

Kontrola geometrije oblika i položaja 3D skeniranih objekata u programskom paketu GOM INSPEKT

Golešić, Maja

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:838807>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-20**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
Specijalistički studij Strojарstva

Maja Golešić

**KONTROLA GEOMETRIJE
OBLIKA I POLOŽAJA 3D
SKENIRANIH OBJEKATA U
PROGRAMSKOM PAKETU
GOM INSPECT**

Diplomski rad

Karlovac, 2017.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
Specijalistički studij Strojарstva

Maja Golešić

**KONTROLA GEOMETRIJE
OBLIKA I POLOŽAJA 3D
SKENIRANIH OBJEKATA U
PROGRAMSKOM PAKETU
GOM INSPECT**

Diplomski rad

Mentor:
Josip Groš mag. ing. mech.

Karlovac, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svojim roditeljima na beskrajnom strpljenju i potpori tijekom svih ovih godina studiranja.

Zahvaljujem se svim kolegama i prijateljima na savjetima i pomoći tijekom studiranja.

Maja Golešić



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Specijalistički studij: Strojarstva

Usmjerenje: Strojarske konstrukcije

Karlovac, 18.07.2017

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Student: **Maja Golešić**

Matični broj: 0111415037

Naslov: **KONTROLA GEOMETRIJE OBLIKA I POLOŽAJA 3D SKENIRANIH OBJEKATA U PROGRAMSKOM PAKETU GOM INSPECT**

Opis zadatka:

Zahtjevi na geometrijsku točnost oblika i položaja predmeta su svakim danom sve veći. Zato se usporedno razvijaju nove mjerne metode. Cilj današnjih mjernih metoda je da budu brže i točnije. 3D optički mjerni uređaji sve više prostora zauzimaju u industriji koja se bazira na proizvodnji limenih konstrukcija ili odljevaka.

Student treba u radu objasniti:

1. Dosadašnji razvoj 3D optičkih mjernih uređaja
2. Objasniti sučelje i funkcije programskog paketa GOM inspect
3. Pokazati funkcije geometrije oblika i položaja na 3d skeniranim objektima
4. Ovisnost utjecajnih parametara na kontrolu geometrije i oblika
5. Izrada izvještaja o mjerenju

Zadatak zadan:
18.07.2017

Rok predaje rada:
02.11.2017

Predviđeni datum obrane:
14.11.2017

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA.....	X
SAŽETAK	XII
1. UVOD.....	1
1.1 Povijest mjerenja	1
1.2 Mjerne metode.....	2
1.3 3D optički uređaji.....	3
2. GOM INSPECT	4
2.1 Što je GOM Inspect	4
2.2 Upoznavanje sa sučeljem programa GOM Inspect	5
2.2.1 Start screen.....	5
2.2.2 New Project.....	7
3. KONTROLA DIMENZIJA.....	13
3.1 Usporedba dimenzija stvarnog modela s onima na radioničkom crtežu	13
3.1.1 Kontrola ukupne dužine modela.....	16
3.1.2 Kontrola promjera cilindra slova "o"	21
3.1.3 Kontrola kuta na slovu "m"	25
3.2 Usporedba geometrije stvarnog modela s CAD modelom.....	34
3.2.1 Kontrola promjera cilindra slova "o" i usporedba s CAD modelom.....	36
3.2.2 Udaljenost između dva cilindra	40
4. KONTROLA OBLIKA, ORJENTACIJE I POLOŽAJA.....	45
4.1 Kontrola ravnosti.....	45

4.2	Kontrola paralelnosti.....	48
4.3	Kontrola položaja (pozicije)	52
4.4	Kontrola cilindričnosti.....	54
4.5	Kontrola položaja (pozicije) u odnosu na dvije ravnine.....	57
5.	METODE KONSTRUIRANJA ELEMENATA	61
5.1	Gaussian best-fit.....	62
5.2	Chebyshev best-fit.....	63
5.3	Maximum inscribed element.....	65
5.4	Minimum circumscribed element	66
5.5	Primjer usporedbe metoda	67
6.	REZULTATI MJERENJA	73
6.1	Gaussian best fit (1 sigma).....	75
6.2	Gaussian best fit (2 sigma).....	81
6.3	Gaussian best fit (3 sigma).....	87
6.4	Gaussian best fit (4 sigma).....	93
6.5	Gaussian best fit (5 sigma).....	99
6.6	Gaussian best fit (all points)	105
6.7	Chebyshev best fit (inside)	111
6.8	Chebyshev best fit (middle)	117
6.9	Chebyshev best fit (outside)	123
6.10	Maximum inscribed element.....	129
6.11	Minimum circumscribed element.....	135
7.	ANALIZA REZULTATA MJERENJA.....	141
8.	ZAKLJUČAK.....	145

