

Jukka Vainionpää

Ohjaamoiden ja hitsauskiinnittimien laaduntarkkailu

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jukka Vainionpää

Työn nimi: Ohjaamoiden ja hitsauskiinnittimien laaduntarkkailu

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 52

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laaduntarkkailun suunnittelu ja toteutus, Faro-mittauslaitteen hallinta sekä laadun varmistaminen yrityksessä. Opinnäytetyö on tehty Fortaco Ostrobothnia Oy:lle. Yrityksessä määriteltiin tämän työn pohjalta vakituisen 3D-mittaajan työtehtävä.

Hitsauskiinnikkeiden, ohjaamoiden ja komponenttien mittaus on tämän opinnäytetyön tärkein sisältö. Mittaustulosten analysointi ja standardien soveltaminen on tärkeä osa mittausprosessia. Tarkastusaikataulu määriteltiin yhteistyössä toimihenkilöiden ja asiakkaiden kanssa. Faro-järjestelmän koulutus toteutui opinnäytetyön loppuvaiheessa. Tämä lisäsi tietoa ja taitoa laitteen käyttämiseen sekä kehitti mittausmenetelmiä.

Opinnäytetyössä suunniteltiin hitsauskiinnittimille tyypikilvet. Tyypikilvet suunniteltiin valmistettavaksi alumiinista ja asiakkaan omalla värillä. Jokaiselle hitsauskiinnittimille määritellään oma nimike ja tyypikilpiin määriteltiin tärkeimmät tiedot. Hitsauskiinnittimille suunnitellaan omat varastopaikat. Varastohalli huolletaan kevään 2016 aikana ja sen jälkeen ne saadaan suunnitelluille paikoille. Vähemmän käytössä oleville hitsauskiinnittimille suunnitellaan varastopaikka pihamaalle.

Yrityksen henkilökunta oli koko opinnäytetyön ajan aktiivisesti mukana. Yhdessä toimihenkilöiden kanssa suunniteltiin prosessia eteenpäin. Suunnitellut toimenpiteet etenevät hyvää vauhtia.

Avainsanat: Faro-mittausjärjestelmä, Ohjaamo, Hitsauskiinnitin, Standardi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Jukka Vainionpää

Title of thesis: Observing the quality of cabins and welding fixtures.

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2016

Number of pages: 52

The purpose of this thesis was to practise the use of Faro measuring technology, to ensure the quality of cabins and welding fixtures and to create a storage for welding fixtures. Also new titles for the welding fixture were created. The thesis work was done at Fortaco Ostrobothnia Oy in Kurikka. The company uses 3D-measuring to observe the quality of cabins, welding fixtures and components.

This project was done using Faro-measurement system to verify the measurements of cabins and welding fixtures. The aim was to ensure that the cabins' and welding fixtures' dimensions are within the tolerances. Education provided important information about the measurement principles of the Faro-measurement device.

Type plates were designed for all welding fixtures with correct information and different colour for each customer. Also new storage places for the welding fixtures were created. The company's personnel has been actively involved in this thesis project and all the planned things are progressing well.

Keywords: Faro-measuring system, Cabin, Welding fixture, Standard

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
KUVA-, KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	5
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoitteet.....	9
1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.....	9
1.4 Yritysesittely	10
2 FARO-MITTAUSJÄRJESTELMÄ JA JÄRJESTELMÄN KOULUTUS	15
2.1 Faro-mittauslaite	15
2.2 Mittauksen suunnitelma Faro-mittausjärjestelmään	18
2.3 Mittauslaitteen asennus, mittauspää ja kalibrointi.	21
2.4 Faro-nivelvarsikoordinaattimittauskoneen mittaustilanne.....	25
2.5 Mittauksen raportointi.....	28
2.6 Mittaushuone ja olosuhteet	31
2.7 Faro-mittausjärjestelmän koulutus	32
3 MITTAUSSUUNNITELMA OHJAAMOILLE JA HITSAUSKIINNITTIMILLE	33
3.1 Ohjaamoiden mittaussuunnitelma.....	33
3.2 Hitsauskiinnittimien mittaussuunnitelma.....	34
3.3 Komponenttien mittaussuunnitelma	35
3.4 Hitsauskiinnittimen mittaustilanne	36
4 LAADUN MÄÄRITYKSET JA YLEISTOLERANSSIT.....	38
4.1 Laadun määritykset.....	38
4.2 Mittauksen yleistoleranssit	38
4.3 Mittaustulokset ja raportti	42

5	HITSAUSKIINNITTIMEN TUOTETUNNUKSET JA VARASTOPAIKAT	43
5.1	Hitsauskiinnittimen tyyppikilpi.....	43
5.2	Hitsauskiinnittimen värien merkitseminen	45
5.3	Hitsauskiinnittimien varastopaikat	46
5.4	Kehitetään periaatteet siisteydelle Lean-filosofialla.....	47
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	49
7	YHTEENVETO.....	50
	LÄHTEET	52

KUVA-, KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Faro-mittauslaite ja tietokoneessa mittausohjelma.	17
Kuva 2. Mittauslaitteen mittauspäät ja kalibrointimalja.....	21
Kuva 3. Mittauslaitteen kalibrointi kalibrointimaljassa.	24
Kuva 4. Hitsauskiinnittimen mittaustilanne.....	36
Kuva 5. Hitsauskiinnittimen mittaustilanne	36
Kuvio 1. Yrityksen historia.....	11
Kuvio 2. Yrityksen yhteistyökumppanit ja asiakkaat.....	12
Kuvio 3. Yrityksen tehdashalli	13
Kuvio 4. Yrityksen laatusertifikaatti ISO 9001:2008	14
Kuvio 5. Faro-mittauslaitteen teknisiä tietoja.....	16
Kuvio 6. Mittausohjelman piirrepuu vasemmassa reunassa	18
Kuvio 7. Sovelia-tuotetiedonhallintajärjestelmän etusivu.	19
Kuvio 8. Mittauksen tason ja ympyrän kompensointi	20
Kuvio 9. Mittausohjelman mittauspäiden kalibrointi-ikkuna	22
Kuvio 10. Mittauslaitteen kalibrointiohjeet	24
Kuvio 11. Koordinaatiston määrittely mittausohjelmassa	26
Kuvio 12. Mittaus moodin vaihtaminen measure / template	27
Kuvio 13. Mittaustoleranssien muokkaustaulukko.....	29
Kuvio 14. Raportin kirjoittamisen aloitussivu.....	30
Kuvio 15. 3D-kuva hitsauskiinnittimestä ja ohjaamosta	37
Kuvio 16. Suunniteltu suurempi tyyppikilpi hitsauskiinnittimeen.....	43
Kuvio 17. Suunniteltu pienempi tyyppikilpi hitsauskiinnittimeen.....	43
Kuvio 18. Tyyppikilven kirjoitusohjeet.	44
Kuvio 19. Asiakaskohtaiset värikoodit.....	45
Kuvio 20. Hitsauskiinnittimien varastohallin pohjapiirustus ja hyllytila.....	47
Taulukko 1. Pituusmittojen sallitut poikkeamat lukuun ottamatta viistettyjä kulmia	39
Taulukko 2. Komponenttien viistettyjen kulmien sallitut poikkeamat	39
Taulukko 3. Komponenttien kulmamittojen sallitut poikkeamat	40
Taulukko 4. Hitsattujen komponenttien pituusmittoja koskevat toleranssit.....	41

Taulukko 5. Hitsattujen komponenttien kulmamittoja koskevat toleranssit.....	41
Taulukko 6. Suoruus-, tasomaisuus- ja yhdensuuntaisuustoleranssit.....	42

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Faro-mittauslaite	Tämän opinnäytetyön keskeinen nivelvarsikoordinaatti käsisivarsityyppinen mittauslaite. Laite sisältää CAM2 10 -mittausohjelman.
Sovelia	Sovelia on tuotetiedonhallintajärjestelmä, josta tutkitaan mitoitus ja kokoonpanokuvat. Sovelia on yksi tärkeimmistä työkaluista mittaustehtävässä, koska sieltä saadaan kaikki tärkeä tieto tuotteesta.
Hitsauskiinnitin	Tällä nimikkeellä valmistetaan hitsausmenetelmällä valmiita komponentteja ja ohjaamoja. Näiden mitoitus on yksi tärkeimmistä työtehtävistä.
Sap-järjestelmä	Yrityksessä käytössä oleva tuotannonohjausjärjestelmäjärjestelmä.
Standardi	Yrityksessä on käytössä Suomen standardisoimisliiton määrittelemiä standardeja. Standardit ovat suunnittelijoiden määrittelemät tarkkuusluokat tuotteissa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän työn tarkoituksena on 3D-mittaustekniikan kehittäminen, laadun varmistaminen ja hitsauskiinnittimien varastoinnin kehittäminen. Opinnäytetyö on tehty Kurikan Fortaco Ostrobothnia Oy:lle. Yrityksessä haettiin vakituista työntekijää 3D-mittaajan työtehtävään, jonka pohjalta tämä projekti on tehty. Tämä ammattinimike oli uusi yrityksessämme, mikä antoi opinnäytetyölle mielenkiintoisen haasteen. Opinnäytetyöksi aihe sopii loistavasti, koska tehtävä oli uusi. Laatupuolen työtehtävät ovat tuttuja edellisistä projektiopinnoista sekä työstäni. Tämä oli uusi, haastava ja mielenkiintoinen työtehtävä.

Yrityksessä panostetaan laadun tarkkailuun ja tämän takia tarvittiin päätoimista 3D-mittaajaa. 3D-mittaajan työtehtävä on tärkeä, koska asiakkaat ja yrityksen työntekijät ovat kiinnostuneita mittaustuloksista. Yrityksessä ei ollut ennestään kovin paljon tietoa Faro-mittausjärjestelmästä. Alkuun tietoa saatiin yrityksen henkilöstöltä, joka oli aikaisemmin käyttänyt kyseistä Faro-mittausjärjestelmää.

Ohjaamon rungoissa on ollut ongelmia mittatoleransseissa. Rungoissa on mittaheittoja, jotka aiheuttavat ylimääräistä työtä kokoonpanossa ja komponenttien asennuksessa. Oman yrityksen ohjaamot otetaan pistotarkastusmenetelmällä mukaan tarkastettavaksi. Ohjaamoista tehdään suunnitelma, miten eri linjojen ohjaamot tarkastetaan. Eri asiakkaiden hitsauskiinnittimet tarkastetaan mittaamalla sekä niille tehdään nimikkeet, kuvat ja omat varastopaikat. Hitsauskiinnittimen tyyppikilpeen merkkataan stanssaamalla vuosiluku, jolloin tarkastus on suoritettu. Tarkastus tehdään fmea:n eli riskianalyysin perusteella. Aiemmin vähemmän käytetyt hitsauskiinnittimet on varastoitu ulos, mutta nyt lähes kaikille tehdään varastopaikat ja käytetyimmät varastoidaan sisälle.

Mittaaminen itsessään ei tunnetusti paranna laatua, vaan tuottaa validia; oikeaa ja luotettavaa tietoa hyödynnettäväksi tuotesuunnittelussa, valmistuksessa sekä jaettavaksi tarpeen mukaan asiakkaille. Mittaaminen on hidasta ja kallista, joten on taloudellisempaa kohdistaa mittaustoiminta oikea-aikaisesti järkevästi valittuihin kohteisiin kuten kokoonpanoon tai toiminnan kannalta oleellisiin muotoihin, mittoihin ja toleransseihin. (Tikka 2007, 9.)

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on laadun varmistaminen ja mittavirheiden vähentäminen. Ohjaamot mitataan vertaamalla niitä Faro-mittausjärjestelmässä oleviin suunnittelijoiden 3D-kuviin tai suoraan tehtävällä dimensioiden mittauksella. Faro-mittausjärjestelmää opetellaan käyttämään ammattitaitoisesti, eli hallitaan mittaustekniikka ja raportointi. Ohjaamoiden tarkastuksilla ylläpidetään korkeaa laatua, jolla varmistetaan laatustandardin mukaiset ohjaamot.

Hitsauskiinnittimen mittaamisella varmistetaan ohjaamoiden hitsauskokoonpanon laatu. Hitsauskiinnittimen nimikkeillä ja varastopaikoilla saadaan varastojärjestelmä selkeämmäksi. Hitsauskiinnittimiin merkitään vuositarkastuksen yhteydessä tyyppikilvellä, joka kiinnitetään siihen. Yrityksellä on käytössä SFS-EN ISO 9001:2008 vaatimuksen mukainen laadunhallintajärjestelmä, joka edellyttää merkintöjen käyttöä.

Uusien hitsauskiinnittimien valmistamisessa mittatoleranssit tarkastetaan valmistusprosessin yhteydessä. Faro-3D-mittausten perusteella hitsauskiinnittimet muokataan määrättyihin mittoihin. Yhteistyöllä hitsauskiinnittimien valmistajien ja suunnittelijoiden kanssa valmistuu laadukkaita hitsauskiinnittimiä.

1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Mikäli ohjaamosta löydetään mittatoleranssin ulkopuolella oleva mitta, virhettä aletaan tutkia saman tien.

Ohjaamo lähetetään alihankkijalle takaisin korjattavaksi tai kustannuksien minimoimisen tavoitteen mukaan korjaukset tehdään itse. Oman yrityksen hitsatut ohjaamot menevät korjaukseen hitsaamoon ja sieltä maalaamoon.

Tällä järjestelmällä saadaan pidettyä laatu korkealla tasolla. Tiedon kulku ongelmasta on tärkeää niin toimihenkilöille kuin työntekijöille, joille annetaan myös positiivista palautetta hyvästä työstä. Hitsauskiinnittimille nimikkeiden antaminen selkeyttää järjestystä varastossa. Kaikille annetaan varastopaikka asiakkaan ja nimikkeen mukaan, jolloin ne on helppo löytää oikeasta paikasta. 3D -mittaajan on helppo selvittää vuositarkastuksen aikataulu tyyppikyltin merkinnöistä.

