

# Mjerenje pomoću FARO ruke na dijelu pogona promatračkog kotača

---

Novak, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:532938>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

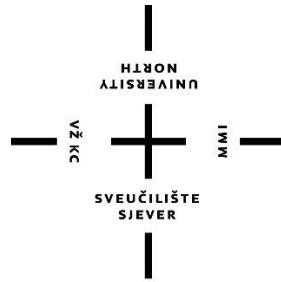
Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-22**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

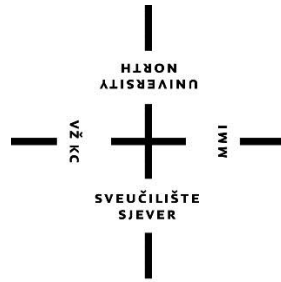
**Završni rad br. 231/PS/2017**

**Mjerenje pomoću FARO ruke na dijelu pogona  
promatračkog kotača**

**Iva Novak, 0076/336**

Varaždin, rujan 2017. godine





# Sveučilište Sjever

**Studij Proizvodno strojarstvo**

**Završni rad br. 231/PS/2017**

## **Mjerenje pomoću FARO ruke na dijelu pogona promatračkog kotača**

**Student**

Iva Novak, 0076/336

**Mentor**

Veljko Kondić, mag. ing. mech.

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	Iva Novak	MATIČNI BROJ	0076/336
DATUM	20.09.2017.	KOLEGIJ	Mjerenja u proizvodnji
NASLOV RADA	Mjerenje pomoću FARO ruke na dijelu pogona promatračkog kotača		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Measuring a drive part of a ferris wheel by means of a Faro Gage		
-----------------------------	--	--	--

MENTOR	mag.ing.mech. Veljko Kondić	ZVANJE	predavač
--------	-----------------------------	--------	----------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Marko Horvat, dipl.ing., predavač
	2. mag.ing.mech. Veljko Kondić, predavač
	3. prof.dr.sc. Živko Kondić, redoviti profesor
	4. prof.dr.sc. Vinko Višnjic, redoviti profesor
	5. _____

VŽ  
KZ

M  
MI

## Zadatak završnog rada

BROJ	231/PS/2017
------	-------------

OPIS	
------	--

U Završnom radu je potrebno obraditi sljedeće točke:

- mjerenje i kontrola kvalitete, FARO tehnologija
- mjerenje u proizvodnji odabrane tvrtke
- FARO ruka
- smanjenje točnosti mjerenja pomoću FARO ruke
- redoslijed operacija na dijelu pogona promatračkog kotača
- postupak mjerenja pomoću FARO ruke na dijelu pogona promatračkog kotača
- zaključak - osvrt na temu Završnog rada

ZADATAK URUČEN

21. 09. 2017.



POTPIS MENTORA

///

## **Zahvala**

Najprije, zahvaljujem se svima koji su mi pomogli u izradi završnog rada, svojem mentoru mag.ing.mech. Veljku Kondiću na stručnoj pomoći i savjetima tijekom pisanja završnog rada. Zahvaljujem se svim susretljivim djelatnicima poduzeća Midi d.o.o. na ustupljenom vremenu, materijalu i pomoći. Također, zahvaljujem se i obitelji, prijateljima te kolegama na svakoj potpori, pomoći i strpljenju tijekom studiranja i izrade ovog rada.

## Sažetak

Tema završnog rada je mjerenje pomoću Faro ruke na dijelu pogona promatračkog kotača u poduzeću Midi d.o.o. Ivanovec koje se bavi izradom i montažom čeličnih konstrukcija, strojeva, dijelova strojeva, industrijskih postrojenja i opreme po narudžbi, pretežito za kupce iz Europske unije.

U radu će se ukazati na važnost kontrole kvalitete i kontrole mjerenja, na mjernu opremu potrebnu za provođenje mjerenja te samo provođenje kontrole kvalitete i mjerenja u poduzeću Midi. Također, detaljnije će biti opisano mjerenje pomoću nove tehnologije FARO, točnije FaroArm. Radi se o najpouzdanijoj tehnologiji rukovanja na tržištu prepoznatu kao inovativno prijenosno 3D mjerno rješenje za tvorničko mjeriteljstvo. Detaljnije će se opisati i objasniti postupak mjerenja pomoću Faro ruke.

Na kraju rada prikazat će se mjerenje na jednom primjeru iz poduzeća Midi d.o.o. i pokazati zašto mjerenje pomoću Faro ruke povećava učinkovitost i poboljšava proces. Radi se o mjerenju djela pogona promatračkog kotača rađenog za zabavni park iz Floride u Americi.

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. MJERENJE I KONTROLA KVALITETE.....	3
2.1 Metrologija .....	3
2.2 Kontrola mjerenja.....	4
2.3 Mjerna oprema.....	5
2.4 FARO tehnologija.....	8
3. TVRTKA MIDI D.O.O. IVANOVEC.....	10
3.1 Lokacija poduzeća.....	11
3.2 Organizacijska struktura poduzeća.....	12
3.3 Djelatnosti poduzeća .....	13
3.3.1 Promatrački kotač .....	14
3.4 Mjerenje u proizvodnji tvrtke MIDI d.o.o.....	16
3.4.1 Dokumentacija koja opisuje provedbu mjerenja .....	17
3.4.2 Provođenje mjerenja tvrtke MIDI d.o.o. ....	18
3.4.3 Mjerna oprema poduzeća MIDI d.o.o.....	20
4. FARO RUKA (eng. FARO – arm).....	21
4.1 Sadržaj Faro paketa .....	21
4.2 Bežično spajanje s računalom .....	21
4.3 POSTAVLJANJE MJERNOG UREĐAJA .....	22
4.4 Led diode i tipke na ručici za mjerenje .....	23
4.5 Referenciranje enkodera .....	24
4.6 Ticala za FARO ruku .....	24
4.6.1 Postavljanje ticala .....	25
4.7 Software za mjerenje CAM2 Measure.....	25
4.8 KALIBRACIJA.....	27
4.8.1 View log gumb .....	27
4.8.2 Calibration log.....	28
4.8.3 Kalibracija ruke.....	28



4.8.4 Kalibracija u konusu .....	29
4.8.5 Kalibracija na plohi .....	30
4.9 Mogućnosti faro ruke .....	31
4.10 Gubitak slobode kretanja i gubitak kuta .....	31
4.11 Normalno održavanje .....	32
4.12 Utjecaj temperature .....	32
4.13 Napajanje ruke .....	32
5. SMANJENJE TOČNOSTI MJERENJA POMOĆU FARO RUKE.....	33
6. REDOSLIJED OPERACIJA NA DIJELU POGONA PROMATRAČKOG KOTAČA .....	34
7. POSTUPAK MJERENJA POMOĆU FARO RUKE NA DIJELU POGONA PROMATRAČKOG KOTAČA .....	39
8. ZAKLJUČAK.....	53
9. LITERATURA.....	54

# 1. Uvod

Tema završnog rada je mjerenje pomoću Faro ruke na dijelu pogona promatračkog kotača u poduzeću Midi d.o.o. Ivanovec koje se bavi izradom i montažom čeličnih konstrukcija, strojeva, dijelova strojeva, industrijskih postrojenja i opreme po narudžbi, pretežito za kupce iz Europske unije. Za detaljnije mjerenje pomoću Faro ruke uzet će se jedan proizvod iz poduzeća Midi, točnije dio pogona promatračkog kotača.

Mjerenje i kontrola kvalitete važni su aspekti u proizvodnji jednog poduzeća. Kad se spomene pojam kontrola kvalitete misli se na postupke kojima detaljno preispitujemo kvalitetu svih čimbenika u proizvodnji s ciljem poboljšavanja proizvoda kako bi se zadovoljili zahtjevi kupca. Iz tog razloga poduzećima je vrlo važno da na efikasan, brzi i točan način ispituju kvalitetu svojih gotovih proizvoda. Da bi se ostvario točan i odgovarajući rezultat, treba koristiti ispravan mjerni instrument tijekom cijele proizvodnje.

U današnje vrijeme kada je tehnologija uvelike napredovala postoje lakša i točna mjerenja. Jedna od tehnologija koja nam to omogućava i kojom raspolaže tvrtka Midi je Faro tehnologija. Uređaji se koriste za pregled komponenata i sklopova te planiranja proizvodnje i osiguranje kvalitete.

Nakon kratkog uvoda u samo mjerenje i kontrolu kvalitete, u prvom dijelu rada dati će se osnovne informacije o poduzeću Midi d.o.o. (djelatnost, organizacijska struktura kontrole kvalitete, lokacija).

Također, u ovom radu opisati će se mjerenje u proizvodnji poduzeća Midi d.o.o., dokumentacija koja opisuje samu provedbu mjerenja te tko je zadužen i odgovoran za cijeli postupak mjerenja. Tvrtka raspolaže sa „širokom lepezom“ mjernih instrumenata, a jedan od najnovijih je Faro ruka, eng. FaroArm.

Zatim slijedi detaljan opis Faro ruke, nove mjerne tehnologije iz Amerike, točnije Floride. Na kraju rada prikazat će se mjerenje na jednom primjeru iz poduzeća Midi d.o.o. i pokazati zašto

mjerenje pomoću Faro ruke povećava učinkovitost i poboljšava proces. Radi se o mjerenju djela pogona promatračkog kotača za zabavni park.

## 2. Mjerenje i kontrola kvalitete

Mjerenje i kontrola kvalitete važni su aspekti u proizvodnji jednog poduzeća. Kako bi proizvodnja tekla nesmetano i točno, važna je njihova točnost.

### 2.1 Metrologija

Nauka o mjerenju ili metrologija je specijalizirani dio pojedinih prirodnih i tehničkih nauka koji se bavi metodama mjerenja fizikalnih veličina, razvojem i izradom mjernih uređaja, reprodukcijom i pohranjivanjem mjernih jedinica, te svim ostalim aktivnostima koje omogućavaju mjerenje i usavršavanje mjernih postupaka [8]. Da bi se ostvario točan i odgovarajući rezultat, treba se koristiti ispravan mjerni instrument tijekom cijele proizvodnje. Provjera točnosti vrši se pomoću njihovog umjeravanja te dobiveni rezultati moraju biti zapisani i dokumentirani na odgovarajući i propisani način.

Industrijska proizvodnja zahtijeva česta mjerenja. U tehničkoj dijagnostici se vrše mjerenja u cilju utvrđivanja stanja tehničkih sustava. Nakon konstrukcije novog proizvoda vrši se ispitivanje karakteristika prototipnog rješenja. Kontrola i mjerenje se vrše u svrhu automatskog upravljanja procesima. Praćenje toka proizvodnje i određivanje škartu određuje se korištenjem mjerenja uz korištenje specijalne opreme. Bez mjerenja se ne može zamisliti kontrola kvalitete proizvoda. Kao i svaki odgovoran posao, tako i poslove mjerenja mora ispravno izvršiti osoba koja je teorijski i praktično kvalificirana za takve poslove. Mjerenja mogu biti vrlo jednostavna. Za takva mjerenja nije potrebno posebna obuka, ali za ona složena potrebna je osoba sa obukom i dobrim poznavanjem metoda i principa mjerenja.

Jedna od definicija mjerenja je skup aktivnosti čiji je cilj dobivanje vrijednosti mjerene veličine. Ono obuhvaća teoriju i praksu mjerenja. Slijed definiranih radnji koji se upotrebljava za provođenje mjerenja u skladu sa određenim metodama naziva se mjerni postupak. Mjerni postupak s obzirom na realnu okolinu i vrijeme obuhvaća: predmet mjerenja, mjeritelja i mjernu metodu. Već spomenuta mjerna metoda dijeli se na 3 vrste:

a) Izravnu mjernu metodu – metoda u kojoj se vrijednost mjerene veličine određuje izravno, bez mjerenja drugih veličina funkcijskih povezanih s mjernom veličinom.

b) Diferencijsku mjernu metodu – mjerna metoda u kojoj se mjerena veličina uspoređuje s istovrsnom veličinom poznate vrijednosti malo različitom od mjerne veličine, a mjeri se razlika tih 2 vrijednosti.

c) Posrednu mjernu metodu – metoda u kojoj se vrijednost mjerene veličine određuje mjerenjem drugih veličina što su s njom funkcijski povezane. [1]

Osnovne jedinice SI sustava:

Veličina	Jedinica	
	Naziv	Oznaka
Duljina	Metar	m
Masa	Kilogram	kg
Vrijeme	Sekunda	s
Električna struja	Amper	A
Temperatura	Kelvin	K
Jakost svjetla	Kandela	cd
Količina tvari	Mol	mol

Tablica 1. Osnovne jedinice SI sustava [1]

Kad se spomene pojam kontrola kvalitete misli se na postupke kojima detaljno preispitujemo kvalitetu svih čimbenika u proizvodnji s ciljem poboljšavanja proizvoda kako bi se zadovoljili zahtjevi kupca. Provođenje kvalitete u proizvodnji prošlo je nekoliko faza kao osiguranje ili kontrola kvalitete, upravljanje kvalitetom ili menadžment kvalitete. [1]

## 2.2 Kontrola mjerenja

Postupak kontrole se bitno razlikuje od mjerenja. Kontrolom se ne dobivaju brojčane vrijednosti kontroliranih veličina. Dobiva se informacija da li je neka dimenzija mjenog objekta u granicama ili izvan granica tolerancije. Rezultati kontrole pomažu u donošenju odluka da li je neki komad dobar, loš ili za doradu. Kontrolom se dobiva informacija o karakteru procesa kojim se izrađuje kontrolirani komad. Na osnovi rezultata zaključuje se stabilnost procesa ili potreba korekcije upravljanja tehnološkim procesom. [8]

Vrijednost kontrolirane veličine se izražava na način:

- a) Mjerena veličina je u granicama tolerancije
- b) Mjerena veličina je iznad gornje granice tolerancije
- c) Mjerena veličina je ispod donje granice tolerancije

Kontrola se može podijeliti na aktivnu i pasivnu.

- a) Aktivna kontrola – vrši se promjena parametra koji utječu na proces kako bi se proces odvijao prema propisanim parametrima. [8]
- b) Pasivna kontrola – izvodi se nakon završene izrade proizvoda. [8]

## 2.3 Mjerna oprema

Mjerna sredstva kojima se vrši mjerenje u proizvodnji se izrađuju da rade na određenom fizičkom principu koji postaje princip mjerenja. Za mjerenje u proizvodnji mogu se koristiti mjerni sustavi, uređaji i sredstva čiji se rad zasniva na principima: mehaničkom, optičkom, optoelektričnom, električnom, piezoelektričnom, fotoelektričnom i pneumatskom.

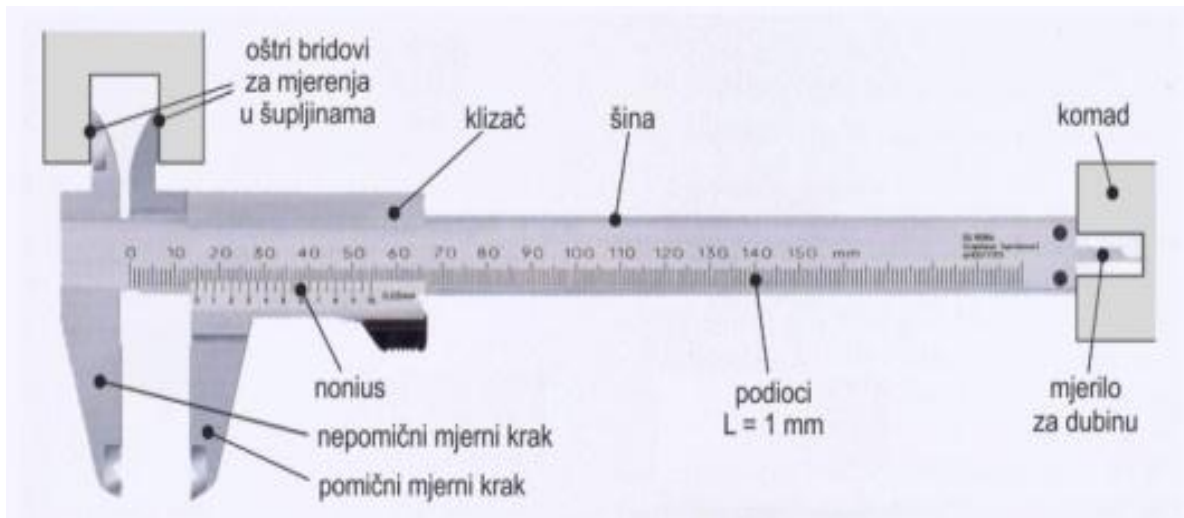
Neke od mjernih oprema:

- a) mjernim trakama (slika 1) mjere se dužine s točnostima 1 mm.



Slika 1. Mjerne trake [6]

b) pomičnim mjerilima (slika 2) mjere se dužine s točnostima 1/10, 1/20 i 1/50.



Slika 2. Pomično mjerilo točnosti 0,05 mm [6]

c) mikrometrima (slika 3) se mjere dužine s točnošću 0,01 mm



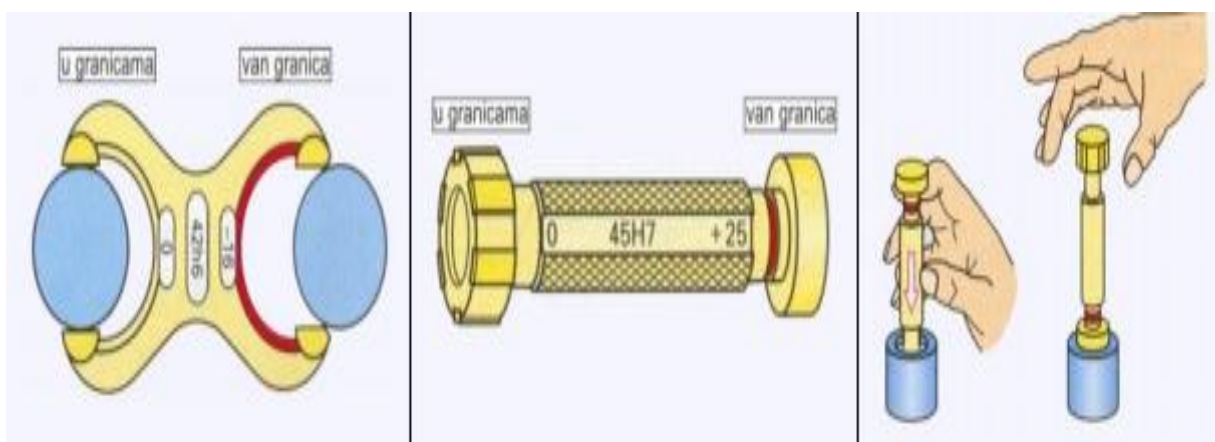
Slika 3. Digitalni mikrometar [6]

d) mjernim urama (slika 4) mjere se dužine s točnošću 1/100 mm.



Slika 4. Digitalna mjerna ura [6]

e) kalibri (slika 5) se koriste za brzu kontrolu tolerancija.



Slika 5. Kalibar [6]



f) etaloni (slika 6) se koriste za umjeravanje mjerila.



Slika 6. Etaloni [6]

## 2.4 FARO tehnologija

U današnje vrijeme kada je tehnologija uvelike napredovala postoje lakša i točnija mjerenja. Jedna od tehnologija koja nam to omogućava je mjerenje pomoću FARO – ruke (slika 7). Faro razvija i prodaje prijenosne 3D uređaje za rješavanje dimenzijskih metroloških problema. Precizno 3D mjerenje, snimanje i usporedbu dijelova i složenih struktura unutar procesa proizvodnje i osiguranja kvalitete. Uređaji se koriste za pregled komponenata i sklopova te planiranje proizvodnje. Farova 3D mjerna tehnologija tvrtkama omogućuje povećanje učinkovitosti i poboljšanje procesa. Faro doprinosi izvrsnosti na tržištu više od 30 godina. Kroz široku lepezu proizvoda i inovacije koje dolaze s njima, 3D mjerenje promijenilo je krajolik zauvijek. Farova mjerna tehnologija obuhvaća mjerenje oružja, laserskih tragova, 3D laserskih skenera i 3D slika. Osim Faro ruke FARO je osmislio i sljedeće tehnologije: Faro Laser Tracker, Faro Cobalt Array, Faro Laser Projector, Faro Factory Robo-Imager – Mobile. [5] U ovom završnom radu opisani je postupak mjerenja pomoću Faro ruke. Faro nudi najbolju svjetsku mjernu ruku. Faro ruka je prijenosni mjerni uređaj koji omogućava jednostavnu provjeru kvalitete proizvoda obavljanjem 3D inspekcije, CAD usporedbom i dimenzijskom analizom. Faro Edge je najnapredniji i najsuvremeniji FaroArm ikada proizveden. Omogućuje neusporedive mogućnosti za detaljno mjerenje površinskog oblika. Faro podiže kriterije u prijenosnom mjerenju s revolucionarnom Faro

rukom. S ugrađenim zaslonom osjetljivim na dodir i tehnologijom, Edge pojednostavljuje korisničko iskustvo s poboljšanim performansama, prenosivosti i pouzdanosti. [5]



Slika 7. Faro ruka, eng. FaroArm (<http://www.faro.com/home>, 22. 7. 2017.) [5]

### 3. Tvrtka MIDI d.o.o. Ivanovec

Poduzeće MIDI d.o.o. osnovano je 1984. godine od strane vlasnika i direktora g. Drage Plevnjaka. Najprije kao mali obrt s 2 zaposlenika, ali kontinuiranim razvojem danas poduzeće broji 200 zaposlenih (tehnološka priprema 9, služba kontrole kvalitete 8, certificirani zavarivači 45). Od 1986. godine postaje bravarski obrt. Glavna prednost je prilagodljivost naručiteljima, tj. sposobnost reakcije na zahtjeve kupaca u vrlo kratkom vremenu. U današnje vrijeme najvažnije je u vrlo kratkom roku napraviti što bolje i kvalitetnije, dok je konkurencija sve jača. S toga je bitna sposobnost prilagodbe različitim poslovima i projektima. Poduzeće raspolaže s 2 proizvodna pogona (slika 8, 9) na 30.000 m<sup>2</sup> zemljišta s 11.000 m<sup>2</sup> natkrivenih i zatvorenih proizvodnih hala, visine 10-15 m. Pogoni se nalazi u industrijsko-obrtničkoj zoni Ivanovec, u blizini grada Čakovca. Proizvodni pogon sastoji si od 4 hale. U to se uključuje radionica strojne obrade, hala za završnu obradu i otpremu proizvoda te postrojenje za pripremu površina sačmarenjem ukupne radne površine. Raspolaže najmodernijom tehnologijom rezanja, savijanja, zavarivanja i lakiranja. Poduzeće je potpuno opremljeno strojevima, alatima i opremom za izvođenje svoje osnovne djelatnosti. Također, raspolaže sa 32 dizalice do nosivosti 20 tona. [2]



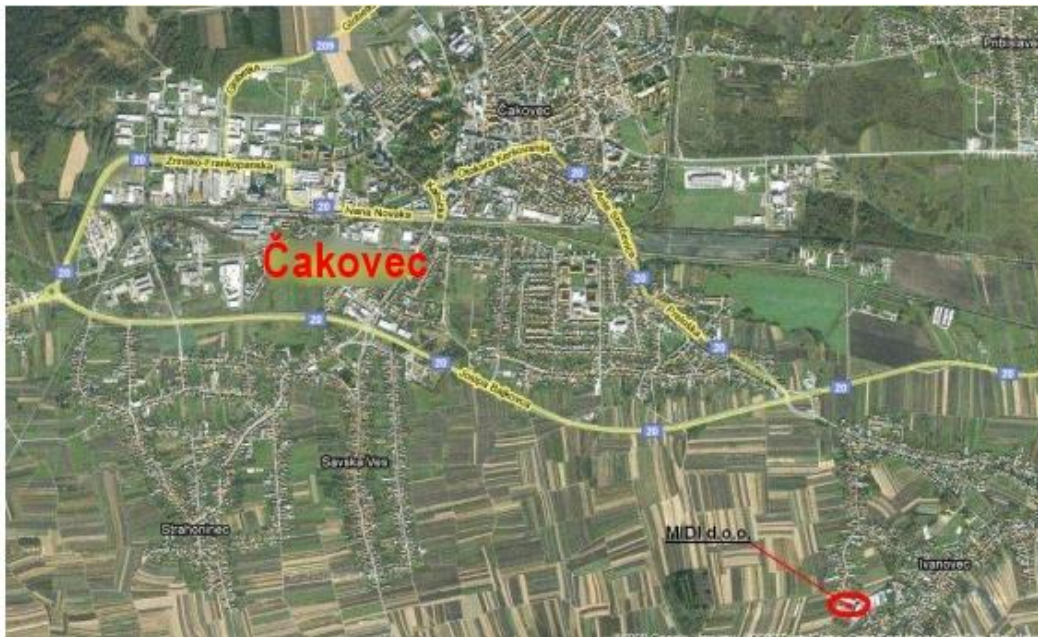
Slika 8. Poduzeće MIDI d.o.o. [2]



Slika 9. Poduzeće MIDI d.o.o. [2]

### 3.1 Lokacija poduzeća

Poduzeće se nalazi na sjevernom dijelu Hrvatske, u blizini granica sa Slovenijom i Mađarskom, u naselju Ivanovec blizu Čakovca. Adresa poduzeća je Ivanovec M.P. Miškine bb, 40 000 Čakovec. Prednost poduzeća je dobra prometna povezanost sa ostatkom Hrvatske, blizina autoputa i željezničke pruge (slika 10). [2]



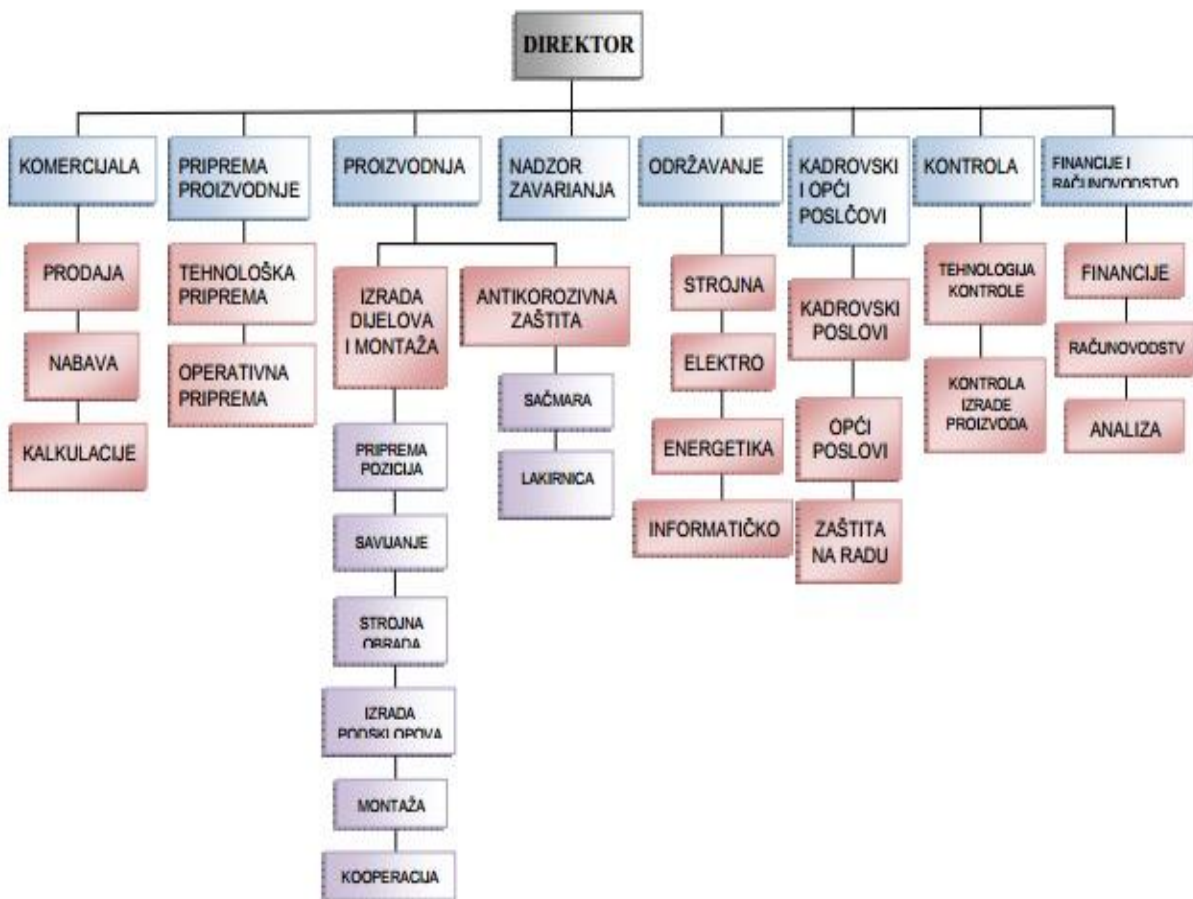
Slika 10. Lokacija poduzeća MIDI d.o.o. [2]



### 3.2 Organizacijska struktura poduzeća

Organizacijska struktura naziva se najvažnijim dijelom svake organizacije jer ona predstavlja sustav odnosa među ljudima radi izvršavanja određenih zadataka.

Svaka organizacijska struktura mora slijediti ciljeve koji su proizašli iz strategije poslovanja i razvoja poduzeća. Tako svako poduzeće ima svoju definiranu strukturu ili sustav unutarnjih veza, tj. odnosa. Na organizacijsku strukturu utječu vanjski čimbenici kojima se poduzeće mora prilagođavati i unutarnji čimbenici na koje poduzeće može utjecati. [4] Organizacijska struktura poduzeća MIDI prikazano je ne slici 11.



Slika 11. Organizacijska struktura poduzeća [2]

### 3.3 Djelatnosti poduzeća

Poduzeće Midi se bavi proizvodnjom i montažom čeličnih konstrukcija, metalne opreme, dijelova strojeva i industrijskih postrojenja (slika 12,13). Izrađuje specijalna savijanja profila, kvadratnih i okruglih cijevi. Poduzeće je 100% - tni izvoznik na tržišta Savezne Republike Njemačke, Švicarske, Austrije i Italije. Osim stranih zemalja, posluje i sa domaćim klijentima. 80-90% prihoda ostvareno je izvozom robe i usluga što zahtijeva veliku fleksibilnost, visoku produktivnost i max. iskorištenje kapaciteta kojima raspolaže. Svojim zalaganjem uspjeli su se probiti na međunarodno tržište. Godišnja proizvodnja je oko 3500 tona gotovih proizvoda. [2]

Proizvodni program su zavarene čelične konstrukcije i dijelovi strojeva za:

- a) cestogradnju
- b) rudarstvo
- c) zabavne parkove
- d) zbrinjavanje otpada
- e) strojeva za dubinska bušenja
- f) vjetroelektrane
- g) strojeva za sačmarenje
- h) različite namjene prema zahtjevu kupca. [2]



Slika 12. Konstrukcija krovništva baptističke crkve u Rijeci [2]



Slika 13. Kućište ventilatora [2]

### 3.3.1 Promatrački kotač

Kao što već spomenuto u radu, tvrtka MIDI bavi se izradom dijelova strojeva za zabavne parkove. Jedan od njihovih najpoznatijih kotača u čijoj izgradnji je tvrtka sudjelovala je Orlando Eye u Floridi (slika 14), SAD. Danas poznatiji kao Coca-Cola eye je najviši promatrački kotač na istočnoj obali SAD-a, visok 120 m. Intamin koji posluje sa tvrtkom MIDI osmislio je i proizveo kotač. Tvrtka MIDI radi i danas na još jednom takvom, sličnom kotaču.

Veliki, promatrački kotač je struktura koja se sastoji od rotirajućeg uspravnog kotača s više putničkih komponenti (kabine, kapsule, gondole). Kabine su pričvršćene na rub na takav način da se kotač vrti, a one održavaju uspravno. Neki od najvećih modernih kotača imaju kabine na vanjskoj strani oboda, a električni motor samostalno okreće svaku kabinu kako bi ga održali uspravno. Ti kotači često se nazivaju i kotači za promatranje. Izvorni Ferris Wheel dizajnirao je i konstruirao George Washington Gale Ferris kao orijentir za Kolumbijsku izložbu u Chicagu. Pojam Ferris Wheel sada se koristi za sve takve strukture, koje su postale najčešći tip vožnje zabave u Sjedinjenim Američkim Državama.

U ovom radu pomoću Faro – ruke vrši se kontrola dijela pogona (slika 15) jednog od takvih kotača. Izmjerene su sve njegove dimenzije kako bi se na najprecizniji i najtočniji način utvrdilo da li izmjerno odgovara nacrtu dobavljača.





Slika 14. Coca Cola Orlando eye



Slika 15. Dio pogona promatračkog kotača [2]



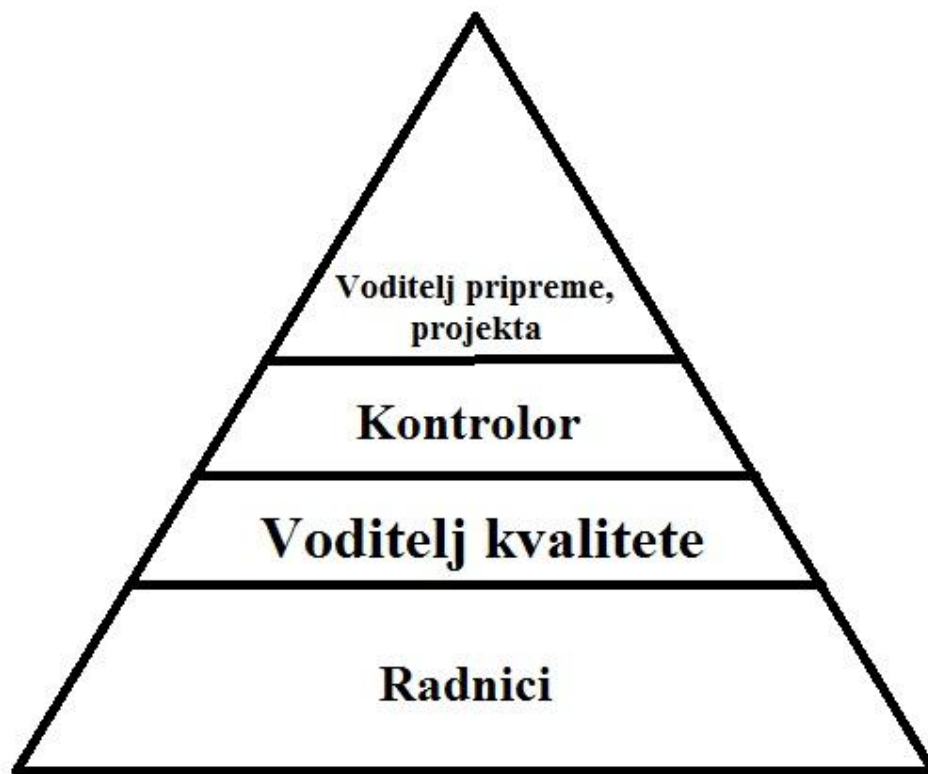
### **3.4 Mjerenje u proizvodnji tvrtke MIDI d.o.o.**

Slijedeći podaci uzeti su iz vlasništva tvrtke MIDI d.o.o. Ivanovec

Broj postupka MIDI.PK.018

Naziv postupka: MJERENJE U PROIZVODNJI

Svrha postupka je određivanje postupaka mjerenja u svakom pojedinom slučaju u proizvodnji, opsega primjene, primjene potrebnih mjernih postupaka te načina mjerenja i vođenja zapisa. Za nadležnost i odgovornosti najprije su odgovorni radnici, voditelji kvalitete, kontrolor te voditelj pripreme/projekta (slika 16).



Slika 16. Nadležnost i odgovornost tvrtke MIDI d.o.o.

Radnici su zaduženi za provođenje operacija kontrole prema tehnološkim uputama ili zasebnim planovima mjerenja, te potvrdu provedenih mjerenja i njihove sukladnosti/nesukladnosti u odnosu na postavljene zahtjeve.

Voditelj kvalitete je odgovoran za izvođenje mjerenja u vlastitim pogonima, kod partnera i dobavljača u dogovoru s voditeljem proizvodnje. Također, odgovoran je za iniciranje zapisa o nesukladnosti, preventivnih mjera za uočene nesukladnosti.

Kontrolor je odgovoran za izradu cijelog postupka mjerenja i kontrole kvalitete za dijelove iz opsega proizvodnje, za izradu, distribuciju i pohranjivanje zapisa o mjerenju.

Voditelj pripreme/projekta je odgovoran za prepoznavanje potreba za specifičnim potrebama kupaca za mjerenjem i mjernim izvještajima, te uključivanje istih u opseg poslova. Zadužen je za komunikaciju s drugim voditeljima po pitanju mjernih protokola.

### **3.4.1 Dokumentacija koja opisuje provedbu mjerenja**

#### **a) Tehnološki radni listovi**

Tehnologija izrade pojedinih dijelova uključuje planske operacije kontrole kvalitete od samog ulaska materijala u proces pa sve do mjerenja u pojedinim fazama proizvodnje i završnih mjerenja. Operacija kontrole smatra se tehnološkom operacijom i uključena je kao jedan od tehnoloških procesa s opisanom: vrstom mjerenja, nositeljem mjerenja, opsegom, posebno iskazanim zahtjevom za izradom zapisa o mjerenju.

#### **b) Planovi kontrole kvalitete**

Prema potrebama i zahtjevima kupaca izrađuju se planovi kontrole kvalitete za pojedine dijelove/sklopove koji opisuju cijeli proces mjerenja od ulaznih do izlaznih podataka – rezultata mjerenja.

Planovi se izrađuju u prikladnom obliku za provedbu. Operacije kontrole i mjerenja organizira voditelj kontrole kvalitete. U planovima i izvještajima navode se kriteriji koji kupac zahtijeva prema dokumentaciji za proizvod i mjerna oprema koji je korištena ili se planira koristiti.

Izvještaji o mjerenju sadržavaju:

- a) vlastiti ili jedinstveni identifikacijski broj izvještaja
- b) sljedivost prema narudžbi, dokumentaciji, informacije kupca, norme, vrste mjerenja
- c) sljedivost prema mjernoj opremi kojom je provedeno mjerenje
- d) rezultati provedenog mjerenja

e) sljedivost prema osobama koje su provele navedeno mjerenje i njihovoj osposobljenosti

f) status mjerenja prikladno izražen (pozicija, kota)

g) datum izvođenja.

Rezultati se prikazuju tabelarno prema odluci nositelja izrade izvještaja. Ukoliko pojedina mjerenja izvode dobavljači, mora se zahtijevati izvještaj od navedenih. U slučaju sumnje u rezultate mjerenja, mora se provesti novo mjerenje i izdati novi izvještaj o mjerenju!

### **3.4.2 Provođenje mjerenja tvrtke MIDI d.o.o.**

Označavanje statusa može se provesti na način koji je najprikladniji u pojedinom slučaju. U obzir dolaze oznake u bojama na proizvodima, naljepnicama, pečatima, ispitnim izvješćima ili drugim prikladnim metodama. Oznaka se može staviti direktno na proizvod ili u popratnu dokumentaciju. Status proizvoda mora se jasno razlikovati u slučaju: neispitani od ispitanih, ispitani od prihvaćenih, ispitani od neprihvaćenih. Indikacija statuse se zadržava toliko dugo koliko je potrebno za informaciju svim sudionicima u proizvodnom ciklusu. Proizvodi na kojima se primjenjuju specijalni procesi biti će stavljeni na čekanje sve do dobivanja potrebne dokumentacije, a tek potom slijedi nastavak s narednim operacijama. Oznake statusa smiju skidati samo kontrolori kvalitete. Status proizvoda prikazan je u tabeli.

Status	Postupak	Oznaka
DOBAR	Sortiraju se za iduću radnu operaciju. Potpis radnika i kontrolora u radni nalog.	
DORADA	Sortiraju se na posebno mjesto, kutiju ili paletu. Stavlja se oznaka „dorada“ na sami proizvod ili se u košuljicu radnog naloga stavlja crveni list koji označava nesukladnost u tehn. operaciji.	DORADA
POPRAVAK	Sortiraju se na posebno mjesto, kutiju ili paletu. Stavlja se oznaka „popravak“ na sami proizvod ili se u košuljicu radnog naloga stavlja crveni list koji označava nesukladnost u tehn. operaciji.	POPRAVAK
ŠKART	Odlazu se u bačvu označenu sa „škart“ koja je izdvojena u pogonu. Kontrolor piše izvješće o neusklađenosti.	ŠKART

Tablica 2. Status proizvoda u toku radnog procesa

Dobrim proizvodom smatra se i onaj proizvod na kojem se pronađe nesukladnost, ali se u dogovoru s kupcem odluči koristiti kakav je. Za proizvode označene za DORADU, POPRAVAK ili ŠKART, radnik ili kontrolor napisat će izvješće o nesukladnosti te popuniti doradnu-škartnu listu koju prosljeđuje nadležnim službama za provođenje daljnjih aktivnost

### **3.4.3 Mjerna oprema poduzeća MIDI d.o.o.**

Mjerna i ispitna oprema služi za dokazivanje ostvarene kvalitete te se o stanju mjerne opreme, rukovanju njome i održavanju vodi posebna briga. Svrha i cilj je osigurati nadzor nad svim mjernim alatom i opremom za kontrolu koji se koristi u proizvodnom procesu poduzeća. Nabavku mjernog alata i opreme odobrava direktor na prijedlog voditelja kvalitete ili proizvodnje. Novi mjerni alat zadužuje voditelj kvalitete. Mjerni alat čuva se u odgovarajućim uvjetima na način koji će osigurati preciznost i pogodnost za uporabu. Pristup skladištu ima voditelj proizvodnje i direktor. Posebna pažnja posvećena je mjerilima koja imaju baterija kako ne bi došlo do oštećivanja mjerila uslijed neispravne baterije ili kako ne bi pala pouzdanost.

Uz svu navedenu mjernu opremu na samom početku rada, jedna od najvažnije mjerne opreme tvrtke MIDI je Faro ruka. Postupak samog mjerenja Faro rukom biti će detaljno opisan u nastavku rada.

## 4. FARO RUKA (eng. FARO – arm)

### 4.1 Sadržaj Faro paketa

Faro ruka sadrži sljedeće elemente: transportnu kutiju (slika 17), Faro ruku, Instrukcije za Faro ruku, upute za rukovanje, popis dodatne opreme, dokumentaciju o certifikaciji, pokrivalo protiv prašine, strujni adapter s kabelom, kutiju za ticala, ticalo Ø6 i Ø3, stožac za kalibraciju ticala, 12mm viljuškasti ključ, vijci za stezanje, USB kabel, Litium bateriju za rad na terenu i priključnu ploču. (7)



Slika 17. Transportna kutija sa svim dodatnim elementima [2]

### 4.2 Bežično spajanje s računalom

Faro ruka je opremljena s Bluetooth tehnologijom i može se spojiti na računalo bez USB kabela. Bluetooth je bežična tehnologija koja zamjenjuje žičanu vezu. Doseg Bluetooth uređaja kao što je Faro ruka je približno 10 metara. U tom slučaju, Faro ruka je pomoćni uređaj, a računalo glavni. Upotrebljava se sigurnost na osnovi pina. Kad je veza postignuta brzina prijenosa podataka je 921600 bit/sec. U ovom seminaru prijenos podataka s Faro ruke u računalo vrši se pomoću USB kabela.

### 4.3 POSTAVLJANJE MJERNOG UREĐAJA

Faro ruka uvijek se montira prema gore, nikad okrenuta prema dolje ili na stranu. Prije samog početka mjerenja trebamo pričvrstiti priključnu ploču na bilo koju pogodnu lokaciju te staviti Faro ruku na nju i stegnuti maticom. U opremi se nalazi 12 mm viljuškasti ključ pomoću kojeg pritegnemo ruku za priključnu ploču. Kako bi izvršili mjerenje izlaz podataka iz Faro ruke prema računalu moguć je preko USB kabla ili preko bluetooth veze (slika 18). Ovdje je prikazan prijenos podataka pomoću USB kabla. Signal sa svake osi se procesira i pozicije osi X Y Z se šalju prema računalu. [7]

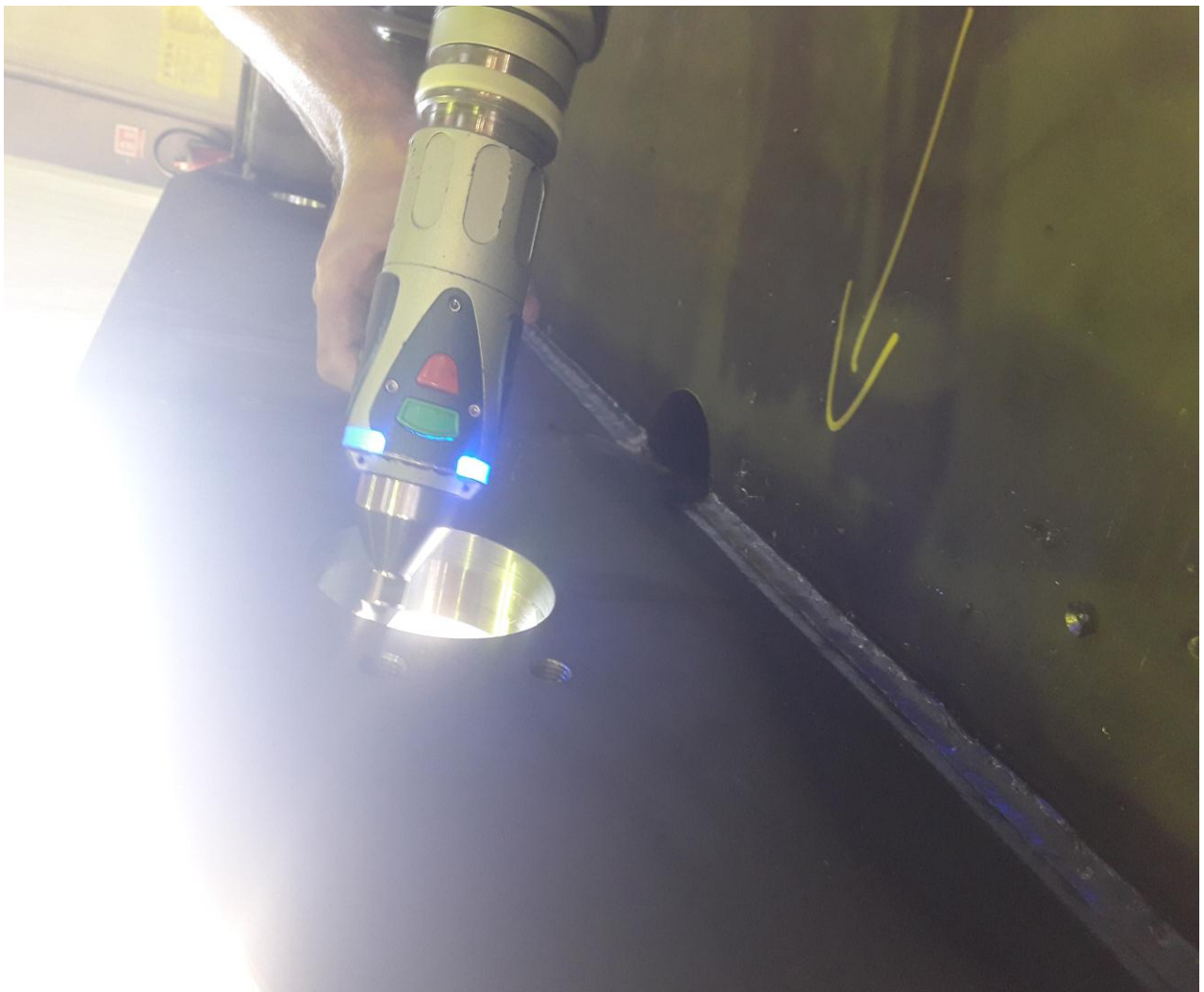


Slika 18. Mjesto paljenja Faro ruke i spajanja USB kabla [2]

#### 4.4 Led diode i tipke na ručici za mjerenje

Faro ruka ima dva kompleta tipki i LED dioda (slika 19). Zeleno svjetlo ili FRONT tipka bliže je ticalu, označava uspješno komuniciranje s računalom i enkoderi su referencirani. Crveno svjetlo ili BACK tipka bliže je ručki, označava uspješno komuniciranje s računalom, ali enkoderi nisu referencirani.

S bočne strane ruke postoji jedan pomoćni komunikacijski port za spajanje vanjske opreme. Na taj port može se spojiti samo onaj uređaj koji je dozvoljen od Fara. U protivnom, može uzrokovati štetu uređaju koja nije pokrivena garancijom. [7]



Slika 19. LED diode i tipke na Faro ruci [2]



## 4.5 Referenciranje enkodera

Prije samog početka mjerenja svih sedam enkodera mora biti referencirano (slika 20). Na prozoru će se pojaviti ruka sa svih sedam enkodera u grešci sve dok se ne rotira svaki zglob ruke. [7]

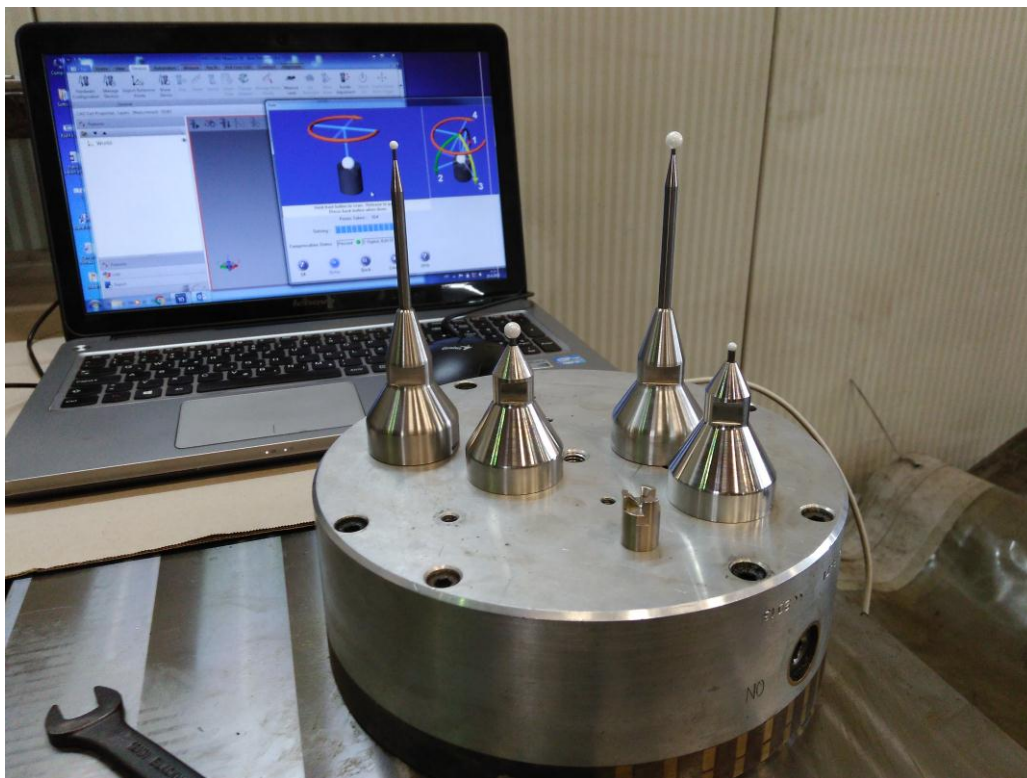


Slika 20. Referenciranje enkodera [2]

## 4.6 Ticala za FARO ruku

Kao što je već navedeno, zajedno s Faro rukom u paketu idu i 2 ticala  $D=6$  mm i  $D=3$  mm (slika 21). Na svakoj od njih nalazi se izgraviran točan promjer. Prilikom pokretanja programa na računalu (u našem slučaju CAM2) mora se promijeniti i staviti točni promjer ticala u dijaloškom okviru. Mjerenje Faro rukom je mjerenje točke centra mjernog ticala. Kompenzaciju radijusa ticala izvodi softver u kojem mjerimo. Greška mjerenja ovisi o tome koliko je ticalo oštro na vrhu i kako ćemo dotaknuti mjereno mjesto. Pa je logičnije ako koristimo šiljasto ticalo onda moramo biti spremni na povećanje netočnosti.

Faro ruka upotrebljava FARO i-Probe. To je elektroničko opremljeno i inteligentno ticalo koje automatski prepoznaje promjer ticala. Možemo je koristiti samo s Quantum rukom, u protivnome će biti uništena. Također, kupac može izraditi i vlastito ticalo i koristiti ih kod mjerenja. Točnost izrade mora biti što bolja da bi i točnost mjerenja bila ista. [7]



Slika 21. Ticala Faro ruke kojima raspolaže tvrtka MIDI [2]

#### 4.6.1 Postavljanje ticala

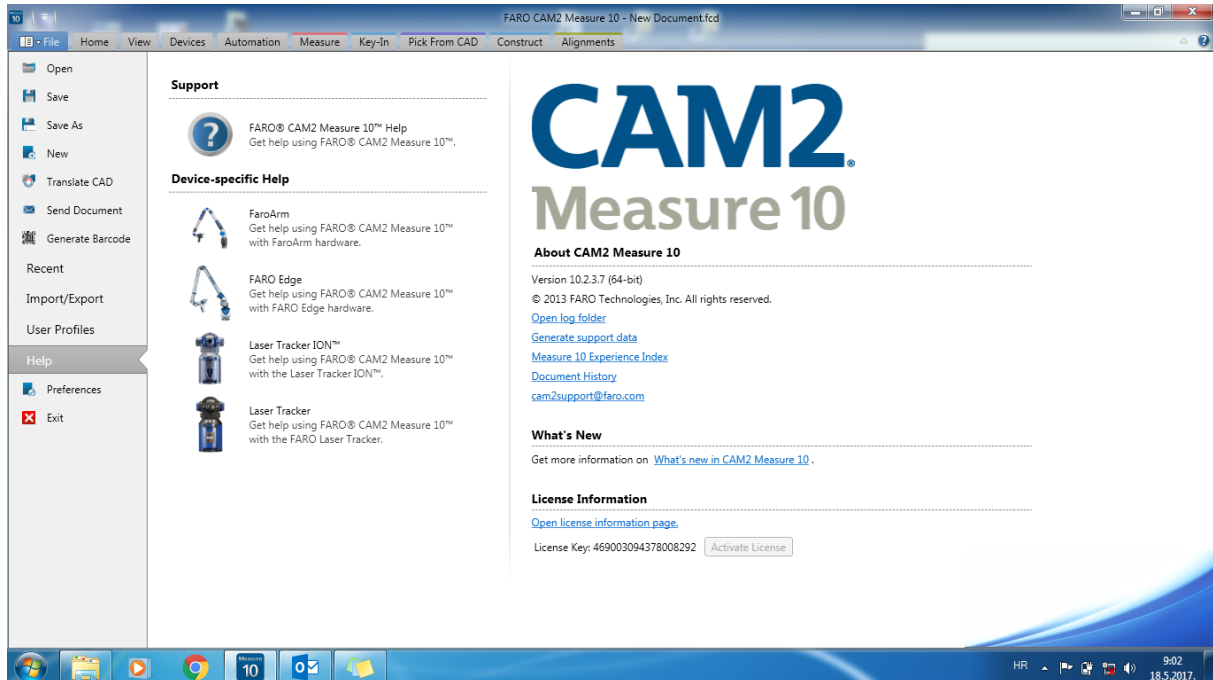
Ticalo postavljamo na ruku te zavrtnemo ticalo na navoj na ruci, zategnemo ključem koji se nalazi u kutiji. Kada stavljamo ticalo trebamo držati rukom ispod zadnjeg zgloba ruke da ne bi došlo do štete na ruci.

#### 4.7 Software za mjerenje CAM2 Measure

Mjerni software koji koristimo mora biti pripremljen za promjenu i odabir ticala. CAM2 (slika 23) jedan je od software-a koji se koristi kod mjerenja pomoću Faro ruke. Kada se pokrene CAM2 pojavi se Panel Control mjernog uređaja (slika 22). Panel sadrži sve aktivne mjerne uređaje (ticala, jesu li kalibrirana ili ne, promjer ticala i sl.). U CAM2 Measure otvorimo dijaloški okvir PROBE i promijenimo ticalo ili glavu. Kreira se novo ticalo, ali je potrebna kalibracija ticala pomoću kugle. [7]



Slika 22. Control Panel FARO



Slika 23. CAM2 Measure

## 4.8 KALIBRACIJA

Bilo koje ticalo koje na vrhu ima kuglu ili točku može biti kalibrirano. Za kalibraciju standardnog ticala moramo imati kalibracijsku kuglu i kalibracijsku ploču. Ako je na ticalu izgravirana točna mjera promjera u programu CAM2 u naredbi MODIFY PROBE upišemo točnu vrijednost promjera za svako ticalo. Kalibriranje standardnog ticala vrši se u jednoj točki-konusu. Faro ruka je dizajnirana da izdrži tipična rukovanja u uvjetima radioničkih mjerenja, kao i transport s jednog mjesta na drugo kako bi izvršili mjerenja. Kod Faro ruke imamo dva tipa kalibracije: kalibracija ruke i kalibracija probe. [7]

### 4.8.1 View log gumb

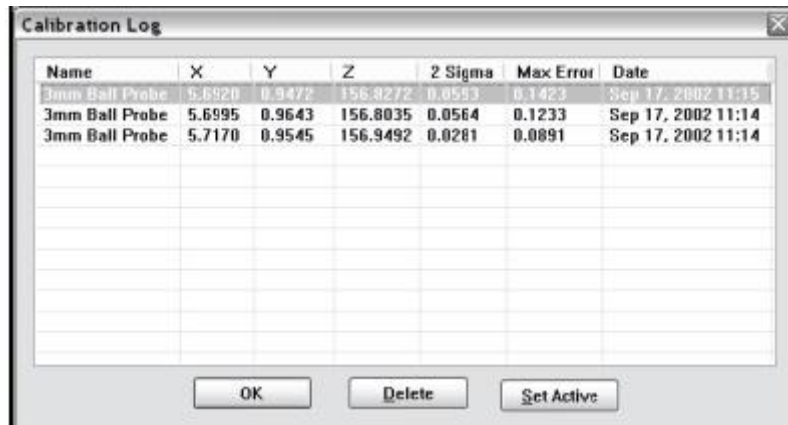


Slika 24. View log

Kakva je kalibracija moguće je vidjeti tako da se pritisne View Log gumb (slika 24).

## 4.8.2 Calibration log

Calibration log je dijaloški okvir (slika 25) gdje možemo vidjeti sve kalibracije i njihove vrijednosti te odabrati bilo koju kalibraciju da bude aktivna ili je izbrisati.



Name	X	Y	Z	2 Sigma	Max Error	Date
3mm Ball Probe	5.6920	0.9472	156.8272	0.0553	0.1423	Sep 17, 2002 11:15
3mm Ball Probe	5.6995	0.9643	156.8035	0.0564	0.1233	Sep 17, 2002 11:14
3mm Ball Probe	5.7170	0.9545	156.9492	0.0281	0.0891	Sep 17, 2002 11:14

Slika 25. Calibration log okvir

- X,Y,Z su koordinate centra ticala s obzirom na koordinatni sistem posljednjeg zgloba
- 2 sigma je odstupanje X,Y,Z od srednje vrijednosti gdje u obzir dolaze sve izmjerene točke
- Max Error prikazuje točke s najvećim odstupanjem od prosjeka

## 4.8.3 Kalibracija ruke

Kalibracija ruke je proces s kojim se mjerni uređaj optimizira da mjeri točno. Može biti ostvarena mehaničkim ili programskim putem. Specijalisti u Faro servisnom centru izvode tvorničku kalibraciju. Kod kalibracije se koristi patentirana oprema i programi koji nisu dostupni korisniku, da bi se odredila kinematika i dimenzija Faro ruke. Rezultati se spremaju u internu memoriju Faro ruke. To znači da je Faro ruka permanentno kalibrirana i ne treba mehaničko podešavanje tijekom normalne upotrebe. Faro ruka može izgubiti kalibraciju u slučajevima:

- savijanje transportnog kofera, a time i dijelova ruke
- oštećenost zglobova koji sadržavaju ležajeve s enkoderima

c) oštećenje enkodera – elektronički problemi

d) fizičke plastične deformacije dijelova ruku uslijed sudara ili udarca u drugi objekt

Bilo koji od navedenih zahtijevaju povratak Faro ruke u njihov servis na rastavljanje ruke, zamjene ili popravak neispravnih dijelova, te ponovne kalibracije. Ako Faro ruka treba kalibraciju to znači da je pokvarena ili oštećena pa prema tome nikada ne postoji potreba za kalibracijom kod krajnjeg kupca.

Ukoliko kalibracija nije prošla trebamo provjeriti da li promjer ticala odgovara ticalu definirano u programu. Ticalo ne smije biti previše stegnuto, a mjerna sfera treba biti dobro pritegnuta za baznu ploču. Ako je potrebno treba promijeniti kalibracijsku metodu, konus ili sferu. [7]

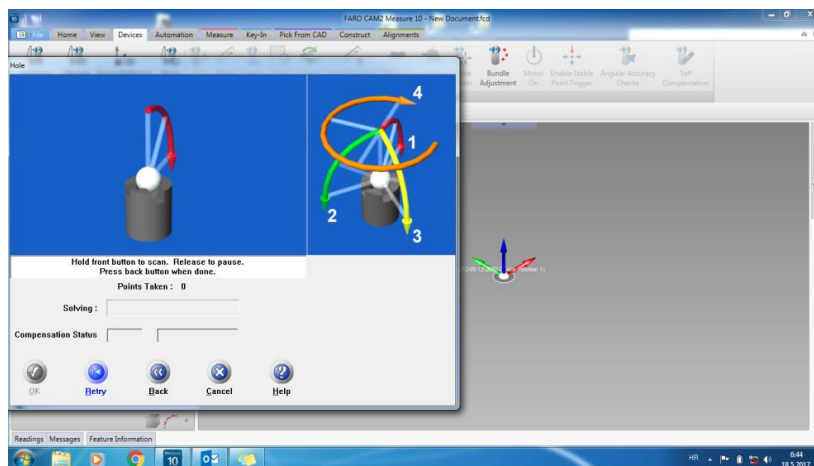
#### 4.8.4 Kalibracija u konusu

Kod kalibracije postavimo kuglu u konus tako da ticalo bude paralelno s podlogom (slika 26, 27). Pritisne se zeleni gumb i okreće se ruka dok ne dođe u vertikalnu poziciju tako da se točke sadrže u središnjem polju, s time da kugla cijelo vrijeme sjedi u konusu. U svakoj od tri pozicije treba skupiti 200 točaka. Vrlo je važno da kalibracija dobro sjedne u konus, inače će biti vrlo loša. Nakon što smo uzeli sve točke sustav kalkulira kalibraciju. Ako je ona prošla, sustav dodaje datum kalibracije i status kalibracije. [7]



Slika 26. Kalibracije iz 3 različite pozicije [2]

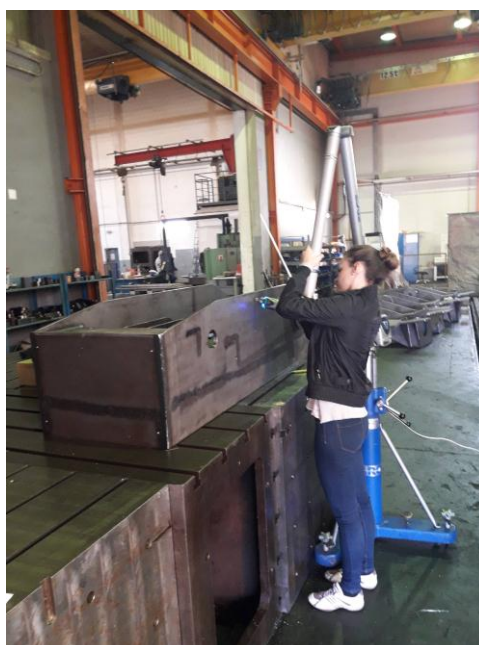




Slika 27. Kalibracija CAM2 [2]

#### 4.8.5 Kalibracija na plohi

Uzimaju se točke na površini kalibracijske ploče. Ticalom se dodiruje podloga kalibracijske ploče i pritisne se zeleni gumb (slika 28). Na takav način uzimamo min. 8 točaka, najbolje po rubnim dijelovima da bi se izbjegla izbočenost sredine plohe. Na kraju ticalo odmaknemo od površine i pritisnemo crveni gumb. Nakon toga računa se ravnost plohe, a rezultat se prikazuje u dijaloškom okviru. [7]



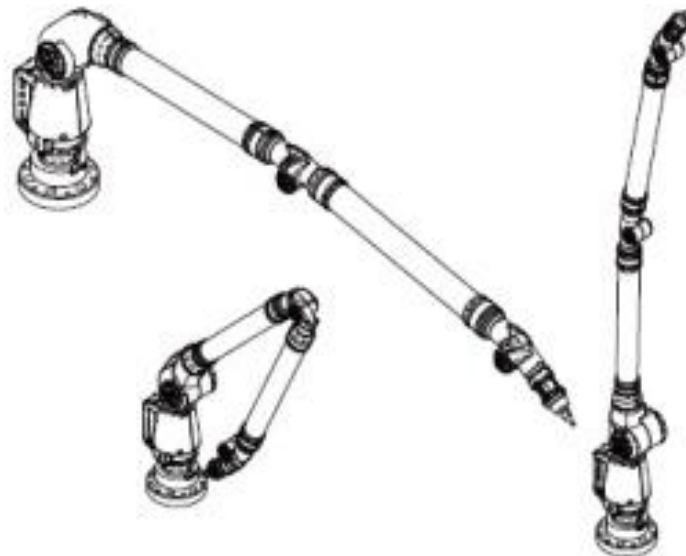
Slika 28. Kalibracija na plohi [2]

## 4.9 Mogućnosti faro ruke

Mogućnosti Faro ruke testiraju se prema američkom standardu ASME ili europskom standardu ISO. Ponovljivost u jednoj točki mjeri se s čvrstim ticalom u rupi, a volumetrijska točnost mjeri se na napravi kojoj se mjeri dužina. Kod provođenja testa Faro ruke, ticalo se položi u konični otvor te se pojedinačno uzimaju točke mjerene iz svih smjerova tako da je kugla uvijek položena u konus. Svaka izmjerena točka se analizira kao odstupanje od XYZ. To predstavlja raspon grešaka od minimalne vrijednosti do maksimalne vrijednosti. Specifikacija točnosti mjerne ruke nalazi se na naljepnici s bočne strane na bazi ruke. [7]

## 4.10 Gubitak slobode kretanja i gubitak kuta

U radnom području ruka može izgubiti slobodu kretanja. To je najčešće kad se ruka savija i kreće, a to može biti zabilježeno enkoderima (slika 29). Mjerene točke na takav način nisu točne. Prilikom rukovanja Faro rukom, ona se uvijek mora kretati lagano u prostoru. Ako negdje zapinje, vjerojatno se izgubila sloboda kretanja. [7]



Slika 29. Položaj ruke kod kojih gubi slobodu kretanja [7]



## **4.11 Normalno održavanje**

Faro ruka precizni je mjerni uređaj te se s njim mora pažljivo rukovati. Svaki puta nakon završetka mjerenja ruka se treba prekriti da na njega ne pada prašina, te prilikom čišćenja uređaja ne smije se savijati ruka. Važna je i kontrola kablova kako ne bi došlo do oštećenja izolacije. Pošto je Faro ruka kalibrirana u Faro servisnom centru, ne treba je ponovo kalibrirati osim ako nije fizički udarena. Periodično je potrebno provjeravanje točnosti. [7]

## **4.12 Utjecaj temperature**

Da bi se održala deklarirana točnost mjernog uređaja potrebno je nadgledanje temperaturnih promjena u različitim uvjetima i na različite materijale. Samo zaposlenici Fara znaju za programska i hardware-ska rješenja koja su ugrađena u svaki zglob ruke. Razlike u temperaturi mjere se u nekom periodu vremena. Zbog različitih materijala koji su ugrađeni u ruku, ako se uvjeti mjerenja promjena za  $\pm 3$  stupnjeva moramo pričekati barem 5 min. na početak mjerenja. Općenito, sistem je programiran da javi grešku ako se temperatura promjeni za više od 3 stupnjeva. [7]

## **4.13 Napajanje ruke**

Faro ruka postavlja se kod propisane utičnice te prije samog spajanja u utičnicu prekidač na Faro ruci treba biti postavljen na OFF. Osim napajanja u utičnicu može se napajati i preko isporučene baterije za slučaj da u blizini nema uzemljenog napajanja. Ako je ruka priključena na utičnicu ne trebamo priključiti bateriju. Baterija se puno ako je ruka u OFF statusu. Punjenje se automatski isključuje kada je baterija puna. Ne smije se koristiti druga baterija osim baterije koja je isporučena zajedno sa Faro rukom. [7]

## 5. Smanjenje točnost mjerenja pomoću FARO ruke

**Postavljanje** – izvijanje kod postavljanja, tronožac (slika 30) koji nema dodatne stabilizatore ili mjereni komad koji je pretjerano stegnut. [7]



Slika 30. Faro tronožac [2]

**Kalibracija** izvijanje naprave za kalibraciju kod stezanja za radnu plohu, oštećenost naprave za kalibraciju, slaba tehnika kalibracije. Zeleno svjetlo znači da je kalibracija unutar specifikacije, a ne da je izvrsna.

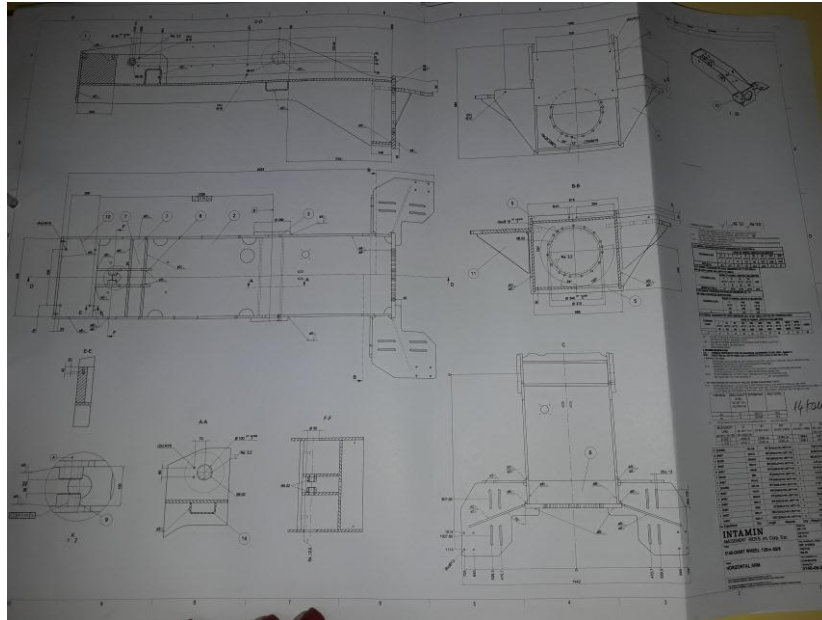
**Probe** – mjerenje sa špicastim ticalima, s okrhnutim ticalima ili mjerenje s produžecima.

**Okruženje** u kojem mjerimo – kada su enkoderi u krajnjem položaju, kada je ruka skroz ispružena, ako u okruženju postoje jake vibracije, velika promjena temperature i slabo poznavanje metrologije.

## 6. Redoslijed operacija tvrtke MIDI d.o.o. na dijelu pogona promatračkog kotača

### 1. KORAK

Stiže narudžba od kupca (kupac šalje nacрте, zahtjeve, norme) (slika 31).



Slika 31. Nacrt komada izdan od strane Intamin-a

### 2. KORAK

Prema dobivenim nacrtima tehnolog razrađuje sljedeće:

- Računa materijal za izradu bruto-neto
- Radne upute za izradu sklopa
- Predviđa određene stvari i prema potrebi dodatno izrađuje naprave/šablone za sklapanje
- Vrijeme za strojnu obradu, bojanje (slika 32)
- Izrađuje zahtjevnice za pozicije, programe za rezanje limova na plazmi



Slika 32. Strojna obrada komada

### 3. KORAK

EWE inženjer zavarivanja prema zahtjevima kupca odabire:

- Način i postupak zavarivanja (odabir žice za zavarivanje, predgrijavanje materijala, ukoliko je debljina lima iznad 15 mm, atestacija zavarivača)
- Vrijeme potrebno za zavarivanje

### 4. KORAK

Izračunate količine materijala, vremena izrade, kalkulant zbroji i izračuna vrijednost proizvoda koja se prikaže/ponudi kupcu.

### 5. KORAK

Ukoliko kupac prihvati ponudu, tehnolog prosljeđuje djelatnicima nabave popis materijala koji treba naručiti. Nabavni djelatnici prikupljaju ponude od dobavljača (min. 3) i odabiru optimalno.

## 6. KORAK

Kod zaprimanja naručenog materijala, ulazna kontrola u suradnji sa skladištarima dodjeljuje interni broj svakom materijalu (limu, cijevi) kako bi se u daljnjem tijeku izrade mogla pratiti sljedivost materijala (koja kvaliteta, iz koje šarže je napravljena pojedina poz.)

## 7. KORAK

Naručeni materijal se prema zahtjevnici za izradu pozicija lansira na određenu operaciju (plazma rezanje, bušenje, strojna obrada) i nakon svake izvršene operacije se pozicije pregledaju od strane kontrole (izrađuje se zapisnik o svakoj poziciji dali zadovoljava traženu kvalitetu, dali je program za rezanje dobar...)

## 8. KORAK

Nakon što su pozicije izrađene, pregledane, označene, lanser (djelatnik na vanjskom skladištu) prikuplja sve na skladište i kompletira radni nalog. Kada dođe vrijeme za izradu, otpremi sve pozicije na bravarsku liniju predviđenu za sastav.

## 9. KORAK

Sklapanje na bravarskoj liniji se kontinuirano nadzire od strane kontrole, poslovođa, tehnologa. Sve se izrađuje prema radnim uputama, bitni detalji se označe na proizvodu (npr. ultrazvučno ispitivanje zavara, tlačna proba, bitne tolerirane mjere...) radi boljeg uočavanja, skretanje pozornosti na bitno.

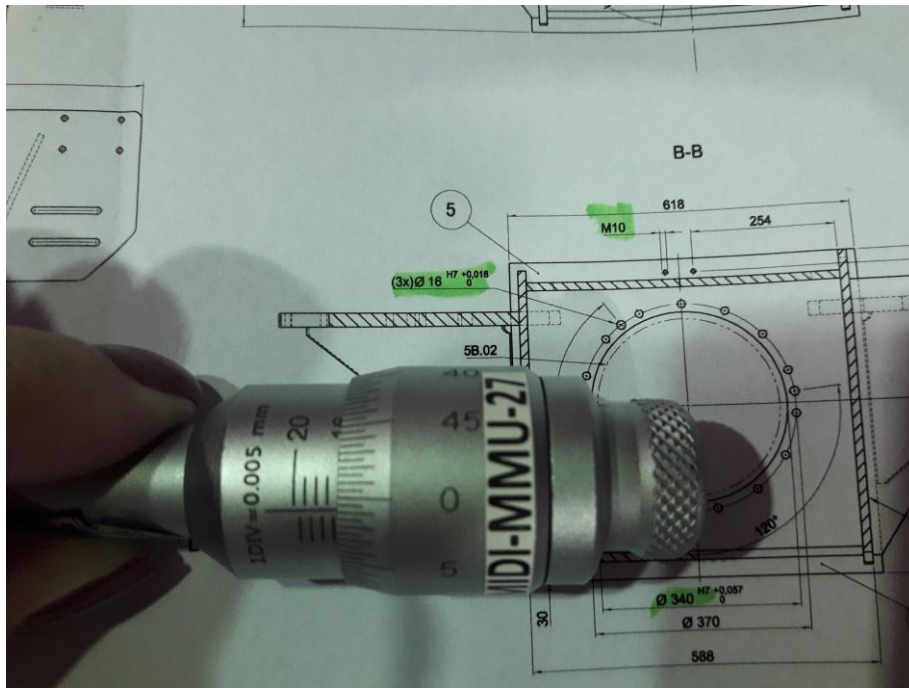
## 10. KORAK

Po završetku sklapanja, proizvod se kompletno pregleda i ide na sljedeću operaciju (zavarivanje). Nakon zavarivanja se pojavljuju deformacije na materijalu koje moramo poravnati ukoliko nisu prema zadanim nacrtima.

## 11. KORAK

Većina sklopova zahtjeva strojnu obradu gdje su tolerirane mjere zadane unutar nekoliko stotinki milimetra.

Zato se nakon strojne obrade vrši detaljno mjerenje sa umjerenom mjernom opremom (pomično mjerilo, mikrometri (slika 33), etaloni, kalibri (slika 34), FARO ruka (slika 35). Kontrola mjerenja pomoću Faro ruke detaljnije opisana u nastavku rada.



Slika 33. Kontrola mjerenja pomoću mikrometra



Slika 34. Kontrola mjerenja pomoću kalibra





Slika 35. Mjerenje pomoću Faroruke

## 12. KORAK

Kod završetka svih operacija izrade, proizvod ide na antikorozivnu zaštitu (AKZ/bojanje). Bojanje se također vrši prema zahtjevu kupca, sva mjerenja se vrše od strane kontrole (hrapavost, debljina sloja boje, sjajnost...)

## 13. KORAK

Zadnje je izrada QS dokumenta (quality book) gdje su sva potrebna izvješća, dokumenti o proizvodu (mjerni protokoli, atesti materijala, FARO izvješće o dimenzijama, AKZ...). QS izrađuje voditelj kontrole kvalitete, šalje kupcu na uvid i ukoliko kupac odobri isporuku prema svemu viđenome, logistika koja je zadužena za otpremu spakira proizvod (prema uputama tehnologa, pack listi) i šalje na određeno odredište.

## 7. Postupak mjerenja pomoću FARO ruke na dijelu pogona promatračkog kotača

Nakon što je komad prošao sve procese obrade slijedi mjerenje kako bi se usporedilo s nacrtom koji izdaje kupac. Faro ruka podešava se na način da ruka dosegne sva mjesta koja treba izmjeriti na komadu. Najčešće je to sredina komada (slika 36). Prilikom mjerenja Faro ruka ne smije se pomicati kako bi program zapamtio točke mjerenja.



Slika 36. Postavljanje Faro ruke u odnosu na komad mjerenja





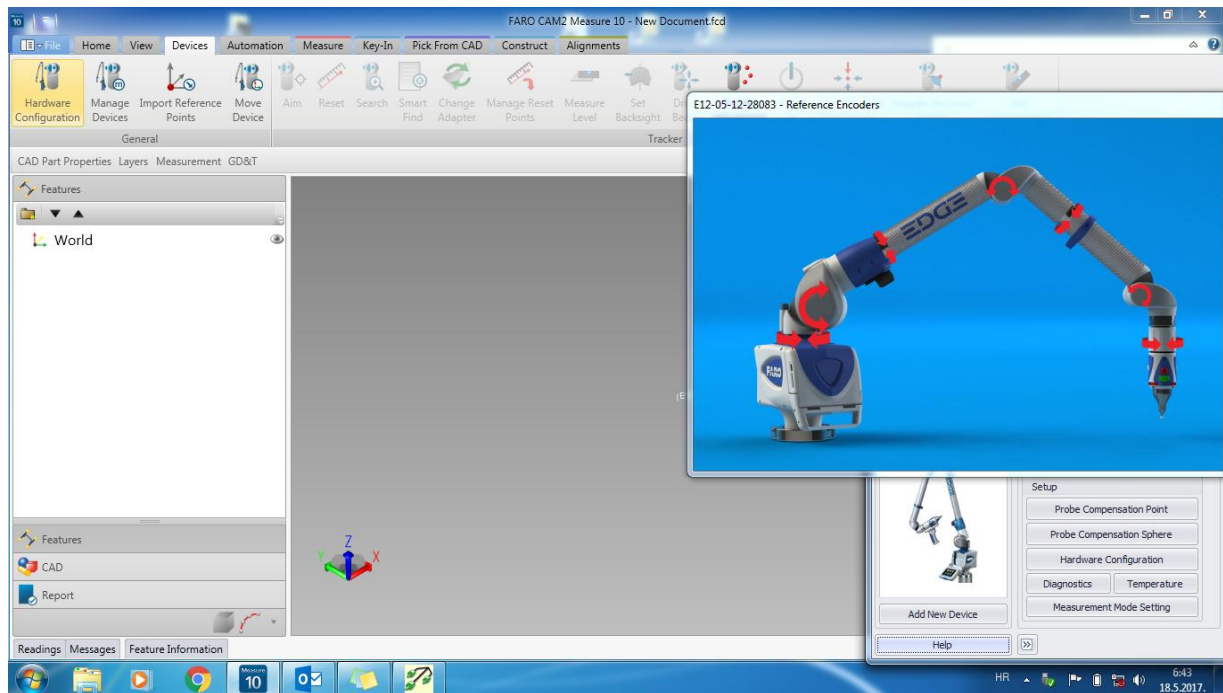
Slika 37. Dio pogona koji se mjeri



Slika 38. Dio pogona koji se mjeri

## 1. KORAK

Prije samog početka mjerenja svih sedam enkodera mora biti referencirano. Na prozoru se pojavi ruka sa svih sedam enkodera u grešci sve dok se ne rotira svaki zglob ruke. Nakon toga ruka je osposobljena za početak mjerenja (slika 39).

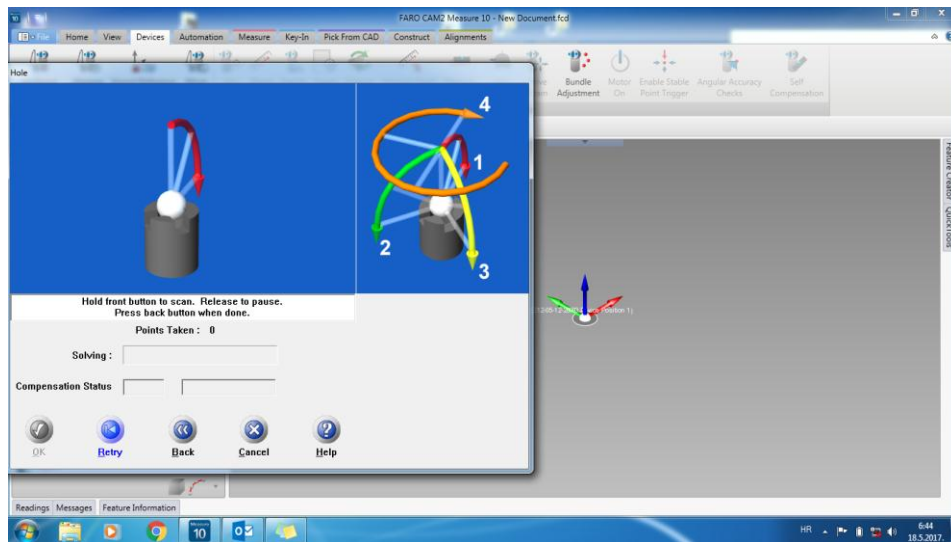


Slika 39. Referenciranje enkodera

## 2. KORAK

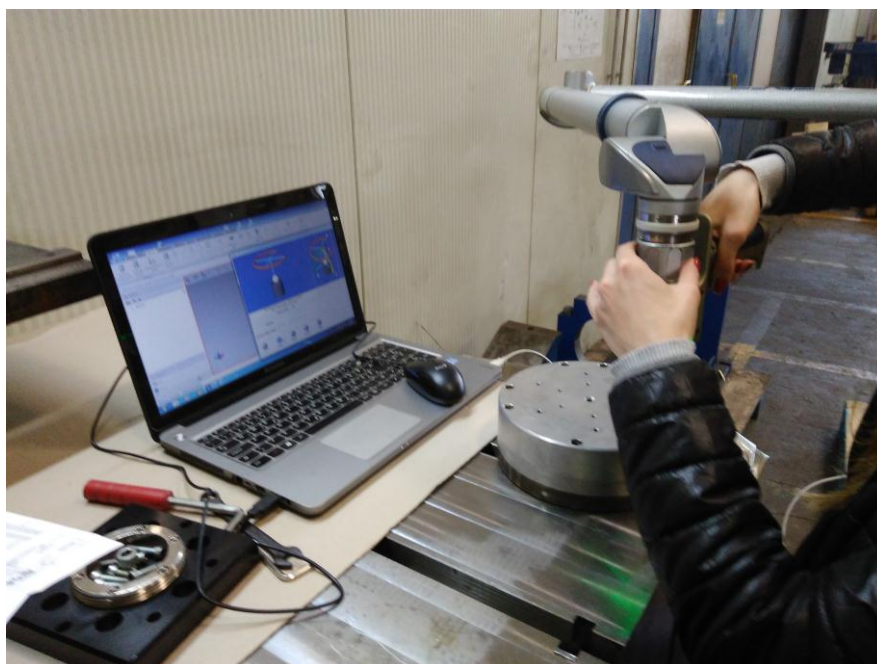
U drugom koraku provodi se kalibracija u konusu (slika 40, 41).

1. Postavili smo kuglu u konus s oprezom da se kugla ni u jednom trenutku ne odvoja od konusa.
2. Pritisnuli smo zeleni gumb i rotirali ruku u smjeru utora na konusu do horizontalne pozicije.
4. Otpustili smo zeleni gumb i ponovili isto u preostale dvije pozicije.
5. Ruka zahtjeva još jednu poziciju, rotiranje ručke oko svoje osi.



Slika 40. Kalibracija u programu CAM2 Measure

Važno je da kod kalibracije kugla dobro sjedi u konusu, inače će kalibracija biti loša. Kada smo uzeli sve točke sustav kalkulira kalibraciju. Ako je kalibracija dobra pojavljuje se zeleno svjetlo, u suprotnom pojavljuje se crveno svjetlo. U ovom mjeranju kalibracija je bila dobra te smo krenuli sa mjerenjem.

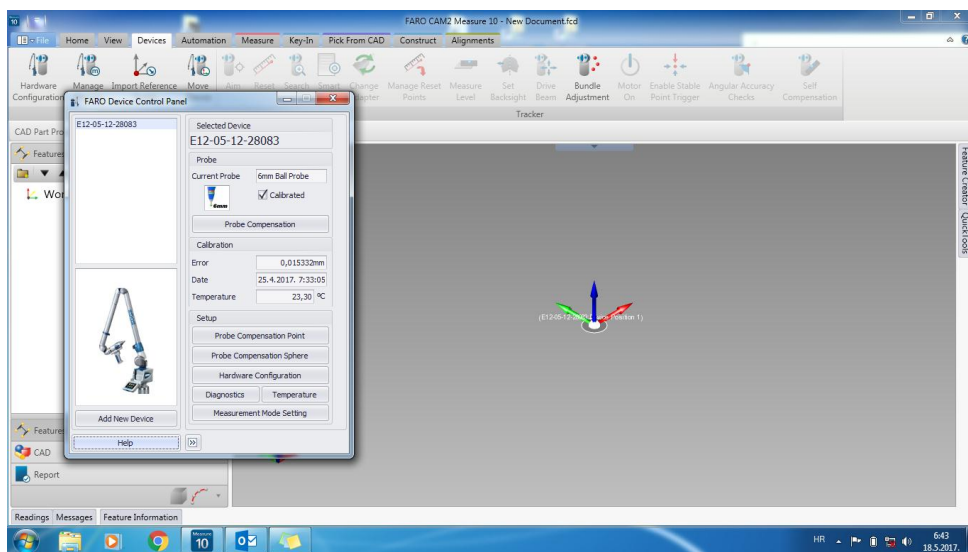


Slika 41. Kalibracija u konusu

### 3. KORAK

U ovom koraku otvara se Panel Control (slika 42) koji sadrži sve aktivne mjerne uređaje sa njihovim karakteristikama (ticala, jesu li kalibrirana ili ne, promjer ticala, kalibracijske podatke). U našem slučaju ticalo i promjer ticala odgovara onome koje je zadano u programu.

Mjeri se pomoću kugle promjera 6mm (slika 43). Srednja vrijednost grešaka kalibracije u svim točkama iznosi 0,015332 mm što je prihvatljivo i može se krenuti sa mjerenjem. Mjerenje se vrši na temperaturi 23,30°



Slika 42. Dijaloški okvir kontrole mjernog uređaja



Slika 43. Ticalo (promjer kugle 6 mm) pomoću kojeg mjerimo

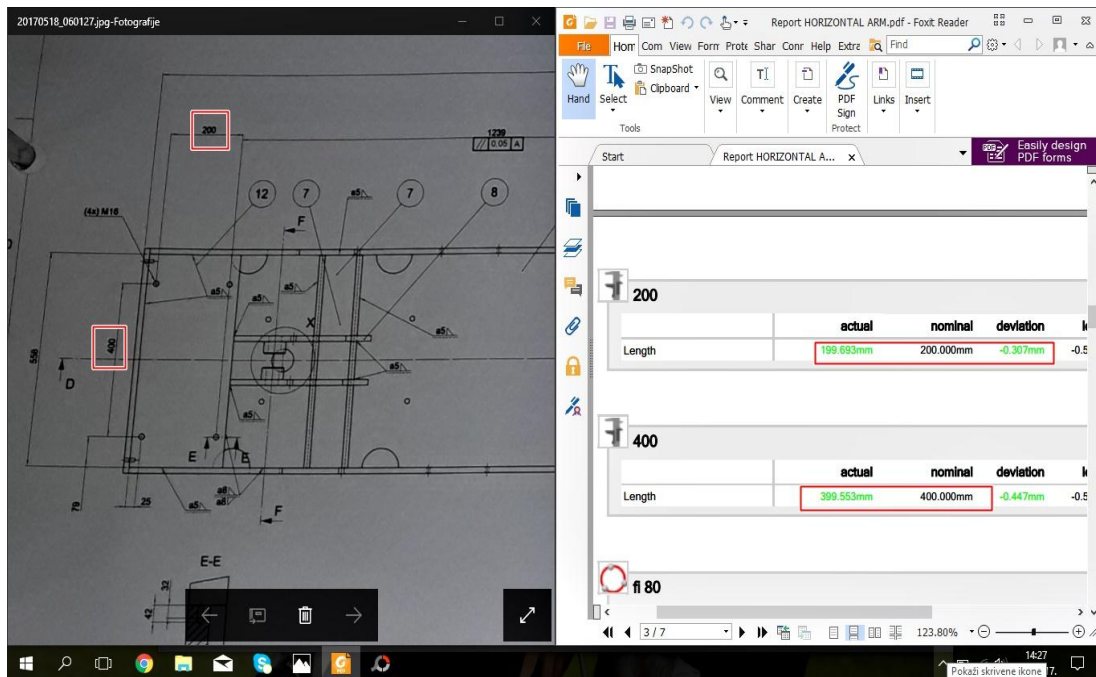


#### 4. KORAK

Podaci se uzimaju kada ticalo dotakne mjereni objekt pri čemu zasvijetli zeleno svjetlo na led diodi i čuje se zvuk na računalu. Kao što je već spomenuto, podaci se na računalo šalju putem USB kabela. Već tijekom mjerenja možemo vidjeti da li mjerena površina (krug, elipsa ili cilindar) odgovara mjeri koju je zadao kupac.

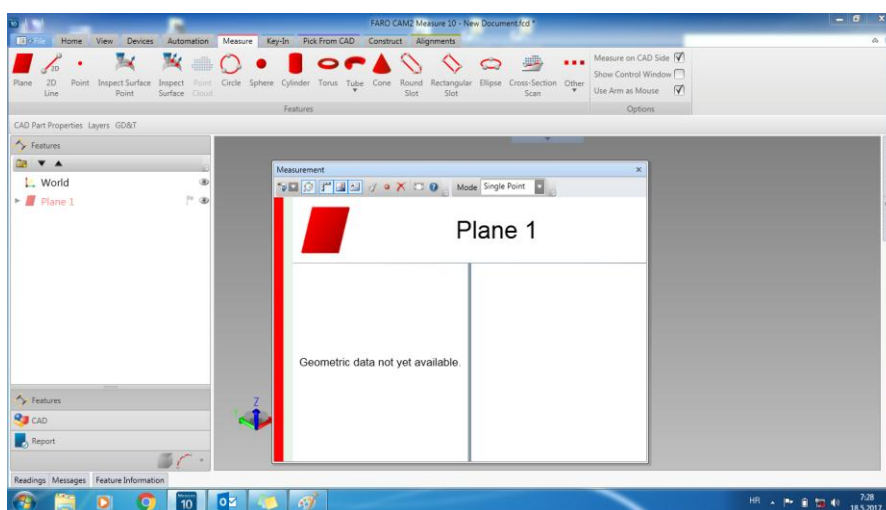


Slika 44. Mjerenje površine



Slika 45. Dokaz točnosti mjerenja površina u odnosu na nacrt kupca

Odabrane su sve površine mjerenja (5 površina) te je Faro ruka postavljena u sredinu tog komada kako bi s jednog položaja mogla dohvatiti sve potrebne površine za mjerenje. Važno je napomenuti da prije mjerenja rupe treba izmjeriti čitavu površinu na kojoj se ta rupa nalazi. S ticalom se dodirne mjerena površina i pritisne se zeleni gumb. Na takav isti način uzme se min. 8 točaka. Najbolje je da se točke uzimaju na rubnim dijelovima kako bi se izbjegla izbočenost sredine plohe. Ticalo se nakon toga podigne iznad plohe i pritišće crveni gumb za završetka mjerenja. (slika 44,45,46)



Slika 46. Mjerenje površine CAM2 Measure

## 5. KORAK

Nakon što je izmjerena površina, mjere se sve rupe na toj istoj površini. Mjerenje se vrši na sličan način kao i kod površina. S ticalom se uzima min. 6 točaka obruba rupe i pritišće se zeleno svjetlo (slika 49). Nakon što smo uzeli točke obruba, odmaknemo ticalo u središte rupe i pritisnemo crvenu tipku za završetak mjerenja.

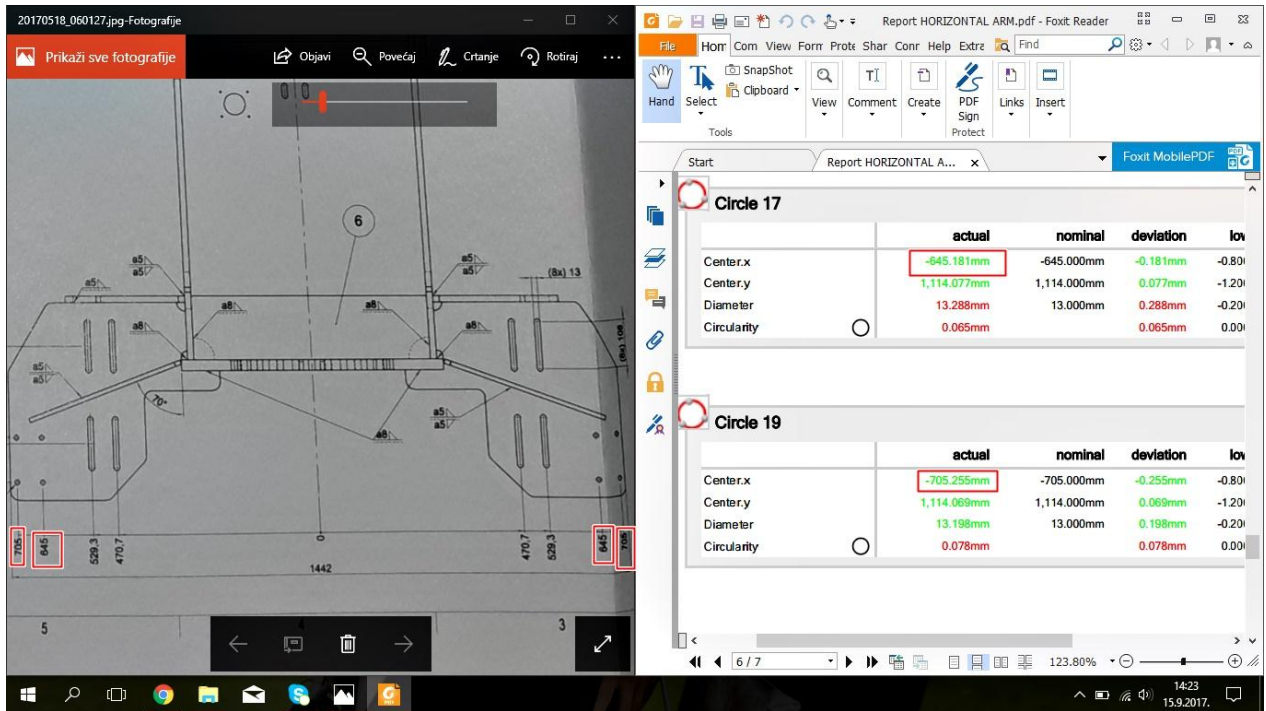
Na jednak način kao i kod rupa mjere se elipse i cilindri (slika 47-55).

Iako je Faro mjerenje sigurno i točno mjerenje, svaka rupa se unatoč tome dodatno provjerava pomoću mjernih instrumenata kao što su mikrometar za unutarnje mjerenje i kalibar.

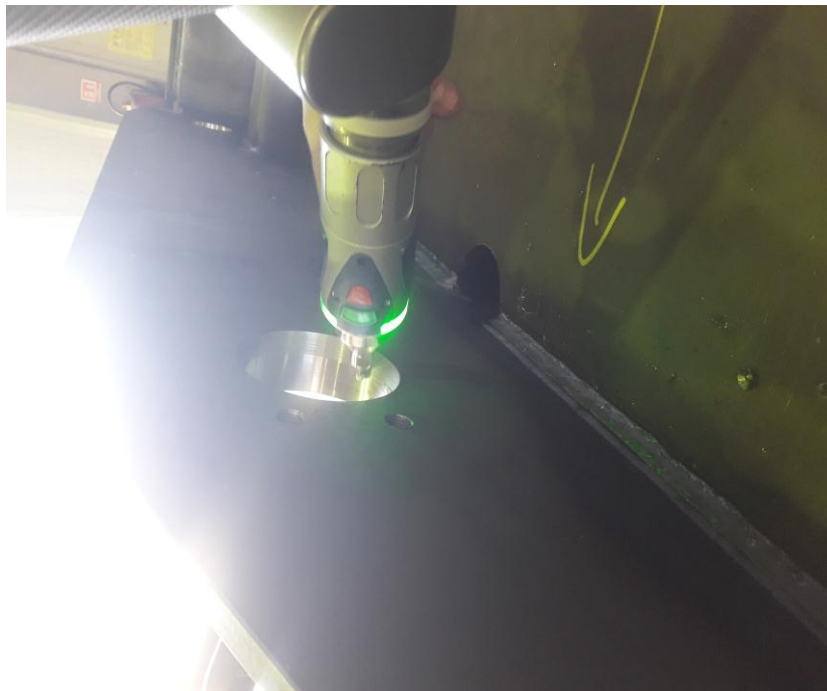
U ovom mjerenju izmjereno je 5 površina i ukupno 14 krugova, 6 elipsa i 4 linija. (slika 57)



Slika 47. Mjerenje rupe

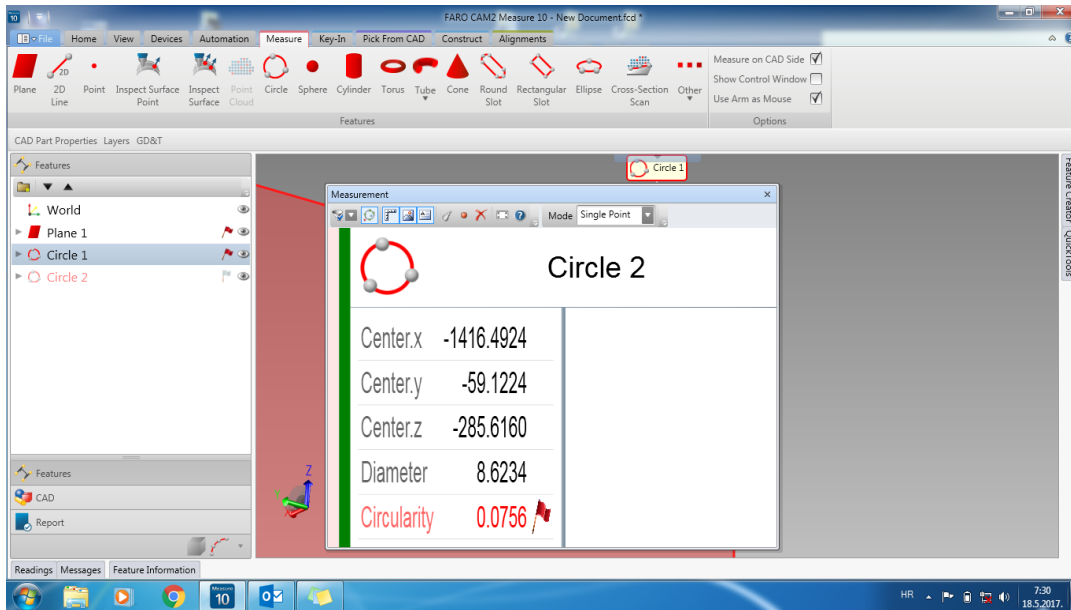


Slika 48. Dokaz točnosti mjerenja rupe u odnosu na nacrt kupca

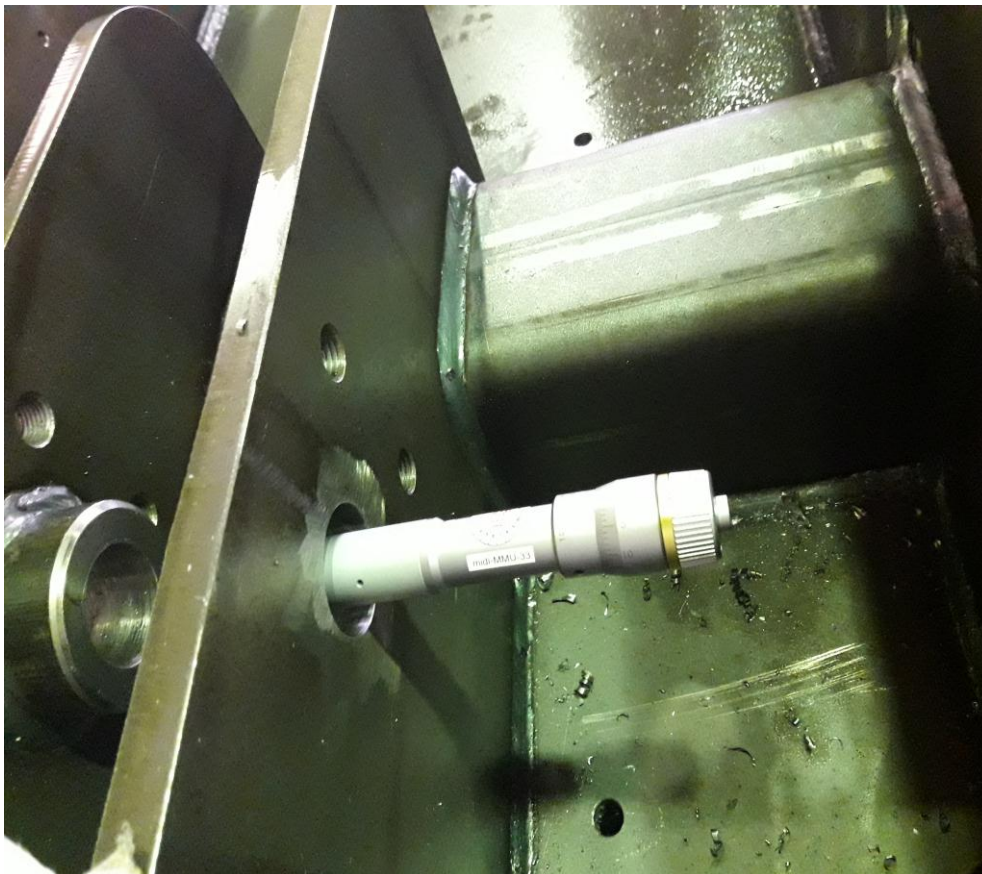


Slika 49. Mjerenje rupe

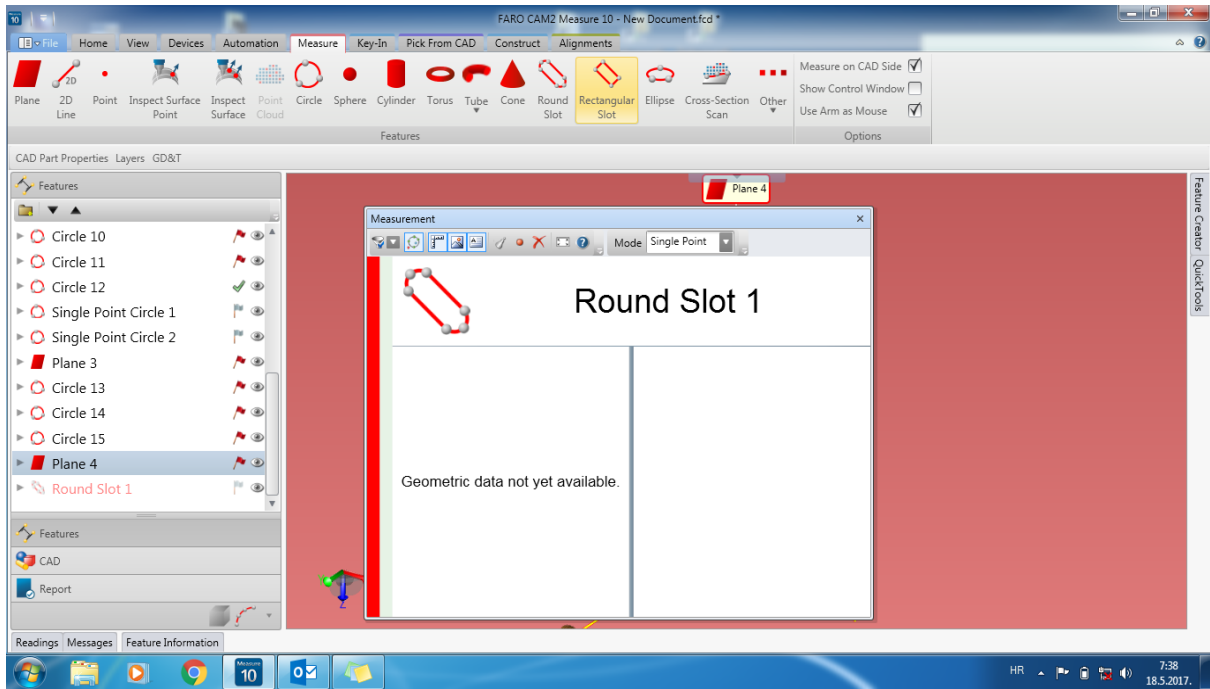




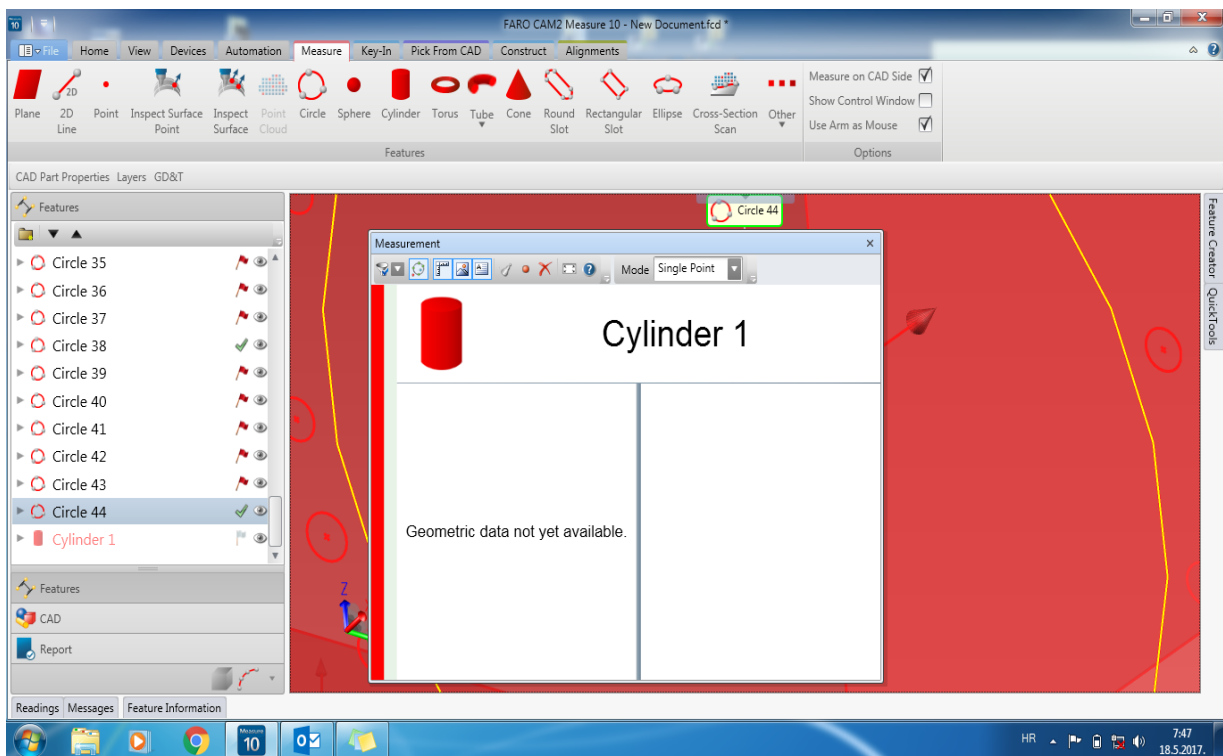
Slika 50. Mjerenje rupe u programu CAM2 Measure



Slika 51. Dodatna provjera rupe pomoću mikrometra



Slika 52. Mjerenje elipsa u programu CAM2 Measure



Slika 53. Mjerenje cilindra u programu CAM2 Measure



Slika 54. Mjerenje cilindra

The image shows a technical drawing of a cup (B-B) on the left and a software interface for measuring a cylinder on the right. The software interface displays measurement data for two diameters: 340 H7 and 370.

	actual	nominal	deviation	k
Diameter	339.984mm	340.000mm	-0.016mm	0.0
Cylindricity	0.031mm		0.031mm	0.0

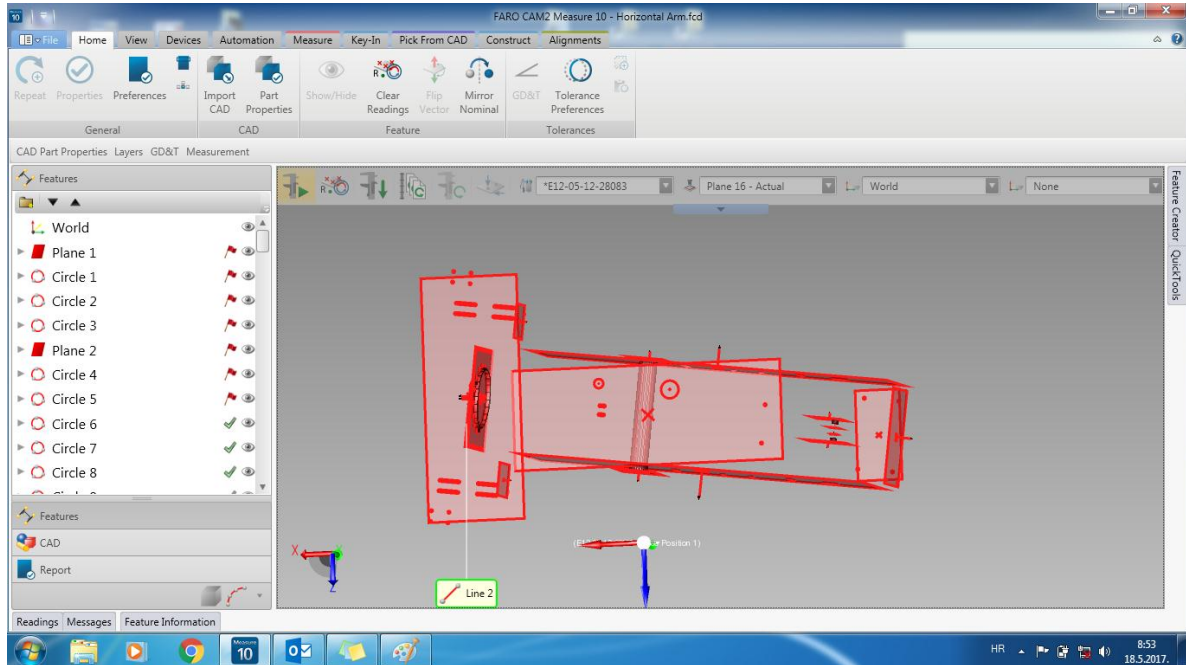
  

	actual	nominal	deviation	k
Diameter	369.941mm	370.000mm	-0.059mm	-0.5

Slika 55. Dokaz točnosti mjerenja cilindra u odnosu na nacrt kupca

## 9. KORAK

Na kraju mjerenja program CAM2 Measure nacrtava cijeli komad pomoću mjera koje su izmjerene i spremljene. (slika 56).



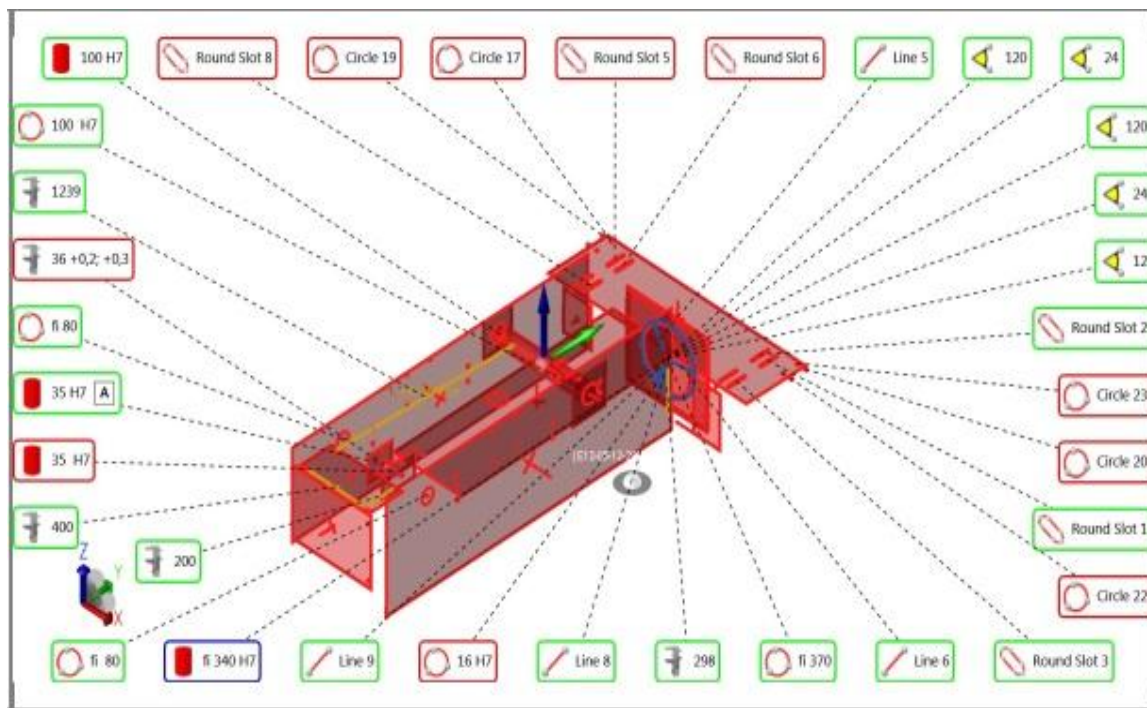
Slika 56. Nacrtni dio pogona u programu CAM2 Measure na temelju površina koje smo izmjerili

Iz tog gotovog izmjenjenog komada izvade se kote. Zadnje je izrada QS dokumenta (quality book), odnosno FARO izvješće o dimenzijama. QS izrađuje voditelj kontrole kvalitete, šalje kupcu na uvid i ukoliko kupac odobri isporuku prema svemu viđenome, logistika koja je zadužena za otpremu spakira proizvod (prema uputama tehnologa, pack listi) i šalje na određeno odredište.

Cijelo Faro izvješće za dio pogona promatračkog kotača u prilogu (slika 57).

Također, u prilog prilažem i nacrtava kupca kako bi dokazali ispravnost mjerenja.





Slika 57. Dio pogona koji smo izmjerili (iz izvješća)

## **8. Zaključak**

U ovom završnom radu je prikazano i objašnjeno mjerenje pomoću Faro ruke na dijelu pogona promatračkog kotača u poduzeću Midi d.o.o.

Mjerenje komada pomoću Faro ruke napisano je na temelju mojeg vlastitog zapažanja, mjerenja i konzultacija s djelatnicima poduzeća, te materijalima poduzeća. Provedbom mjerenja pomoću Faro ruke na dijelu pogona bilo je nekoliko manjih odstupanja prilikom usporedbe s nacrtom (izvješće u prilogu), ali ta odstupanja su zanemariva i kupac je zadovoljan. Ukoliko bi odstupanja bila prevelika u odnosu na zahtjev kupca komad se šalje na daljnju obradu i za to se obavještava odgovorne osobe kao što su voditelj kontrole kvalitete ili voditelj proizvodnje.

Pomoću nove tehnologije FARO mjerenje postaje brže, preciznije i samim time poboljšava se čitavi proizvodni proces. U današnje vrijeme najvažnije je u kratkom roku napraviti što bolje i kvalitetnije dok je konkurencija sve jača. S toga je bitna sposobnost prilagodbe različitim poslovima i projektima.

U Varaždinu, 4. listopada 2017.

## 9. Literatura

1. Veljko Kondić, Mjerenja u proizvodnji, podloge za nastavu, unin.hr
2. Materijali poduzeća MIDI d.o.o.
3. <https://www.google.hr/maps>, 22. 7. 2017.
4. Ustrojavanje organizacijske strukture i menadžment ljudskih resursa u poduzetništvu, prof. dr. sc. Marina Dabić
5. <http://www.faro.com/home>, 22. 7. 2017.
6. Elementi mjernih sustava – FFRi
7. Upute za rukovanje Faro – ruke
8. Mjerna tehnika, prof. dr. Nermina Zaimović – Uzunović, Zenica, 2006.

## Popis slika

Slika 1. Mjerne trake

Slika 2. Pomično mjerilo točnosti 0,05 mm

Slika 3. Digitalni mikrometar

Slika 4. Digitalna mjerna ura

Slika 5. Kalibar

Slika 6. Etaloni

Slika 7. Faro ruka, eng. FaroArm (<http://www.faro.com/home>, 22. 7. 2017.)

Slika 8. Poduzeće MIDI d.o.o.

Slika 9. Poduzeće MIDI d.o.o.

Slika 10. Lokacija poduzeća MIDI d.o.o.

Slika 11. Organizacijska struktura poduzeća

Slika 12. Konstrukcija krovišta baptističke crkve u Rijeci

Slika 13. Kućište ventilatora

Slika 14. Coca Cola Orlando eye

Slika 15. Dio pogona promatračkog kotača

Slika 16. Nadležnost i odgovornost tvrtke MIDI d.o.o.

Slika 17. Transportna kutija sa svim dodatnim elementima

Slika 18. Mjesto paljenja Faro ruke i spajanja USB kabla

Slika 19. LED diode i tipke na Faro ruci [2]

Slika 20. Referenciranje enkodera [2]

Slika 21. Ticala Faro ruke kojima raspolaže tvrtka MIDI [2]

Slika 22. Control Panel FARO

Slika 23. CAM2 Measure [2]



Slika 24. View log

Slika 25. Calibration log okvir

Slika 26. Kalibracije iz 3 različite pozicije [2]

Slika 27. Kalibracija CAM2 [2]

Slika 28. Kalibracija na plohi [2]

Slika 29. Položaj ruke kod kojih gubi slobodu kretanja

Slika 30. Faro tronožac

Slika 31. Nacrt komada izdan od strane Intamin-a

Slika 32. Strojna obrada komada

Slika 33. Kontrola mjerenja pomoću mikrometra

Slika 34. Kontrola mjerenja pomoću kalibra

Slika 35. Mjerenje pomoću Faroruke

Slika 36. Postavljanje Faro ruke u odnosu na komad mjerenja

Slika 37. Dio pogona koji se mjeri

Slika 38. Dio pogona koji se mjeri

Slika 39. Referenciranje enkodera

Slika 40. Kalibracija u programu CAM2 Measure

Slika 41. Kalibracija u konusu

Slika 42. Dijaloški okvir kontrole mjernog uređaja

Slika 43. Ticalo (promjer kugle 6mm) pomoću kojeg mjerimo

Slika 44. Mjerenje površine

Slika 45. Mjerenje površine CAM2 Measure

Slika 46. Mjerenje rupe

Slika 47. Mjerenje rupe

Slika 48. Mjerenje rupe u programu CAM2 Measure

Slika 49. Provjera rupe pomoću mikrometra

Slika 50. Mjerenje elipsa u programu CAM2 Measure

Mjerenje 51. cilindra u programu CAM2 Measure

Slika 52. Nacrtan dio pogona u programu CAM2 Measure na temelju površina koje smo izmjerili

Slika 53. Dio pogona koji smo izmjerili

## **Popis tablica**

Tablica 1. Osnovne jedinice SI sustava

Tablica 2. Status proizvoda u toku radnog procesa

## **Prilozi**

1. Faro izvješće za dio pogona promatračkog kotača
2. Nacrt kupca INTAMIN

# Sveučilište Sjever



SVEUČILIŠTE  
SIEVER



|  
MMT

## IZJAVA O AUTORSTVU I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Iva Novak (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Mjerenje pomoću farove ruke na djelu pogona promatračkog kotača (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Iva Novak

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Iva Novak (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Mjerenje pomoću farove ruke na djelu pogona promatračkog kotača (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Iva Novak

(vlastoručni potpis)