PRILOZI.....	146
LITERATURA	147

POPIS SLIKA

Slika 1.	Podjela mjernih metoda [2].....	2
Slika 2.	Start screen.....	5
Slika 3.	GOM Community.....	7
Slika 4.	Učitavanje modela.....	8
Slika 5.	Sučelje GOM Inspect programa.....	9
Slika 6.	Koordinatni sustav.....	9
Slika 7.	Glavni izbornik za odabir radnog okruženja.....	10
Slika 8.	Odabir orijentacije modela.....	10
Slika 9.	Izgled Explorera.....	11
Slika 10.	Izgled Properties window.....	12
Slika 11.	Alatna traka s prečacima.....	13
Slika 12.	Naredba za 3-2-1- alignment.....	14
Slika 13.	Odabir točaka za 3-2-1 alignment.....	14
Slika 14.	Radionički crtež 1.....	15
Slika 15.	Radionički crtež 2.....	15
Slika 16.	Dužina modela na radioničkom crtežu.....	16
Slika 17.	Odabir naredbe za konstrukciju dužine.....	17
Slika 18.	Naredba za selektiranje svih točaka na modelu.....	18
Slika 19.	Izgled konstruirane dužine.....	18
Slika 20.	Odabir naredbe I-Inspect.....	19
Slika 21.	I-Inspect.....	19
Slika 22.	Odabir naredbe za provjeru dužine.....	20
Slika 23.	Rezultati mjerenja dužine.....	21
Slika 24.	Zadana vrijednost promjera cilindra.....	22
Slika 25.	Naredba za konstrukciju cilindra.....	23
Slika 26.	Odabir cilindra.....	24
Slika 27.	Naredba za izmjeru promjera cilindra.....	24
Slika 28.	Rezultati mjerenja cilindra.....	25

Slika 29.	Zadani kut na slovu "m"	26
Slika 30.	Naredba za izradu presjeka	27
Slika 31.	Prikaz označene površine na kojoj će se konstruirati presjek	28
Slika 32.	Naredba za konstruiranje linija.....	29
Slika 33.	Prikaz konstruiranih linija	30
Slika 34.	Naredba za konstruiranje kuta	31
Slika 35.	Definiranje kuta	32
Slika 36.	Prikaz labela na modelu.....	33
Slika 37.	Naredba za kontrolu kuta	33
Slika 38.	Rezultati provjere kuta	34
Slika 39.	Orientacija stl i stp modela	35
Slika 40.	Naredba za Prealignment	36
Slika 41.	Micanje vidljivosti u Exploreru	37
Slika 42.	Odabir naredbe za konstrukciju cilindra	38
Slika 43.	Fitting element	39
Slika 44.	Naredba za usporedbu vrijednosti CAD i stvarnog modela.....	39
Slika 45.	Usporedba vrijednosti CAD i stvarnog modela.....	40
Slika 46.	Naredba za konstrukciju ravnina.....	41
Slika 47.	Naredba za konstrukciju točaka	42
Slika 48.	Referenced Construction	43
Slika 49.	Naredba za konstrukciju udaljenosti između dvije točke	43
Slika 50.	Dužina između dvije točke	44
Slika 51.	Rezultati mjerenja udaljenosti između dva cilindra.....	45
Slika 52.	Ravnina C	46
Slika 53.	Ispitivanje ravnosti	47
Slika 54.	Grafički prikaz rezultata kontrole ravnosti	48
Slika 55.	Naredba za Datum System	49
Slika 56.	Definiranje Datum Systema	49
Slika 57.	Površina na kojoj će se vršiti kontrola paralelnosti.....	50

