



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

MATTI WIRO

Koordinaattimittakoneen ohjelmistopäivitys ja käyttöönotto Luvata Pori

KONETEKNIikka
2023

TIIVISTELMÄ

Wiro, Matti: Koordinaattimittakoneen ohjelmistopäivitys ja käyttöönotto Luvata Pori
Opinnäytetyö, AMK
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka
Maaliskuu 2023
Sivumäärä: 35

Opinnäytetyö toteutettiin laadullisena tutkimuksena Luvata Pori Oy:lle. Opinnäytetyössä kartoitettiin koordinaattimittakoneen päivityksen lähtökohdat, jonka jälkeen valittiin tarvetta vastaava ohjelmisto kokonaisuus. Opinnäytetyön keskiössä on koordinaattimittakoneen päivitys. Mittakone päivitettiin, koska mittakone sisälsi vanhentuneita mittaohjelmia ja niiden uusiminen oli ajankohdasta. Ohjelmistojen lisäksi päivityksessä uusittiin mittausanturi. Vaatimuksena päivitykselle oli tehostunut ohjelmistokäyttö sekä helpompi ja nopeampi ohjelmistojen teko. Opinnäytetyö toteutettiin Luvatan ja Mitutoyon kanssa yhteistyössä. Ohjelmistot valittiin Luvatan tarpeiden, sekä Mitutoyon suositusten perusteella.

Avainsanat: anturi, kalibrointi, KMK, koordinaattimittakone, Luvata, Mitutoyo, mittakone, mittausanturi, mittaohjelma, mittakärki, mittaraportti, toleranssiverailu

Abstract

Wiro, Matti: Coordinate-measuring machine software update and deployment
Luvata Pori
Bachelor's thesis
Mechanical engineering
March 2023
Number of pages: 35

The thesis was carried out as an research to Luvata Pori Oy. Research method was qualitative. In the thesis research examined the basis of coordinate-measuring machine. After basis research the software update was chosen. Centre of the thesis is updating coordinate-measuring machine software. Coordinate-measuring machine must be updated because of expired and old software. For better outcome also measuring-sensor were updated. Qualification for updating were easier and faster programming. The thesis was carried out in cooperation with Luvata and Mitutoyo. Software programs were chosen based on needs of Luvata and Mitutoyo's recommendations.

Keywords: calibration, coordinate-measuring machine, Luvata, Mitutoyo, measuring-sensor, measuring-apex, measuringraport, sensor, tolerance comparison

ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyöni tilaajaa sekä rahoittajaa Luvata Pori Oy sujuvasta yhteistyöstä koko yhteistyön ajalta. Haluan myös kiittää ajankohtaisesta opinnäytetyön aiheesta. Opinnäytetyöni aihe oli tarpeellinen ja mielenkiintoinen toteuttaa.

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO..... | 7 |
| 2 PORI LUVATA OY | 8 |
| 3 KOORDINAATTIMITTAUS..... | 9 |
| 3.1 Yleistä..... | 9 |
| 3.2 Historia | 10 |
| 4 MITUTOYO CRYSTA-APEX S544 CNC | 12 |
| 5 MITTAOHJELMAT | 13 |
| 5.1 Suunnitelma..... | 13 |
| 5.2 Mcosmos | 14 |
| 5.3 Geopack | 14 |
| 5.4 Scanpack..... | 15 |
| 5.5 Cat1000P..... | 16 |
| 5.6 Cat1000S..... | 17 |
| 5.7 Micat Planner..... | 17 |
| 6 MITTAUSANTURIT | 18 |
| 6.1 Koskettavat mittausanturit | 18 |
| 6.1.1 Mekaaninen..... | 18 |
| 6.2 Videomittaus..... | 19 |
| 6.2.1 Optiset anturit..... | 19 |
| 6.3 Laseranturit..... | 20 |
| 7 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN | 21 |
| 7.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja tutkimuskysymys..... | 21 |
| 7.2 Päivityksen etenemiseen vaikuttavat asiat | 21 |
| 8 AINEISTON KERUU | 22 |
| 8.1 Strukturoimaton haastattelu..... | 22 |
| 8.2 Konstruktiivinen tutkimus..... | 22 |
| 8.3 Aineiston analyysi ja luotettavuus..... | 23 |
| 9 OHJELMAN VALINTA..... | 24 |
| 10 ANTURIN VALINTA..... | 26 |
| 11 NÄYTTEEN VALMISTAMINEN | 29 |
| 12 KÄYTTÖÖNOTTO..... | 30 |
| 13 KOORDINAATTIMITTAKONEEN KALIBROINTI | 32 |
| 13.1 Mittakärkien kalibrointi..... | 32 |
| 14 UUDEN JÄRJESTELMÄN TESTAUS | 33 |
| 15 LOPPUTULOKSEN VERTAAMINEN JA YHTEENVETO | 34 |
| 16 LÄHTEET | 35 |

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

CAD-järjestelmä

Tietokoneavusteinen suunnittelu

Koordinaattimittakone (KMK)

On laite, joka mittaa mittapisteitä avaruudessa

Mikrometri

Tarkassa metallityöstössä käytettävä mittaväline

Modulaarinen

Rakenne, joka koostuu vaihdettavista komponenteista eli moduuleista

Poikkipinta-ala

On katkaistun kappaleen katkaisupinnan pinta-ala

Rekonstruointi

Uudelleenrakentaminen

Toleranssivertailu

Tarkoittaa hyväksytyä epätarkkuutta, kaksi toleranssia + ja – samassa vertailussa

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö sai alkunsa Luvata Pori Oy:n tarpeesta päivittää koordinaattimittakone. Luvata käyttää koordinaattimittakonetta tuotteiden, sekä muiden osien mittaamiseen. Opinnäytetyössä tarkastellaan mittakoneeseen hankittuja mittaohjelmia ja uutta laahaavaa mittausanturia.

Tuotteiden laatu on noussut keskeiseksi avainsanaksi tänä päivänä. Nyt ja tulevaisuudessa yhä useampi tuote tarvitsee mittapöytäkirjan kelvataksaan myyntiin. Kehitys on lisännyt vaikeasti mitattavien tuotteiden määrää ja se puolestaan on lisännyt mittakoneen tarvetta. Toistuva tarve uusille mittaohjelmille on jatkuvaa.

Tarkoitus on saada mittakoneesta helppokäyttöisempi ja nopeampi. Nyt mittakone ohjelmat ovat työläitä ja niihin menee paljon aikaa. Lisäksi virheiden todennäköisyys on suuri. Mittakone on kalibroitu ja törmäyksestä aiheutuu uudelleen kalibrointi. Mittakoneeseen asennettava uusi ohjelmisto mahdollistaa suoraan 3D-mallista ohjelman luomisen ja mittakärjen liikeradat voi myös virtuaalisesti koeajaa ennen virallista mittausta. Tämä vähentää törmäyksien eli laiterikkojen määrää. Koordinaattimittakoneeseen hankittiin myös laahaava mittausanturi, joka puolestaan hoitaa mittaamisen huomattavasti nopeammin, mitä tavallinen mittapisteitä keräävä mittausanturi.

2 PORI LUVATA OY

Luvata Pori Oy sijaitsee Suomen länsirannikolla. Se on yksi Porin alueen suurimmista teollisuuden työnantajista ja työllistää noin 350 henkilöä. Yli 90 % 40 000 tonnin tuotannosta menee vientiin. Luvata Pori valmistaa laajan valikoiman valmistettuja kuparituotteita monille eri toimialoille maailmanlaajuisesti. Yritys aloitti toimintansa vuonna 1939.

Vahvuutemme perustuu innovatiivisuuteen ja halukkuuteen ratkaista ongelmia ja luoda lisäarvoa asiakkaillemme. Luvata Porin monipuolinen metallien, metalliseosten, pinnoitteiden, tuotantoprosessien ja lean-periaatteiden tuntemus mahdollistaa räätälöidyn ratkaisun, joka on juuri oikea asiakkaalle.

Vertikaalisesti integroituneena yrityksenä Luvata hallitsee laatua ja tuottavuutta täydellisesti koko valmistusprosessin ajan ja toimittaa markkinoiden korkealaatuisimpia tuotteita. Laaja ominaisuusluettelomme sisältää jatkuvan valun, aihion ja jatkuvan suulakepuristuksen, vetämisen, hehkutuksen ja koneistuksen, minkä ansiosta voimme tarjota optimaalisen ratkaisun moniin niche-sovelluksiin.

Laajan metallurgisen asiantuntemuksemme ja poikkeuksellisen asiakastuen pohjalta pitkälle erikoistuneet tuotteemme ovat keskeisiä vaikuttajia monilla modernin maailman nopeasti kasvavilla aloilla.

Luvata on Mitsubishi Materials Corporationin konserniyhtiö. Luvata Oy:n pääkonttori sijaitsee Porissa. (Luvata Oy [www-sivut](http://www.luvata.fi).)

3 KOORDINAATTIMITTAUS

3.1 Yleistä

Koordinaattimittaus tarkoittaa koordinaattien määrittämistä avaruudessa, joskus tasossa. Sitä voidaan tehdä mm. seuraavilla tavoilla: GPS, fotogrametria, laserkeilain, laserseurain (lasertracker), laserskanneri, kaksoisteododiittilaitteisto, takymetri, vaakituskone, monikamerakuvaus ja konenäkö, digitaaliset nauhamitat kolmiomittauksessa, holografia, viistokuvamittaus, laserscannaus, elektronimikroskopia, AFM, röntgenmittaus, tomografia, ym. ja koordinaattimitauskone (KMK). (Heikki Tikka, 2007.)

Luvata hyödyntää tuotteiden valmistuksessa koordinaattimitauskonetta. Mittakone on koskettavamittakone ja ohjelmoitavissa automaattiksi, jolloin ainoa työvaihe on kiinnittää mitattava kappale koneeseen ja käynnistää mittaohjelma. KMK hoitaa mittauksen ja valmis mittaraportti tallentuu ohjelman loputtua. Mittaraportista nähdään tarvittavat mittatulokset. KMK:lla pystytään mitaamaan muotoja, mitä on mahdoton mitata tavallisilla mikrometreillä. KMK:lla voi verrata asteita ja kulmia avaruudessa määritettyyn origoon. Tuotannon kannalta on siis tärkeää, että mittakoneelta saadaan mittaraportti sitä tarvitseviin tuotteisiin tuotannon jatkamista varten. Ilman mittaraporttia tuotetta ei valmisteta. Täytyy olla varmuus, että tuote on oikeissa mitoissa tuotannon jatkamista varten.

3.2 Historia

Vuonna 1855 Englannissa on hyödynnetty 1-akselisia mittakoneita, jotka luokitellaan ensimmäisiksi koordinaattimittakoneiksi.

1-akselisia mittakoneita käytettiin kierteiden ja eri mittatulkkien mittaukseen. Koordinaattimittakoneiden historia alkaa koneesta nimeltä Universal measuring machine Moore nro 3, joka valmistettiin 1959 (kuva 1).



Kuva 1 (wenzelamerica www-sivut.)

Mooressa oli kaksiakselia, jossa Z-akseli oli pyörivä kara, joka käytti analogista vipa-anturia muodonmittaamisessa. Vippa-anturin tilalle pystyi vaihtamaan mikroskoopin. Käsikäyttöisenä koordinaattimittauskoneena Moore toimi, kun vipa-anturia käytettiin mittauskärkenä.

Pori Luvata Oy on hyödyntänyt Mitutoyon mittakoneita ennenkin. Nykyistä mittakonetta Crysta-Apex S544 edeltävänä mittakoneena, käytettiin Koordinaattimittaamisessa Mitutoyon BX303 mittakonetta (kuva 2).



Kuva 2 (machinefabriekvandenheuvel www-sivut.)

BX303 mittakone on edelleen käytössä. Mittakone on täysin manuaalinen. Mittapisteet täytyy hakea manuaalisesti liikuttamalla mittaasanturia käsin. Mittatuloksissa on eroja sillä voima, jolla mittaasanturi koskettaa mitattavaa pintaa, vaihtelee mittaajien kesken ja se vaikuttaa mittatulokseen. Mitattaessa kappaletta koneesta voidaan lukita X, Y, Z-akselit. Esimerkiksi viedään mittaasanturi halutulle Z-korkeudelle ja lukitaan korkeus, nyt mittaasanturi liikkuu vain X, Y-suuntaan ja mittapisteet voidaan mitata samalta korkeudelta.

4 MITUTOYO CRYSTA-APEX S544 CNC



Kuva 3 (Mitutoyo www-sivut.)

Koordinaattimittakoneella voidaan mitata mitä tahansa, kunhan mitattava kohde mahtuu mittaustasolle. Mittaustaso on mittakoneessa 500x400x400mm ja kantavuudeltaan 180 kg. Mittakone käyttää laakeroinnissa paineilmaa. Paineilma kulutus on (50 l/min). Tarvittava ilman tuotto täytyy olla (100 l/min). Mitattava ympäristö täytyy olla ilmastoitu, eikä lämpötila saa vaihdella. Lisäksi ympäristössä ei saa olla epäpuhtauksia.

Kohde voi olla esimerkiksi mitattava poikkipinta-ala, koneenosa tai muotovertailu. Konetta käytetään myös lääketieteellisyydessä mittaamaan erilaisia proteseja ja muita komponentteja.

Mittakoneella voidaan skannata kolmiulotteinen virheanalyysi, josta voidaan verrata tuotettua komponenttia nimellisarvoihin. Mittakoneita on saatavana eri kokoisina riippuen käyttötarkoituksesta. Lisäksi mittakärjet ja anturit, joilla mittakone mittaa mitattavaa komponenttia, ovat modulaarisia ja niitä on paljon erilaisia. Valitaan siis oikean kokoinen mittakone ja oikeanlaiset komponentit tarpeen mukaan.

Koordinaattimittakoneen toimintaan vaikuttaa myös sen sisältämät ohjelmat, jotka asennetaan erikseen. Eli mitä enemmän ohjelmia sen monipuolisempi laite on. Ohjelmat valitaan käyttäjälle sopivaksi ja tarpeen mukaan.

5 MITTAOHJELMAT

5.1 Suunnitelma

Luvatan kanssa käytiin läpi, mitä ominaisuuksia halutaan mittakoneeseen.

Vaatimuksina päivitykselle on:

- Ohjelmien helppo tekeminen
- Muotovertailu vaihtuvalla toleranssialueella
- Mittaraportin tulostus graafisesti
- Ohjelmien nopeus
- Ohjelmanteko ilman tuotetta

Vaatimusten perusteella esitettiin kysely Mitutoyolle. Mitutoyo tarjosi päivitykselle kuvauksiin sopivat vaihtoehdot. Mitutoyon tarjoamat päivitysvaihtoehdot alla.

5.2 Mcosmos

Mcosmos on Windows-pohjainen ohjelmistopaketti koordinaattimittauskoneille. Siihen sisältyy laaja valikoima valinnaisia ohjelmistosovelluksia, jotka tukevat laajaa valikoimaa mittapäitä mahdollistaen erilaisten työkappaleiden täysin automaattisen mittauksen.

Mcosmos muodostaa virtaviivaisen mittausprosessin, joka optimoi tiedonkulkua, sekä vähentää poikkeamien syntymistä. Tuotantoprosessista tulee kokonaisvaltaisesti tehokkaampi ja se minimoi kustannuksia. Mcosmos on laajennettavissa eri moduleilla eli lisää ohjelmilla, jotka tuovat mahdollisuuksia mitata mitä monimutkaisempia 3D-koordinaatteja.

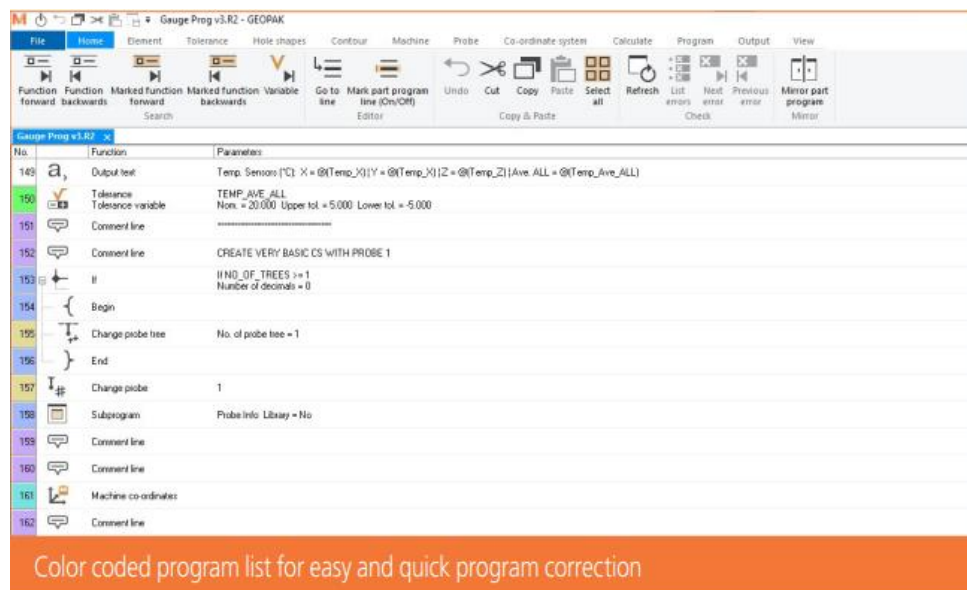
Mcosmos tekee mittakoneesta tehokkaan ja mahdollistaa tietojen luotettavan käytön koko prosessin ajan. Ohjelmisto on muotoiltu yksinkertaiseksi ja paranneltu moduulinäytöillä.

Mittatulokset saadaan näkymään visuaalisesti mitattuja pintoja vasten ja toleranssivertailu saadaan luotua muokkaamalla mitatulle kappaleelle oma toleranssivertailu. Mcosmos on suunniteltu suurille CAD-tiedostoille, mikä auttaa ohjelmistoa käsittelemään suuria CAD-tiedostoja. Tämä on tärkeää ohjelman toimivuuden kannalta.

5.3 Geopack

Geopack ohjelmisto tarjoaa tehokasta työskentelyä moniulotteisten mittauksien parissa. Selkeät valikot eri mittaustoiminnoille. Mahdollistaa mittaamisen online/offline-tilassa. Tämä on tärkeää mittaohjelmien teon kannalta, sillä offline-tila mahdollistaa mittaohjelman teon ilman mitattavaa tuotetta. Saadaan siis tehtyä tuotteelle valmis mittaohjelma ennen virallisen mittanäytteen valmistusta. Kuvassa 4 Geopackin mittaohjelman rakennepuu.

Yksittäisessä mittauksessa muoto saadaan skannattua nopeasti ja siitä saadaan tarvittavat mitat raporttiin. Tämä tapa on hyvä yksittäisille mittauksille ja tuotteille, joissa ei ole suurta mittavaihtelua, mutta jos kappaleita on useampi, tarvitaan kunnan mittaohjelma. Ohjelmistojen tekemistä voidaan nopeuttaa muokattavilla pikavalikoilla, joihin saadaan perus mittaelementtejä näkyviin. Mittaraportit ovat joustavia ja raporttien pohjat muokattavissa näyttämään asiakkaalle sopivilta.



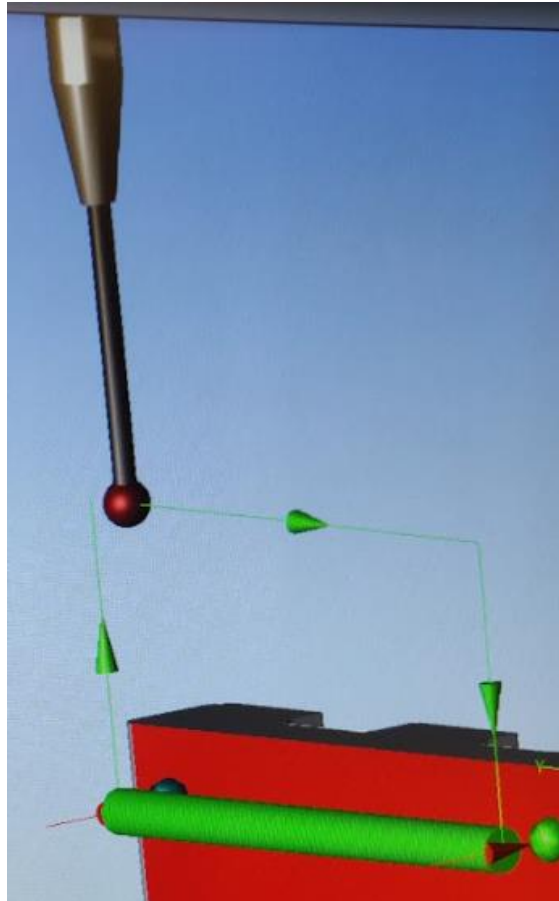
Kuva 4 (Mitutoyo www.sivut.)

5.4 Scanpack

Scanpack mahdollistaa mittaraportoinnit, sekä graafiset toleranssivertailut. Scanpackilla saadaan mitattavan muodon ääriviivat integroitua mittaohjelmaan. Mitatusta kappaleesta ääriviivojen valitseminen ja näyttäminen. Mitattujen elementtien ääriviivojen arviointi. Mitatun kappaleen tiedot saadaan vietä CAD-järjestelmään ja lomakkeet skannattua.

5.5 Cat1000P

Mahdollistaa ohjelman luomisen suoraan CAD-mallista. 3D-malli tuodaan esille, josta valitaan mitattavat kohdat. Ohjelman teon aikana mitattavat pisteet ja mittausanturin kulkema polku näkyy selkeästi tietokoneessa ja uusi ohjelma saadaan testattua virtuaalisesti ennen virallista mittaamista (kuva 5). Tämä vähentää mahdollisten virheiden sattumista.



Kuva 5 (Luvata Pori Oy.)

Näytettäessä 3D-mallista mitattavaa pintaa Cat1000P muodostaa automaattisesti kulkureitin mittausanturille ja välttää törmäyksen. Mittapisteiden paikointa ja polkua on helppo muokata. 3D-mallista saadaan myös otettua poikkileikkausmuoto, jota voidaan käyttää toleranssivertailussa.

Tuetut reiän muotoiset elementit: Kiinteät ympyrät, suorakulmiot, neliöt, kolmiot, puolisuunnikkaat, kuusikulmiot, pitkänomaiset reiät ja pisarat.

(Mitutoyo [www-sivut](http://www.mitutoyo.com).)

5.6 Cat1000S

Vertaa mitattuja mittoja CAD-tiedostoon. Esittää mittapoikkeamat selkeänä grafiikkana. Poikkeamat esitetään 3D-esityksenä värikoodilla riippuen poikkeaman määrästä. Tukee kaikkia Cat1000P:n rajapintoja. Voidaan tarkastella esimerkiksi 3D-kappaleen näkymää, miten suorassa kappaleen koordinaatisto on CAD-koordinaatistoon nähden. Eli osuuko mittakärki riittävän tarkasti Cat1000P:n kanssa ohjelmaa tehdessä. Poikkeamista saadaan esitettyä asiakkaalle raportti.

5.7 Micat Planner

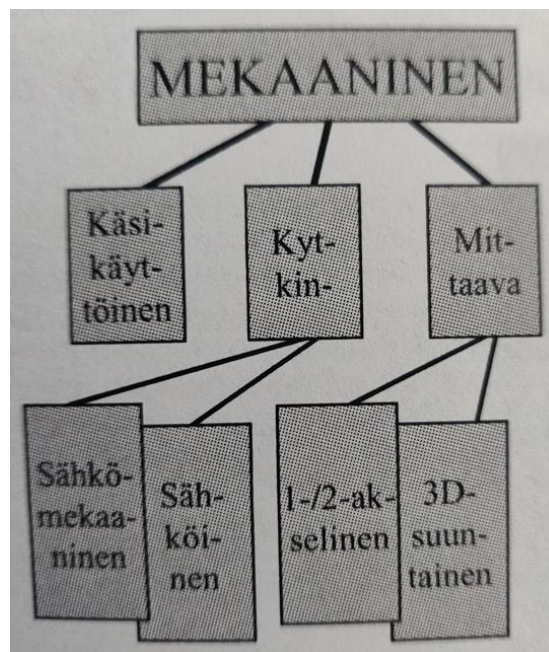
Luo mittaohjelman suoraan cad-muodosta.

- Nopea ohjelman luominen, säästää aikaa 95 prosenttia ohjelman luomisesta
- Vähentää työvoimakustannuksia ohjelmoitaessa osia
- Micat Planner minimoi mahdolliset anturien törmäykset
- Ohjelman voi testata esiajomittaus ohjelmalla
- Ohjelmaan voi itse valita mittauspistesarjat, sekä sisällytettävät, että poissuljettavat toiminnot
- Mittausstrategia voidaan yleisesti tai yksittäisesti käyttää automaattisesti osaohjelmissa tai tietyissä ohjelmissa
- Ohjelmisto kertoo syyt, jos kappaletta ei voida mitata

6 MITTAUSANTURIT

6.1 Koskettavat mittausanturit

Mittausantureita on paljon erilaisia ja ne voidaan jakaa eritoimintojensa perusteella eri ryhmiin.



Kuva 6 (Tikka, 2007.)

6.1.1 Mekaaninen

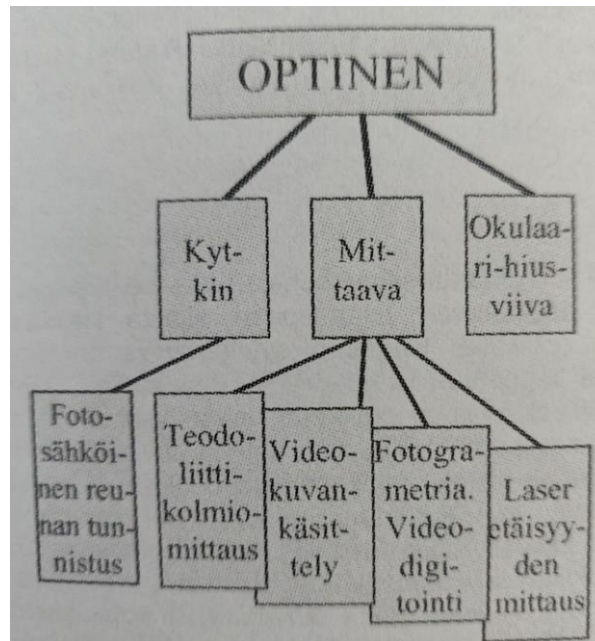
Mekaanisessa käsikäyttöisessä mittauksessa anturia ei ole, vaan ainoastaan mittakärki esimerkiksi mittakuula.

Kytkinanturi ilmoittaa yhden signaalin mittakärjen kosketushetkellä.

Mittaava anturi lähettää signaalia sitä mukaan, kun anturiin kohdistuu sisäistä siirtymistä.

6.2 Videomittaus

Optisissa mittausantureissa anturointi toteutetaan eri tavalla mitä mekaanisissa mittauksessa.



Kuva 7 (Tikka, 2007.)

6.2.1 Optiset anturit

Kytintyyppinen anturointi voidaan toteuttaa esimerkiksi profiiliprojektorin mattalasilla olevalla diodilla. Siinä seurataan diodin saaman valomäärän aiheuttamaa jännitemuutosta. Reunan paikka rekisteröidään, kun vastavalaisuksella esille tuotu kohteen tumma reuna kulkee diodin ohi. Mittaava anturi tai menetelmä voi olla videomittaus, fotogrametria, laserkeilain ja laserseurain, teodoliitti, takymetrimittaus, tai laser-etäisyyden mittaus. Manuaalimittausta on toteutettu mikroskoopeissa, työkalumikroskoopeissa ja profiiliprojektoreissa kautta aikojen. Niissä käytetyn hiusviivan tai esimerkiksi kierreprofiilin avulla paikoitetaan kohde mikroskoopin okulaarissa. Mittaus tapahtuu kohteen liikkeiden mittauksella. (Tikka, 2007.)

6.3 Laseranturit

Laserantureissa lasersäteellä mitataan etäisyyksiä eri menetelmin. Lasermittauksen perustana on takaisin heijastava valo ja sen paikan mittaaminen.

Koordinaatti mittakoneissa käytetään kahta eri laser-mittaustapaa;

- Kolmiomittaus, diodilaser lähettää valon kohti kappaleen pintaa, josta se heijastuu takaisin linssin kautta sensorille. Sensori antaa valon intensiteettipaikan joko analogisena, tai CCD-kennon digitaalisena. Tästä paikasta voidaan kolmion kulman perusteella laskea kohteen pinnan etäisyys anturista. Jos kulma on suuri, on mittaustarkkuus hyvä, mutta mitta-alue pieni. Jos kulma on pieni, on tarkkuus huono, mutta mitta-alue suuri. (Tikka, 2007.)
- Fokusoivassa laseranturissa valon heijastusmatka kohteen pinnasta muutetaan siirtymäksi erityiselle \pm diodille (differential diode). Valon osumispaikka \pm diodin pinnalla vaikuttaa diodin tuottamaan jännitteen ja napaisuuteen. Jännitteen suunta ohjaa mittauskoneen Z-liikettä (Z-servomootoria). Kun laseranturi on fokusetäisyydellä kohteen pinnasta, on \pm diodin antama jännite nolla eli heijastunut valo osuu keskelle diodia. Tällöin laseranturi (mittauskoneen Z-paikka) on anturin fokusetäisyydellä kohteen pinnasta. (Tikka, 2007.)

7 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

7.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja tutkimuskysymys

Luvata valmistaa vaativasti standardisoituja kuparituotteita. Mittakoneen ohjelmistot eivät vastaa nykyistä tarvetta, jonka vuoksi ohjelmisto uusitaan. Käytössä olevat ohjelmat sekä mittausanturi ovat vanhoja ja hitaita. Markkinoilla on saatavilla nopeampia mittausantureita sekä tehokkaampia ohjelmia. Tuotteille on määritelty tietyt mitta-arvot, jotka pitää todentaa mittapöytäkirjalla. Uusi ohjelmisto mahdollistaa laadukkaamman mittapöytäkirjan, josta mitta-arvot ovat myös helpompi tulkita.

7.2 Päivityksen etenemiseen vaikuttavat asiat

Opinnäytetyön tekemisessä piti huomioida asioita, jotka mahdollisesti saattavat vaikuttaa työn etenemiseen:

- Hintojen nousu
- Komponenttipula
- Toimitusaika
- Tuotannon keskeytyminen uuden ohjelmiston asentamisen ja käyttöönoton valmistelemisen ajaksi
- Asennusvirheet
- Mahdolliset ohjelmisto ongelmat
- Käyttöystävällisyys & ohjelmiston käytön opettelu
- Mittakärkien kuluminen, vara kärjet

8 AINEISTON KERUU

8.1 Strukturoimaton haastattelu

Strukturoimattomasta haastattelusta käytetään erilaisia nimityksiä, muun muassa: avoin haastattelu, kliininen haastattelu, syvähaastattelu, asiakas keskeinen haastattelu ja keskustelunomainen haastattelu.

(Seidman 1991; Spradley 1979.)

Syvähaastattelussa käytetään avoimia kysymyksiä. Haastattelijan keskeisenä tehtävänä on syventää haastateltavien vastauksia ja hyödyntää sitä haastattelun edetessä. Haastattelut muistuttavat tavallista keskustelua, jossa jatkumona vastaus saa aikaan haastattelijan seuraavat kysymykset. ”Päämääränä on saada haastateltava rekonstruoimaan kokemuksensa tutkimuksen kohteena olevasta alueesta” (Seidman 1991.)

Aineiston keruussa hyödynnettiin strukturoimatonta haastattelua. Tutkimushaastattelu toteutettiin syyskuussa 2022 teams-yhteydellä. Tutkimuksessa haastateltiin Mitutoyon opinnäytetyön yhteyshenkilöä. Tutkimushaastattelusta tehtiin muistiinpanot. Haastattelun keskiössä olivat Mitutoyon tarjoamat mittaohjelmat ja ominaisuudet. Tutkimushaastattelun aikana löytyi Luvatan tarvetta vastaavat ohjelmat

8.2 Konstruktiivinen tutkimus

Konstruktiivinen tutkimusote on innovatiivisia konstruktioita tuottava metodologia, jolla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia ja tällä tavoin tuottamaan kontribuutioita sille tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan.

(Metodix, 2014/ Lukka.)

Kaikki ihmisen luomat artefaktit, kuten mallit, diagrammit, suunnitelmat, organisaatorakenteet, kaupalliset tuotteet ja tietojärjestelmämallit, ovat konstruktioita. Niille on tunnusomaista se, että ne eivät ole löydettyjä, vaan ne keksitään

ja kehitetään. Kehittämällä konstruktion, joka poikkeaa kaikesta jo olemassa olevasta, luodaan jotain aivan uutta: uudenlaiset konstruktiot itsessään kehittävä uutta todellisuutta. (Metodix, 2014/ Lukka.)

Konstruktiiivisen tutkimusotteen keskeiset piirteet:

- Konstruktiiivisen tutkimusotteen keskeisenä ajatuksena on löytää ratkaisu tosielämän ongelmaan, joka koetaan merkitykselliseksi ratkaista
- Konstruktiiivisella tutkimusotteella testataan käytäntöön soveltuvuutta
- Konstruktiiivinen tutkimusote on käytännönläheistä yhteistyötä tutkimuksen yhteistyötahojen välillä, jossa tapahtuu kokemuksellista oppimista
- Konstruktiiivinen tutkimusote kiinnittää erityistä huomiota empiiristen löydösten reflektointiin takaisin teoriaan (Lukka, 2000.)



Kuva 8 (Metodix, 2014/ Lukka.)

8.3 Aineiston analyysi ja luotettavuus

Tutkimus toteutettiin kokonaisvaltaisesti Luvata Pori Oy:lle, joten tutkimuksen tuloksia ei voi yleistää muihin Koordinaattimittakone päivityksiin. Tutkimuksessa rajattiin aihe ohjelmistoihin ja lähdin tutkimaan aihetta keskitetysti Mitutoy-oppaista.

Muita aiheeseen liittyviä lähteitä oli saatavilla rajoitetusti, erityisen vaikeaa oli löytää aiheeseen liittyviä kuvia. Valtaosin saatavilla oleva materiaali koostuu selain pohjaisista lähteistä, kuitenkin Heikki Tikan kirja syvensi koordinaattimitaamiseen liittyvää perustaa.

9 OHJELMAN VALINTA

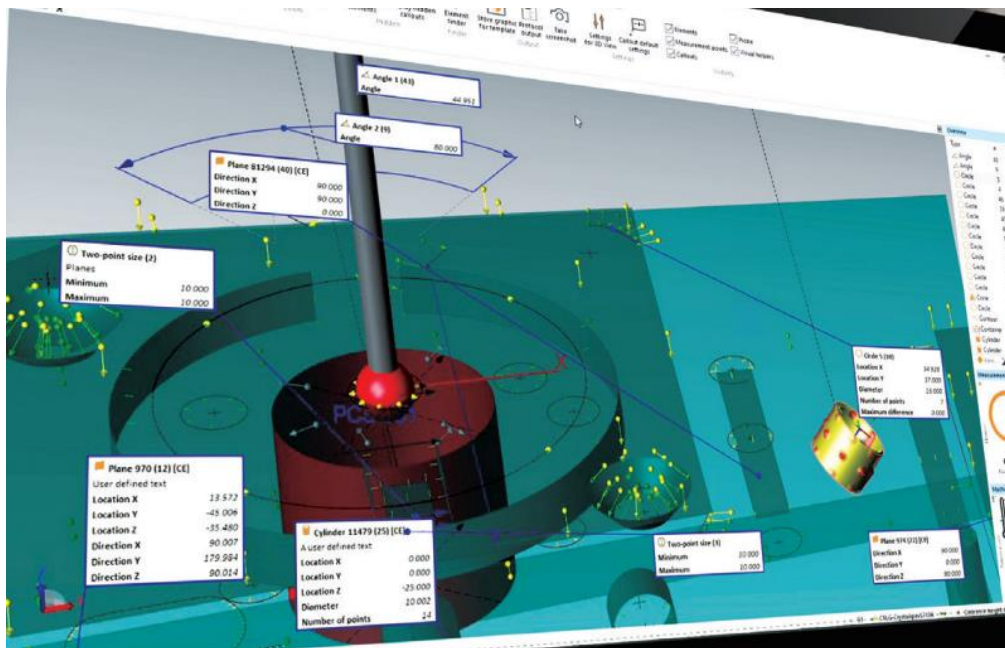
Koordinaattimitakoneessa oli entuudestaan ohjelmat Mcosmos v3,5, Geopack ja Scanpack. Mittakoneessa ei ollut laahaavaa mittausanturia, vaan tavallinen pisteitä yksitellen keräävä mittausanturi.

Vanhoilla ohjelmistoilla ja tavallisella mittakärjellä oli pärjätty, koska mittaohjelmia ei tarvinnut tehdä toistuvasti uusia. Nyt tuotteet, jotka mitataan koordinaattimitakoneella ovat lisääntyneet ja tarve kyllin suuri ohjelmistojen, sekä mittausanturin päivitykseen. Päivityksillä lähdettiin hakemaan ohjelmientekoon nopeutta ja helppoutta.

Valinnaksi osui uusin versio Mcosmuksesta, Geopackista, Scanpackista, ja uutena mittakoneeseen tuli Cat1000P ja Cat1000S, sekä uusi mittausanturi SP25M-skannausmittausanturi. Anturin vaihdon takia mittakärkien vaihtosema jouduttiin vaihtamaan. Micat Planner jätettiin pois, ei koettu vastaavan tarvetta.

Mcosmos toi mukanaan uusia valintaikkunoita, selkeän rakennepuun ja mahdollistaa esimerkiksi mittaohjelmien varmuuskopiointin suoraan levyltä levyille. Mcosmos toimii yhteistyössä uusien ohjelmistoversioiden kanssa, joka on tärkeää uusien ohjelmien toimivuuden varmistamiseksi. Geopack toimii pääohjelmiana mittaohjelmia tehdessä. Hyödynnettäessä Cat1000PS-ohjelmia, toiminnot tallentuvat Geopackin rakennepuuhun.

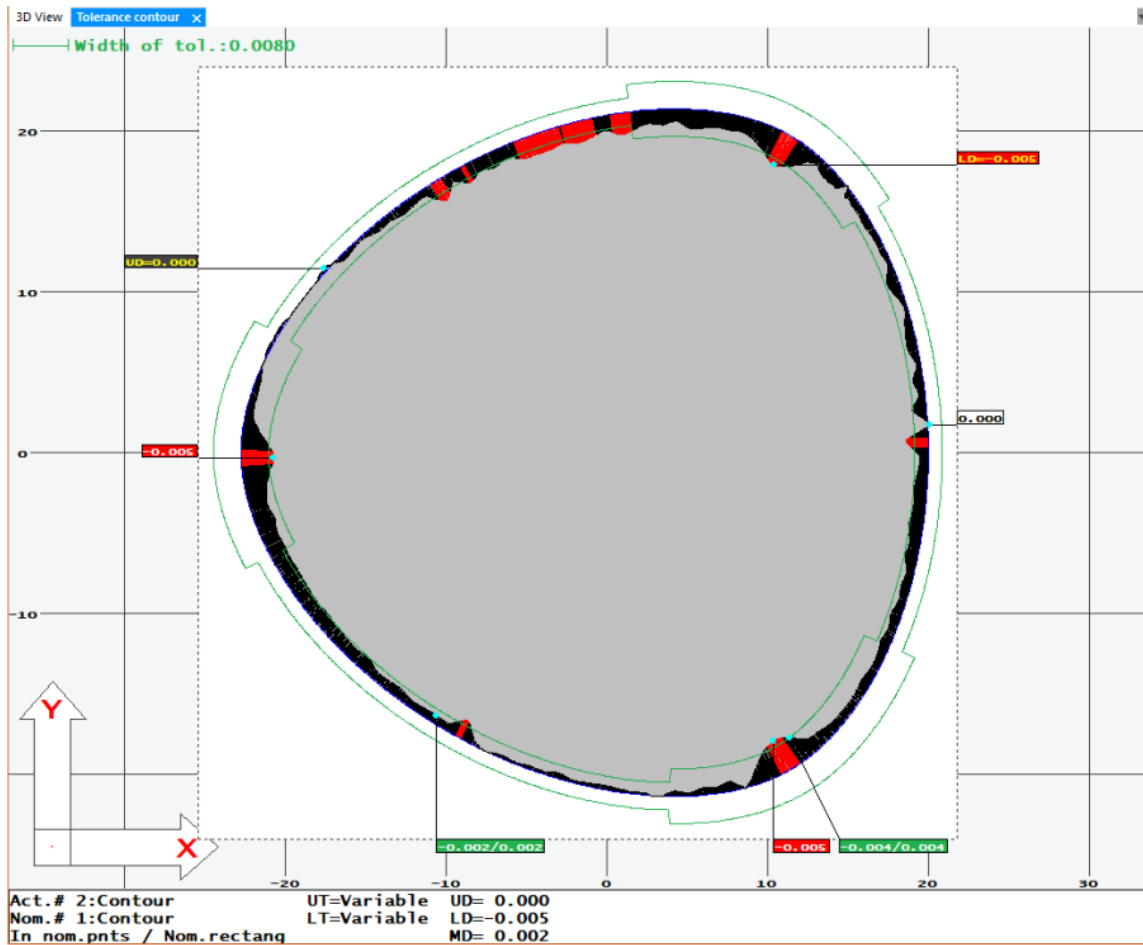
Vanhassa mittapöytäkirjassa ilmoitetaan mittatulos ainoastaan numeroin. Uudessa mittaohjelmassa mittatuloksen voi esittää graafisesti (kuva 9).



Kuva 9 (Mitutoyo www.sivut.)

Mittatulos tallennetaan ohjelmasta graafisesti ja tuodaan mittapöytäkirjaan. Kuvassa havainnollistetaan mittatulosta mittaviivoin. Kuva mittapöytäkirjassa auttaa asiakasta ymmärtämään mistä mitasta on kyse.

Toleranssialuetta ei voinut ilmoittaa kuin yhdellä toleranssialueella. Eli tuotetta kiersi yksi ja sama toleranssi. Nyt uudella ohjelmalla toleranssialuetta voidaan muuttaa ja toleranssialueen koko voi vaihdella. Toleranssialue voidaan yksilöidä asiakkaalle tarpeellisella tavalla ja tallentaa muokattu toleranssialue gws-tiedostoon, joka saadaan tuotua muotovertailussa ohjelmaan mukaan. Toleranssivaihtelu on tärkeä ominaisuus muotovertailua tehdessä. Alla kuvassa 10 toleranssialueen vertailu.



Kuva 10 (Mitutoyo www.sivut.)

10 ANTURIN VALINTA

Mittakoneessa oli ennen päivitystä TP200 mittausanturi (kuva 11). Anturi oli toiminnoltaan mittapisteitä yksitellen keräävä.

Päivityksen myötä koordinaattimittakoneeseen tuli SP25M-skannausmittausanturi (kuva 12). Suurin sallittu pituuden mittausvirhe on E0, MPE, $1,7+3 L/1000 \mu\text{m}$. Vanhassa TP200 mittausanturissa tarkkuus oli $1,9+3 L/1000 \mu\text{m}$. SP25M-anturin halkaisija on 25 mm.



Kuva 11 (Renishaw [www-sivut](http://www.sivut).)

SP25M-anturilla voi kerätä mittapisteitä laahaamalla kappaletta vasten mittakärkeä tai vastaavasti poimia yksittäisiä mittapisteitä suurella tarkkuudella. Toiminto on valittavissa, riippuen siitä halutaanko mittaus suorittaa laahaamalla vai pistemittauksella.

Laahaava mittaustoiminto nopeuttaa ohjelmia huomattavasti. Tuntien ohjelmasta saadaan muutettua minuuttien ohjelma. Tavallisesti pistemittauksina ohjelman kesto riippuu tietysti siitä, kuinka paljon mittapisteitä otetaan. Mitä tarkempi tulos halutaan, sitä tiheämmin mittapisteitä valitaan.



Kuva 12 (Luvata Pori Oy.)

Nyt laahaavalla mittausanturilla ei ole siinä kohtaa merkitystä. Mittausanturi laahaa mitta-alueen ja rekisteröi kyseiseltä alueelta niin monta pistettä mitä halutaan, eikä valittujen pisteiden määrä vaikuta mittausaikaan. Muotoja skannaessa mittakärki osaa tunnistaa mittavaihtelut.

Vaikka tuote ei täysin vastaisi CAD-mallia, skannaa mittakärki silti tuotteen. Jos eteen tulee este se ohittaa esteen itse, eikä lopeta mittausta kesken. Kappaleen pinta vaikuttaa laahausnopeuteen. Mitä karkeampi pinnanlaatu, sitä enemmän aikaa mittaamiseen kuluu. Kun koko muoto on skannattu, voidaan muodosta valita alueet, jotka näkyvät ainoastaan mittapöytäkirjassa. Tämä on yksinkertainen ja nopea tapa luoda raportti mitattavasta kappaleesta asiakkaalle.

11 NÄYTTEEN VALMISTAMINEN

Mitattaessa on otettava huomioon monta eri seikkaa, jotka vaikuttavat mittatulokseen. Esimerkiksi kappaleen koko, massa, geometriset virheet, pinnankarheus, kovuus, lämpöpiteneemiskerroin, lämpötila ja sen jakauma, kosteus, kimmomoduuli, kitka, magneettisuus, väri, kiilto ja puhtaus. (Tikka, 2007.)

Tuotteen valmistuksessa tärkeä vaihe on mittanäytteen ottaminen ja sen mitaaminen. Eli varmistetaan, että tehty tuote on toleranssialueen sisäpuolella. On sovittu, että mittanäyte on noin 10 cm pitkä.

Mittanäyte pestään ja katkaisusta jäänyt purse putsataan pois. Varmistetaan, että mittanäyte on noin 20 celsiusastetta. Toisin sanoen, jos tuote mitataan kuumana se vääristää mittatulosta (lämpölaajeneminen). Mitattava kappale kiinnitetään tukevasti mittakoneeseen, etsitään oikea mittaohjelma ja aloitetaan mittaus. Mittakone suorittaa mittauksen ja valmis mittaraportti tulostuu mittaohjelman loputtua. Mittaraportista nähdään toleranssialue, pyydetyt mitat ja mittatulos.

12 KÄYTTÖNOTTO

Mittakone päivitettiin 2023 tammikuun ensimmäisen viikon aikana. Päivitystä tuli tekemään vastuuhenkilö Mitutoyolta. Päivityksen haastavin vaihe oli asentaa uusi johtosarja laahaavaa mittausanturia varten. Kuvassa 13 johtosarjan asennus.



Kuva 13 (Luvata Pori Oy.)

Mittakoneesta täytyi purkaa suojakuoret. Johtosarja lähti mittausanturista ja kiersi mittakoneen jokaisen akselin X, Y, Z-suuntaan.

Johtosarjan asennus kesti kokonaisen työviikon, jonka jälkeen mittakone kalibroitiin. Ohjelmien asennus tapahtui usb-muistitikkua hyödyntäen, ohjelmien siirto muistitikulta kesti yhden työpäivän. Kuvassa 14 mittakoneen kalibrointi.



Kuva 14 (Luvata Pori Oy.)

13 KOORDINAATTIMITTAKONEEN KALIBROINTI

Koordinaattimittakone voidaan kalibroida eri tavoin:

A. Yksittäisten virheiden kalibrointi:

- Geometriavirheet kuten liikkeiden paikoitukset, suoruudet, kohtisuoruudet ja kulmavirheet
- Antureiden (koskettava, video ja laser) ja mittauskärkien kalibrointi
- Lämpömittareiden kalibrointi (Tikka, 2007.)

B. Kokonaisvirheen kalibrointi:

- Pituuden mittaus tietyllä anturilla ja kärjellä mittapalojen avulla harvoissa paikoissa vähillä pistein ja pituuksin
- Pituuden mittaus ja paikoitus tietyllä anturilla ja kärjellä porrasmittapalalla linjoittain sadoilla pisteillä
- Paikan mittausvirhe tietyllä anturilla (millä tahansa kärjellä) pallo- tai reikälevyllä harvoilla pisteillä joko (2D) tasoittain tai (3D) avaruudessa. (Tikka, 2007.)

13.1 Mittakärkien kalibrointi

Koskettavassa mittauksessa mittausanturin mittauskärjet vaihtelevat. Mittakoneessa voi olla monta erilaista mittauskärkeä esimerkiksi 20 mm pitkä mittakärki halkaisijalta 1 mm kuula tai vastaavasti 30 mm pitkä ja halkaisijaltaan 3 mm kuula. Jotta mittauksen aikana mittauskärkiä voidaan vaihdella, täytyy mittakärjet kalibroida.

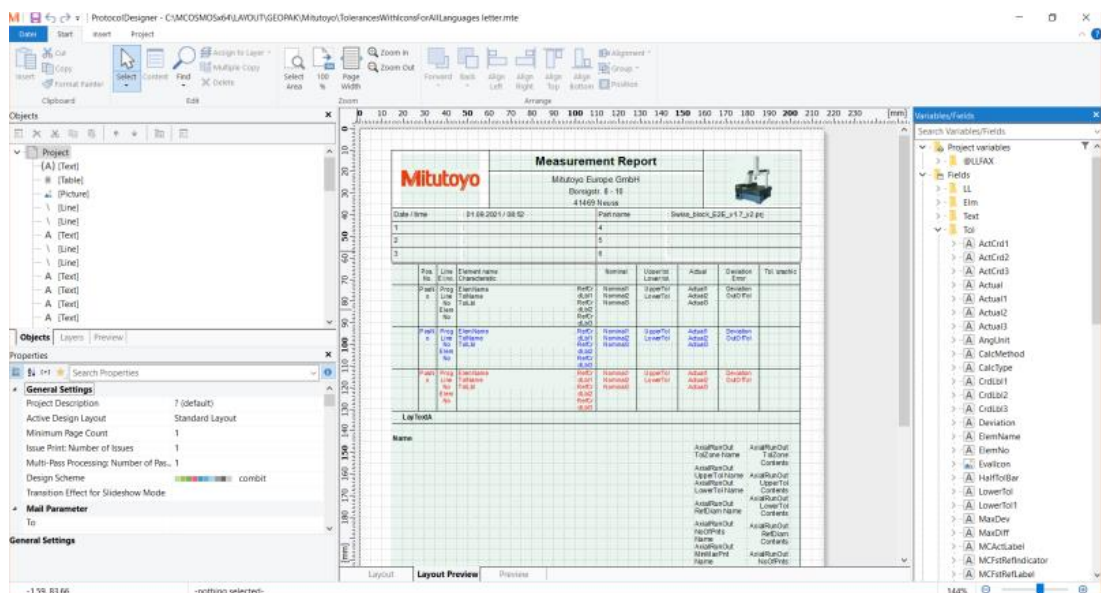
Mittauskärkien kalibroinnilla tarkoitetaan yleensä kärkien halkaisijoiden, keskinäisten sijaintien, ja joskus taipumien määrittämistä tunnettua referenssinormaalilla, yleisimmin kalibrointipalloa mittaamalla. (Tikka, 2007.)

14 UUDEN JÄRJESTELMÄN TESTAUS

Mittakoneeseen täytyi asentaa oletusasetuksia uudestaan, jotka tallentuvat aina seuraavaa käyttökertaa varten. Vanhat mittaohjelmat toimivat normaalisti, lukuun ottamatta, että jokaiseen vanhaan mittaohjelmaan täytyi vaihtaa Z-arvo mittaohjelman alkuun eri korkeuteen. Uusi mittausanturi oli vanhaa pidempi, joka vaikutti ohjelman aloituspisteeseen.

Käytettävät ohjelmat oli rakennettu siten, että mittakone haki aina ensimmäisenä korkeus pisteen. Mitattava kappale tuli samoihin kiinnityskohtiin aina kiinni. Eli hyödynnettiin vain koneen koordinaatistoa. Z-arvon muutokselta olisi vältytty, jos kiinnityspaikkaan olisi tehty oma ladattava koordinaatisto, joka olisi paikoitettu aina ohjelman alettua. Tällä tavalla olisimme voineet vaihtaa vain ladattavan koordinaatiston Z-arvoa. Lisäksi jos laahaava mittaustapa haluttiin ottaa käyttöön, täytyi vanhoihin ohjelmiin kytkeä se päälle.

Mittaraportteja varten mittaraportit muokattiin asiakkaille sopiviksi. Muutokset tehtiin Protocol Designerissä (kuva 15). Raporttipohjia oli useita erilaisia ja niistä muokattiin Luvatan käyttöön omat raporttipohjat.



Kuva 15 (Mitutoyo www.sivut.)

15 LOPPUTULOKSEN VERTAAMINEN JA YHTEENVETO

Laahaava mittausanturi antoi koordinaattimittakoneeseen huomattavan parannuksen mittausnopeuteen. Päivityksen myötä ohjelmat pystytään tekemään valmiiksi ennen virallisen mittanäytteen mittaamista, joka nopeuttaa tuotantoprosessia.

Mittaohjelman teko vanhalla Geopackilla koettiin työlääksi. Mittakonetta ohjattiin manuaalisesti mittapisteitä varten ja tuotteen piirustuksesta laskettiin koneen koordinaattien mukaan mittakärjen mittauspisteitä.

Mittauskäsky esimerkki: mittaa 20 mm eteenpäin 0,01 mm välein pisteitä. Kone mittasi pisteitä 0,01 mm välein 20 mm alueelta, joka tarkoittaa 2000 pistettä. Tämänlaisessa mittauksessa kuluu huomattavan paljon aikaa. Uudella SP25M-anturilla mittaaminen tapahtuu pintaa laahaamalla, joka on merkittävästi nopeampaa tuotteen valmistuksen kannalta.

Uudella Cat1000P:llä ohjelman teko onnistuu suoraan step-tiedosta, joka saadaan tehtyä 3D-mallista. 3D-malliin paikoitetaan koordinaatisto samaan paikkaan mihin mittanäytteessä se halutaan. Paikoituksen jälkeen 3D-mallista voidaan näyttää pintoja ja käskeä mittakonetta mittaamaan näytetyt pinnat. Samaan aikaan Geopackiin rakentuu toimiva mittaohjelmisto.

Graafisen mittapöytäkirjan ansiosta asiakkaalle voidaan rakentaa yksinkertainen ja selkeä mittapöytäkirja, joka osoittaa tarvittavat mittatulokset selkeästi grafiikkaa hyödyntäen.

Tutkimustyön aikatauluun vaikutti toimituksen viivästyminen, joka siirsi työn valmistumisaikaa. Muilta osin tutkimustyö eteni aikataulun mukaisesti ja päivitettyt ohjelmistot ovat päivittäisessä käytössä ja niiden ominaisuuksiin perehdytään tarpeiden, sekä tuotannon eri vaiheiden mukaan. Lopuksi yhteenvetona voidaan todeta ohjelmien vastaavan tarvetta ja käyttöön valikoituivat tarvittavat mittaohjelmat.

16 LÄHTEET

Viitattu 20.1.2023. Heikki Tikka, 2007. Koordinaatti-mittaus

Mitutoyon www-sivut. https://www.mitutoyo.fi/application/files/8616/2557/1694/30_PRFI_1521_-_CRYSTA-Apex_V_WEB.pdf

Mitutoyon www-sivut. Viitattu 15.12.2022. https://www.mitutoyo.fi/application/files/3416/3117/5533/PRE_11567_-_MCOSMOS_5_WEB.pdf

Mitutoyon www-sivut. Viitattu 5.1.2023. https://www.mitutoyo.com/webfoo/wp-content/uploads/CRYSTA_ApexS-2202.pdf

Metodix www-sivut. Viitattu 10.1.2023. <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktivinen-tutkimusote/>

Samk www-sivut. <https://www.samk.fi/opinnaytetyon-ohjeet/>

Viitattu 10.1.2023. [Spradley, J. P. 1979. The ethnographic interview. New York: Holt, Rinehart & Winston.](#)

Viitattu 10.1.2023. [Seidman, I. E. 1991. Interviewing as qualitative research. New York: Teachers College Press.](#)

Luvata www-sivut. Viitattu 25.2.2023. <https://www.luvata.com/locations/pori>

Wenzel www-sivut. Viitattu 22.1.2023. <https://www.wenzelamerica.com/what-everybody-ought-to-know-about-the-history-of-cmm-coordinate-measuring-machines/>

Renishaw www-sivut. Viitattu 3.2.2023. <https://www.renishaw.com/cmmsupport/knowledgebase/en/tp200-touch-trigger-probe-system--22340>

Mitutoyo www-sivut. <https://www.mitutoyo.com/products-and-solutions/software/micat/>

Machinefabriek van den heuvel www-sivut. Viitattu 6.1.2023. <https://www.machinefabriekvandenheuvel.nl/kwaliteit/>