1.4 Yritysesittely

Yritys, johon opinnäytetyö on tehty, on Fortaco Ostrobothnia Oy Kurikassa. Kurikan tehtaan historia alkaa vuodesta 1936, jolloin se on ollut nimellä Velsa Oy. Vuodesta 1968 yrityksessä valmistettiin Lynx-merkkisiä moottorikelkkoja. Viimeisen kymmenen vuoden aikana yritys on vaihtanut omistajaa monta kertaa (kuvio 1). Omistajia on ollut esim. Valmet, Sisu, Partek, Kone, Ruukki sekä nykyinen omistaja vuodesta 2013 alkaen Fortaco Ostrobothnia Oy. Kurikan koko ohjaamotuotanto on tehty saman katon alla tammikuusta 2014 lähtien. (Fortaco, [Viitattu 12.2.2016].)



Kuvio 1. Yrityksen historia
(Fortaco, [Viitattu 12.2.2016]).

Yrityksen henkilömäärä on vaihdellut paljon. Parhaimmillaan työntekijöitä on ollut 600 henkilöä. Tällä hetkellä yrityksessä työskentelee noin 200 henkilöä. Tuotevalikoima koostuu hitsatuista ohjaamorungoista asiakasräätälöityihin ja loppuvarusteluihin ohjaamokokoonpanoihin. Isoimmat asiakkaat ovat Sandvik Construction and Mining, Komatsu Forest, Konecranes, Kalmar, Rocla, Normet, ja Logset (kuvio 2). Fortacolla on tehtaita Suomessa, Puolassa, Slovakiassa, Virossa ja Unkarissa. (Fortaco, [Viitattu 12.2.2016].)



Kuvio 2. Yrityksen yhteistyökumppanit ja asiakkaat (Fortaco, [Viitattu 12.2.2016]).

Fortaco Ostrobothnia Oy:n laatuosastoon kuuluu seitsemän henkilöä ja esimies. Yritykseen on perustettu kaksi uutta työtehtävää laatuosastolle. 3D-mittaajan työtehtävän lisäksi on alihankinnalta saapuvan tavaran tarkastaja. Yrityksessä on tarkoitus panostaa laatutarkastuksiin ja minimoida virheet. Kurikan yksiköllä oli kolme tehdashallia aikaisemmin, mutta nyt on keskitytty yhteen halliin (Kuvio 3).

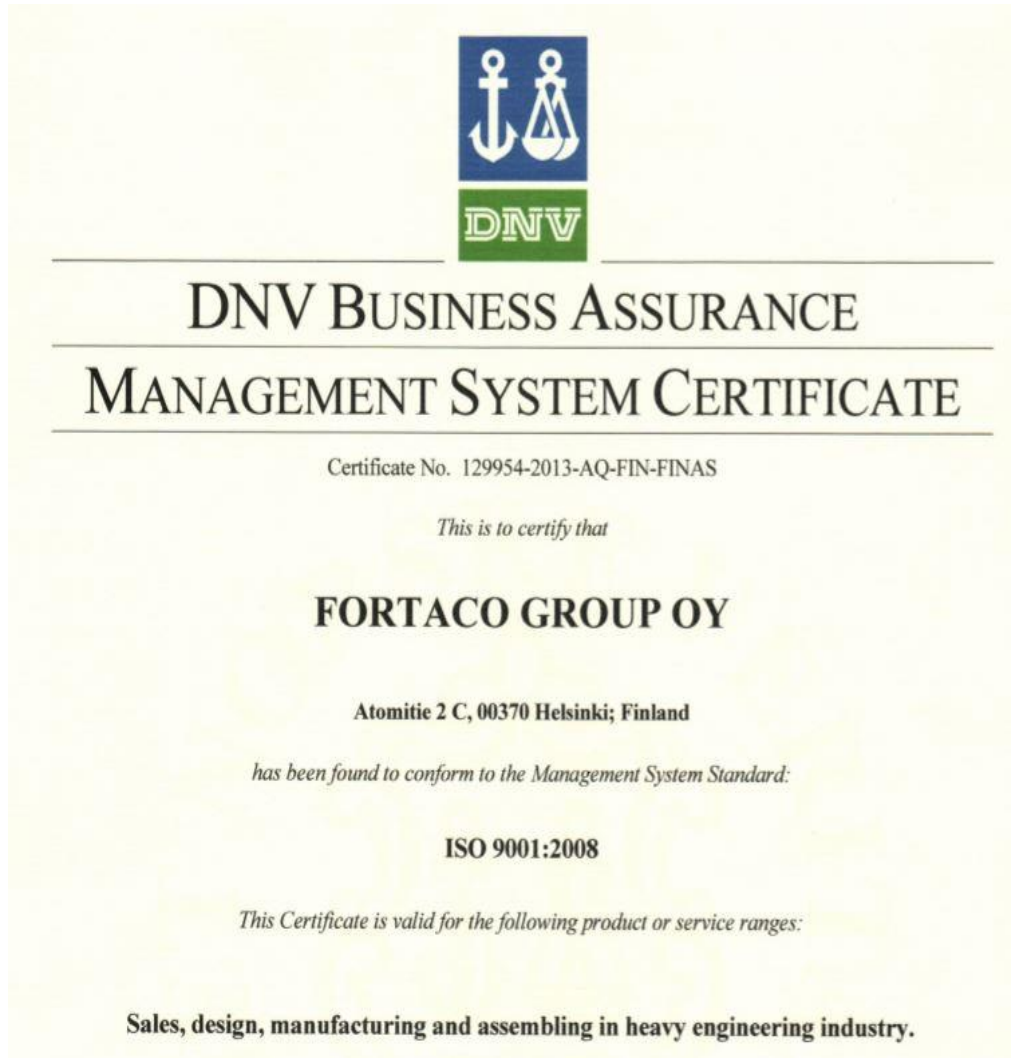
Tehdastilat



Kurikan tehdastilat yhteensä 14.800 m²

Kuvio 3. Yrityksen tehdashalli
(Fortaco, [Viitattu 12.2.2016]).

Yrityksessä on käytössä standardin SFS-EN ISO 9001:2008 vaatimuksen mukainen laadunhallintajärjestelmä (kuvio 4).



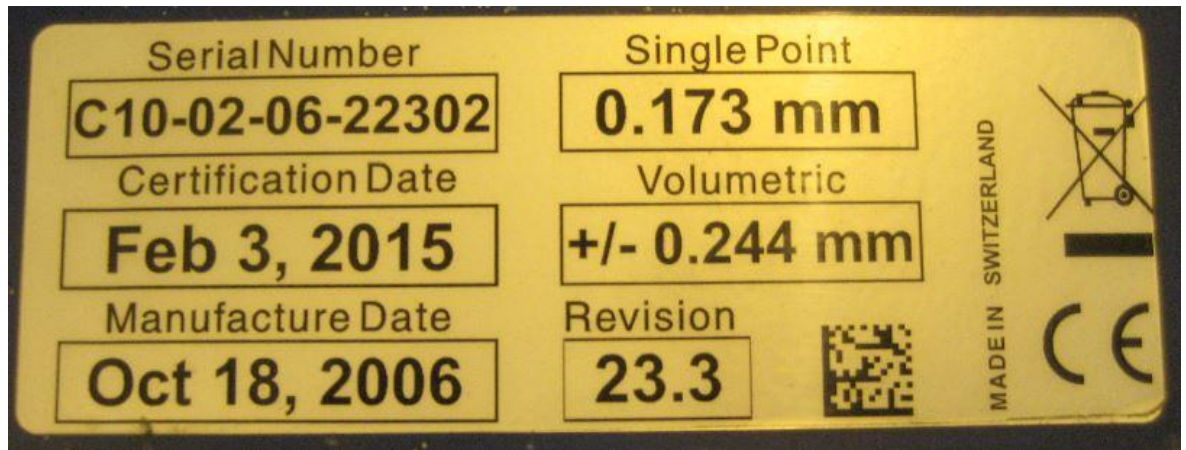
Kuvio 4. Yrityksen laatusertifikaatti ISO 9001:2008 (Fortaco Asiakirjat, [Viitattu 15.1.2016]).

2 FARO-MITTAUSJÄRJESTELMÄ JA JÄRJESTELMÄN KOULUTUS

2.1 Faro-mittauslaite

Faro-mittauslaite on nivelvarsikoordinaattimittauskone, jossa on 6 kpl kiertyviä niveliä (kuva 1). Nivelet ovat mittauslaitteen juuressa, varren puolivälissä ja ennen kahvaa. Niveliä ei pyöritetä servomootoreilla NC-ohjatusti, vaan ne kiertyvät vapaasti silloin, kun mittausanturia kuljetetaan käsin. Kunkin nivelen kulma-asento välittyy automaattisesti yhdessä anturin antaman signaalin kanssa ohjelmistolle, joka puolestaan laskee anturin tai mittauskärjen tai laserpisteen paikan x, y, z-koordinaateiksi. Mittauslaitteita on erikokoisia, eritarkkuuksisia sekä erihintaisia. Kokoero syntyy nivelten välisistä eripituuksista putkimaisista varsista. Mittausalueeksi muodostuu pallokalotti. Varret on rakennettu mahdollisimman kevyiksi ja lämpöpiteneimen kannalta muuttumattomaksi. Uudet koneet on valmistettu stabiileista hiiliputkista. Kunkin nivelen pulssianturin resoluutio sekä tarkkuus määräävät koneiden lopullisen tarkkuuden. Peruseriaatteena voidaan pitää, että mitä pidemmät varret, sen huonompi tarkkuus. Kulma-anturin resoluutio ja sisäiset virheet sekä varren pituus vaikuttavat suoraan mittauskärjen paikan tarkkuuteen (Tikka 2007, 59–60.)

Mittauslaitteella on helppo päästä hankaliin paikkoihin, koska varsi kääntyy helposti moneen suuntaan. Mittausohjelman järjestelmän nimi on CAM2 10. Yrityksessä on mittauslaitteeseen asennettavissa 3 mm tai 6 mm mittakärkipallo. Faro-mittauslaitteen teknisiä tietoja on kuviossa 5.



Kuvio 5. Faro-mittauslaitteen teknisiä tietoja.

Mittauslaitteeseen on mahdollisuus saada erikokoisia standardimittauspäitä, mutta nämä ovat parhaimmat ohjaamon mittaus- ja komponenttitarkastukseen. Laitteeseen on mahdollista saada pidennyksiä, kärkiantureita ja kosketusherkkiä mittapäitä. Mittauslaitteella on myös anturi, joka ilmoittaa ohjelmassa lämpötilamuutoksista.

Kappaletta mitattaessa mittauskärki viedään kappaleen pintaan ja painetaan vihreää nappia. Vihreä nappi hyväksyy pisteen ja antaa ohjelmaan kappaleen pintaan pisteen. Vihreän vieressä olevaa punaista nappia käytetään, kun on painettu ensin vihreää nappia. Mittauskärki nostetaan kosketuspisteestä vähän kohtisuoraan ilmaan ja painetaan punaista nappia. Punainen nappi tallentaa mittaustulokset ohjelmaan.

Mittauslaitteessa on akku, mutta laitetta käytetään mahdollisimman paljon verkkovirralla. Akun käyttö on hankalaa, koska mittaustilanteessa on tutkittava virranmäärää. Mittaustulokset siirretään mittauslaitteelta tietokoneelle usb-kaapelin avulla. Magneettikiinnityksellä oleva mittauslaite on helppo siirtää eri paikkoihin. Alla olevassa kuvassa 1 on mittauslaite kiinnitetty magneettijalalla pöytään ja tietokoneella on mittausohjelma käynnissä.

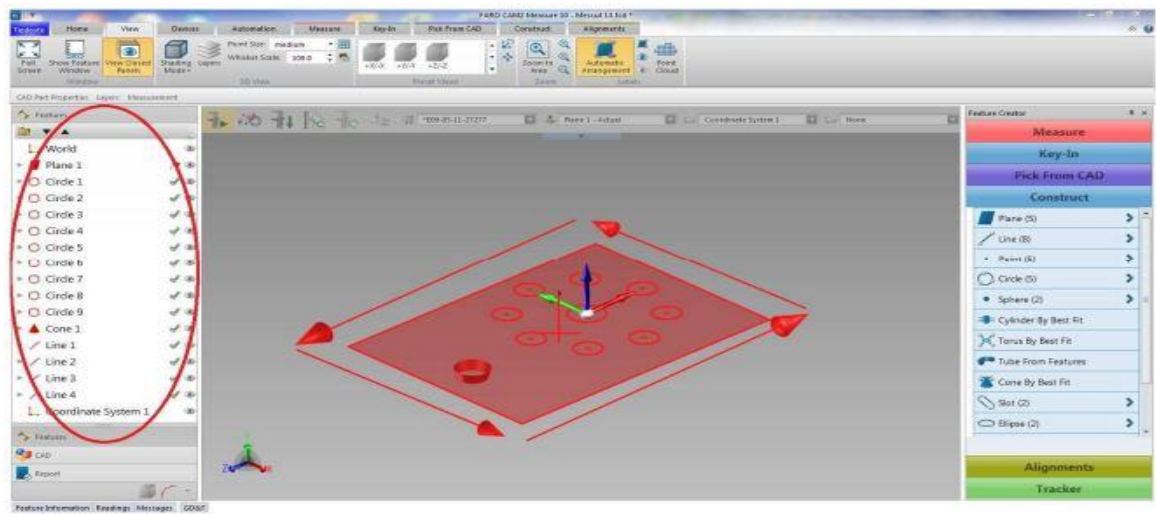


Kuva 1. Faro-mittauslaite ja tietokoneessa mittausohjelma.

CAM2 10 mittausohjelmiston perustoiminnot vastaavat melko pitkälti Faro:n aikaisempia mittausohjelmistoja. Oleellinen ero entisiin versioihin on "Review Features"-toiminnon puuttuminen. Tilalle on tullut lähes kaikista CAD-softista tuttu piirrepuu, johon tallentuu kaikki käyttäjän mittaamat tai luomat piirteet. Piirrepuusta voi nopeasti muokata tai tarkastella haluamiaan piirteitä. Piirteitä muokataan klikkaamalla hiiren oikeaa painiketta, jolloin voidaan mm. ottaa lisää pisteitä, mitata piirre uudelleen, laittaa whiskerit päälle jne. Paikoitukset (Alignment) eivät tallennu piirrepuuhun, vaan ovat tarkasteltavissa "Alignments"-valikon kautta. Piirrepuu on merkitty punaisella viivalla kuvioon 3. Piirteitä voidaan ottaa pois näkyvistä klikkaamalla piirteen oikealla puolella näkyvää silmän kuvaa. Piirteitä voidaan myös jakaa kansioihin. Uuden kansion saa tehtyä klikkaamalla piirrepuun yläpuolella olevaa kansiota. Piirteiden lisääminen kansioihin tapahtuu raahaamalla, eli painamalla pohjassa hiiren vasenta painiketta.

Kansioihin jakamisen avulla piirteet on helppo jaotella esimerkiksi tasojen, ympyröiden yms. mukaan. Kansioihin voi myös tallentaa omat kuvankaappaukset raportointia varten, jolloin raporttiin saa useampia kuin yhden kuvan. (Rensi, 4.)

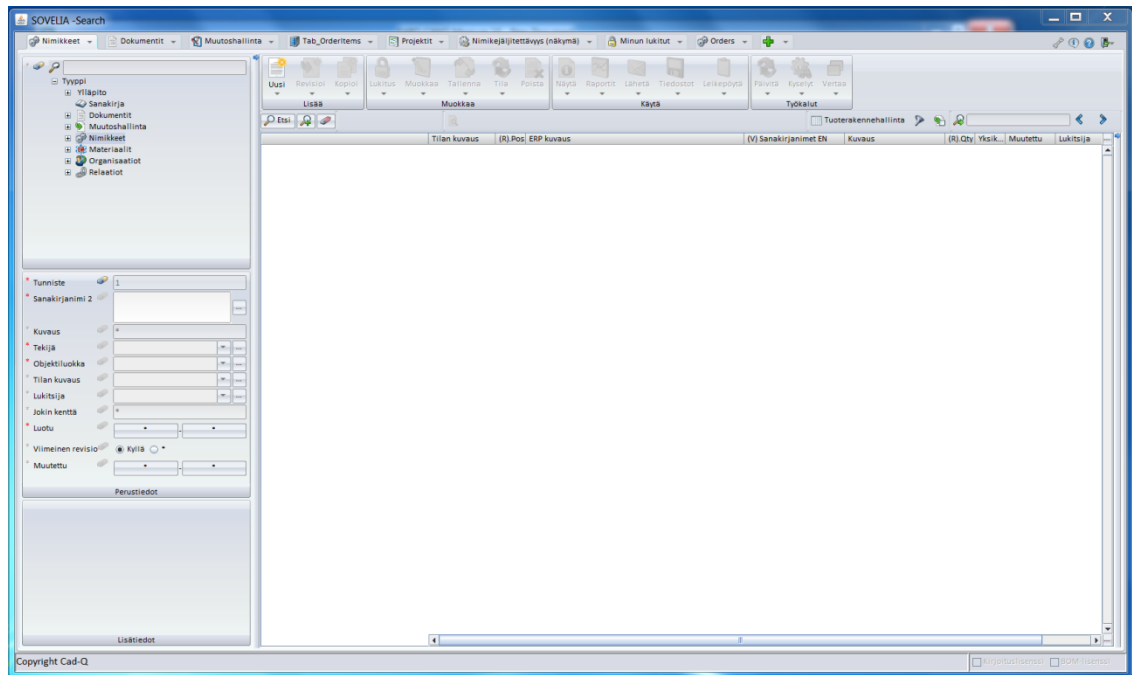
Kuviossa 6 on vasemmassa reunassa merkitty piirrepuuhun, millä menetelmällä kappale on mitattu. Piirrepuuhun tulee kaikki mittauserkinnät, jolla on mitattu kappale.



Kuvio 6. Mittausohjelman piirrepuu vasemmassa reunassa (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

2.2 Mittauksen suunnitelma Faro-mittausjärjestelmään

Alkuun tutkitaan mitattava kohde ja mitkä kohdat ovat mitattavia pisteitä. Tutkitaan Soveliasta esim. ohjaamon nimikkeen mukaan asennuspiirustuksista kaikki tiedot. Sieltä löytyvät ohjaamon hitsauskuvat, mitat ja suunnittelijan määrittelemät toleranssit. Kuviossa 7 on Sovelian pääsivu, josta löydetään tärkeitä tietoja kappaleista. Soveliasta saadaan kaikki oleellinen tieto tuotteesta mittaukseen.

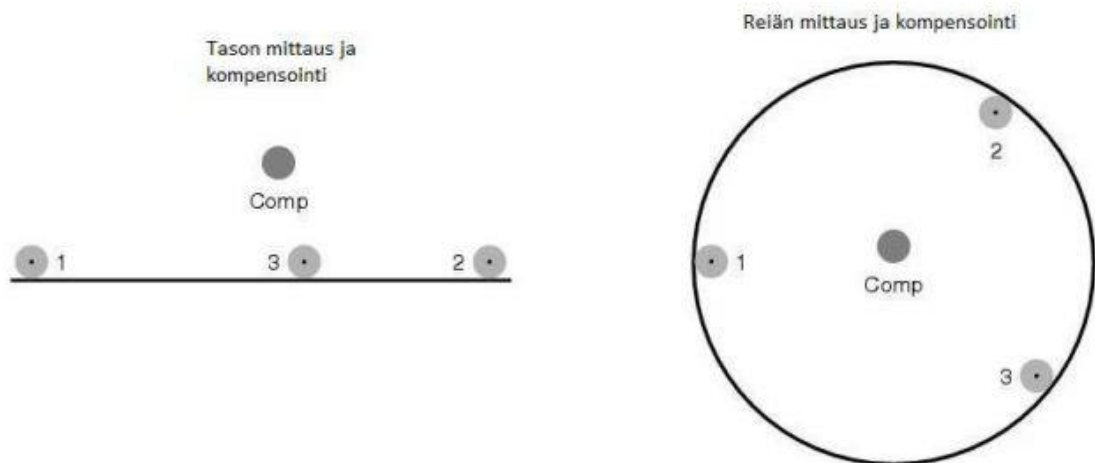


Kuvio 7. Sovelia-tuotetiedonhallintajärjestelmän etusivu.

Tämän jälkeen mitattavasta kohteesta tehdään mittaussuunnitelma. Valitaan mitauspisteet esim. reikä, nurkka tai jokin pinta. Ne valitaan ohjelmassa esim. cylinder-, project plane-, circle- ja plane-tasoina. Mittausjärjestys on tärkeä, koska ohjelma siirtyy aina seuraavaan mitauspisteeseen. Tämän takia on hyvä valita vierekkäisiä pintoja ja reikiä. Ohjelmaa tehtäessä voi esimerkiksi ensin mitoittaa ohjaamon sisäpuolen. Tässä vaiheessa otetaan myös huomioon mittauskärjen ulottuvuus. Ohjaamo mitatessa magneettijalan voi kiinnittää ohjaamon lattiaan, josta pääsee mittaamaan kaikki sisäpuolelta. Ulkopuolella siirretään mitauspisteen mukaan mittalaitetta. Aluksi paikoitetaan ohjaamo koordinaatistoon, josta tulee myöhemmin tietoa.

Piirrettä mitatessa ei koskaan kannata käyttää piirteen minimipisteiden lukumäärää, koska tällöin piirteen muodosta ei saada todellista tietoa. Jos esimerkiksi taso mitataan vain kolmella pisteellä, ilmoittaa ohjelma tason tasomaisuudeksi 0,000 mm, vaikka siinä olisikin heittoja. Tällöin ei myöskään voida olla varmoja siitä, ovatko kaikki pisteet otettu oikein vai onko joku piste otettu esim. otettu niin, että mittauskärki ei osu mitattavaan pintaan. Eräs suositus on, että pisteitä otettaisiin seuraavan kaavan mukaan: "pisteiden määrä" = 2 kertaa "minimipistemäärä" + 1. Tasolla tällä kaavalla saataisiin $2 \times 3 + 1 = 7$ pistettä. Optimipistemäärä riippuu kuitenkin aina tilanteesta ja on käyttäjän vastuulla päättää, mikä on oikea pistemäärä kussakin tilanteessa. Nyrkkisääntönä on kuitenkin parempi ottaa "liikaa" pisteitä kuin liian vähän (Rensi, 25.)

Mittaamisen kannalta eräs tärkeimpiä asioita on tajuta kompensoinnin vaikutus mittauksessa. Ohjelmiston oletusasetuksena on, että kompensointisuunta määritetään punaisen napin painalluksella eli samalla, jolla lopetetaan piirteen mittaus. Väärä kompensointisuunta tuo mittaukseen aina loogisen virheen, joka on mittauskärjen pallon säteen kerrannainen. Esimerkiksi mitatessa tasoa 6 mm kuulalla väärä kompensointi tuo tasoon 6 mm virheen. Lisäksi tason vektorisuunta osoittaa väärään suuntaan. Ympyrää mitatessa 6 mm väärä kompensointi tuo mittaukseen 12 mm virheen. (Rensi, 25.)



Kuvio 8. Mittauksen tason ja ympyrän kompensointi (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

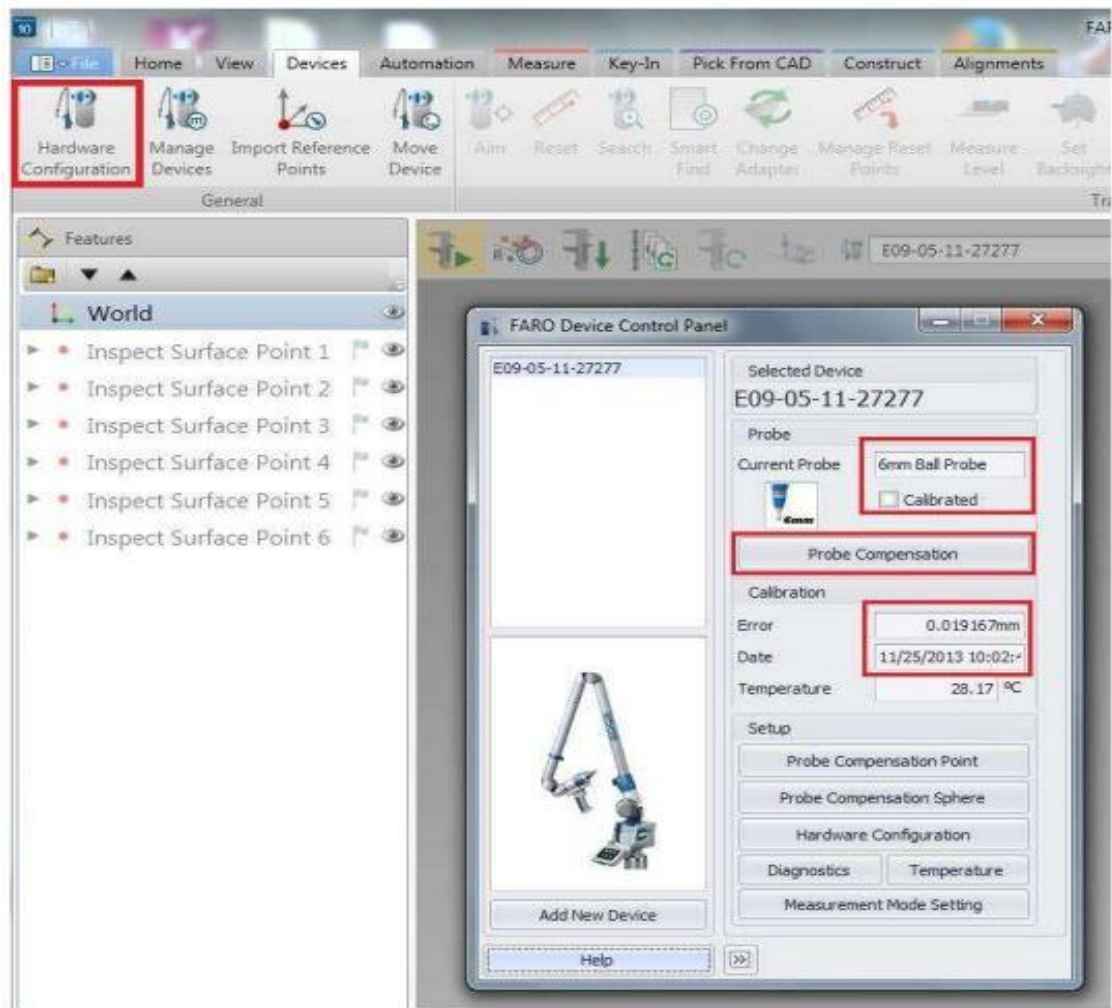
Kuviossa 8 näytetään menetelmä, miten mitataan suorapinta ja reiän halkaisija. Sylinterin halkaisija mitataan samalla tavalla. Comp-merkintä tarkoittaa mittauksen kuittausta.

2.3 Mittauslaitteen asennus, mittauspääät ja kalibrointi.

Ohjaamoon kiinnitetään ensimmäisenä 300 kg pitävä magneettijalka mittaus suunnitelman mukaiseen paikkaan. Tämän jälkeen nostetaan mittauslaite ilmaan käsin ja asennetaan se ohjaustapin avulla magneettijalkaan. Isolla mutterilla kiristetään mittauslaite kiinni magneettiin. Kytetään virtajohto sekä johto tietokoneen ja mittauslaitteen väliin usb-liittimellä. Ulkopuolisessa mitoituksessa tarvitaan painava rautakappale lattialle, jotta saadaan magneetti kiinnitettyä hyvin ja vakaasti. Mittauslaitteen jalka ei saa liikkua mittauksen aikana. Mittauslaitteen standardimittauspääät ovat 3 mm ja 6 mm pallomaiset mittauspääät. Kuvassa 2 on kaksi kappaletta mittauskärkiä ja oikeassa reunassa mittauslaitteen kalibrointimalja.



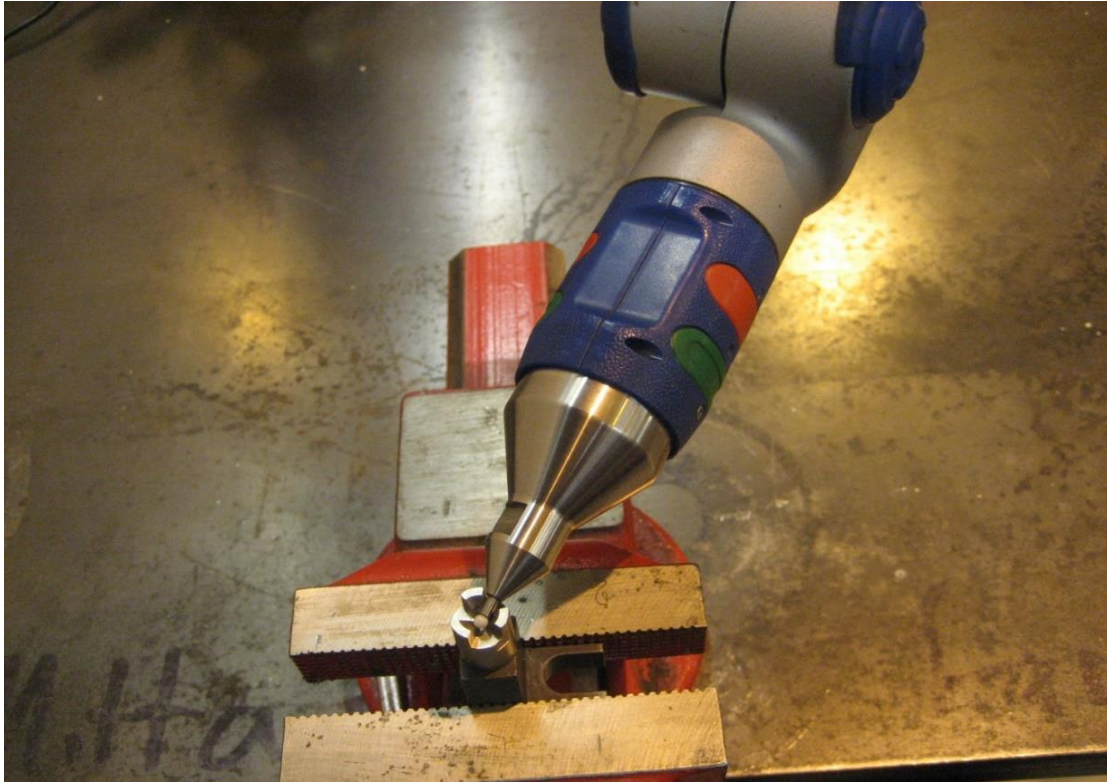
Kuva 2. Mittauslaitteen mittauspääät ja kalibrointimalja.



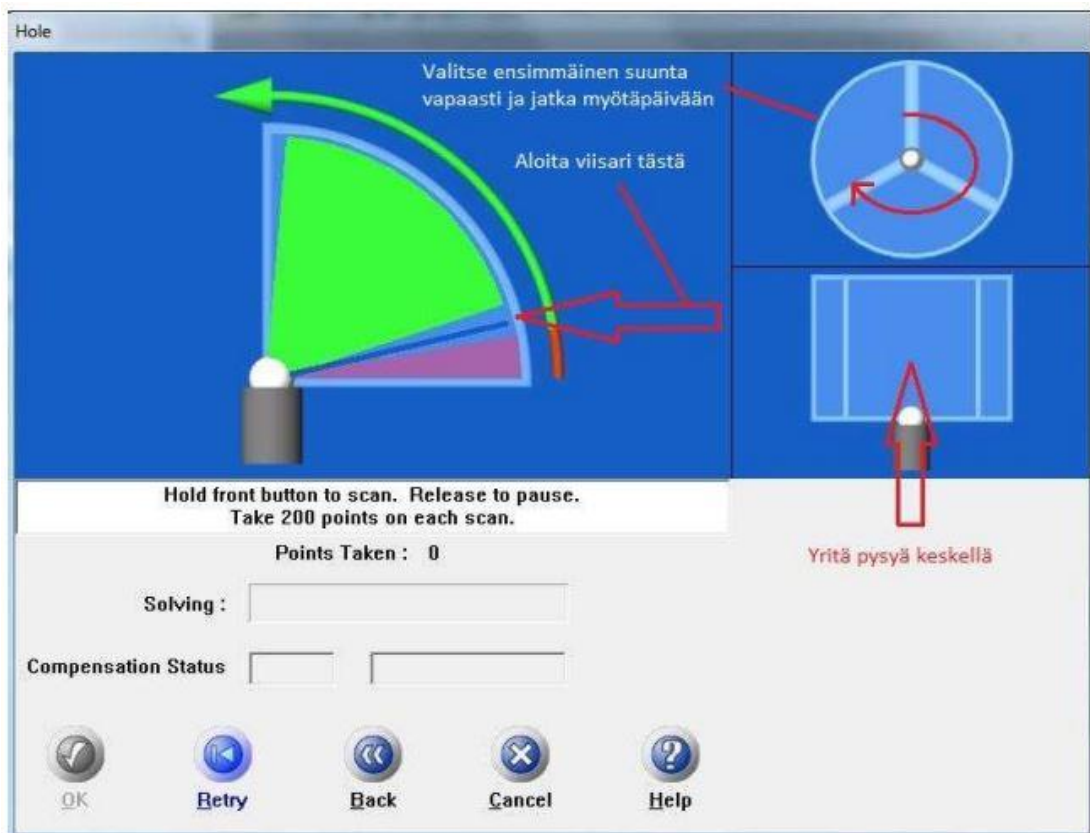
Kuvio 9. Mittausohjelman mittauspäiden kalibrointi-ikkuna (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

Mittauspäiden hallintaan päästään Devices-välilehden ensimmäistä nappia Hardware Configuration painamalla. Tämä aukaisee erillisen ikkunan, josta pitää vielä painaa Probe Compensation -nappia. Kuviossa 9 näytetään myös, onko kalibrointi voimassa, milloin kalibrointi on tehty sekä kalibroinnissa saavutettu tarkkuus. Ruksi Calibrated-kohdasta häviää 30 päivän jälkeen, jonka jälkeen mittauspää on suositeltavaa kalibroida uudelleen. Mittauspää pitää aina kalibroida myös sen jälkeen, jos se on vaihdettu. Pallomaisilla mittauspäillä kalibrointi on suositeltavaa suorittaa reikäkalibrointina käyttämällä Hole Compensation -toimintoa. Tällä kalibrointitavalla pisteitä otetaan kolmesta eri suunnasta kääntämällä mittausvarren viimeinen akseli pystysuoraan samalla kun mittauspäää pidetään kalibrointimaljassa (Rensi, 13-14.)

Pallomainen mittauspää on kiinnitetty mittausvarteen, joka kiinnitetään ruuvaamalla mittauslaitteen päähän. Pallon koko valitaan sen mukaan, mikä on mitattava piste. Mittausta aloitettaessa ensin käydään läpi mittauslaitteen kaikkien kolmen nivelien ääriasennot. Tietokoneelle tulee ikkuna, jossa pyydetään kääntelemään nivelet ohjeen mukaan. Kalibrointi aloitetaan sillä, että kiinnitetään kalibrointimalja tukevasti esim. ohjaamoon ruuvipuristimella. Tietokoneen ohjelmassa valitaan hardware configuration -ikkuna ja siinä määritellään mittauspään koko ohjelmaan. Sen jälkeen jatketaan probe management -ikkunaan, jossa on hole compensation -toiminto. Mittauspää asetetaan kalibrointijalalle vaaka-asentoon ja painetaan mittausvarren kyljessä vihreää nappia, joka aktivoi kalibrointia. Tietokoneella näkyy ikkuna, jossa menee pallo kahden viivan välissä ylöspäin. Mittauspäättä nostettaessa pystysuuntaan pallo menee kohti yläreunaa tietokoneella pienessä ikkunassa. Ohjelmassa on pisteytysjärjestelmä, kun pallo on mennyt viivojen keskellä, ja yläreunaan se antaa 200 pistettä. Kalibrointimaljassa on kolot kolmesta suunnasta, kuten kuvassa 3, josta on nostettava pystyasentoon mittauspäättä ja ohjelma antaa aina 200 pistettä. Kolmen suunnan kalibroinnissa kolot testataan myötä päivään. Kun ohjelma antaa 600 pistettä ja näytöllä lukee ”passed”, tämän jälkeen voi aloittaa mittaamiseen. Kuvassa 3 on malliesimerkki, miten kalibrointi aloitetaan mittauslaitteella. Kuviossa 10 on ohjelmasta kuva, jossa näytetään ohjeet kalibrointiin. (Hautala 2016.)



Kuva 3. Mittauslaitteen kalibrointi kalibrointimaljassa.



Kuvio 10. Mittauslaitteen kalibrointiohjeet (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

Mittauskoneen ohjelmistolla suoritetaan mittauslaitteen mittakärkien kalibrointi. Se käsittelee kaikkia mitattuja pisteitä ja laskee koneen liikeakseleiden paikka- ja anturitietojen perusteella mitatut kosketuskohdat kohteen pinnalla. Se myös korjaa mittauskoneen systemaattisia mittaustuloksien virheitä ja muodostaa kosketuspisteistä geometrioita, joiden avulla ohjelma laskee uusia elementtejä, tilastollisia parametreja sekä edelleen vertaa tuloksia nimellismuotoon tai -mittaan sekä muoto- ja sijaintitoleranssivaatimuksiin. Lopuksi se lähettää mitatut tulokset halutussa muodossa tulostimelle, mutta yhä useammin sähköisessä muodossa verkkoon asiakkaille lähetettäväksi tai esimerkiksi SPC:n hyödynnettäväksi. (Tikka 2007, 26.)

2.4 Faro-nivelvarsikoordinaattimittauskoneen mittaustilanne

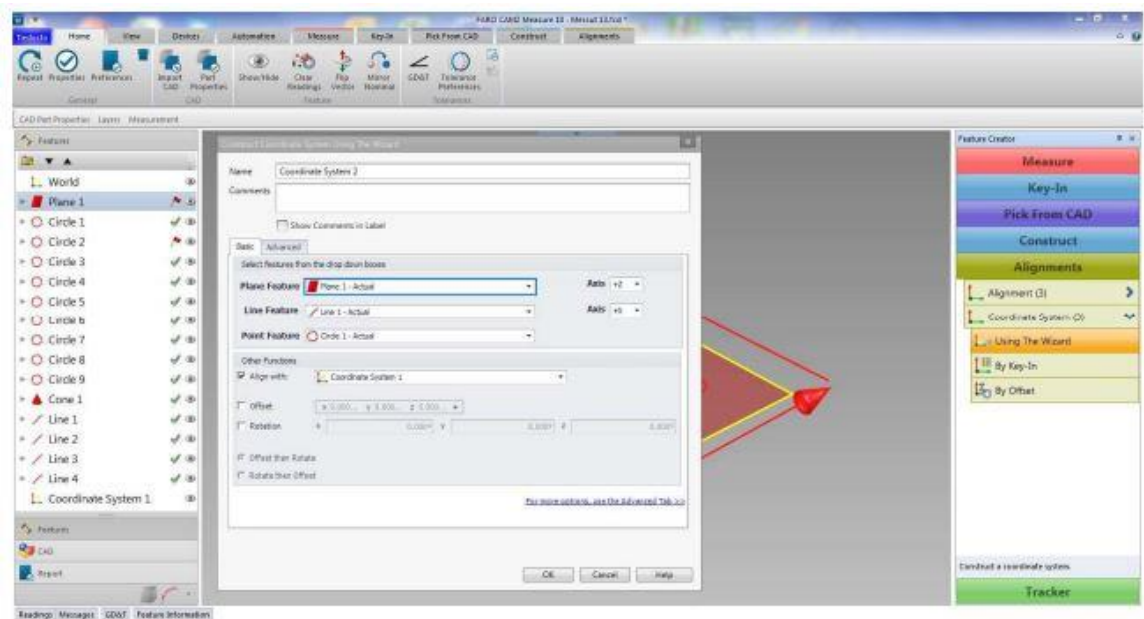
Kalibroinnin ja mittaussuunnitelman jälkeen aloitetaan mitoittamaan kappaletta. Suunnittelija kääntää suunnitellun osan step-muotoon ja tallentaa sen yleisiin tiedostoihin. Sen jälkeen haetaan tiedostoista kuva import cad -toiminnolla mittausjärjestelmään.

On olemassa myös eri mallinnusohjelmien välillä olevia mallinkääntäjiä ja jotkut ohjelmat pystyvät suoraan lukemaan muilla mallinnusohjelmilla suunniteltuja malleja. Kokemuksen perusteella varmin on kuitenkin käyttää step-kääntäjää, joka on yleisformaatti mallitiedon siirtoa varten. Tällöin mallitietokantaa saadaan merkittävästi pienennettyä eli pakattua. Step-tietokannan haittavaikutuksia on se, että se poistaa eikä säilytä ja välitä mallin mallinnushistoriaa. Historia pitää siis palauttaa alkuperäiseen muotoon, jos sitä täytyy muuttaa. Ainoastaan suunnitellun mallin geometria säilyy. (Tuhola & Viitanen 2008, 130–131.)

Tiedostosta haetaan 3D-kuva import cad -komennolla, jolloin ohjelma tekee automaattisesti käännostiedoston CAM2 10 -ohjelman juurihakemistoon. Sen jälkeen mittaussuunnitelman mukaan valitaan kolme pintaa, x-, y- ja z-suunnassa olevat pinnat, joista paikoitus koostuu 3D -kuvaan. Valitaan mittausohjelman välilehdistä pick from cad ja sieltä "plane" ja määritellään kyseiset pinnat.

Mittausohjelmassa valitaan ”plane” aktiiviseksi ja mittauslaitteella käydään mittauksessa kyseinen pinta. Tämä tehdään kaikkiin kolmeen pintaan.

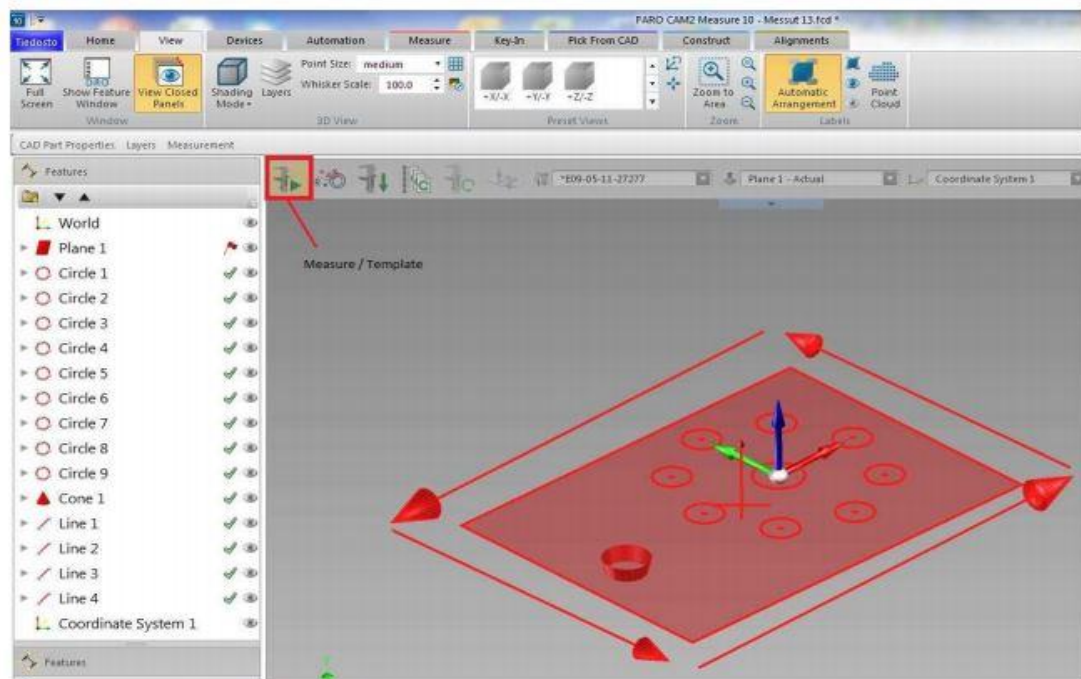
Koordinaatit eli ”nollapistet” luodaan CAM2 10 -ohjelmassa ”Coordinate Systems”-valikosta. Koordinaatisto luodaan joko käyttämällä ohjattua toimintoa (Wizard) tai Offset-toiminnon avulla. Wizard toiminnolla koordinaatisto määritetään mitatuista tai rakennetuista elementeistä 3-2-1-menetelmällä (kuvio 11)-(Rensi, 18.)



Kuvio 11. Koordinaatiston määrittäminen mittausohjelmassa (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

Paikoitusmittauksen jälkeen valitaan alignments-välilehti ja sieltä three feature -tiedostoon. Three feature -paikoitus on helpoin, mikäli on paljon suoria pintoja. Valitaan kolme pintaa tärkeysjärjestyksessä, jotka ovat x-, y- ja z-akselista ja painetaan ”apply”. Silloin on lukittuna kaikki akselit koordinaatistossa. Ohjaamon paikoitus on sen jälkeen valmis ja saa aloittaa mitoittamisen. Mahdollisuus on myös paikoittaa pinnan, viivan ja pisteen avulla. Valitaan esim. ohjaamon hitsauskiinnittimen ohjausreiät ja niiden väliin tehdään line by best fit -toiminnolla viiva. Valitaan tarkin pinta, kyseinen viiva ja kohdistusreikä. Sen jälkeen three feature -toiminnolla paikoitetaan. Paikoituksen jälkeen aloitetaan mitoittamaan. Aktivoidaan kappaleen pinta, joka halutaan mitoittaa. Mittaustilanteessa valitaan measure-toiminto ja käytetään esim. inspect surface point -menetelmää mitoittamiseen.

CAM2 10 -ohjelmassa on mahdollista käyttää kahta eri mittausmoodia (kuvio 12). Measure-moodissa mittaus tapahtuu välittömästi piirteen määrittämisen jälkeen eli tämä on niin sanottu on-line-tila. Template-moodissa piirteitä tehdään piirrepuuhun mittaamatta niitä välittömästi, eli tämä on niin sanottu off-line-tila. Template-moodissa luodut piirteet päästään mittaamaan asetuksista riippuen esim. Measure All-tai Add readings -komennoilla tai yksinkertaisesti vaihtamalla Measure-moodi päälle. (Rensi, 19.)



Kuvio 12. Mittaus moodin vaihtaminen measure / template (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

Mittalaitteen pallokärki viedään kiinni kappaleen määrättyyn paikkaan ja painetaan vihreää nappia mittalaitteen kyljessä. Vihreä nappi kuittaa mitoitettavan paikan ja vieressä oleva punainen nappi kuittaa mittauksen päättyneeksi. Mittausohjelman kappaleeseen tulee piste, josta mittaus tehtiin. Ohjelmaan tulee myös label-ikkuna, jossa on mittaustulokset. "Labeliin" saadaan näkyviin mitat kaikilta akseleilta ja toleranssit mittoihin. Toleranssit ovat tärkeitä, jotta saadaan informaatio mahdollisimman tarkasti joka paikkaan. Standardissa on toleranssit hitsauskokoospanolle ja komponenteille. Mitattavia pisteitä valitaan sen mukaan, kuinka paljon halutaan mitattavia tarkastuspisteitä.

Mittauksen jälkeen näytölle tulevat labelit näyttävät mitatun piirteen tiedot olettaen, että asetuksissa on hyväksytty labeleitten näyttö ja että mitattu piirre on sovitettu (zoomattu) graafiseen näyttöön. Eri virhenäyttämien näkymistä labeleissa voidaan säätää ohjelmiston asetuksista sekä yksilöllisesti ”Feature information”-ikkunasta. Labelit voidaan säätää näkymään kolmella eri tavalla. Yksinkertaisessa labeleissa näkyy pelkästään piirteen nimi. Laajennetussa (detailed) labelissa näkyy kaikki ne tiedot, jotka on määritetty näkymään ohjelman asetuksista sekä ”feature information”-ikkunasta. Kolmas vaihtoehto on käyttää surface point -vaihtoehtoa, joka on nimensä mukaisesti tarkoitettu käytettäväksi lähinnä inspect surface point -mittauksen kanssa. (Rensi, 13.)

2.5 Mittauksen raportointi

Raportin tekeminen on haastavaa ja tarkkaa työtä, koska tämä luovutetaan asiakkaille tai tavarantoimittajille. Raportin tekeminen aloitetaan periaatteessa jo mittausvaiheessa. Halutessaan jo mittausvaiheessa voi laittaa mittaustuloksiin toleranssit.

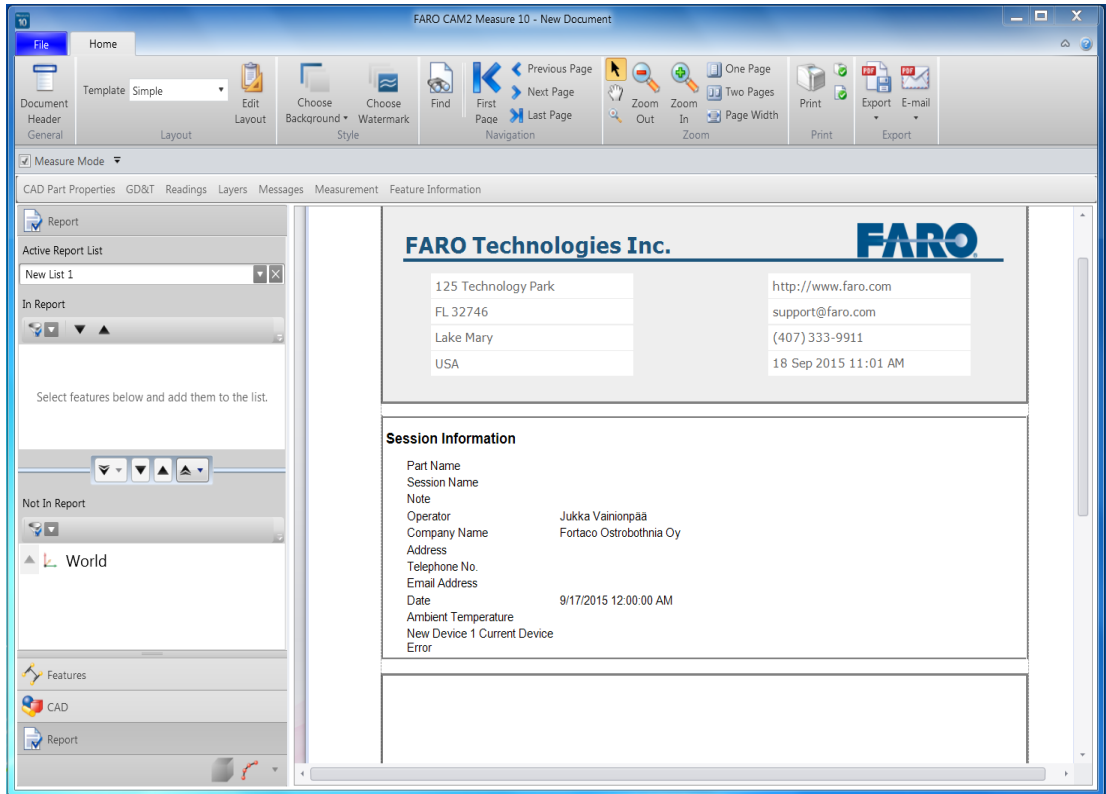
Toleranssit, nimellimitat ja nimellispiirteet saadaan näkyviin ”Feature information”-ikkunaan (kuvio 13). Vasemmalla olevaan pieneen laatikkoon aktivoidaan merkki, jos halutaan, että kyseisellä rivillä oleva piirre on esillä labeleissa ja raportissa. Seuraavaksi näkyy valitun piirteen mitatut lukuarvot (Actual), jonka jälkeiseen sarakkeeseen voidaan piirteelle osoittaa nimellispiirre esim. CAD-mallista. Kahteen oikealla olevaan sarakkeeseen voidaan syöttää ala- ja ylätoleranssit (Low Tol ja Up Tol). OOT eli Out of Tolerance -sarake näyttää, onko mittaus toleranssialueen sisällä. Pass tarkoittaa, että mittaus on toleranssien sisällä. Sininen väri tarkoittaa, että mittaustuloksen arvo on jäänyt alatoleranssin alapuolelle. Punainen väri tarkoittaa, että mittaustuloksen arvo on mennyt ylätoleranssin yli. (Rensi, 6.)

Feature Label	Actual	Nominal	Dev	Nominal Feature	Low Tol	Up Tol	COT	Tolerance
Circle 1 - Actual				Circle 2 - Nominal				
CenterX	56.763mm	56.745mm	0.018mm		-0.015mm	0.015mm	0.015mm	0.015mm
CenterY	0.010mm	0.000mm	0.010mm		-0.010mm	0.010mm	0.010mm	0.010mm
CenterZ	0.000mm	0.000mm	0.000mm		-0.010mm	0.010mm	0.010mm	0.010mm
Diameter	19.001mm	19.000mm	-0.001mm		-0.010mm	0.010mm	0.010mm	0.010mm
ZD Distance			0.023mm		0.000mm	0.050mm	0.050mm	0.050mm
Orislety	0.002mm	0.000mm	0.002mm		0.000mm	0.020mm	0.020mm	0.020mm
Nominal	0.000							
Nominal	0.000							
Nominal	0.000							

Kuvio 13. Mittaustoleranssien muokkaustaulukko (Rensi, [Viitattu 20.12.2015]).

Mittaussuunnitelman mukaisen mittauksen jälkeen asetellaan kuva mahdollisimman hyvin luettavaksi. Mittauksien jälkeen valitaan vain tärkeimmät tulokset näkyville raporttiin. Tiedot ilmoitetaan sarakkeisiin tarkasti ja selkeästi. Raportin tietoihin laitetaan kohteen nimi, tunnus, tuotantolinja, omat tiedot, aikataulut ja tarvittavat lisätiedot. Sen jälkeen valitaan mittaustuloksista ne, jotka halutaan nähdä raportin lopussa kaikilla tiedoilla. Tiedoissa näkyy mittaustulokset, toleranssit ja toleranssin ulkopuolelle menevät mitat. Mittaustulospalkeissa on kolme eri väriä, jotka ovat vihreä, punainen ja sininen. Vihreä on toleranssien sisällä olevat mitat, sininen on toleranssien alapuolelle jäävät mitat ja punainen toleranssien yli menevät mitat.

Tarvittaessa voi tehdä pylväsdiagrammin tai viivadiagrammin selkeyttämään tuloksia. Raportti on valmis, kun on saatu kaikki tarvittava tieto esille selkeästi ja ymmärrettäväksi. Kuviossa (Kuvio 14) on raportin pohja, josta aloitetaan tekemään raporttia.



Kuvio 14. Raportin kirjoittamisen aloitussivu.

2.6 Mittaushuone ja olosuhteet

Mittausolosuhteet ovat merkittävä osa onnistunutta koetta. Mittauskokeet on syytä tehdä ”hallituissa olosuhteissa”. Mikäli mitattavat kappaleet ovat metallia, on standardien määräämä lämpötila 20°C, jos taas muoveja, on lämpötilan oltava 22°C. Käytännössä samassa tilassa mitataan molempia lämpötiloja ja mittaushuoneen lämpötila pyritään pitämään vakiona. Etenkin halpoja mittauskoneita käytetään usein puutteellisesti termostoiduissa oloissa. Tällöin lämpötilan vaihtelut ja etenkin ilmankosteus saattavat etenkin kesäaikaan olla suuria. Kesäisin huoneenlämpötilassa +20°C suhteellinen ilmankosteus nousee helposti yli 55 %:n tavoitearvon yli ja vaatii tämän takia erillisen ilmakeuhauslaitteiston. Rautametalleille ilmankosteuden merkitys on korroosion syntyminen. Niin kosteus kuin lämpötilan muutokset vaikuttavat muovikappaleiden kokoon selvästi enemmän kuin metallikappaleiden. Pääosa mittauksista voidaan tehdä teoriassa missä olosuhteissa tahansa, koska tuloksia voidaan verrata samasta kappaleesta samoissa olosuhteissa saatuihin tuloksiin. Mittauslaitteen pitää olla huollettu, käyttökunnossa ja mielellään myös kalibroitu. (Tikka 2007, 418.)

Fortaco Ostrobothnia Oy:lle suunnitellaan mittaustilaa/mittaushuonetta, jossa olisi kaikki optimaalisesti kohdallaan. Lämpötila pysyisi tasaisena, koska mittauslaite ilmoittaa heti lämpötilan muutoksista. Lattia olisi optimaalisen tasainen, jotta saadaan kaikki kappaleet suoralle pinnalle. Myös pienempien komponenttien ja hitsauskiinnittimien mittausalustaksi tarvitaan suora alusta, esim. kiviäpöytä tai raskasrakenteinen rautapöytä. Samassa tilassa olisi myös tietokonepöytä raporttien laatimiseen. Mittaustilan pitäisi olla rauhallinen paikka, jossa voi mitoittaa ja laatia raportin. Paljon mitattavia kohteita on kuitenkin tuotantolinjalla, josta ei ole mahdollista siirtää mitattavaa kohdetta muuhun paikkaan. Tuotantolinjalla mitatessa haastavuus on, kun asentajia on paljon ja tuotanto on käynnissä. Hitsaamossa on ongelmana kova meteli, likaisuus ja tuotannon eteneminen.

2.7 Faro-mittausjärjestelmän koulutus

Yritykseen tilattiin Faro-mittausjärjestelmän kouluttaja. Kaksipäiväisessä koulutuksessa käytiin läpi kouluttajan kanssa aluksi perusasioita, kuten ohjelman käyttöä ja mittaustekniikat. Lyhyen perusasioihin perehdyttämisen jälkeen aloitettiin mittamaan käytännössä. Mittauskohteiksi valittiin haastavimpia kohteita, jotka on ollut vaikea mitata. Mittauskohteina olivat haastavimmat hitsauskiinnittimet, ohjaamot ja komponentit. Harjoiteltiin hitsauskiinnittimen, ohjaamon ja komponentin paikoittamista suunniteltuun 3D-kuvaan. Hitsauskiinnittimien paikoitustapaan 3D-kuvaan tuli uusi tekniikka, jota aloitetaan käyttämään kaikissa hitsauskiinnittimissä mahdollisuuksien mukaan. Hitsauskiinnittimien suunnittelija mitoittaa paikoitusreiät hitsauskiinnittimen runkoon valmiiksi, joita voi käyttää paikoituksessa. Näin saadaan valmis pohja mittauksen aloittamiseksi.

Mittaustekniikan kehittämisessä tuli uusia käytötapoja ja varmuutta mittaukseen. Koulutus toi lisää tietoa ja taitoa Faro-mittausjärjestelmän käyttöön. Koulutuksen jälkeen mittaus on nopeutunut, koska kaikkiin uusiin hitsauskiinnittimiin luodaan uudella tavalla koordinaatisto. Vanhoihin hitsauskiinnittimiin tullaan tekemään mahdollisuuksien mukaan samanlainen paikoitus. Ohjaamoiden mittaukseen tuli hyvää tietoa eri paikoitusmahdollisuuksista. Tästä on hyvä jatkaa eteenpäin 3D-mittaajana.

3 MITTAUSSUUNNITELMA OHJAAMOILLE JA HITSAUSKIINNITTIMILLE

3.1 Ohjaamoiden mittaussuunnitelma

Eri työkoneohjaamomalleja on paljon, joten määrät vaihtelevat paljon asiakaslinjoitain. Ohjaamoiden tarkastusmittaussyunnitelman mahdollisuutena on tarkastaa ajallisesti tai kappalemäärän suhteen tai pistokoemaisesti valitaan joku ohjaamo malli. Ohjaamon mittauksessa valitaan paikoitus pinnaksi isoja pintoja x-, y- ja z-suunnassa. Ohjaamosta valitaan mahdollisimman laajalta alueelta kolme pintaa paikoitukseen, jotta paikoitus olisi tarkka. Paikoituksessa on mahdollisuutena myös käyttää esim. reikiä tai pisteitä. Mittauslaite kiinnitetään ohjaamon sisällä keskelle, jotta mittakärki ylittää joka paikkaan. Ulkopuolinen mitoitus tehdään niin, että asetetaan painava kappale lattialle ja siihen kiinnitetään mittauslaite magneetilla.

Suunnitelmana on pistokoemainen mittaussyunnitelma, joka on kuitenkin järjestelmällinen. Mittauksia tehdään jokaisen eri asiakkaan ohjaamomalleista. Yrityksen oman aikataulun mukaan mittaustarkistuksia tehdään vähintään kerran vuodessa jokaisesta ohjaamomallista. Asiakkaan vaatimuksesta ohjaamoja mitataan aikataullisesti vaatimuksen mukaan. Kaikista ohjaamomalleista tehdään samanlaatuisia mittauksia. Mittauksissa voidaan mitata koko ohjaamo tai esim. jos on ilmennyt jokin ongelmakohta kokoonpanossa. Mittauksia tehdään myös ongelmien ratkaisemiseksi komponenttien yhteensopivuudessa. Ongelmakohtia voidaan mitata lisää seuraavista ohjaamoista, jotta ongelma ratkeaa. Mitatun ohjaamon tulokset tallennetaan tiedostoihin, jotta pystytään vertaamaan myöhemmin tuloksia. Vertaamalla vanhoihin tuloksiin saadaan selville, onko tapahtunut muutoksia tuloksissa. (Leppinen 2016.)

3.2 Hitsauskiinnittimien mittaussuunnitelma

Hitsauskiinnittimien mittauksia on erilaisia, koska kaikista hitsauskiinnittimistä ei ole 3D-kuvaa. Hitsauskiinnittimissä ensin tarkastellaan asennuskuvat ja tämän jälkeen aloitetaan tutkimaan hitsauskiinnittintä. Ilman 3D-kuvaa oleva mitoitus on haastava, koska pinnat pitää saada 0-pisteen mukaan koordinaatistoon. Haastavinta hitsauskiinnittimien mittaamisessa on se, että kaikki ovat erilaisia. Tämä tekee työstä mielenkiintoisen.

Hitsauskiinnittimestä on aluksi tutkittava, mihin pintaan kappaleen pinnat lukittuvat ja sen mukaan tehdään mitoitus. Tässäkin on tärkeää myös mittauslaitteen asennuspaikka, jotta mittauslaite yltäisi samalla kerralla mittaamaan koko hitsauskiinnittimen. Mittauslaitteen paikoitus on myös haastava, koska suuria pintoja ei välttämättä ole ollenkaan, jolloin saataisiin varmempi tulos. Pienemmillä pinnoilla saadaan paikoitettua mittauslaite melkein yhtä hyvin. Samalla kiinnittimissä on myös haastava saada lukittua koordinaatiston x-, y- ja z-akselit. Koulutuksen avulla saatiin tärkeää tietoa hitsauskiinnittimien paikoituksesta. Uudet hitsauskiinnittimet suunnitellaan niin, että ne olisi paikoitettavissa lähes samalla järjestelmällä. Tehdään ohjeet paikoituksen luomiseen, jotta se on helpompi oppia. Mitoituksen yhteydessä tehdään nimike kiinnittimille ja tunnistekilpi asiakkaan mukaan. Varastopaikka suunnitellaan hieman myöhemmin ja tunnistekilpeen sen paikka.

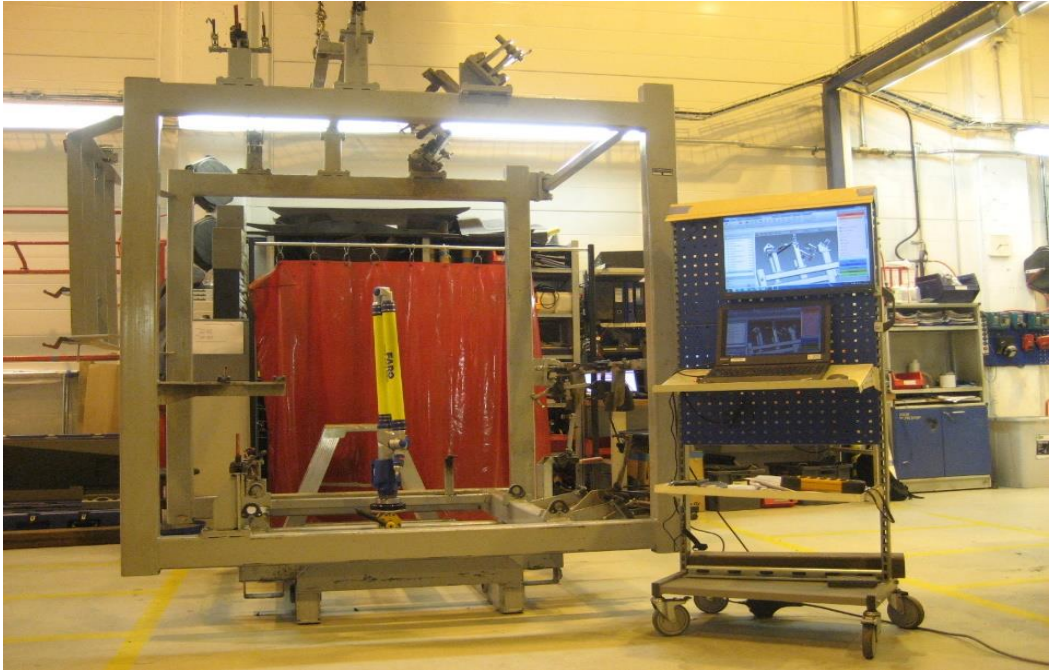
Hitsauskiinnittimen mittaustulokset tallennetaan tiedostoihin, jotta saadaan vertailtua vanhoja tuloksia. Jos mittaustuloksissa on tullut muutoksia hitsauskiinnittimeen, aloitetaan tutkimaan ongelmaa. Hitsauskiinnittimiin tehdään tarkastusmittaukset vuosittain tai asiakkaan vaatimalla aikavälillä. Asiakkaat voivat vaativat mittaustarkastuksia ajan määrittelemällä järjestelmällä. Asiakas voi vaatia puolen vuoden tai vuoden välein mittausraporttia. (Leppinen 2016.)

3.3 Komponenttien mittaussuunnitelma

Erilaisia kappaleita mitatessa aluksi valitaan oikean kokoinen mittauskärki. Pieniä reikiä tai kierteitä olevassa kappaleessa valitaan 3 mm mittauspallo. Isoissa kappaleissa valitaan 6 mm mittauspallo, jotta saadaan isolta pinnalta luotettavammat mitatinnat. Kalibrointi on tärkeä ja se pitää tehdä huolellisesti. Hankalaksi kappaleen mitoituksen tekee se, että osat ovat monimutkaisia. Kappaleen paikoituksessa pitää olla tarkkana, jotta x-, y- ja z-akselit asettuvat paikalleen. Inspect surface pointin toiminnon avulla on myös hyvä paikoittaa. Tällä tavalla saadaan otettua pisteitä eri pinnoilta ja saadaan lukittua akselit. Paikoituksen onnistuessa kappaletta voi aloittaa mitoittamaan inspect surface -ohjelman avulla. Inspect surfacen avulla on hyvä mitata kaarevia pintoja.

Ohjelman plane-mittauksella on hyvä mitata suoria pintoja. Kappaleita mitoitetaan mittauslaitteella, jos on ilmennyt jotain ongelmia esim. asennettaessa. Pistotarkastuksia tehdään myös komponentteihin. Komponenttien mittauksia suoritetaan paljon sitä kautta, kun tuotantolinjalla on ilmennyt ongelmia. Monimutkaiset osat on hyvä mitata mittauslaitteella, jos työntömitalla tai rullamitalla ei saa tarkkaa tulosta. Komponenttia voidaan mitoittaa sen mukaan, kun löytyy ongelmia. Esim. alihankinnalta tullut erä on ollut ongelmallinen, joten mitataan koko erä ongelmakohdasta. Paikoituksen onnistuessa on helppo mitoittaa sarjana, koska kaikki ovat samanlaisia.

3.4 Hitsauskiinnittimen mittaustilanne



Kuva 4. Hitsauskiinnittimen mittaustilanne.



Kuva 5. Hitsauskiinnittimen mittaustilanne

Kuvissa 4 ja 5 on mittaustilanne ohjaamon hitsauskiinnittimistä. Mittauslaite on asetettu magneettijalalla runkoputkien keskelle, jotta saadaan mitattua kaikki pinnat kerralla. Johdot on kytketty mittauslaitteen ja tietokoneen väliin. Paikoitus on saatu onnistumaan ja mittaus voi alkaa. Tietokoneella on mittausohjelma käynnissä ja ruudulla on näkyvissä 3D-kuva. Tästä aloitetaan mitoittamaan pinta tai reikä kerrallaan. Hitsauskiinnittimestä mitoitetaan ne pinnat, johon ohjaamo on suunniteltu paikoitettavaksi. Kuviossa 15 on esillä hitsauskiinnitin ja ohjaamo on suunniteltu sisälle. Tämä kokonaisuutena lähetetään silloituksen jälkeen robottihitsattavaksi.



Kuvio 15. 3D-kuva hitsauskiinnittimestä ja ohjaamosta (Fortaco, [Viitattu 12.2.2016]).

4 LAADUN MÄÄRITYKSET JA YLEISTOLERANSSIT

4.1 Laadun määritykset

Kokonaisvaltainen laadunhallinta ei tule yrityksessä katoamaan tulevaisuudessaan. Nimitykset ja toteuttamiskeinot muuttuvat ja paranevat, mutta laatu on tulevaisuudessakin yrityksen tärkeä menestystekijä. Se integroituu entistä enemmän muuhun toimintaan ja erillisten laatuyksiköiden merkitys vähenee. Normaalitylessä kaikki tiimit vastaavat oman työtehtävän laadustaan. Laadun valvomista seurataan mittareilla osana toiminnan tuloksellisuuden ja tehokkuuden seurantaan. (Lecklin 2002, 22.)

4.2 Mittauksen yleistoleranssit

Yrityksessä on käytössä Suomen standardisoimisliiton käyttämä SFS-EN 22768-1 komponenttien yleistoleranssi. Komponenttien pituusmittojen, viistettyjen kulmien ja kulmamittojen yleistoleransseissa käytetään yleisesti taulukon 1 keskikarkea (m) poikkeama mitoitusta, poissulkien suunnittelijoiden määrittelemä tarkempi tai epätarkempi toleranssi. Suunnittelija määrittelee piirustuksiin tarkkuusluokan. Toleranssitaulukossa 1 ilmoitetaan pystysuunnassa pituusmitan minimin ja maksimimitan välinen mitoitus. Vaakasuunnassa ilmoitetaan neljässä tasossa mitoituksen poikkeamaheimit minimi ja maksimi. Esim. mittaustulos komponentin mittaustulokseksi tuli 20 mm. Sen jälkeen tarkastellaan taulukosta pituuden oikea väli 6-30 mm. Valitaan suunnittelijan määrittelemän esim. keskikarkea (m) tarkkuusluokan, joten mittaheimit voi olla $\pm 0,2$ mm. Tätä taulukkoa käytetään paljon tässä mittaustyössä.

Taulukko 1. Pituusmittojen sallitut poikkeamat lukuun ottamatta viistettyjä kulmia (SFS-EN 22768–1 1993, 5).

Sallitut poikkeamat nimellismitta-alueella		Arvot mm							
Toleranssiluokka tunnus	Kuvaus	>0,5 ¹⁾ ≤ 3	>3 ≤ 6	>6 ≤ 30	>30 ≤ 120	>120 ≤ 400	>400 ≤ 1000	>1000 ≤ 2000	>2000 ≤ 4000
f	Hieno	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	Keskikarkea	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	Karkea	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	Erittäin karkea	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

¹⁾ Nimellismitoille < 0,5mm, eromitat merkitä vastaavan nimellismitan viereen.

Komponenttien viistettyjen kulmien sallituissa poikkeamissa käytetään yrityksessä yleisesti myös taulukko 2 keskikarkea (m) poikkeamaa.

Pois lukien suunnittelijoiden määrittelemät tarkemmat tai epätarkemmat toleranssit. Taulukko 2 luetaan samalla tavalla kuin pituusmittojen taulukko 1.

Taulukko 2. Komponenttien viistettyjen kulmien sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768–1 1993, 6).

		Arvot mm		
Toleranssiluokka tunnus	Kuvaus	>0,5 ¹⁾ ≤ 3	>3 ≤ 6	>6
f	Hieno	± 0,2	± 0,5	± 1
m	Keskikarkea	± 0,2	± 0,5	± 1
c	Karkea	± 0,4	± 1	± 2
v	Erittäin karkea	± 0,4	± 1	± 2

¹⁾ Nimellismitoille < 0,5mm, eromitat tulee merkitä vastaavan nimellismitan viereen

Komponenttien kulmamittojen sallituissa poikkeamissa taulukossa 3 käytetään myös yleisesti keskikarkea (m) poikkeamaa mitoissa, poissulkien suunnittelijoiden määrittelemät tarkemmat tai epätarkemmat toleranssit. Kulmamitoissa on haastavaa saada vahvemmat materiaalit standardien sisälle.

Taulukko 3. Komponenttien kulmamittojen sallitut poikkeamat (SFS-EN 22768-1 1993, 6).

Toleranssiluokka tunnus	Kuvaus	> 10	> 10 ≤ 50	> 50 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400
f	Hieno	± 1°	± 0°30'	± 0°20'	± 0°10'	± 0°5'
m	Keskikarkea	± 1°	± 0°30'	± 0°20'	± 0°10'	± 0,5'
c	Karkea	± 1°30'	± 1°	± 0°30'	± 0°15'	± 0°10'
v	Erittäin karkea	± 3°	± 2°	± 1°	± 0°30'	± 0°20'

Mikäli elementti kuitenkin vaatii toiminnallisista syistä yleistoleranssia pienemmän toleranssiarvon, olisi pienempi toleranssi silloin merkittävä erikseen elementin koon tai kulman määräävän nimellismitan viereen. Tällainen toleranssi ei sisälly yleistoleransseihin. (Suomen standardoimisliitto SFS-EN 22768–1 1993, 7.)

Hitsauskomponenteissa mittatoleranssina käytetään Suomen standardoimisliiton käyttämä SFS-EN ISO 13920 yleistoleranssia. Pituusmittojen, viistettyjen kulmien ja suoruus-, tasomaisuus- ja yhdenmukaisuustoleranssit käytetään suunnittelijoiden määrittelemällä kirjaimella toleranssin tarkkuusluokkia poikkeamaa mitoissa. Hitsatuissa kappaleissa luetaan toleranssiheitot aivan samalla tavalla, kuten komponenttien taulukosta 1. Erona on se, että mittavälit ovat huomattavasti suuremmat ja mitahteitot ovat myös paljon suuremmat (taulukko 4).

Taulukko 4. Hitsattujen komponenttien pituusmittoja koskevat toleranssit (SFS-EN ISO 13920 1996, 5).

Nimellismitta-alueet l mm											
Tarkkuusluokka	2...30	>30 ≤120	>120 ≤400	>400 ≤1000	>1000 ≤2000	>2000 ≤4000	>4000 ≤8000	>8000 ≤12000	>12000 ≤16000	>16000 ≤20000	>20000
	Toleranssit t mm										
A	±1	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9
B		±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±14	±16
C		±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±21	±24	±27
D		±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±32	±36	±40

Hitsatuissa komponenteissa kulmamittojen sallituissa poikkeamissa taulukossa 5 käytetään suunnittelijan antamaa tarkkuusluokka kirjainta poikkeama mitoissa.

Taulukko 5. Hitsattujen komponenttien kulmamittoja koskevat toleranssit (SFS-EN ISO 13920 1996, 6).

Tarkkuusluokka	Nimellismitta-alueet, l, mm (pituus tai kulman lyhyempi kylki)		
	≤ 400	> 400 ≤ 1000	>1000
	Toleranssit Δα (asteissa ja minuuteissa)		
A	± 20'	± 15'	± 10'
B	± 45'	± 30'	± 20'
C	± 1 °	± 45'	± 30'
D	± 1°30'	± 1°15'	± 1°
Laskennalliset ja pyöristetyt toleranssit, t, mm/m ¹⁾			
A	± 6	± 4,5	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
D	± 26	± 22	± 18

¹⁾ Arvo, joka on ilmoitettu (mm/m), vastaa yleistoleranssin tangentin arvoa. Se on kerrottava kulman lyhemmän kyljen pituudella (m).

Hitsatuissa komponenteissa suoruus-, tasomaisuus- ja yhdensuuntaisuustaulukossa 6 sallituissa poikkeamissa käytetään suunnittelijan määrittelemää tarkkuusluokkakirjainta.

Taulukko 6. Suoruus-, tasomaisuus- ja yhdensuuntaisuustoleranssit (SFS-EN ISO 13920 1996, 7).

Nimellismitta-alueet, l, mm (koskee pinnan pitempää sivua)										
Tarkkuusluokka	> 30	> 120	> 400	> 1000	> 2000	> 4000	> 8000	> 12000	> 16000	> 20000
	≤ 120	≤ 400	≤ 1000	≤ 2000	≤ 4000	≤ 8000	≤ 12000	≤ 16000	≤ 20000	
Toleranssit, t, mm										
E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40

Ohjaamoihin suunnittelija määrittelee tarkkuusluokkakirjaimen tarkemman tai epätarkemman mukaan. Ohjaamossa on määrätyissä paikoissa tarkkoja asennuspaikkoja, joten sen takia tehdään erilliset tarkemmat toleranssit. Nämä mitat eivät kuulu yleistoleranssien piiriin. Komponenteissa on vielä tarkempia toleransseja tarvittaessa, koska osat ovat pieniä tai keskikokoisia.

4.3 Mittaustulokset ja raportti

Mittauksen jälkeen tutkitaan mittaustuloksia ja analysoidaan raporttia. Mittatoleranssit käydään läpi ja lopullinen kuva komponentista. Raportin valmistuttua tallennetaan se yleisiin tiedostoihin, jotta kaikki saavat tutkia raporttia. Raportin haluavat nähdä esim. asiakkaat, toimittajat ja yrityksen oma henkilökunta. Raportti on virallinen, ja se on helppo luovuttaa sitä tarvitsevalle.

5 HITSAUSKIINNITTIMEN TUOTETUNNUKSET JA VARASTOPAIKAT

5.1 Hitsauskiinnittimen tyypikilpi

Microsoft Excel -ohjelmalla suunniteltiin kilvelle pohja, johon tiedot täytetään. Aluksi tutkittiin mitä tietoja tarvitaan hitsauskiinnittimeen ja suunniteltiin sen pohjalta tyypikilven layout. Valmiiksi suunnitellun tyypikilven versiosta pidettiin palaveri, johon kuului esimies ja toimihenkilöitä. Pienillä muutoksilla saatiin sinne ne tiedot, jotka yhteistyössä toivottiin. Pienien muutoksien jälkeen kuva tulostettiin todellisen kokoisena. Tyypikilvet valmistetaan alihankinnassa ja ne valmistetaan erivärisenä asiakkaan mukaan.

FORTACO		
Property of		Inspection date
Product SAP ID		
Description		
Fix. nr. / Tooling nr.		
Storage place		

Kuvio 16. Suunniteltu suurempi tyypikilpi hitsauskiinnittimeen.

FORTACO		
Property of		Inspection date
Product SAP ID		
Fix. nr. / Tooling nr.		

Kuvio 17. Suunniteltu pienempi tyypikilpi hitsauskiinnittimeen.

Tyypikilvessä (Kuvio 16) ilmoitetaan isompien hitsauskiinnittimien omistaja sekä yrityksen järjestelmästä valmiin tuotteen Sap-tunnus. Sap-tunnuksesta saadaan selville hitsauskiinnittimien valmistettavan osan kuva. Description kertoo valmiin tuotteen nimen sekä mille linjalle osa menee käyttöön. Fix.nr./Tooling nr. oli haastavin osa, jossa tärkeät tiedot tulee esille. Ensinnäkin tulee asiakkaan tunnus esim. kaksi ensimmäistä kirjainta. Sen jälkeen kirjoitetaan hitsausmenetelmä ja juokseva numero. Tällainen voisi olla esim. FF-WF 0001. Tällä tiedolla varastohenkilökunnan on helpompi tunnistaa hitsauskiinnittimellä valmistettava tuote. Storage Place eli varastopaikka kirjoitetaan sen mukaan, minne osa on varastoitu. Inspection time eli tarkastusaika kertoo kuukauden ja vuoden, jolloin osa on tarkastettu.

Kuviossa 17 on pienempi koko tyypikilvestä, jota käytetään pienempien hitsauskiinnittimien ja sapluunojen merkitsemiseen. Siihen jätettiin tärkeimmät tiedot eli omistaja, nimike ja hitsauskiinnittimen numero. Suunnitelmana on saada kylteistä asiakaskohtaiset värit.

Kuviossa 18 näytetään ohjeet, miten tyypikilpeä täytetään. Tekstiksi tulee 3 mm stanssauskooko.

Tyypikilven kirjoitusohjeet				
Property of:	Hitsauskiinnittimen omistaja			
Product SAP ID:	Sap-tunnus			
Description	Tuotteen nimike ja tuotantolinja			
Fix. nr. / Tooling nr.	Asiakas tunnus	Hitsaus menetelmä		
		welding by hand	WF	
		Robot welding	RF	>0001
		Inspection	IF	
Storage place:	Varastopaikka			
Inspection time:				
Tarkastus aika				

Kuvio 18. Tyypikilven kirjoitusohjeet.

5.2 Hitsauskiinnittimen värien merkitseminen

Suunnitelmana on uusien hitsauskiinnittimien maalaus asiakaskohtaisesti eri väreillä, jotta kaikkien on ne helpompi tunnistaa. Uusia tulevia hitsauskiinnittämiä tehdään protopajan henkilökunnan kanssa yhteistyössä valmiiksi tuotantolinjan käyttöön. Hitsauskiinnittimien suunnittelijan kanssa tehdään yhteistyötä mitoitusten suhteen. Hitsauskiinnittimet mitataan lopullisesti vasta, kun on tehty vahvistushitsaukset. Tämän jälkeen hitsauskiinnittimet lähetetään maalaamoon. Hitsauskiinnittimeen kiinnitetään maalauksen jälkeen tunnistuskilpi, minkä jälkeen se on valmis.

Vanhemmissa hitsauskiinnittimissä ongelmana on se, että ne ovat olleet kauan käytössä. Ne ovat huonossa kunnossa ja eivät välttämättä ole mitoissa erilaisten variaatioiden jälkeen. Kaikki vanhat kiinnittimet, jotka ovat hyvässä kunnossa ja mitoissa, puhdistetaan, maalataan ja merkitään tunnistuskilvellä. Mahdollisesti on valmistettava uusia kiinnittämiä vanhojen tilalle.

Linjavärit

Asiakas-X	Keltainen	
Asiakas-X	Sininen	
Asiakas-X	Punainen	
Asiakas-X	Oranssi	
Asiakas-X	Hopea	
Asiakas-X	Musta	
Asiakas-X	Vaalean harmaa	
Asiakas-X	Harmaa	
Asiakas-X	Luonnonvalkoinen	
Asiakas-X	Valkoinen	

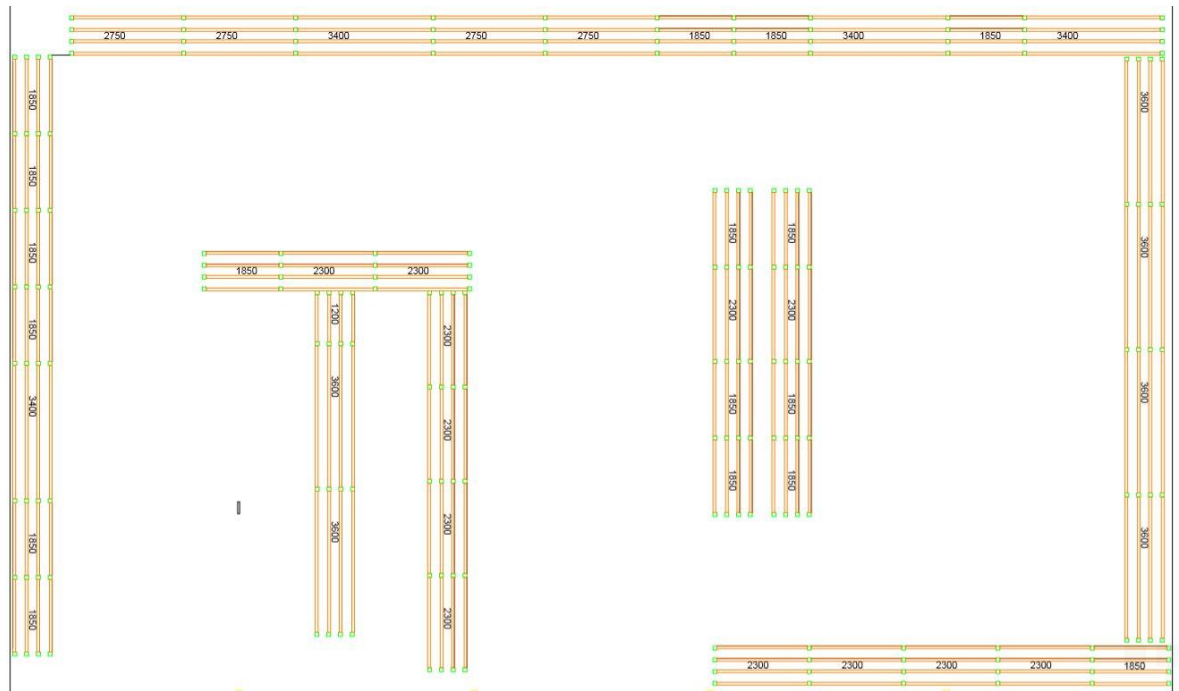
Kuvio 19. Asiakaskohtaiset värikoodit.

Kuviossa 19 on värit asiakkaan mukaan. Tarkoitus on saada eriteltyä asiakkaan mukaan hitsauskiinnittimet näillä väreillä toisistaan. Optimaalista olisi, jos koko hitsauskiinnitin olisi määrätyn värinen. Kilvellä saadaan joka tapauksessa väri näkyviin.

5.3 Hitsauskiinnittimien varastopaikat

Suunnitelmana on, että eniten käytössä olevat hitsauskiinnittimet varastoidaan ns. varastohalliin, jonne niille tehdään hyllyihin omat varastopaikat. Hitsauskiinnittimet järjestetään hyllyihin asiakaskohtaisesti, jotta varastohenkilökunnan on helpompi löytää noudettava hitsauskiinnitin. Tavoitteena on saada maalin värin ja asiakkaan mukaan järjestetyt hitsauskiinnittimet. Tyyppikylttiin stanssataan varastohallin varastopaikka. Vähemmän käytössä olevat hitsauskiinnittimet pidetään pihalla aitauksen vieressä määrättyissä paikoissa. Niille määritellään myös varastopaikat.

Varastohallin pohjakuvan kuvion 20 mukaan tarkastellaan hitsauskiinnittimien varastopaikkaa. Tämän piirustuksen mukaan määritellään asiakkaan mukaisesti varastopaikat. Suunnitelma on, että jaotellaan hyllytila selkeästi asiakkaan mukaan. Haasteena suunnittelussa on hitsauskiinnittimien leveys ja korkeus. Samalla myös haasteena ovat erilevyiset hyllyt ja hyllypaikat. Jokaisesta hitsauskiinnitimestä on otettava runkomitat ja korkeusmitat suunnitteluvaiheeseen. Niistä tehdään erillinen lista koosta ja sen mukaan suunnitellaan ne hyllyyn. Keväällä 2016 varastohalli kunnostetaan ja huolletaan täydellisesti varastokuntoon. Tällä tavalla saadaan hitsauskiinnittimien varastopaikat ja merkinnät mukaan kokoonpanopiirustuksiin.



Kuvio 20. Hitsauskiinnittimien varastohallin pohjapiirustus ja hyllytila.

5.4 Kehitetään periaatteet siisteydelle Lean-filosofialla

Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Hitsauskiinnittimien varastointisuunnitelma tehdään harkiten ja tarkasti. Tässä projektissa on mukana toimihenkilöitä ja varastohenkilökuntaa. Jokainen otetaan mukaan järjestyksen ja siisteyden kehittämiseen sekä niiden jatkuvaan ylläpitämiseen. Kaikkien materiaalien ja välineiden käyttö- ja säilytyspaikat on suunniteltu ja kaikelle löytyy paikkansa. Päivän päättyessä jokainen hoitaa oman osuutensa siisteydestä ja järjestyksestä.

1. Erottelemme
2. Yksinkertaistamme
3. Puhdistamme
4. Vakioimme
5. Sitoudumme ja säilytämme itsekin (Tuominen 2010, 94–95.)

Laadun kehittämisen tavoitteena on varmistaa, ettei virheellistä materiaalia, tuotteita tai informaatiota siirretä eteenpäin prosessissa. Virheellinen ei saa joutua sisäiselle eikä ulkoiselle asiakkaalle. Prosessissa esiintyviä virheitä vähennetään jatkuvasti. Tavoitteena on nollavirhe. (Tuominen 2010, 114.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tämän projektin tarkoituksena oli hallita Faro-mittausjärjestelmän käyttöä. Aluksi harjoiteltiin käyttämään yrityksen sisäisillä tiedoilla mittauslaitetta. Niillä tiedoilla päästiin hyvin eteenpäin, mutta koulutuksesta oli pitkä aika. Lisäkoulutus helpottaa käytännön harjoittelun jälkeen eteenpäin pääsemistä. Mittaukseen tulee ammattitaitoa ja haastavissakin mittausilanteissa onnistutaan. Harjoittelulla on saatu hyviä tuloksia aikaan. Haastavaa mittauksesta tekee se, että joka kerta on erilainen komponentti mitattavana. Faro-mittausjärjestelmän koulutus järjestettiin projektin loppuksi, mikä oli tärkeä asia. Koulutuksella saatiin paljon uutta tietoa ja tekniikkaa mittausmenetelmiin.

Yrityksen henkilökunta on ollut hyvin mukana projektissa. Hitsauskiinnikkeiden järjestelyä ja nimeämistä on suunniteltu kauan. Tämän projektin yhteydessä asiat ovat edenneet ja tuloksia on saatu aikaan. Tyypikilvet on suunniteltu ja tilattavissa. Tämän jälkeen tehdään hitsauskiinnikkeille nimikkeitä ja varastopaikkoja. Mittauksen yhteydessä tehdään nimikkeet ja kiinnitetään tyypikilvet hitsauskiinnittimeen. Varastopaikkoja suunnitellaan asiakaskohtaisesti, jolloin kaikki etenee suunnitelman mukaan.

Mittaushuoneen suunnittelu olisi hyvä investointikohde. Tuotannossa mitattavan kohteen raportoinnin voisi tehdä mittaushuoneessa. Tällöin tuotanto ja työkoneet eivät häiritsisi mittaustilannetta. Näin ollen mittaamiseen ja raportin kirjoittamiseen voisi keskittyä ilman ylimääräistä häiriötä.

Hitsauskiinnikkeiden ja ohjaamoiden mittaukset ovat antaneet hyviä tuloksia ja tarvittaessa on tehty muutoksia. Pienempienkin komponenttien mittauksilla varmistetaan laaduntarkkuus. Tämä työ on tärkeä yritykselle, jotta työn laatu saadaan pidettyä korkealla tasolla. Asiakkaat ja henkilökunta ovat kiinnostuneita mittausraporteista ja kokonaisuuksiin tehtävistä muutoksista. Tämä opinnäytetyön avulla on saatu yrityksessä kehitystä eteenpäin ja työ vielä jatkuu.

7 YHTEENVETO

Tämän laaduntarkkailusuunnitelman perusteella tehdään tarkastusmittauksia työ-koneohjaamoihin, hitsauskiinnittimiin ja komponentteihin. Työkoneohjaamoiden mit-tatarkistuksissa varmistetaan, jotta ohjaamon mitat ovat toleranssien sisällä. Hit-sauskiinnittimen tarkastusmittauksissa varmistetaan myös, että hitsauskiinnittimet ovat toleranssien sisällä. Jokaiselle hitsauskiinnittimille tehdään omat nimikkeet. Jo-kaisen hitsauskiinnittimen tyyppikilpeen merkitään vuosittaiset tarkastusmittaukset.

Suunnittelijoiden kanssa tehdään yhteistyötä paljon ohjaamoiden ja hitsauskiinnitti-mien mittaamisessa. Suunnittelijoiden 3D-kuvat ohjaamoista ja hitsauskiinnittimistä STEP-mallina helpottivat mittausta, koska sai suoraan verrata mittauksen tuloksia 3D-kuvaan. Ohjaamoiden ja hitsauskiinnittimien tarkastusmittauksien toistuvuu-desta keskustellaan ja päätetään esimiehen kanssa. Asiakas voi myös määritellä tarkastusmittauksen aikataulun.

Mittaussuunnitelma ohjaamolle tai hitsauskiinnittimelle on tärkeä suunnitella, jotta mittauksesta tulee selkeä ja mittauslaite kiinnitetään oikeaan paikkaan. Raportin te-keminen on haastavaa, koska siitä saadaan selville kaikki mittaukseen liittyvät tu-lokset. Sen tekeminen on tarkkaa työtä, koska kuvan on oltava selkeä ja mittaustu-lokset luotettavia. Toleranssien syöttäminen on tarkkaa työtä, koska siitä saadaan selville mittavirheet. Raportti luovutetaan virallisena mittausraporttina tätä tarvitse-valle. Ohjaamon mittaussuunnitelma ohjelmassa onnistuu hyvin, koska osaan oh-jaamoista on tehty alustava suunnitelma ja osaa on jo käytetty. Ohjaamoiden, hit-sauskiinnittimien ja komponenttien mittauksessa yksi tärkeimmistä vaiheista on pai-koitus 3D-kuvaan.

Hitsauskiinnittimiin tehtävät nimikkeet ja vuosittainen mittaustarkastusmerkintä sekä varastopaikat ovat tarkkuutta vaativaa, koska hitsauskiinnittimiä on paljon. Tyyppi-kilpi mietittiin tarkasti, koska sen piti kestää kuljetusta ja hitsaamossa tulevat kipinät. Varastopaikan löytäminen ja nimeäminen suunniteltiin siten, että ne varastoidaan asiakaskohtaisesti. Tällöin varastohenkilökunnan on helppo löytää hitsauskiinnitti-mille oikea paikka. Varastohalli saadaan käyttöön keväällä 2016 aikana hitsauskiin-nittimille.

Suunnitellut tyyppikilvet tulevat käyttöön ja hitsauskiinnittimien varastointi saadaan kuntoon keväällä 2016. Ne varastoidaan asiakaskohtaisesti uudistettuun varastohalliin asiakkaan värin mukaan. Tämän opinnäytetyön ansiosta mittaaminen on ammattimaista Faro-mittauslaitteella. Mittaustulokset ovat luotettavia ja nyt hallitaan mittauslaitteen käyttö hyvin.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja haastava. Faro-mittausjärjestelmää oli aluksi vaikea käyttää, koska ei ollut aikaisempaa kokemusta kyseisestä mittauksesta. Aluksi harjoiteltiin perusasiat yrityksen sisällä olevista tiedoista ja ammattitaidosta. Tämän jälkeen aloitettiin mittaamaan ohjaamoja, hitsauskiinnittimiä ja komponentteja.

LÄHTEET

Fortaco. 2016. PP:n Avoimet ovet. Fortaco Ostrobothnia Oy. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.

Fortaco Asiakirjat. 2016. Fortaco Ostrobothnia Oy.

Hautala, P. 2016. Fortaco Ostrobothnia Oy. Kehitysteknikko. Haastattelu 3.12.2015.

Lecklin, O. 2002. Laatu yrityksen menestystekijänä. 4. Uudistettu painos. Jyväskylä: Talentum Media Oy.

Leppinen, P. 2016. Fortaco Ostrobothnia Oy. Laatupäällikkö. Haastattelu 12.1.2016.

Rensi. Ei päiväystä. CAM 2 10-mittausohjelman käyttöohje. [pdf-tiedosto]. Rensi Finland Oy. [Viitattu 20.12.2015]. Saatavissa maahantuojalta.

SFS-EN 22768–1. 1993. Yleistoleranssit: Osa 1: Ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja kulmamittojen toleranssit. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 13920. 1996. Hitsaus: Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Tikka, H. 2007. Koordinaattimittaus. Tampere. Tampereen Yliopistopaino Oy.

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3-D mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Tuominen, K. 2010. LEAN - Kohti täydellisyyttä. Helsinki. Readme.fi.