Slika 58.	Definiranje uvjeta za kontrolu paralelnosti	51
Slika 59.	Grafički prikaz rezultata kontrole paralelnosti.....	51
Slika 60.	Prikaz površine na kojoj će se vršiti kontrola položaja	52
Slika 61.	Naredba za kontrolu položaja	53
Slika 62.	Definiranje parametara kontrole položaja i rezultati kontrole	53
Slika 63.	Prikaz dijela na kojem će bit napravljena kontrola cilindričnosti	54
Slika 64.	Prikaz površine na kojoj se radi konstrukcija cilindra	55
Slika 65.	Definiranje labela	55
Slika 66.	Grafički prikaz zone tolerancije	56
Slika 67.	Grafički prikaz rezultata kontrole cilindričnosti	57
Slika 68.	Prikaz ravnina i tražene tolerancije u odnosu na njih	57
Slika 69.	Prikaz konstruiranih ravnina.....	58
Slika 70.	Redoslijed odabira ravnina za Datum System	59
Slika 71.	Parametri kontrole.....	60
Slika 72.	Rezultati kontrole	60
Slika 73.	Prikaz tablice s rezultatima	61
Slika 74.	Gaussian best-fit metoda	63
Slika 75.	Chebyshev best-fit metoda	64
Slika 76.	Prikaz područja obuhvaćenog odabirom lokacije.....	64
Slika 77.	Usporedba svih lokacija na istom modelu [6].....	65
Slika 78.	Maximum inscribed element metoda	65
Slika 79.	Minimum circumscribed element metoda.....	66
Slika 80.	Usporedba metoda [6]	67
Slika 81.	izgled p6 i p10 modela	67
Slika 82.	Konstrukcija cilindara i ravnine.....	68
Slika 83.	Prikaz presjeka i kružnica	69
Slika 84.	Dijagram rezultata mjerenja za model 17072017v1p6	70
Slika 85.	Dijagram rezultata mjerenja za model 17072017v1p10	72
Slika 86.	Gaussian 1 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)	76

Slika 87.	Gaussian 1 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)	76
Slika 88.	Gaussian 1 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)	77
Slika 89.	Gaussian 1 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)	78
Slika 90.	Gaussian 1 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)	79
Slika 91.	Gaussian 1 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)	79
Slika 92.	Gaussian 2 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)	82
Slika 93.	Gaussian 2 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)	82
Slika 94.	Gaussian 2 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)	83
Slika 95.	Gaussian 2 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)	84
Slika 96.	Gaussian 2 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)	85
Slika 97.	Gaussian 2 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)	85
Slika 98.	Gaussian 3 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)	88
Slika 99.	Gaussian 3 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)	88
Slika 100.	Gaussian 3 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)	89
Slika 101.	Gaussian 3 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)	90
Slika 102.	Gaussian 3 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)	91
Slika 103.	Gaussian 3 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)	91
Slika 104.	Gaussian 4 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)	94
Slika 105.	Gaussian 4 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)	94
Slika 106.	Gaussian 4 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)	95
Slika 107.	Gaussian 4 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)	96
Slika 108.	Gaussian 4 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)	97
Slika 109.	Gaussian 4 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)	97
Slika 110.	Gaussian 5 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)	100
Slika 111.	Gaussian 5 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)	100
Slika 112.	Gaussian 5 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)	101
Slika 113.	Gaussian 5 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)	102
Slika 114.	Gaussian 5 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)	103
Slika 115.	Gaussian 5 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)	103

Slika 116.	Gaussian all points za 6 položaja (1 mjerenje).....	106
Slika 117.	Gaussian all points za 10 položaja (1 mjerenje).....	106
Slika 118.	Gaussian all points za 6 položaja (2 mjerenje).....	107
Slika 119.	Gaussian all points za 10 položaja (2 mjerenje).....	108
Slika 120.	Gaussian all points za 6 položaja (3 mjerenje).....	109
Slika 121.	Gaussian all points za 10 položaja (3 mjerenje).....	109
Slika 122.	Chebyshev inside za 6 položaja (1 mjerenje).....	112
Slika 123.	Chebyshev inside za 10 položaja (1 mjerenje).....	112
Slika 124.	Chebyshev inside za 6 položaja (2 mjerenje).....	113
Slika 125.	Chebyshev inside za 10 položaja (2 mjerenje).....	114
Slika 126.	Chebyshev inside za 6 položaja (3 mjerenje).....	115
Slika 127.	Chebyshev inside za 10 položaja (3 mjerenje).....	115
Slika 128.	Chebyshev midle za 6 položaja (1 mjerenje)	118
Slika 129.	Chebyshev midle za 10 položaja (1 mjerenje)	118
Slika 130.	Chebyshev midle za 6 položaja (2 mjerenje)	119
Slika 131.	Chebyshev midle za 10 položaja (2 mjerenje)	120
Slika 132.	Chebyshev midle za 6 položaja (3 mjerenje)	121
Slika 133.	Chebyshev midle za 10 položaja (3 mjerenje)	121
Slika 134.	Chebyshev outside za 6 položaja (1 mjerenje)	124
Slika 135.	Chebyshev outside za 10 položaja (1 mjerenje)	124
Slika 136.	Chebyshev outside za 6 položaja (2 mjerenje)	125
Slika 137.	Chebyshev outside za 10 položaja (2 mjerenje)	126
Slika 138.	Chebyshev outside za 6 položaja (3 mjerenje)	127
Slika 139.	Chebyshev outside za 10 položaja (3 mjerenje)	127
Slika 140.	Maximum za 6 položaja (1 mjerenje)	130
Slika 141.	Maximum za 10 položaja (1 mjerenje)	130
Slika 142.	Maximum za 6 položaja (2 mjerenje)	131
Slika 143.	Maximum za 10 položaja (2 mjerenje)	132
Slika 144.	Maximum za 6 položaja (3 mjerenje)	133

Slika 145.	Maximum za 10 položaja (3 mjerenje)	133
Slika 146.	Minimum za 6 položaja (1 mjerenje)	136
Slika 147.	Minimum za 10 položaja (1 mjerenje)	136
Slika 148.	Minimum za 6 položaja (2 mjerenje)	137
Slika 149.	Minimum za 10 položaja (2 mjerenje)	138
Slika 150.	Minimum za 6 položaja (3 mjerenje)	139
Slika 151.	Minimum za 10 položaja (3 mjerenje)	139

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Rezultati mjerenja modela 17072017v1p6	69
Tablica 2.	Rezultati mjerenja modela 17072017v1p10	71
Tablica 3.	Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (1 sigma).....	75
Tablica 4.	Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (1 sigma)	77
Tablica 5.	Treći dan mjerenja Gaussian best fit (1 sigma).....	78
Tablica 6.	Standardno odstupanje za Gaussian best fit (1 sigma).....	80
Tablica 7.	Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (2 sigma).....	81
Tablica 8.	Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (2 sigma)	83
Tablica 9.	Treći dan mjerenja Gaussian best fit (2 sigma).....	84
Tablica 10.	Standardno odstupanje za Gaussian best fit (2 sigma)	86
Tablica 11.	Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (3 sigma)	87
Tablica 12.	Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (3 sigma)	89
Tablica 13.	Treći dan mjerenja Gaussian best fit (3 sigma)	90
Tablica 14.	Standardno odstupanje za Gaussian best fit (3 sigma)	92
Tablica 15.	Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (4 sigma)	93
Tablica 16.	Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (4 sigma)	95
Tablica 17.	Treći dan mjerenja Gaussian best fit (4 sigma)	96
Tablica 18.	Standardno odstupanje za Gaussian best fit (4 sigma)	98
Tablica 19.	Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (5 sigma)	99
Tablica 20.	Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (5 sigma)	101
Tablica 21.	Treći dan mjerenja Gaussian best fit (5 sigma)	102
Tablica 22.	Standardno odstupanje za Gaussian best fit (5 sigma)	104
Tablica 23.	Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (all points).....	105
Tablica 24.	Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (all points)	107
Tablica 25.	Treći dan mjerenja Gaussian best fit (all points).....	108
Tablica 26.	Standardno odstupanje za Gaussian best fit (all points).....	110
Tablica 27.	Prvi dan mjerenja Chebyshev best fit (inside).....	111
Tablica 28.	Drugi dan mjerenja Chebyshev best fit (inside)	113

Tablica 29.	Treći dan mjerenja Chebyshev best fit (inside).....	114
Tablica 30.	Standardno odstupanje za Chebyshev best fit (inside).....	116
Tablica 31.	Prvi dan mjerenja Chebyshev best fit (midle)	117
Tablica 32.	Drugi dan mjerenja Chebyshev best fit (midle)	119
Tablica 33.	Treći dan mjerenja Chebyshev best fit (midle).....	120
Tablica 34.	Standardno odstupanje za Chebyshev best fit (midle).....	122
Tablica 35.	Prvi dan mjerenja Chebyshev best fit (outside)	123
Tablica 36.	Drugi dan mjerenja Chebyshev best fit (outside)	124
Tablica 37.	Treći dan mjerenja Chebyshev best fit (outside).....	126
Tablica 38.	Standardno odstupanje za Chebyshev best fit (outside).....	128
Tablica 39.	Prvi dan mjerenja Maximum inscribed element	129
Tablica 40.	Drugi dan mjerenja Maximum inscribed element.....	130
Tablica 41.	Treći dan mjerenja Maximum inscribed element	132
Tablica 42.	Standardno odstupanje za Maximum inscribed element	134
Tablica 43.	Prvi dan mjerenja Minimum circumscribed element.....	135
Tablica 44.	Drugi dan mjerenja Minimum circumscribed element	136
Tablica 45.	Treći dan mjerenja Minimum circumscribed element.....	138
Tablica 46.	Standardno odstupanje za Minimum circumscribed element.....	140
Tablica 47.	Primjer uzetih vrijednosti za proračun standardnog odstupanja	143
Tablica 48.	Najveće standardno odstupanje	143

SAŽETAK

Razvojem industrije i moderne proizvodnje gdje se težište stavlja na brz razvoj proizvoda, te traženje i eliminaciju grešaka u samom procesu proizvodnje, kontrola kvalitete dobiva sve veće značenje u proizvodnim procesima.

U diplomskom radu objašnjen je princip rada 3D optičkog mjernog uređaja koji je prisutan u kontroli kvalitete limova i sličnih proizvoda. Izvršena su mjerenja na prirubnici strojnog dijela. Detaljno je objašnjen besplatan programski paket GOM inspect, te se naglasak stavio na kontrolu geometrije oblika i položaja.

Kontrola kvalitete prirubnice odnosila se na kontrolu provrta, te usporedbu rezultata mjerenja s uređajem više razine točnosti - trokoordinatni mjerni uređaj. Prirubnica je mjerena u šest i deset položaja. Svako mjerenje je ponovljeno pet puta.

Ispitane su mogućnosti programskog paketa GOM inspect kao i filteri koje koristi za određivanje promjera provrta.

Napravljena je analiza svih filtera u odnosu na rezultate mjerenja na trokoordinatnom mjernom uređaju.

1. UVOD

U proizvodnom strojarstvu sve se više javlja potreba za brzim i preciznim mjerenjima geometrijskih karakteristika. Rezultat tome je da sve više rastu zahtjevi za kvalitetom, zbog sve veće konkurencije, ali i automatizacije procesa proizvodnje.

Razvojem novih proizvoda povećala se i njihova kompleksnost u vidu geometrijskih karakteristika, postaju sve složeniji, kako bi se u konačnici smanjio ukupan broj dijelova u proizvodnji, te rastu zahtjevi za njihovom funkcionalnošću. Prijašnje metode proizvodnje bile su relativno ograničavajuće što se kompleksnosti dizajna tiče, pa su stoga i sami proizvodi bili jednostavnih linija i oblika. Na takvim proizvodima bila je relativno jednostavna kontrola kvalitete.

Kako u današnje vrijeme osim preciznosti izrade, velika pažnja se daje i samoj brzini razvoja proizvoda, te njegovom plasmanu na tržište, javlja se potreba za novi pristup u mjerenju i kontroli geometrije oblika. Zbog toga je kontrola kvalitete postala prisutna već u fazi izrade pojedinih dijelova proizvoda ili neposredno nakon, a ne kao do tada samo u konačnici nakon završetka izrade cijelog proizvoda.

Stalnim napredovanjem industrije, svakog dana se sve više pomiču granice proizvodnje, proizvode se sve složenijih i zahtjevnijih izradci, sukladno tome javljaju se sve veći zahtjevi na točnost izrade, te smanjenja dopuštenih tolerancija, pa je stoga potrebno da i mjerni uređaji prate trendove u vidu velike brzine i točnosti mjerenja.

1.1 Povijest mjerenja

Mjerenje i tehnike mjerenja sežu daleko u prošlost.

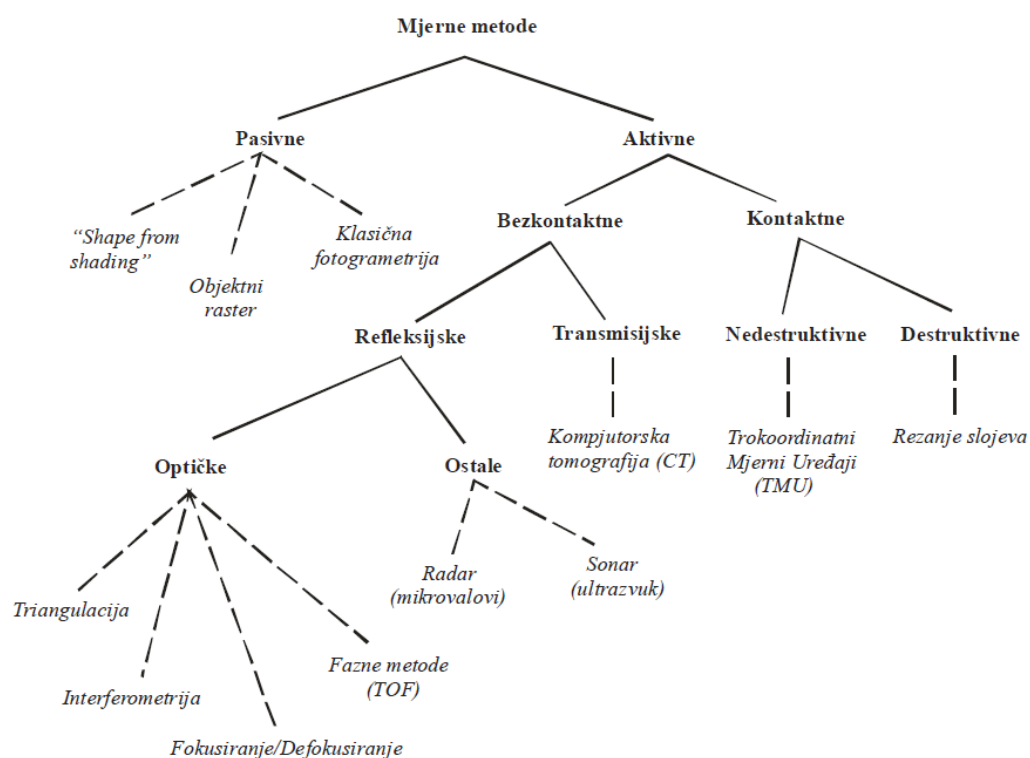
Prije 5000 godina Babilonci i Egipćani koriste metode triangulacije, Euklid i Arhimed postavljaju osnove trigonometrije prije otprilike 2500 godina, dok je Snell von Rojen proučavao zakone triangulacije još u 17. stoljeću.

3D skeneri bazirani na metodi triangulacije s mogućnosti snimanja trodimenzionalne slike modela sa zadovoljavajućom rezolucijom napravljeni su unazad 25 godina, nakon desetljeća teoretskih razmatranja, laboratorijskih pristupa i prototipa baziranih na najnovijem razvoju obrade fotografije. [1]

Naglim razvojem tehnike i informatičkih sustava dovelo je do razvoja i samih 3D skenera.

1.2 Mjerne metode

Klasifikaciju mjernih metoda s obzirom na karakter metode kojom se vrši definicija položaja mjerne točke radi dobivanja pouzdane mjerne informacije vidi se na slici (Slika 1).



Slika 1. Podjela mjernih metoda [2]

Mjerne metode možemo podijeliti u dvije velike grupe na aktivne i pasivne.

Pasivne metode nemaju fizičku interakciju mjernog senzora s površinom mjernog objekta. Pritom koriste samo postojeće ili naknadno nanесene karakteristike optički vidljive na površini mjernog objekta (geometrijski pravilne markacije tj. pravilna ili stohastička struktura površine mjernog objekta).

Aktivne metode koriste interakciju s objektom. To se postiže bilo neposrednim fizičkim kontaktom vrhom kontaktnog ticala senzora (kao kod Trokoordinatnih Mjernih Uređaja - TMU, odn. CMM iz eng. Coordinate Measuring Machines) s površinom mjernog objekta, bilo posredno bez direktnog mehaničkog kontakta mjernog senzora i površine mjereneog objekta, a preko projiciranja neke vrste energije na mjerni objekt i analizom povratnog signala (npr. projiciranjem koherentnog ili nekoherentnog svjetla, ultrazvuka, infracrvenih ili X-zraka i sl.). [2]

1.3 3D optički uređaji

Optička mjerna metoda spada u bezkontaktne mjerne metode (Slika 1).

Područje primjene trodimenzionalnog mjerenja oblika optičkim metodama je široko i obuhvaća sve od kontrole kvalitete, preko arheologije, autoindustrije, zrakoplovne industrije, pa sve do medicine.

Mjerni uređaji koji koriste optičke mjerne metode za prikaz objekata nazivaju se 3D skeneri. 3D skeniranje objekata prvobitno se upotrebljavalo samo za reverzibilno inženjerstvo, dok danas veliku primjenu ima kod mjerenja i kontrole kvalitete proizvoda.

Kod kontrole kvalitete osim samog skenera, potreban je i pripadajući program za analizu mjernih podataka, te usporedbu s CAD modelom.

2. GOM INSPECT

2.1 Što je GOM Inspect

GOM Inspect je program za analiziranje podataka dobivenih 3D mjerenjem korištenjem 3D skenera s plavim svjetlom ili laserskih skenera, trokoordinatnih mjernih uređaja (CMM) i ostalih mjernih sustava. GOM-ov program se koristi u razvoju proizvoda, kontroli kvalitete i proizvodnji. [3]

Mogućnosti koje program nudi su [4]:

- Učitavanje CAD modela u standardnim formatima : IGES, STEP, JT Open, ...

- Mogućnost višestrukog poklapanja mjernog rezultata i CAD modela unutar istog projekta: automatsko poravnavanje, RPS, 3-2-1, ravnina-linija-točka, best-fit (metoda najmanjih odstupanja), hijerarhijsko poravnavanje...

- Odstupanja oblika mjernog objekta od CAD originala: površinski prikaz, po presjecima i u pojedinačnim točkama

- Generiranje pravilnih geometrijskih tijela na temelju mjernog rezultata i CAD modela

- Dvodimenzionalna analiza po presjecima

- Mjerne funkcije: udaljenosti, kutovi, promjeri, virtualna pomična mjerka...

- Tolerancije oblika i položaja (GD&T analiza) po standardima ISO 1101 i ASME Y14.5

- Mjerni izvještaji: screenshot, proračunske tablice, PDF

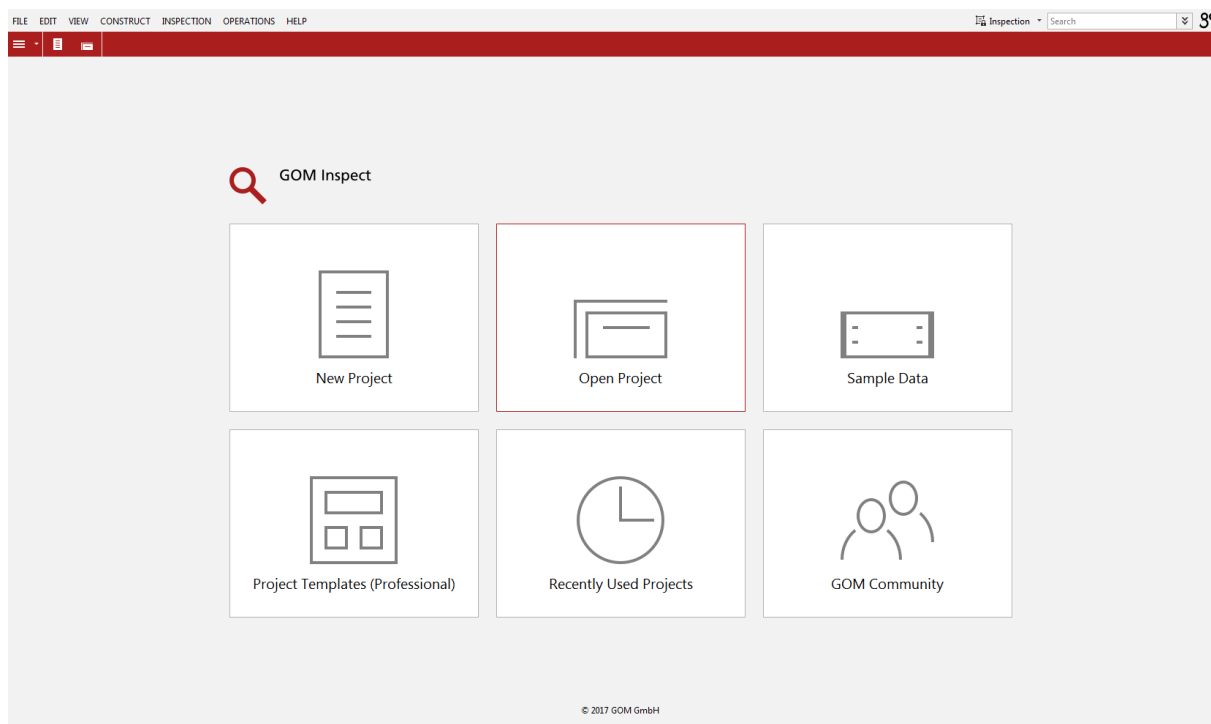
Mjerenje se može provesti na dva načina: s ili bez CAD modela.

Princip mjerenja u slučaju kada imamo CAD model je takav da se na CAD modelu konstruiraju elementi koje treba mjeriti, te preko naredbe program će automatski generirati te iste elemente na stl model. Nakon konstrukcije elementa slijedi postupak mjerenja u kojem program sam nudi opciju usporedbe s CAD modelom, odnosno ručnog upisivanja tražene vrijednosti. također postoji mogućnost zadavanja tolerancija.

2.2 Upoznavanje sa sučeljem programa GOM Inspect

2.2.1 Start screen

Prilikom svakog pokretanja programa GOM Inspect, otvara se tzv. "start screen" (Slika 2), odnosno početni zaslon u kojem se odabirom jedne od ponuđenih ikona definira što će se raditi.



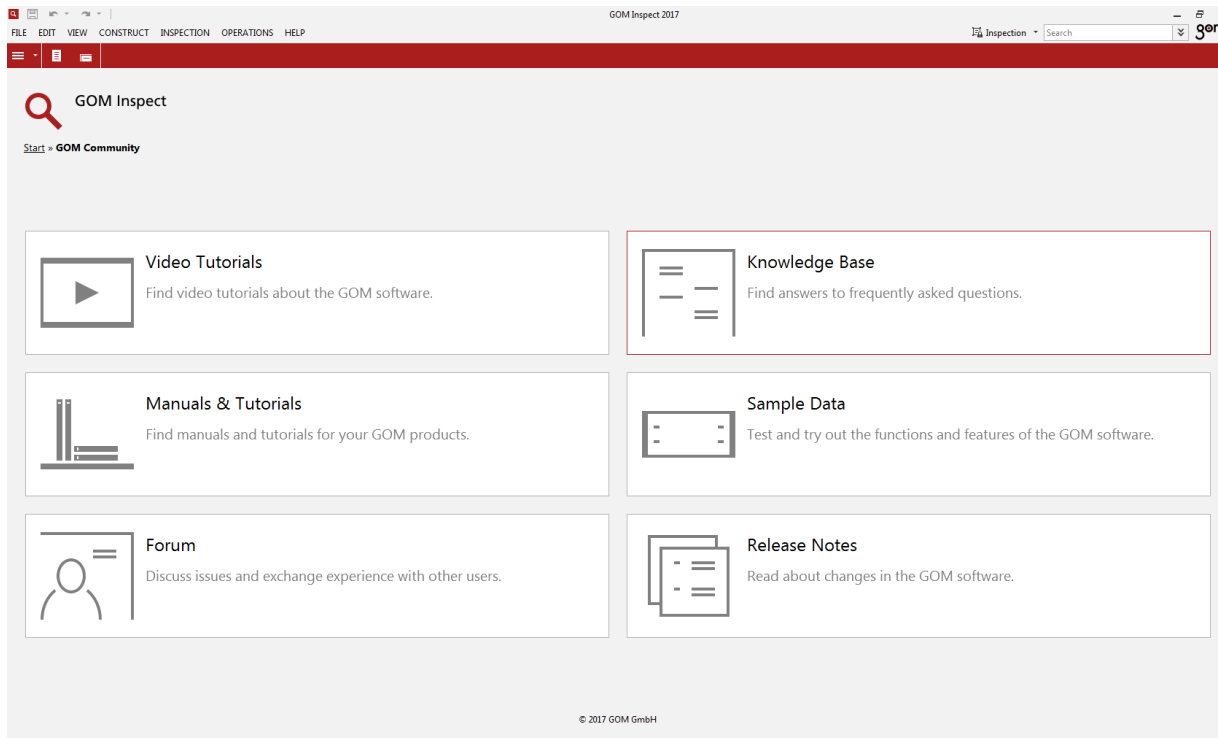
Slika 2. Start screen

Odabrati se može između:

- New Project (novi projekt)
- Open Project (otvaranje već postojećeg projekta)
- Sample data (gdje se mogu pronaći materijali za vježbu)
- Project Templates (Profesional) (opcija koju je jedino moguće koristiti i profesionalnoj verziji softvera)
- Recently Used Projects (nedavno korišteni/rađeni projekti)
- GOM Community (tamo je moguće naći video zapise i tutorijale kao pomoć pri izradi projekta).

Odabirom ikone GOM Community (Slika 3) može se izabrati između:

- Video Tutorials (video tutorijali i internet seminari)
- Manuals & Tutorials (pronalaženje i skidanje materijala kao što su priručnici i materijali za vježbu)
- