydään läpi itse työn eteneminen ja pohditaan lopputulosta.

2 Hitsaus

Työssä tarkasteltavat tuotteet ovat hitsausjigettä, ja asiakkaat käyttävät niitä hitsaamisen apuna. Asiakkaat voivat Jucatilta hankkimissaan jigeissä käyttää monenlaisia hitsausvaihtoehtoja.

Hitsauksella tarkoitetaan metallikappaleiden liitospintojen kiinnittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta niin, että kappaleet muodostavat jatkuvan yhteyden. Kaikki hitsausprosessit käyttävät hyväksi lämpöä, jolla sulatetaan liitettävien osien railopinnat ja hitsauslisäaine. Hitsaukseen tarvittava lämpö tuotetaan kaarihitsauksessa valokaaren avulla. Kaasussa tapahtuvaa sähköpurkausta kutsutaan valokaareksi. Hitsauksessa käytetään hitsattavan materiaalin lisäksi erilaisia lisä- ja apuaineita. Hitsattaessa valokaaren avulla pystytään nopeasti ja tehokkaasti saamaan riittävän korkeita lämpötiloja sekä suuria lämpömääriä. Hitsauksessa valokaaren lämpötila vaihtelee hitsausprosessin mukaan. Esimerkiksi puikkohitsauksessa valokaaren ytimen lämpötila voi olla noin 5000–6000 celsius-astetta. (Kemppi 2020.)

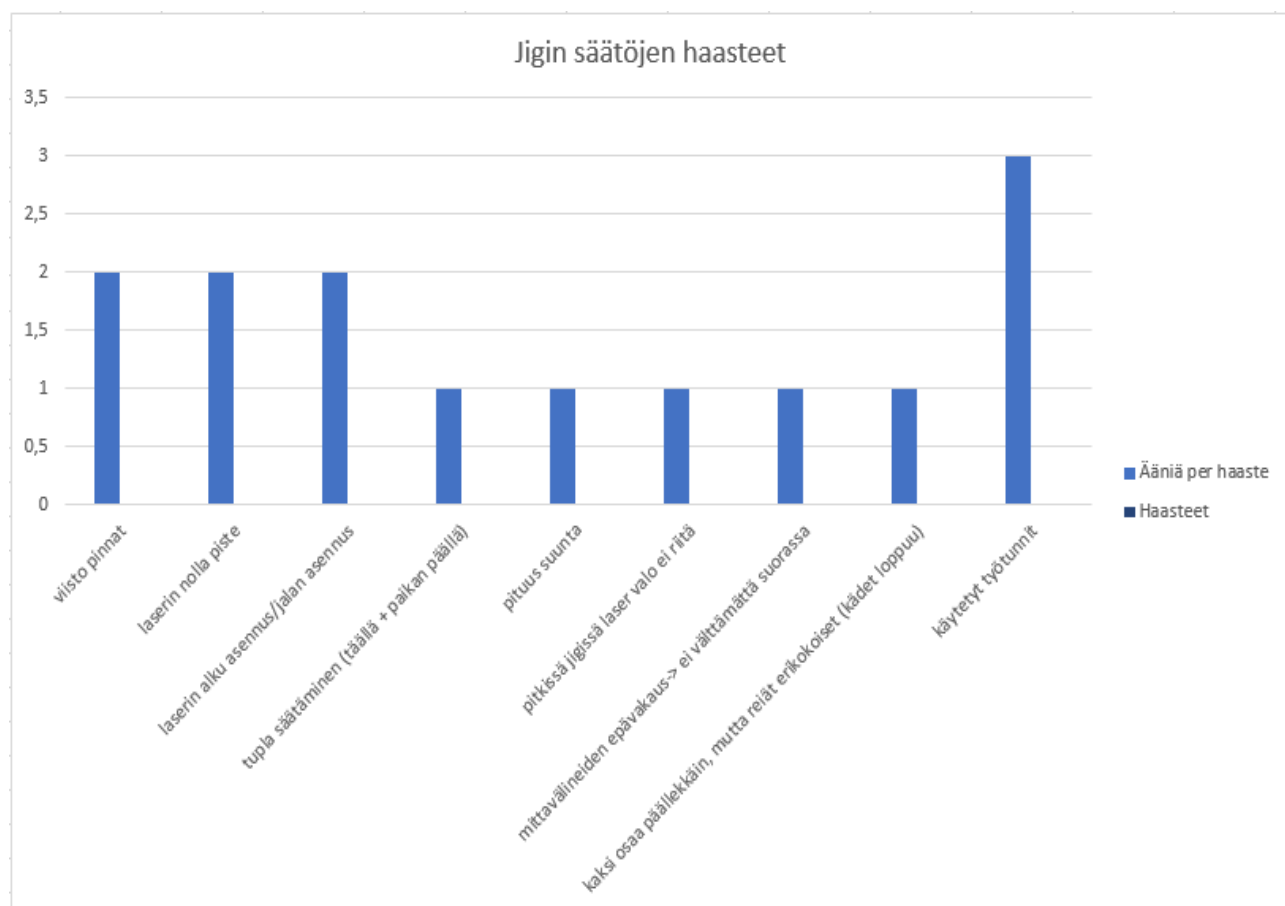
Kappaleiden liittäminen voi tapahtua pelkästään niin, että hitsattavat osat sulavat yhteen pelkällä valokaaren lämmöllä. Tällainen hitsausmenetelmä on esimerkiksi TIG-hitsaus. Yleensä hitsaussaumaan tarvitaan myös lisäaineita, joko langansyöttölaitteella hitsauspistoolin avulla tai käsin syötettävällä hitsauspuikolla. Langansyöttölaitteellinen hitsauslaite on esimerkiksi MIG/MAG-hitsauslaite. Lisäaineellisessa hitsauksessa lisäaineen on oltava likimain sama sulamispiste kuin hitsattavalla materiaalilla. Metallit, kuten alumiini, teräs ja ruostumaton teräs ovat yleisimpiä hitsattavia materiaaleja. (Esab 2020.)

3 NYKYTILAN KUVAUS

Tällä hetkellä jigit säädetään manuaalisesti apuvälineitä käyttäen. Asentajat hoitavat säädöt Jucutilla ja lisäksi asiakkaan yrityksessä, jos näin on sovittu erikseen. Jokainen hitsausjigi on erilainen ja tällä hetkellä säätö tehdään manuaalisesti. Koska jokainen hitsausjigi on suunniteltu asiakkaan tarpeisiin sopivaksi ovat ne kaikki erilaisia. Aikaa menee paljon nykyisillä apuvälineillä. Asentajilla on tällä hetkellä käytössään apuvälineinä lasermitta Futech multicross 8 on moniristilaser, joka on tarkoitettu vaativaan käyttöön. Laitteen ympärille heijastuu yhdeksän valonsädettä pysty- ja vaakalinjassa. Futech-laserlaitteen tarkkuus on $\pm 1 \text{ mm} / 10 \text{ m}$, elektronisella säädöllä. Laserissa on ristiviivalaser, jossa on yksi punainen vaakaviiva ja neljä pystyviivaa. Laite heijastaa luotisäteen myös suoraa laitteen alle, tämä mahdollistaa suuntaamisen sekä ylös että alas. Tällä hetkellä asentajilla on lisäksi apuvälineinä rullamitta, teräsmitta sekä itse tehty pystymitta magneetilla. Nykytilan selvittämiseen haastateltiin Jucatin työntekijöitä, jotka säätävät jigit. Heidän kertomansa perusteella tehtiin jigin haasteista taulukko (kuva 1 ja 2). Näiden perusteella lähdettiin selvittämään vaihtoehtoja jigin säätöihin. Kuvassa 2 näkyy, että säätöihin kuluva aika nousi kaikkien haastateltavien suurimmaksi haasteeksi. Muut asiat jakautuivat sen mukaan, kuinka kukin työntekijä näki sen itselleen haasteeksi.

Taulukko 1. Jucatilta kerätyt jigin säätöjen haasteet.

Nro	ääniä	Haasteet
1	2	viisto pinnat
2	2	laserin nolla piste
3	2	laserin alku asennus/jalan asennus
4	1	tupla säätäminen (täällä + paikan päällä)
5	1	pituus suunta
6	1	pitkissä jigissä laser valo ei riitä
7	1	mittavälineiden epävakaus-> ei välttämättä suorassa
8	1	kaksi osaa päällekkäin, mutta reiät erikokoiset (kädet loppuu)
9	3	käytetyt työtunnit

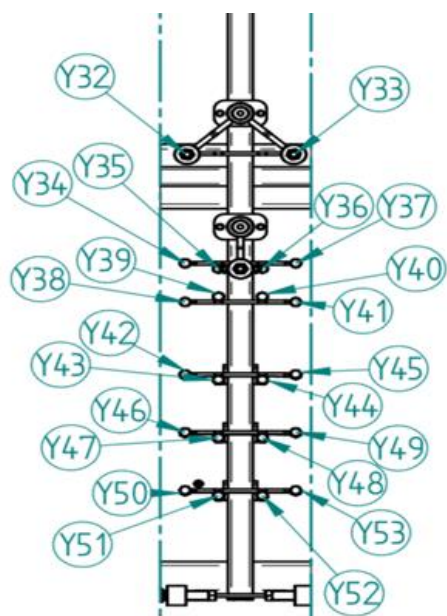


Kuvio 1. Kuvio jigin säätöjen haasteesta.

3.1 Jigin säätäminen

Jigin säädöt tehdään siten, että tarvitaan mittakartta (kuvio 1), mittakortti (kuvio 2), lasersäde (kuva 2) ja mittausvälineet (kuva 3). Ensimmäisenä merkitään mittakartan mukaiset osat, jotka pitää säätää (kuvio 1). Jigin säädöissä on tärkeää, että jigi on ensin säädetty suoraan sen alustan mukaan, jonka päällä sen on. Näin varmistetaan, että mittaustuloksesta saadaan luotettava joka kohdasta. Hitsausjigissä säädetään normaalisti X-, Y- ja Z-tasot, aina ei välttämättä ole kaikkia suuntia. Aikaa menee paljon siihen, että hitsausjigiin saadaan paikoilleen kaikki irralliset osat. Lisäksi on tarkistettava, että se on suorassa alustaansa vasten. Sen jälkeen aloitetaan säätäminen, jokainen osa pitää säätää erikseen. Jigin muoto voi aiheuttaa omat haasteensa säätöihin. Esimerkiksi, jos jigi on korkea, pitää fyysisesti mennä sen ali. Jos jigi on matala, pitää fyysisesti kiipeillä sen yli. Oman haasteen tuo myös mahdollinen ahdas väli. Ongelmia voi aiheuttaa se, että työväline ei sovi säädettävään kohtaan. Joskus ongelmana voi olla työntekijän koko suhteessa säädettävään jigiin.

Hitsausjigin säätäminen alkaa siitä, että ensin säädetään jigi suoraan. Sen jälkeen laseri kohdistetaan oikeaan paikkaan. Tarkoituksena on nähdä lasersäde. Tämän jälkeen merkitään kaikki osat, jotka pitää säätää. Merkintävaiheeseen menee paljon aikaa, on tarkistettava, että kaikki kohdat on merkitty oikein mittakartan mukaan. Vasta tässä vaiheessa aloitetaan säätäminen joko mittakepin, rullamitan tai magneettimitan kanssa. Jokainen merkitty osa tai ruuvi pitää erikseen mitata/säätää ja sen jälkeen ruuvata kiinni oikeaan mittaan. Kun kaikki on säädetty oikeaan mittaan (kuva 1), tarkistetaan, että kaikki samalla mitalla olevat ovat samalla tasolla. Tämä tehdään jollain suoralla palkilla, näin varmistetaan, että kaikki kohdat ovat varmasti samalla tasolla. Säädetäessä pitää ottaa huomioon, että runko voi hiukan taipua mittauksen aikana eri tavalla kuin varsinaisessa käytössä asiakkaalla.



Kuvio 2. Jigin mittakartta, jonka mukaan osa numeroidaan, ja näin tiedetään, mikä osa tulee mihinkäkin nimellismittaan (Jucat 2020).

Sarjanumero

2084 J14527

Vinoissa pinnoissa
pienempi mitta

Tunnus	Nimellismitta [mm]	Toleranssi	Mitattu mitta	Mittaväline			Huomio
				Rullamitta	Työntömitta	Laser	
Y41	85	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y42	112	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y43	112,5	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y44	112,5	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y45	112	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y46	118,5	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y47	119	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y48	119	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y49	118,5	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y50	124,5	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y51	125	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y52	125	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y53	124,5	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y54	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y55	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y56	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y57	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y58	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y59	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y60	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y61	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y62	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y63	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y64	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y65	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y66	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y67	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y68	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y69	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y70	80	1mm		x		x	Pultin keskelle
Y71	80	1mm		x		x	Pultin keskelle

Kuvio 3 Mittakortti, jonka mukaan säädetään osat haluttuun nimellismittaan mittavälinein (Jucat 2020).



Kuva 1. Kuvassa on merkitty ruuvit, jotka säädetään haluttuun mittaan mittavälineiden avulla.

3.2 Lasermitta Futech multicross 8

Futech Multicross 8 on moniristilaser (kuva 2), joka on tarkoitettu vaativaan käyttöön. Koko laitteen ympärille heijastuu yhdeksän valonsädettä pysty- ja vaakalinjassa. Futech laserlaitteen tarkkuus on $\pm 1 \text{ mm} / 10 \text{ m}$, elektronisella säädöllä. Laserissa on ristiviivalaser, jossa on yksi punainen vaakaviiva ja neljä pystyviivaa. Laite heijastaa luotisäteen myös suoraa laitteen alle, tämä mahdollistaa suuntaamisen sekä ylös että alas. Monessa markkinoilla olevassa linjalasermallissa laserdiodit ovat luotirakenteessa, mutta toiminto on hoidettu elektronisesti samoin kuin pyörivässä laserissa. Tämän ansiosta linjoista tulee vakaammat ja se lisää tarkkuutta. Elektronisesti on mahdollista myös säätää kaato/kallistus, samoin kuten pyörivässä laserissa. (Staypro, [viitattu 18.11.2020].)

Laitteen kokonaiskantavuus on 25 metriä. Laitteessa on neljä vaakasuoraa viivaa, neljä pystysuoraa viivaa sekä luotilaser alas. 360° akselilla piirtyvät viivat haluttuun x, y ja x akselille ja nopeuttavat työskentelyä, koska näkyvyys on seinältä seinälle. Kokonaispaino on vain 3,4 kg. Laitteen kokonaismitat ovat 140x140x208 mm. Lasersäde on hyvin näkyvä, koska on laserluokkaa 2. (Staypro, [viitattu 18.11.2020].)



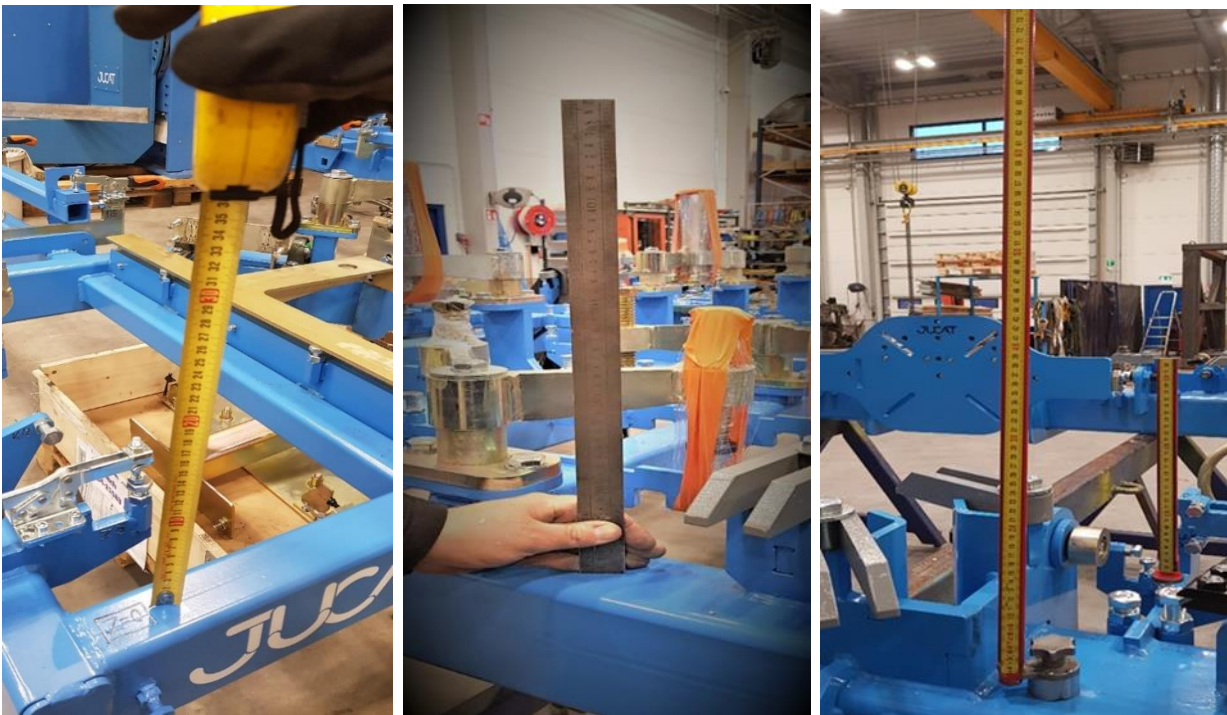
Kuva 2. Lasersäde Futech Multicross 8-mittaukseen.

3.3 Jigin mittausapuvälineet

Rullamitta on yksi apuvälineitä, jota käytetään paljon jigien säädöissä (kuva 3 vas.). Laadukas rullamitta kestää käytössä, ja niitä on eri mittaisia eri tarkoituksiin. Rullamitassa on lukitus, jonka avulla käyttöjä voi lukita mitan haluttuun mittaan. Joissakin malleissa on automaattinen lukitus ja palautuslukitus. Tämä helpottaa säätämistä. Samoin tämä auttaa vaikeiden paikkojen säädöissä. Rullamitta sopii kapeaankin väliin. Mittatarkkuus luokkaa 2, joka on ± 1 mm, jos mitta on kalibroitu, kunnossa ja mitta on ollut suorassa mittaus hetkellä. Rullamitat, joita voi kalibroida ovat mittauskäyttöön parhaita. (lkh.fi [Viitattu 19.1.2021].)

Teräsmittaa käytetään kapeissa paikoissa jigiä säätäessä (kuva 3 keskellä). Teräsmittoja on saatavilla monen eri pituisia. Mittaustarkkuus voi heitellä, jos mitta on hieman vinossa vaakasuunnassa. Teräsmitassa erottuu hyvin lasersäde ja se on hyvä apuväline mittauksessa. Mittatarkkuus luokkaa 2, joka on ± 1 mm, jos mitta on kunnossa ja suorassa mittaustilanteessa. (Witre 2020)

Pystymittoja käytetään usein, koska ne pysyvät magneetin avulla pystyssä (kuva 3 oike.). Pystymitat ovat Jucatin työntekijän tekemiä. Isoon pystymittaan on alaosaan ruuvattu magneetti ja varressa on mitta. Mittatarkkuus näiden mittojen kanssa on samaa luokkaa kuin rullamitalla ja pystymitalla eli ± 1 mm. Magneetin avulla kiinnitys on helppoa. Mitta pysyy pystyssä, mitta on aina samassa asennossa riippumatta, mistä mitataan. Pienessä pystymitassa on alaosassa pyöreä magneetti, josta lähtee varsi, jossa on mitta. Jucatilla on myös pienempi pystymitta, joka sopii pienempiin väleihin.



Kuva 3. Jigin mittausapuvälineet: vasemmalla rullamitta, keskellä teräsmitta ja oikealla pystymitta magneetilla.

4 KEHITTÄMINEN

4.1 Vaatimukset

Ennen suunnittelua suunnittelija käy yhdessä asiakkaan kanssa läpi millainen jigi sopii heidän tuotteelleen. Kaikki asiakkaat eivät tarvitse erillistä säätöä liikkuville osille. Asiakas, joka tarvitsee erikseen sovitut säädöt omalle tuotteelleen, kertoo ennen suunnittelua vaatimukset säädöille ja esimerkiksi toleranssit säätöihin. Yhdessä suunnitteluinsinöörit ja asiakas neuvottelevat millainen lopputuloksesta tulee. Suunnittelija suunnittelee ensin jigin ja viimeisenä tekee siihen sopivan mittakartan ja -kortin.

4.2 Asiakkaiden vaatimukset

Asiakkaiden vaatimukset ja tarpeet korostuvat koko ajan entistä enemmän. Yritysten täytyy tarjota asiakkailleen räätälöityjä ja yksilöllisiä palveluita. Kilpailu on markkinoilla kovaa asiakkaista. Yritys, joka pystyy tarjoamaan monipuolisimman ja yksilöllisimmän palvelun, on varmasti kärjessä kilpailutuksessa. Asiakkaat osaavat vaatia erilaisia palveluita ja näihin vaatimuksiin täytyy pystyä teknologian kaudella tarttumaan. ”Asiakastyytyväisyydellä tarkoitetaan käytännössä asiakkaan odotusten täyttymistä suhteessa ennakko-odotuksiin” (Kasve 2021). Asiakkaat odottavat saavansa yrityksiltä laadukkaita tuotteita ja palveluita kilpailukykyiseen hintaan.

Asiakkaat haluavat entistä enemmän, että hitsausjigit tehdassäädetään jo ennen kuin valmis jigi toimitetaan asiakkaalle. Lisäksi asiakkaan tiloissa tarkistetaan säädöt, kun jigi on asennettu paikoilleen.

4.3 Vaihtoehtoja säätämiseen

Seuraavassa kerrotaan eri vaihtoehtoista, kuinka voidaan säätää erilaisia asioita ja erilaisilla tavoilla. Säätöihin löytyy erilaisia vaihtoehtoja ja niistä on tässä kerrottu enemmän.

4.3.1 Fotogrammetriset 3D-mallit

Fotogrammetria tarkoittaa kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilla valokuvilla. Tämä on nopea, tarkka ja usein kustannustehokas tapa mallintaa kohde tai alue visualisointia varten. Kolmiulotteinen digitaalinen aineisto tehdään fotogrammetrian perusteella kohteesta otettujen kuvien perusteella. 3–5 mm:n tarkkuuteen päästään mittauksessa mitattavan kohteen koosta riippuen. (A1media, [Viitattu 18.11.2020].)

4.3.2 Laserkeilaus

Laserkeilausmenetelmällä olemassa olevat rakenteet voidaan luoda 3D-kuvaksi. Käytännössä se tarkoittaa etäisyyksien mittaamista. Laserkeilauslaite mittaa lähtöpisteestään etäisyydet ympärillään oleviin asioihin ja muotoihin. Näin syntyvistä mitoista pystytään mallintamaan pistepilvimalli, jolla saadaan hahmotettua kohteen muodot. (Simetek 2018.)

Mitoitus aloitetaan siten, että laserkeilaimelle määritetään asetuksilla missä ollaan keilaamassa, ja esimerkiksi valoisuus pitää ottaa huomioon. Laite voidaan myös säätää niin, että kerrotaan, kuinka pitkä matka halutaan mitata. Laite toimii maksimissaan 130 metriä. (Simetek 2018.)

Laite toimii pyörimällä oman akselinsa ympäri ja mittaus tapahtuu mittaamalla kohde pyörivällä linssillä, josta tulee laservaloa ympärilleen. Eri pisteistä otetut skannaukset yhdistetään yhdeksi pistepilveksi laitteen keräämän datan avulla tietokoneella. Keilata tulee tehdä useista eri suunnista, jos halutaan esimerkiksi mitata säiliö, muuten keilaus näyttää samalta kuin ihminen katsoisi kohdetta yhdestä suunnasta. (Simetek 2018.)

Tämä menetelmä on niin tarkka, että käytännössä kaikkein pienimmätkin elementit, kuten pultinkannatkin ovat nähtävissä mittauksen myötä. Mittatarkkuus on ± 1 mm. Laite ottaa myös panoraamavalokuvat kohteesta, näiden avulla pystytään jälkikäteen tarkastelemaan, minkälaisista tilasta on oikeasti ollut. Kuvasta pystytään hyvin jälkikäteen varmistamaan esimerkiksi putkien paikat. (Simetek 2018.)

4.3.3 Takymetri

1920-luvulla myyty takymetrikipregeeli vastaa parhaiten käyttötarkoitukseltaan nykypäivän takymetria. Laite on valmistettu kartoitusmittauksia varten. 1980-luvulla tulivat takymetrit, joissa oli kiinteästi etäisyysmittari kulmanmittauskojeessa. Alkuvaiheessa elektro-optinen etäisyysmittaus tehtiin prisman avulla, mutta 1980-luvulla aloitettiin etäisyysmittarien käyttö ilman prismaa. Takymetrien alkuvaiheessa tarvittiin kaksi henkilöä, että kohde saatiin mitattua. Yksi oli kojeen takana ja seurasi mittalukemia ja samaan aikaan toinen henkilö kulki kuljettaen prismaauvaa. Automatisointi alkoi takymetrien osalta 1990-luvulla. Takymetrin akseleita laitettiin ohjaamaan servomoottorit. (Laurila 2010, 223.)

Robottitakymetriksi kutsutaan etäkäytettävää takymetria, tämä on pitkälle automatisoitu takymetri. Yksi mittaaja pystyy suorittamaan robottitakymetrillä kartoitus- ja merkitsemismittaukset. Takymetrian ja laserkeilamen yhdistelmää kutsutaan hybriditakymetriksi. (Laurila 2010, 223.)

4.3.4 3D-skannaus

3D-skanneri on laite, joka analysoi reaali maailman kohdetta ja tuottaa dataa sen muodosta, ja mahdollisesti myös ulkonäöstä. Tästä datasta voidaan koostaa kolmiulotteinen malli. 3D-skannerilla voidaan helposti ja nopeasti skannata halutun kappaleen 3D-malli (mesh) tai pistepilvi. 3D-skannaus on tapa taltioida kohde suunnittelun avuksi. Tuottavan tarkan 3D-mallin saa nopeasti ja vaivattomasti laadukkaalla laitteella ja tehokkaan ohjelman avulla. Kohteen pinnat on suunnittelun referenssi, muodot tallennetaan digitaaliseen malliin, näin luotiin skannauksesta solid-malli ja kehitettiin sitä edelleen 3D-skannauksen avulla. (AIPworks 2019.)

4.4 TYÖN ETENEMIINEN

4.4.1 Mitutoyo, Geotrim, IKH

Mitutoyo- ja Geotrim-nimisiin yrityksiin otettiin yhteyttä ja samalla selvitettiin, olisiko heillä mahdollisesti Jucatile sopivia vaihtoehtoja tarjolla. Yhteyttä otettiin myös Jucatin

tavarantoimittajaan IKH:n, olisiko heillä tarjota sopivia vaihtoehtoja. IKH:lla oli samat vaihtoehdot kuin Jucatile on nyt käytössä.

Mitutoyon laitteet ovat huippuluokan skannausteholla varustettuja, erittäin tarkasti mittaavia laitteita, niissä on valmius kosketusliipaisimeen, skannausanturiin, optiseen anturiin ja laserskannerianturiin. Mitutoyolla tuotteet olivat kiinteitä malleja ja Jucat etsii liikuteltavaa mallia, näin ollen tämä tuote ei sopinut Jucatin tarpeisiin.

Geotrimmin tuotteet olivat takymetreja. Geotrimmillä tuotteen olivat pääasiallisesti maanmittaukseen eikä sopineet myöskään Jucatile.

4.4.2 Rensi Finland Oy

Rensi Finland Oy lähetti tarjouksen sähköpostilla. Heillä ei ollut mahdollisuutta tulla Jucatile esittelemään laitteitaan. Heidän yrityksensä tuotteet ovat koordinaattimittaukseen ja 3D-skannaukseen. Jucat sai tarjouksen Kreon Baces XG 100-nivelvarsikoneesta, jonka pituus on 4,6 m eli laite on 6 akselinen. Tämä laitteen avulla pystytään säätämään maksimissaan 9 m:n jigi, jos on mahdollista saada laite keskelle jigiä. Tämän laitteen tarkkuus on +- 0,094 eli päästään haluttuun tarkkuuteen. Säätämiseen saadaan nopeutta tällä laitteella.

4.4.3 MLT Machine & Laser Technology Oy

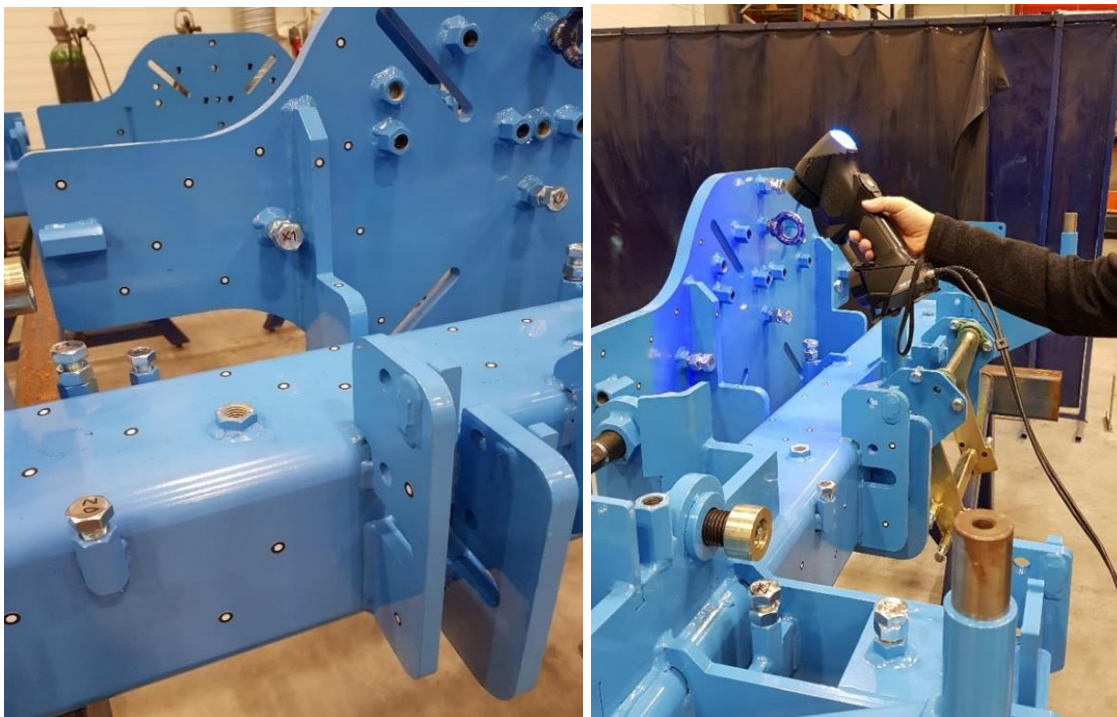
MLT Machine & Laser Technology Oy:ltä kävi esittelijä esittelemässä yrityksen laitteita. Yrityksen tuotteet ovat 3D-skannauslaitteita.

Ensin esittelyssä oli Creaformin Handyscan -3D-malli (kuva 4 ja 5 oikealla), jolla saatiin nopeasti ja helposti skannattua jigin 3D-malli tai pistepilvi (kuva 6 oikealla) näkyviin tietokoneen näytölle. Esivalmisteluja tarvittiin kuitenkin jonkin verran. Ensin laitettiin lämpenemään C-Track-järjestelmä (kuva 8 vasemmalla). Lämpeneminen kestää noin 30 min, mutta säilytyslämpötila ja käyttötilan lämpötila vaikuttaa lämpenemiseen. Sen jälkeen jigiin laitettiin skannauksen lukutarroja (kuva 5 vasemmalla), joita tarvittiin paljon. Pienessä jigissä tarvittiin satoja tarroja ja isossa jigissä tarvittaisiin tuhansia tarroja, jotta skannaus onnistuu. Jigin skannaus aloitettiin käynnistämällä skannausohjelma VXelements (kuva 6

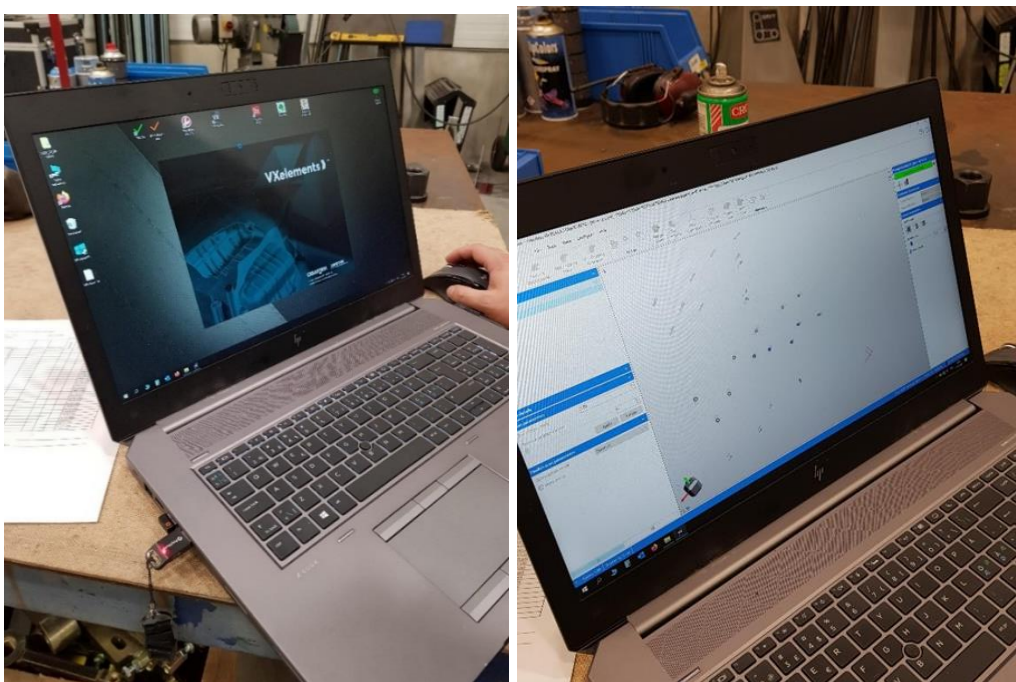
vasemmalla). Tämän jälkeen katsottiin, näkyvätkö pisteet kuvausalueella (kuva 8 oikealla). Tämän jälkeen esittelijä aloitti jigin kuvaamisen Handyscan-laitteen avulla (kuva 5 oikealla) alueilta, jotka oli tarroitettu. Skannauksesta tulee näytölle kuvaa pieninä kolmioina, joista muodostuu skannattu kuva jigistä (kuva 7). Tämä laite on kätevä pienten tuotteiden kuvaamiseen. Tarrojen määrä riippuu kuvattavasta pinta-alasta. Pieni kuvattava ala esim. 3 mx 3m tarvitsee tarroja noin 100 kappaletta eli iso ala tarvitsee paljon tarroja.



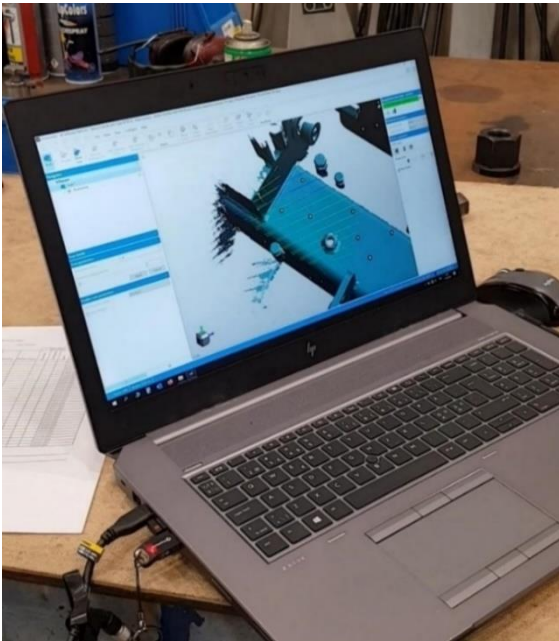
Kuva 4. HandySCAN-3D-skanneri kuljetussalkussa ja lisävarusteet



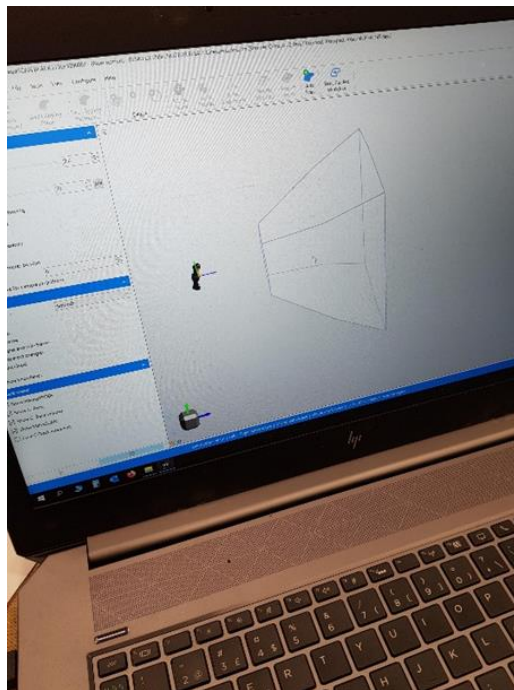
Kuva 5. Skannauksen lukutarroja jigissä vasemmalla ja HandySCAN-3D-skanneri käytössä oikealla.



Kuva 6. Skannausohjelma VXELEMENTS vasemmalla sekä skannattu pistepilvi oikealla.

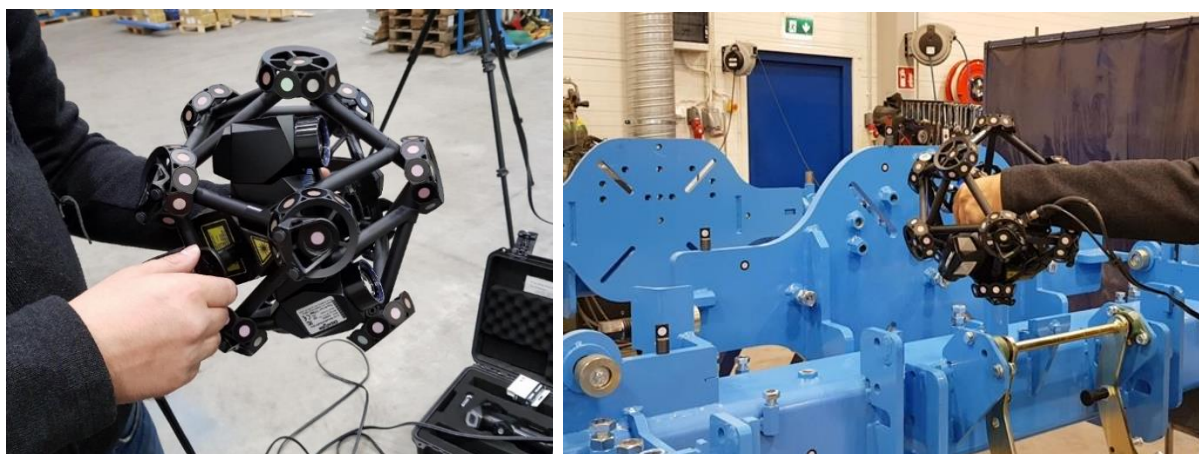


Kuva 7. Skannattua jigä.

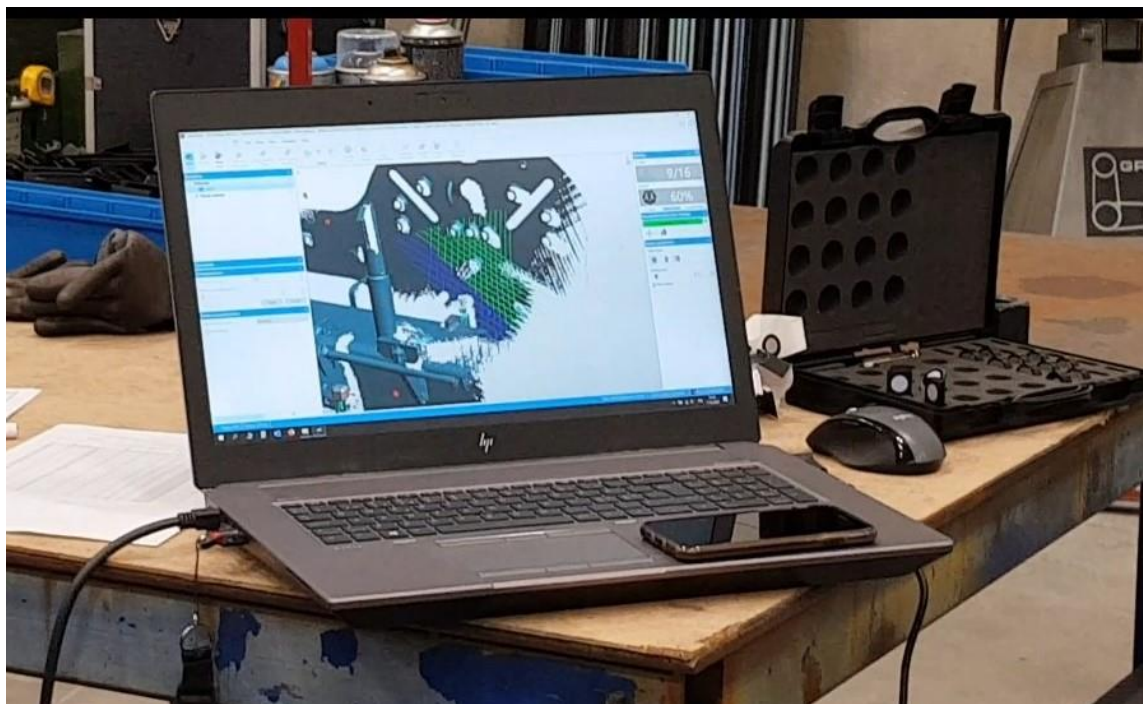


Kuva 8. C-Track-järjestelmä vasemmalla ja järjestelmän kuvausalue oikealla.

Toisena laitteena esiteltiin Metrascan-3D-skanneri. Esivalmisteluissa tarvittiin myös C-Track-järjestelmä. Sen jälkeen laitettiin isompia tarroja ja magneetteja pitkin jigin runkoa, joiden avulla skannaus suoritettiin. Tarrat voidaan myös laittaa siirreltäviin apupinnoihin kuvattavan tuotteen taakse, pinnoja voidaan siirtää sen mukaan, kun skannattava kohta muuttuu. Magneetit ovat osittain pyöriviä, jotta skannaus on helppo suorittaa molemmilta puolin. Osa magneeteista on vain pyöreitä siirreltäviä esineitä. Pyörivät magneetit skannattavan tuotteen päällä olivat käytännöllisiä, koska niitä sai käännettyä sen mukaan, kummalta puolelta jigiä skannattiin. Metrascan-3D-skanneri oli sopivan kevyt, sillä jaksaa skannata isompiakin alueita kerralla (kuva 9). Tällöin tulee huomioida, että johto pääsee tulemaan jigin molemmin puolin. Tärkeää oli, että skannerin säteiden välissä ei ollut esteitä. Tietokoneen näytölle tuli tässäkin skannauksessa samalla lailla kuvaa kuin Handyscan-3D-skannerin käytöllä (kuvat 10). Tässä yhteydessä vielä esiteltiin Handypoint Next 3D -mittalaitte (kuva 11 oikealla), jolla sai skannerikärjen avulla mitattua jigin ruuvien senhetkisen mitan. Lisäksi laitteeseen kuuluu magneetteja ja muita apuvälineitä (kuva 11 vasemmalla).



Kuva 9. Metrascan-3D-skanneri vasemmalla ja oikealla skanneri käytössä.



Kuva 10. Metrascan 3D-skannerilla kuvattua jigiä.



Kuva 11. HandyPROBE Next D-mittalaitteen sekä Metrascan-3D-skannerin magneetteja ja lisälaitteet vasemmalla ja HandyPROBE Next D-mittalaitte oikealla.

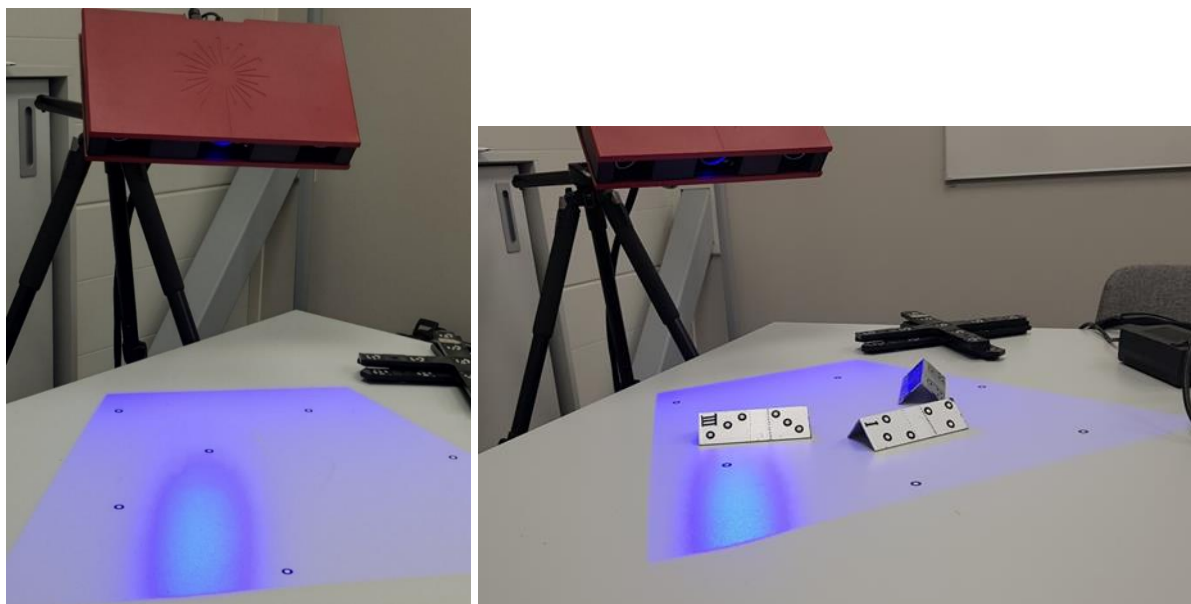
Jigin alkuperäisen 3D-kuvan ja skannatun kuvan sai yhdistettyä ja näin sai katsottua paljonko mitäkin osaa piti säätää oikeaan lukemaan. Haastetta toi, kun alkuperäinen 3D-kuva ja skannattu kuva olivat eri asennoissa. Näin ollen suuntien määrittämien ja oikeiden kohtien löytyminen ei käynyt ihan hetkessä sekä säädöt menivät väärään suuntaan. Ennen ja jälkeen säätöjen otettiin demomittaus ja säätöraportit (Liitteet 1 ja 2).

Seuraavana päivänä Jucatin asentaja teki tarkistussäädöt jigiin. Todettiin, että raportin mukaan vihreällä olleet olivat oikein ja punaisella olevat arvot, jotka jäivät väärin. Näin ollen arvoista todettiin, että säädöt olivat luotettavia siltä osin kun ne tehtiin loppuun asti.

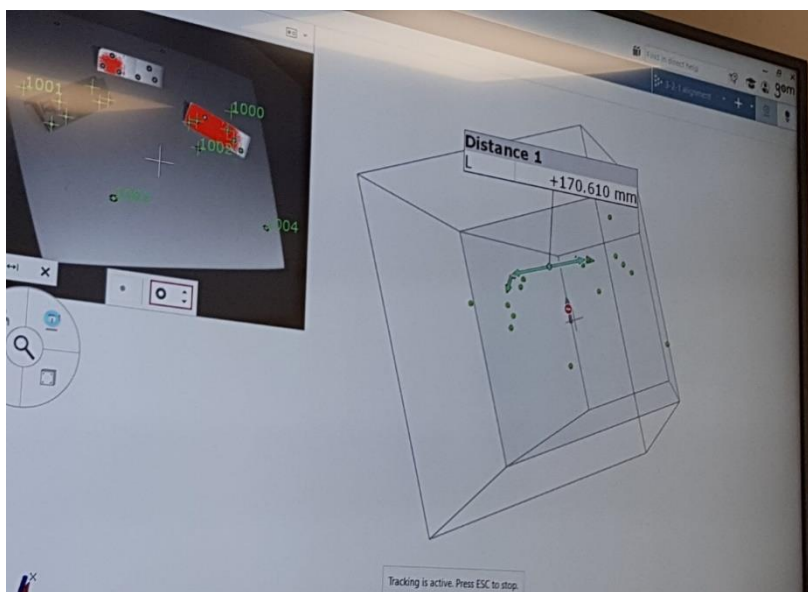
4.4.4 Cascade Suomi

Cascade Suomi toimii osana Cascade Control AB:tä. Cascadelta kävi esittelijä esittelemässä yrityksen laitteita. Yrityksen tuotteet ovat 3D-skannaustuotteita.

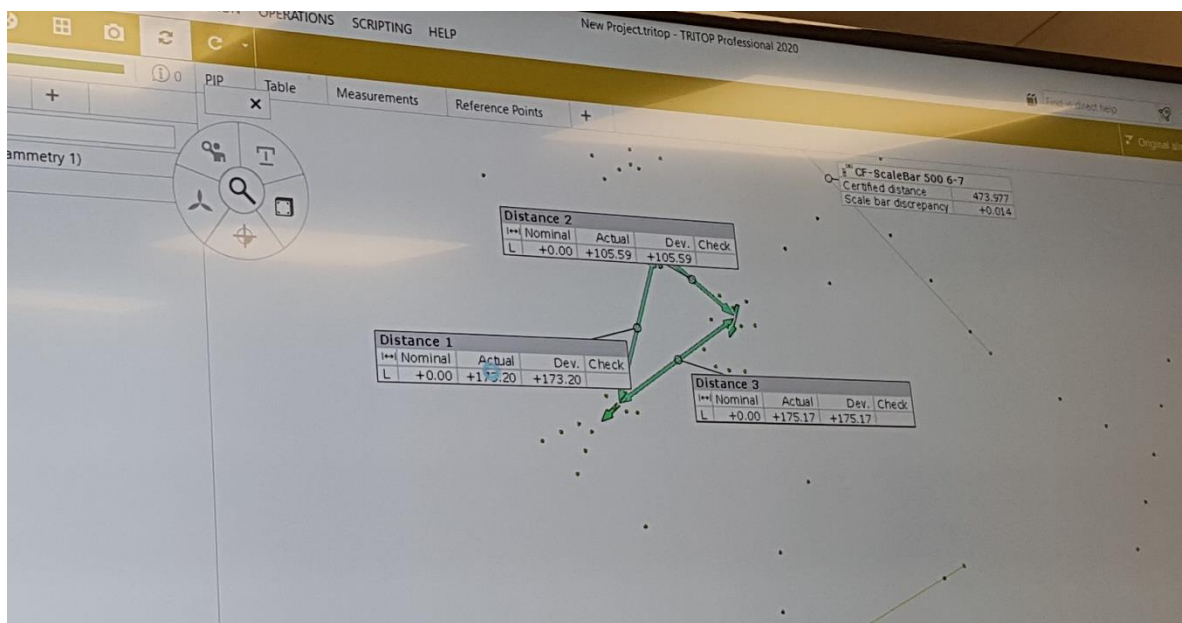
Ensin esittelyssä oli ATOS Core D-skanneri (kuva 12). Esivalmisteluja tarvittiin jonkin verran. Ensin laitettiin laite lämpenemään. Lämpeneminen kestää noin 10 min, mutta säilytyslämpötila ja käyttötilan lämpötila vaikuttaa lämpenemiseen. Jucatilla ei sattunut olemaan esittelypäivänä jigiä, jota olisi voitu käyttää esittelytarkoitukseen. Esittelijä esitteli laitteen demopalojen avulla, joissa oli lukutarroja. Tällä laitteella voidaan kuva kerrallaan noin 5 m. Demoesitys aloitettiin laittamalla pöytään lukutarroja. Skannaus aloitettiin käynnistämällä skannausohjelma ATOS Correlate (kuva 13). Tämän jälkeen katsottiin tietokoneelta, että näkyvätkö pisteet kuvausalueella. Sitten laitettiin 3 demo palaa pöydälle (kuva 12 oikealla). Skannauksella tulee näytölle kuvaa pieninä pisteinä. Seuraavaksi esittelijä esitteli ohjelmalla, kuinka näytöltä näkyivät kaikki tarrapisteet ja demonpalojen pisteet. Ohjelmalla yhdistettiin demopalojen pisteet ja niiden väliset etäisyydet selvitettiin (kuva 14).



Kuva 12. ATOS Core D-skanneri ja skannaustarroja vasemmalla ja oikealla. Demo-paloja, joiden avulla laitteen esittely suoritettiin.



Kuva 13. Skannausohjelma ATOS Correlate. Skannausalueelta tarkistetaan, että kuvattavat kohteet ovat oikeassa paikassa.



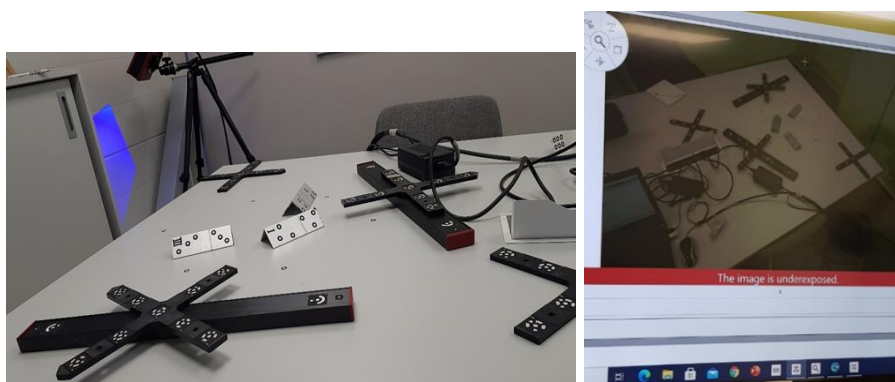
Kuva 14. Demo-osien etäisyyksiä selvitetään.

Toisena esittelyssä oli TRITOP kannettava koordinaattimittalaite (kuva 15 vasemmalla). Tritop on kuin tavallinen kamera, mutta kameran linssi suunniteltu staattiseen kuvaukseen. Tritop-laitteella aloitettiin demoesitys kuvaamalla demo-osia ja tarrapisteitä pöydältä. Kuvia tarvitaan paljon, joka kulmasta 2 pistettä, ja 2 eri kulmasta (kuva 15 oikealla). Sen jälkeen tarkistetaan tietokoneelta, tuliko kuvia tarpeeksi, näyttävätkö kuvat ja kulmat oikeilta. Tarvittaessa otetaan lisää kuvia. Sitten tarkistetaan pistepilven muodosta, että kaikki kuvattavat pisteet löytyvät. Kun kaikki pisteet löytyvät kuvasta, tarkastellaan vain demo-osien pisteitä (kuva 16). Lisäksi Tritop tarvitsee apuvälineitä ja tässä demossa oli demopaloja (kuva 16). Samoista apuvälineistä esittelijä näytti myös kuvaa ohjelman kautta

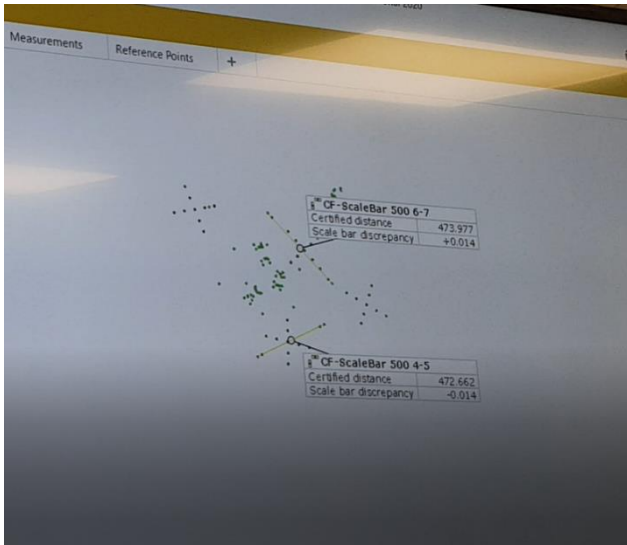
(kuva 17). Lopuksi esittelijä esitteli demopaloista/apuvälineistä ohjelman välityksellä, miltä ne näyttävät (kuva 17).



Kuva 15. TRITOP kannettava koordinaattimittalaite vasemmalla ja Tritop-mittalaitteella kohteen kuvaaminen oikealla.



Kuva 16. Tritop-apuvälineitä ja demo-osia vasemmalla ja oikealla Tritop-apuvälineistä kuvaa ohjelmassa.



Kuva 17. Ohjelman kuvaa apuvälineistä/demo-osia pistepilvenä.

4.4.5 Hexagon Manufacturing Intelligence

Hexagon Manufacturing Intelligenceltä kävi esittelijä esittelemässä yrityksen laitteita. Yrityksen tuotteet ovat 3D-laitteita uusimman teknologian laitteita ja järjestelmien yhdistämiseen soveltuvia.



Kuva 18. Leica Absolute Tracker AT403 vasemmalla ja tracker-laitteen vaaitus oikealla.

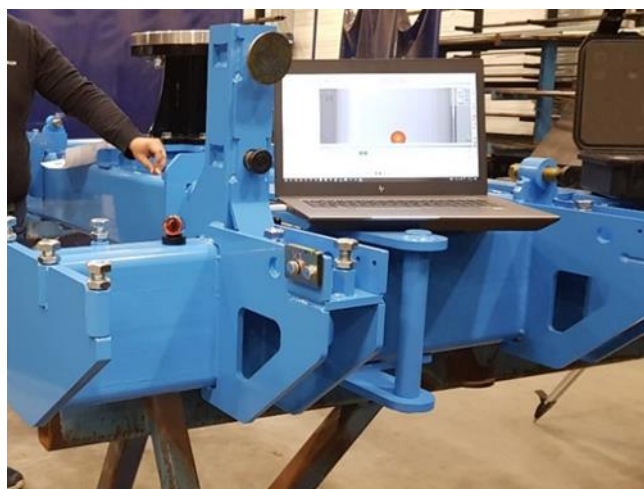
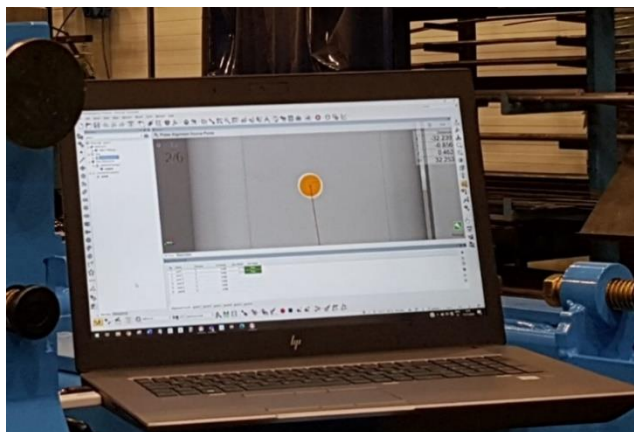
Jucatile käytiin esittelemässä Leica Absolute Tracker AT403 (kuva 18 vasemmalla), joka on laserseurantajärjestelmä. Laite laitettiin lämpenemään, tämä kesti noin 5 minuuttia. Akkujen kesto on 8 tuntia. Trackerin kantavuus 160 m aina 320 m:n asti yhdellä istumalla. Trackeri pyörii 360 astetta ympäri eli korkeus ei ole kuvauksissa ongelma. Lämmityksen jälkeen Tracker-koneessa oleva osa (kuva 18 oikealla) vaaitetaan. Vaaituksen tarkoituksena on saada kahden pisteen välinen korkeusero oikeaan suhteeseen. Eli tässä tapauksessa liikkuva piste säädetään säätöpallon sisään säätämällä Trackerin jalustaa. Seuraavaksi vielä vaaitetaan alempi osa, joka on jalustassa kiinni. Trackerin kanssa käytetään PolyWorks-ohjelmaan, joka toimii yhdessä reflektorin ja kaukosäätimen kanssa (kuva 19).



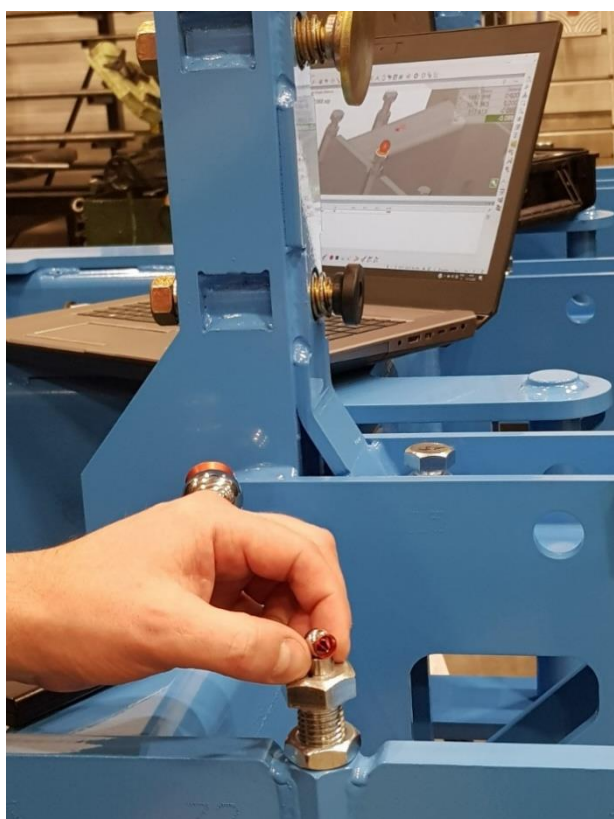
Kuva 19. Kuvassa PolyWorks ohjelma, Leica RRR 1.5''reflektori ja kaukosäädin.

Skannausohjelma PolyWork avataan ja sinne ladataan jigistä step-muodossa oleva tiedosto. Sitten otettiin kaukosäädin ja Leica RRR 1.5''reflektori. Aloitettiin miettimään mihin kohtaan jigä laitetaan 6 pistettä, joilla määritetään mitattava jig. Jigin nollapisteet voi esittelijän mukaan määrittää monellakin lailla ja esittelijä esitteli muutaman vaihtoehdon. Nollapisteiksi soveltuvat suorat pinnat, koska ne on helppo skannata. Ensin kerrottiin tietokoneelle halutut nollapisteet (kuva 20 vasemmalla). Sitten luettiin reflektorin ja

kaukosäätimen avulla (kuva 20 oikealla) pisteet yksi kerrallaan koneelle. Aina kun piste ja reflektori kohtaavat tietokoneella, tämä hyväksytään kaukosäätimen avulla.



Kuva 20. Nollapisteen määrittelyä vasemmalla ja nollapisteen haku oikealla.



Kuva 21. Pikku reflektorilla säädetty ruuvia vaadittuun korkeuteen.

Pikku reflektorin (kuva 21) avulla testattiin ruuvien korkeussäätöjä, kuinka ne todellisuudessa toimivat. Kun oli saatu Z-0 eli korkeussuunnan nollapiste selville voitiin selvittää, oliko ruuvi nollapisteeseen nähden liian ylhäällä vai alhaalla. Säättäminen reflektorin avulla oli erittäin helppoa, kun näytöltä näki koko ajan mihin suuntaan piti säätää. Tämän jälkeen otettiin tappiadapteri 1.5''reflektorin avuksi, koska esittelijä halusi saada Y-0-paikan selville, mutta se oli skanneri säteen ulkopuolella, skannaus ei reflektorilla onnistunut. Sitten esittelijä yritti säätää 1.5''reflektorin (kuva 22) avulla samaa mittapistettä, mutta isompikin reflektori jäi skannausalueen ulkopuolella. Esittelijä yritti useista kulmista tuloksetta saada isommalla reflektorilla skannaustuloksia. Lopulta esittelijä päätyi siirtämään Trackerin paikkaan, josta sai skannattua molemmin puolin Y-0-pisteet.



Kuva 22. 1.5''reflektorin avulla säädetään mittapistettä.

Trackerin siirto aloitettiin siten, että tarvitaan vanhasta kuvaskannauskulmasta kolme kuvapistettä. Pisteiden pitää olla suurin piistein kolmion mallissa. Kaksipuolisella teipillä varmistetaan, että magneetti pysyy paikallaan eikä liiku, kun reflektori irrotetaan magneetista. Kun kaikille kolmelle on määritetty sopiva paikka, ne skannataan Trackeriin. Vasta sen jälkeen Trackeri siirretään. Sen jälkeen Tracker ja jalusta vaaitetaan uudestaan. Vaaituksen jälkeen kolme pistettä skannataan uudestaan. Järjestyksellä ei ole väliä. Nyt laite on taas käyttövalmis.



Kuva 23. Osan molemmin puolin löydetty kaksi pistettä näistä saadaan osan keskipiste ja näin jigille nollapiste.

Nyt päästään tappiadapteri avulla mittaamaan halutun kappaleen reunoista tarvittava määrä pisteitä. Molemmin puolin kuvataan sama määrä pisteitä ja vastakkaiselta puolelta myös kuvataan samalla lailla. Tämän jälkeen jokaisesta reunasta tehdään ohjelman avulla keskiarvo pisteille ja sitten kaikkien pisteiden avulla määritellään Y-0-taso jigiiin molemmille puolille (kuva 23).

Lopuksi tulostettiin demoraportti kokeeksi siitä, millaisia arvoja ja tuloksia voidaan raporttiin lisätä ja laittaa (Liite 3).



Kuva 24. Leica B-probella mittaaminen vasemmalla ja Leica Absolute Tracker AT403:n apuvälineitä oikealla.

Apuväline Leica B-probella päästää pituuden avulla hankaliin paikkoihin, joko jonkin osan taakse, jos ei skanneri näe tuotetta tai vaikka esimerkiksi näe reikään (kuva 24 vasemmalla). Esittelijä esitteli myös muita apuvälineitä, joita kuuluu Trackersiin (kuva 24 oikealla).

5 TULOKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja selvittää Jucatile nykyistä nopeampia, luotettavimpia ja yrityksen tarpeisiin sopivia vaihtoehtoja hitsausjigien säätämiseen. Tässä opinnäytetyössä tehdyn selvityksen perusteella tullaan siihen lopputulokseen, että paljon löytyy vaihtoehtoja eri erityksiltä, mutta moni ei soveltunut Jucatin tarpeisiin. Sen jälkeen, kun oli selvillä mitä vaihtoehtoja oli, kävivät yritysten edustajat esittelemässä tuotteitaan Jucatile. Näin nähtiin, mitkä tuotteet olivat sopivia yrityksen tarkoitukseen.

Tarkoitukseen soveltuvia tuotteita löytyi muutama vaihtoehto. Hexagon Manufacturing Intelligencen Leica Absolute Tracker AT403-laite oli hitsausjigien säätöihin nopea ja luotettava eli vastasi yrityksen toiveita. Trackerilla oli helppo ja nopea valita nollapistet. Jos jouduttiin siirtämään laitetta, se tapahtui vain hakemalla 3 nollapistettä, eikä aikaa mennyt turhan kauaa. Trackerissa oli myös se hyvä puoli, että ei tarvinnut käyttää tarroja, vaan käytettiin mittapäitä. Laite oli sellainen, että mahdollisimman moni oppisi Jucatile sitä käyttämään.

Toisena laitteena oli MLT Machine & Laser Technology Oy:n Metrascan-3D-skanneri. Tämä laite oli myös luotettava, mutta ei niin nopea, siinä oli paljon ominaisuuksia, joita yritys ei tarvitse tällä hetkellä. Nollapisteidien hakeminen oli haastavaa. Tarvittiin paljon tarroja, että saatiin luettua jigä. Tähän menee paljon aikaa. Laitteen siirron jälkeen nollapistet piti etsiä uudelleen, mikä näin ollen vie paljon aikaa. Laitteen koulutus veisi paljon aikaa, eikä sitä kannattaisi opettaa monelle asentajalle.

Cascade Control AB:ltä esittelyssä oli kaksi laitetta: Pontos proposal ja Tritop proposal. Pontos proposal oli paremmin soveltuva laite Jucatin tarpeisiin. Tässä laitteessa nollapistet etsittiin tarrojen tai demopalojen avulla. Tämä vie paljon aikaa. Ohjelman ja laitteiden käyttö oli monimutkaista. Näin ollen tämä laite ei vastaa Jucatin tarpeita. Toisena laitteena oli Tritop proposal. Tällä laitteella piti ottaa paljon onnistuneita kuvia, että saatiin kuvaa ohjelmaan. Tämä vei paljon aikaa. Tämä laite ei oikein sovellu asentajille halliin, koska kuvia pitää ottaa niin monta kertaa, että säätö on saatu +- 1 mm. Näin ollen tämäkään laite ei vastaa Jucatin tarpeita.

Rensi Finland Oy:n nivervarsimittakone ei ollut tällä hetkellä sopiva, koska Jucatile on jo itsellään vastaava pienempi laite. Tämä suurempi nivervarsimittakone ylittää jopa 9 metriin, joka on tärkeä Jucatile. Mutta jos laitetta pitää siirrellä useaan otteeseen, ja että laitteen siirtelyyn menee paljon aikaa. Laite pitäisi olla helposti siirrettä ja tämä laite vaatii aina siirron jälkeen nolla pisteiden merkkauksen alusta.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön lopputulos oli, että Jucatin tarpeisiin sopivin laite olisi Hexagon Manufacturing Intelligencen Leica Absolute Tracker AT403-laite. Tämä laite nopeuttaa, helpottaa ja antaa luotettavia säätötuloksia. Laitteen käytöltä toivottiin helppoutta, jotta mahdollisimman moni voisi käyttää laitetta. Laitteen käyttöön tarvitsee koulutuksen. Koska Jucatin asentajat käyttävät päivittäin Solid Edge-sovellusta, heidän on myös helppo perehtyä tämän laitteen käyttöön ja ohjelmistoon.

Jucatilla tähän asti kaikki asentajat tekevät säätöjä kokoamiseen jigeihin. Työ tarkoitus oli selvittää löytyisikö sellainen laite, joka kävisi jokaiselle asentajalle jatkossakin. Työn suunnitteluun menee paljon aikaa, jos vain esimerkiksi yksi asentaja osaisi käyttää laitetta. Ongelmana olisi myös, jos tämä ainoa asentaja on poissa töistä tai työasennuksella säädöt jouduttaisiin tekemään vanhalla tyylillä manuaalisti. Tällöin hankittu laite ei auttaisi ajan säästössä.

Oli mielenkiintoista tutustua erilaisten laitevalmistajien tarjontaa sekä nähdä kuinka näitä laitteita sovelletaan Jucatin jigeihin. Nyt korona-aikana oli vaikea saada laite-esittelijöitä Jucatile, mutta onneksi kolmelta yritykseltä se onnistui. Jucatin jokainen jigi on yleensä omanlaisensa yksilö. Tämän takia oli ehdottoman tärkeää nähdä käytännössä soveltuuko laite Jucatin muuttuviin ja erilaisiin tarpeisiin. Oli myös tärkeää nähdä ettei laitteen käyttö ole liian monimutkaista.

LÄHTEET

A1 media. Ei päiväystä. Fotogrammetriset 3D-mallit. [Verkkosivu]. A1 media.fi. [Viitattu 18.11.2020]. Saatavilla: <https://www.a1media.fi/osaamme/fotogrammetria>

AIPworks. 2019. Luo kohteesta 3D-malli minuuteissa. [Verkkosivu]. AIPworks. [Viitattu 18.11.2020]. Saatavilla: https://aipworks.fi/3d-skannaus/?gclid=Cj0KCQiAqdP9BRDVARIsAGSZ8AmMd1ncrFuh9oFlkPb1rZHO_uZufcepnOCDToEyRSEsykwMY1PeV1waAsqdEALw_wcB

Esab. 2020. Hitsausmenetelmät. [Verkkosivu]. Oy ESAB. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavana: <https://www.esab.fi/fi/education/blog/hitsausmenetelmat.cfm>

Ihk.fi myymälät. Ei päiväystä. Autolock rullamitta 5m/25mm. [Verkkosivu]. Ikh.fi. [Viitattu 19.1.2021]. Saatavana: <https://www.ikh.fi/fi/autolock-rullamitta-5m-25mm-mw464663>

Jucat. 2019. Jucat-esitys. [PowerPoint-esitys]. Jucat Oy. [Viitattu 3.11.2020]. Saatavana: Vain yrityksen sisäisessä käytössä.

Jucat. 2020. Jucatin omia tiedostoja. [PDF-tiedosto]. Jucat Oy. [Viitattu 25.11.2020]. Saatavana: Vain yrityksen sisäisessä käytössä.

Jucat. Ei päiväystä. JUCAT. [Verkkosivu]. Jucat Oy. [Viitattu 3.11.2020]. Saatavana: <https://jucat.fi/yritys/>

Kasve. 2021. 9 + 1 syytä tehdä laatua Osa 4. Tyytyväiset asiakkaat. [Verkkosivu]. Kasve Oy. [Viitattu 19.1.2021]. Saatavana: <https://www.kasve.fi/9-1-syyta-tehda-laatua-osa-4-tyytyvaiset-asiakkaat/>

Kemppi. 2020. Mitä hitaus on. [Verkkosivu]. Kemppi Oy. [Viitattu 6.11.2020]. Saatavana: <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/mita-hitsaus-on/>

Laurila, P. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja.

Simetek. 2018. Laserkeilaus teräsrakenteiden suunnittelussa. [Verkkosivu]. Simetek Oy. [Viitattu 18.11.2020]. Saatavilla: <https://www.simetek.com/2018/05/28/laserkeilaus-terasrakenteiden-suunnittelussa/>

Staypro. Ei päiväystä. Moniristilaser. [Verkkosivu]. Staypro. [Viitattu 18.11.2020]. Saatavana: <https://www.staypro.fi/lasertyokalut/linjalaserit-ristilaserit/futech-mc8-moniristilaser-ilman-jalustaa-cq16420-2>

Witre. 2020. Viivain jäykästä metallista. [Verkkosivu]. Witre Oy. [Viitattu 19.1.2021]

Saatavilla: https://www.witre.fi/fi/wfi/viivain-jaykasta-metallista-2257m16?gclid=CjwKCAiAo5qABhBdEiwAOtGmbt5CBloMpjZcgzl5cCx_jy_jKy5IJJ4S0UJKdBYH3AZY7QY5bbsyxxoCDyYQAvD_BwE

LIITTEET

Liite 1 MLT Machine & Laser Technology Oy raportti lähtö tilanteesta.

Liite 2 MLT Machine & Laser Technology Oy raportti lopetus tilanteesta.

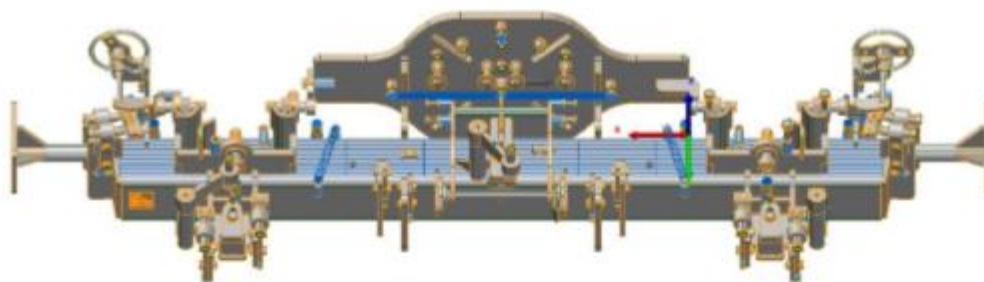
Liite 3 Hexagon Manufacturing Intelligencen demoraportti.

Liite 1 MLT Machine & Laser Technology Oy raportti lähtö tilanteesta.



Demo mittaus ja säätö

Report Author: Markus Kähkönen
Date: 7.10.2020

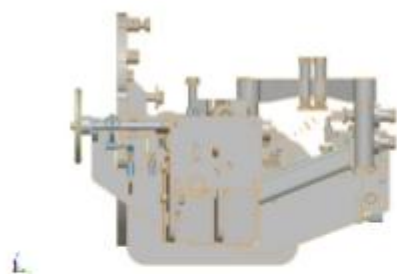
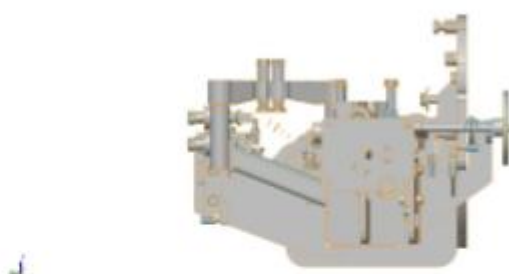
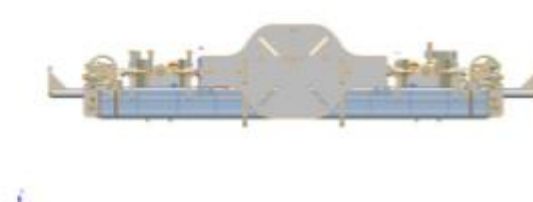


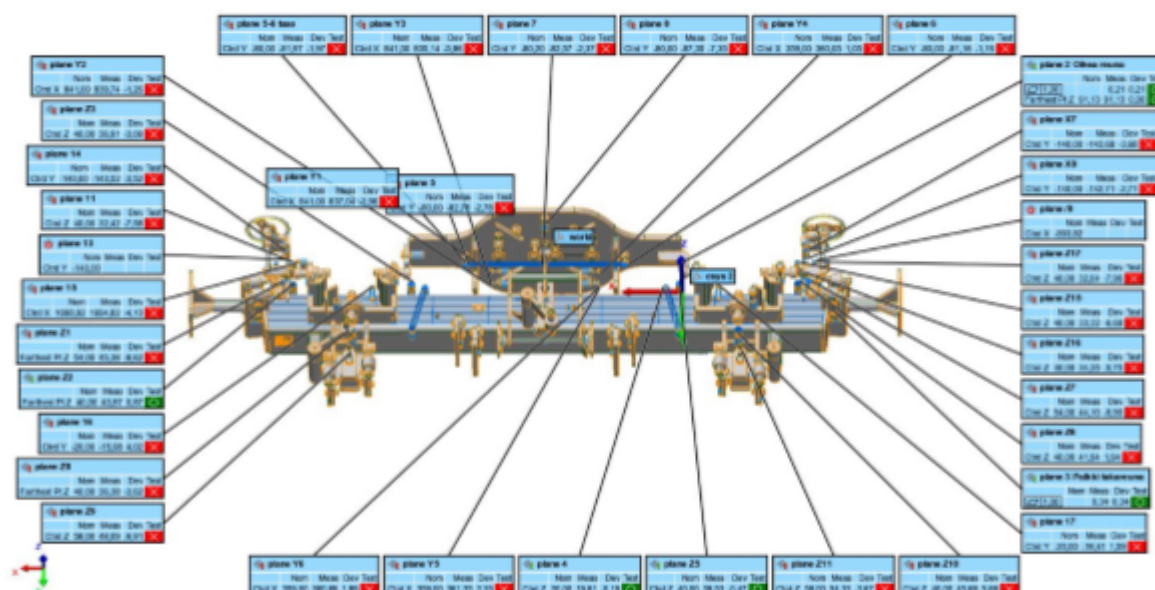
Company: MLT Machine & Laser Technology Oy
Operator: Markus Kähkönen
E-mail: markus.kahkonen@mltfinland.fi
Device: Creaform HandyScan Black Elite
Approved: Arto Kortelainen / MLT

Customer: Jucat Oy - Henna Palomäki
Part name: 130342.stp

Drawing:
Project number:

Rev/Ver:

$+X$  $-X$  $+Y$  $-Y$  $+Z$  $-Z$ 



Feature Table

Length Units Millimeters
 Coordinate Systems csys 2
 Data Alignments A-B-C

Name	Control	Nom	Meas	Tol	Dev	Test	Out Tol
plane 1Palkki ylätaso	1,00		0,85	1,00	0,85	Pass	
plane 2 Oikea reuna	1,00		0,21	1,00	0,21	Pass	
	Farthest Point Z	91,13	91,13	±1,00	0,00	Pass	
plane 3 Palkki takareuna	1,00		0,34	1,00	0,34	Pass	
plane 4	Centroid Z	20,00	19,81	±1,00	-0,19	Pass	
plane 5	Centroid Y	-80,00	-82,78	±1,00	-2,78	Fail	-1,78
plane 6	Centroid Y	-80,00	-81,16	±1,00	-1,16	Fail	-0,16
plane 5-6 taso	Centroid Y	-80,00	-81,97	±1,00	-1,97	Fail	-0,97
plane 7	Centroid Y	-80,20	-82,57	±1,00	-2,37	Fail	-1,37
plane 8	Centroid Y	-80,00	-87,35	±1,00	-7,35	Fail	-6,35
plane 10	Centroid Z	40,00	34,94	±1,00	-5,06	Fail	-4,06
plane 11	Centroid Z	40,00	32,42	±1,00	-7,58	Fail	-6,58
plane 12	Centroid Z	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
plane 13	Centroid Y	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
plane 14	Centroid Y	-140,00	-143,52	±1,00	-3,52	Fail	-2,52
plane 15	Centroid X	1698,92	1694,82	±1,00	-4,10	Fail	-3,10
plane 16	Centroid Y	-20,00	-15,98	±1,00	4,02	Fail	3,02
plane Z3	Centroid Z	40,00	38,91	±1,00	-3,09	Fail	-2,09

◆ plane Z2	Farthest Point Z	40,00	40,87	±1,00	0,87	Pass	
◆ plane Z1	Farthest Point Z	54,00	45,38	±1,00	-8,62	Fail	-7,62
◆ plane Z8	Farthest Point Z	40,00	38,38	±1,00	-3,62	Fail	-2,62
◆ plane Z9	Centroid Z	58,00	48,09	±1,00	-9,91	Fail	-8,91
◆ plane Y1	Centroid X	841,00	837,04	±1,00	-3,96	Fail	-2,96
◆ plane Y2	Centroid X	841,00	839,74	±1,00	-1,26	Fail	-0,26
◆ plane Y3	Centroid X	841,00	835,14	±1,00	-5,86	Fail	-4,86
◆ plane Y5	Centroid X	359,00	361,25	±1,00	2,25	Fail	1,25
◆ plane Y6	Centroid X	359,00	360,89	±1,00	1,89	Fail	0,89
◆ plane Y4	Centroid X	359,00	360,05	±1,00	1,05	Fail	0,05
◆ plane Z5	Centroid Z	40,00	39,53	±1,00	-0,47	Pass	
◆ plane Z10	Centroid Z	40,00	45,68	±1,00	5,68	Fail	4,68
◆ plane Z11	Centroid Z	58,00	54,33	±1,00	-3,67	Fail	-2,67
◆ plane Z6	Centroid Z	40,00	41,94	±1,00	1,94	Fail	0,94
◆ plane Z7	Centroid Z	54,00	44,10	±1,00	-9,90	Fail	-8,90
◆ plane Z15	Centroid Z	40,00	33,32	±1,00	-6,68	Fail	-5,68
◆ plane Z16	Centroid Z	40,00	34,25	±1,00	-5,75	Fail	-4,75
◆ plane Z17	Centroid Z	40,00	32,04	±1,00	-7,96	Fail	-6,96
◆ plane /8	Centroid X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
◆ plane X8	Centroid Y	-140,00	-142,71	±1,00	-2,71	Fail	-1,71
◆ plane X7	Centroid Y	-140,00	-143,68	±1,00	-3,68	Fail	-2,68
◆ plane 17	Centroid Y	-20,00	-18,41	±1,00	1,59	Fail	0,59

Liite 2 MLT Machine & Laser Technology Oy raportti lopetus tilanteesta.



Demo mittaus ja säätö

Report Author: Markus Kähkönen
Date: 7.10.2020

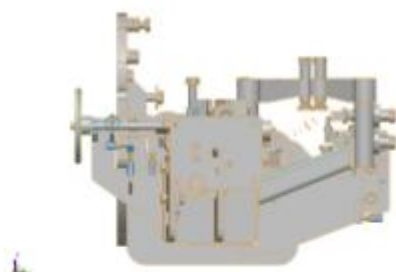
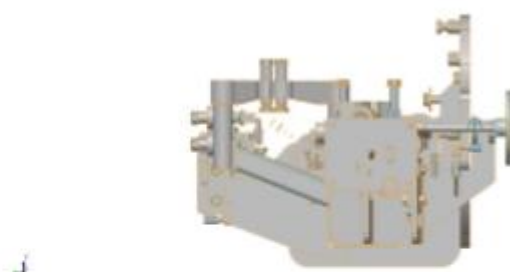
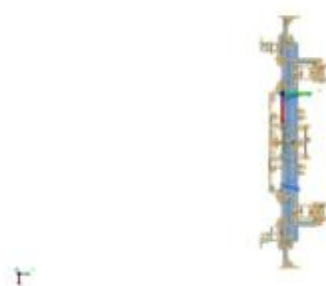


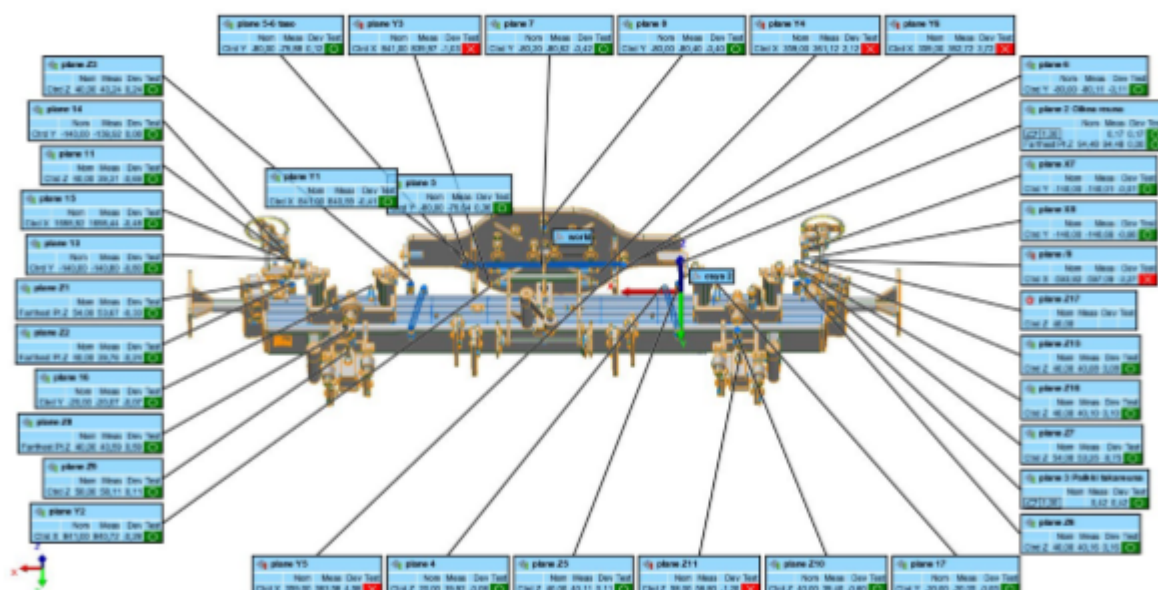
Company: MLT Machine & Laser Technology Oy
Operator: Markus Kähkönen
E-mail: markus.kahkonen@mltfinland.fi
Device: Creaform HandyScan Black Elite
Approved: Arto Kortelainen / MLT

Customer: Jucat Oy - Henna Palomäki
Part name: 130342.stp

Drawing:
Project number:

Rev/Ver:

$+X$  $-X$  $+Y$  $-Y$  $+Z$  $-Z$ 



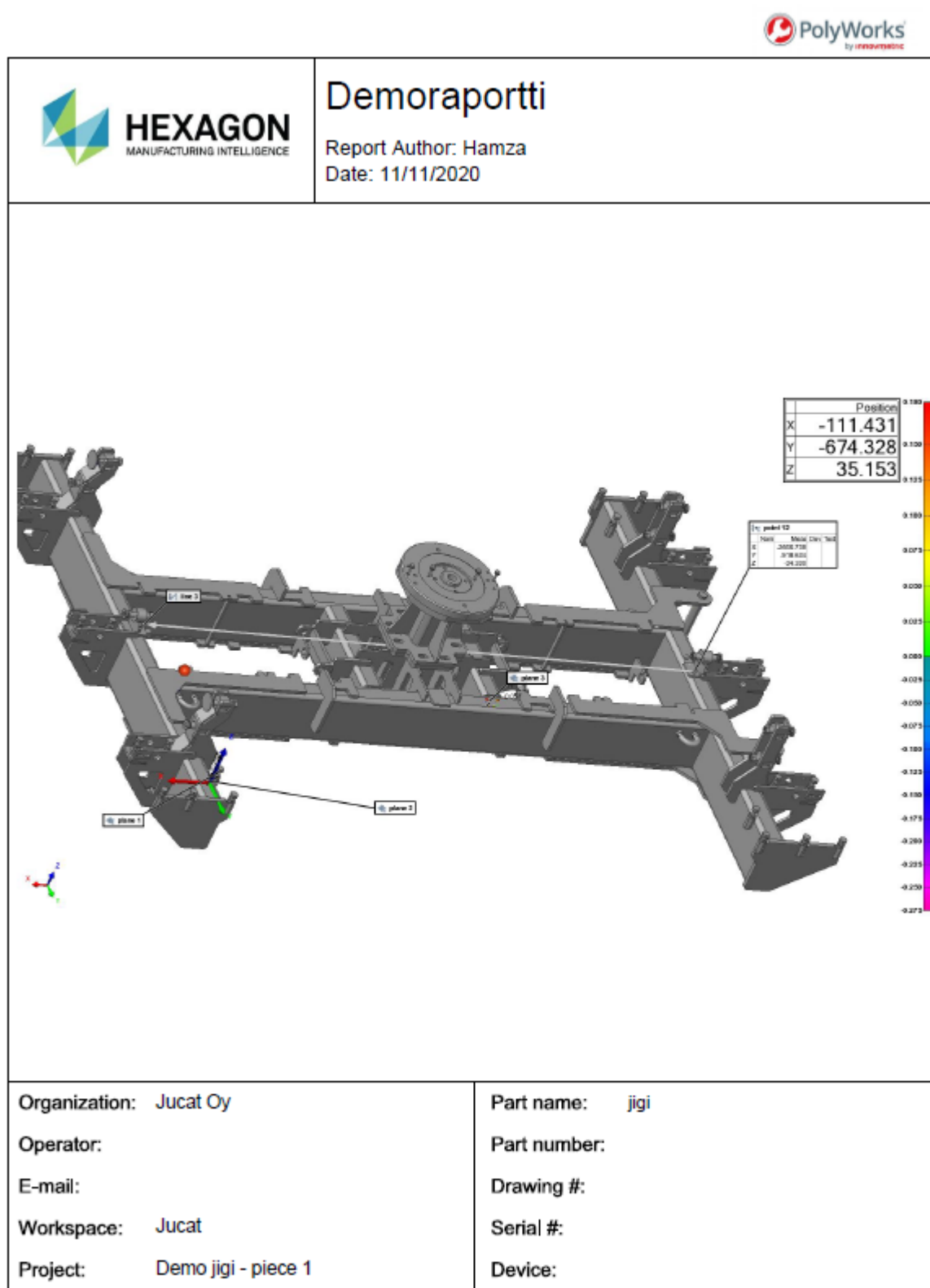
Feature Table

Length Units Millimeters
 Coordinate Systems csys 2
 Data Alignments A-B-C

Name	Control	Nom	Meas	Tol	Dev	Test	Out Tol
plane 1Palkki ylätaso	1,00		0,82	1,00	0,82	Pass	
plane 2 Oikea reuna	1,00		0,17	1,00	0,17	Pass	
	Farthest Point Z	94,48	94,48	±1,00	0,00	Pass	
plane 3 Palkki takareuna	1,00		0,42	1,00	0,42	Pass	
plane 4	Centroid Z	20,00	19,92	±1,00	-0,08	Pass	
plane 5	Centroid Y	-80,00	-79,84	±1,00	0,36	Pass	
plane 6	Centroid Y	-80,00	-80,11	±1,00	-0,11	Pass	
plane 5-6 taso	Centroid Y	-80,00	-79,88	±1,00	0,12	Pass	
plane 7	Centroid Y	-80,20	-80,82	±1,00	-0,42	Pass	
plane 8	Centroid Y	-80,00	-80,40	±1,00	-0,40	Pass	
plane 10	Centroid Z	40,00	39,98	±1,00	-0,02	Pass	
plane 11	Centroid Z	40,00	39,31	±1,00	-0,69	Pass	
plane 12	Centroid Z	40,00	40,20	±1,00	0,20	Pass	
plane 13	Centroid Y	-140,00	-140,80	±1,00	-0,80	Pass	
plane 14	Centroid Y	-140,00	-139,92	±1,00	0,08	Pass	
plane 15	Centroid X	1698,92	1698,44	±1,00	-0,48	Pass	
plane 16	Centroid Y	-20,00	-20,07	±1,00	-0,07	Pass	
plane Z3	Centroid Z	40,00	40,24	±1,00	0,24	Pass	

◆ plane Z2	Farthest Point Z	40,00	40,87	±1,00	0,87	Pass	
◆ plane Z1	Farthest Point Z	54,00	45,38	±1,00	-8,62	Fail	-7,62
◆ plane Z8	Farthest Point Z	40,00	38,38	±1,00	-3,62	Fail	-2,62
◆ plane Z9	Centroid Z	58,00	48,09	±1,00	-9,91	Fail	-8,91
◆ plane Y1	Centroid X	841,00	837,04	±1,00	-3,96	Fail	-2,96
◆ plane Y2	Centroid X	841,00	839,74	±1,00	-1,26	Fail	-0,26
◆ plane Y3	Centroid X	841,00	835,14	±1,00	-5,86	Fail	-4,86
◆ plane Y5	Centroid X	359,00	361,25	±1,00	2,25	Fail	1,25
◆ plane Y6	Centroid X	359,00	360,89	±1,00	1,89	Fail	0,89
◆ plane Y4	Centroid X	359,00	360,05	±1,00	1,05	Fail	0,05
◆ plane Z5	Centroid Z	40,00	39,53	±1,00	-0,47	Pass	
◆ plane Z10	Centroid Z	40,00	45,68	±1,00	5,68	Fail	4,68
◆ plane Z11	Centroid Z	58,00	54,33	±1,00	-3,67	Fail	-2,67
◆ plane Z6	Centroid Z	40,00	41,94	±1,00	1,94	Fail	0,94
◆ plane Z7	Centroid Z	54,00	44,10	±1,00	-9,90	Fail	-8,90
◆ plane Z15	Centroid Z	40,00	33,32	±1,00	-6,68	Fail	-5,68
◆ plane Z16	Centroid Z	40,00	34,25	±1,00	-5,75	Fail	-4,75
◆ plane Z17	Centroid Z	40,00	32,04	±1,00	-7,96	Fail	-6,96
◆ plane /8	Centroid X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
◆ plane X8	Centroid Y	-140,00	-142,71	±1,00	-2,71	Fail	-1,71
◆ plane X7	Centroid Y	-140,00	-143,68	±1,00	-3,68	Fail	-2,68
◆ plane 17	Centroid Y	-20,00	-18,41	±1,00	1,59	Fail	0,59

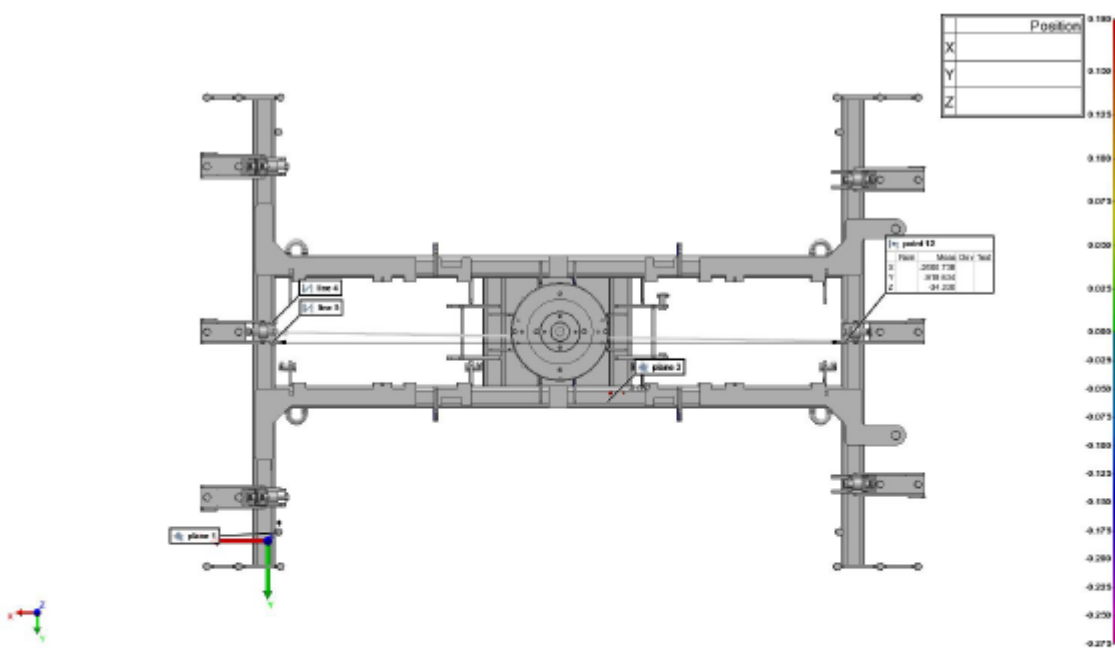
Liite 3 Hexagon Manufacturing Intelligencen demoraportti.



Feature Table

Length Units: Millimeters
 Coordinate Systems: csys 1
 Data Alignments: surface points (2)

Name	Control	Nom	Meas	Tol	Dev	Test	Out Tol
distance 1	Z Distance		29.385	±1.000			
point 1	X		-2660.171	±1.000			
	Y		-918.527	±1.000			
	Z		-34.209	±1.000			
point 3	X		-2663.396	±1.000			
	Y		-918.731	±1.000			
	Z		-34.203	±1.000			
point 4	X		-2666.738	±1.000			
	Y		-918.634	±1.000			
	Z		-34.330	±1.000			
distance 2	X Distance	2643.000	2642.962	±1.000	-0.038	Pass	



Organization: Jucat Oy

Operator:

E-mail:

Part name: jigi

Part number:

Piece: piece 1

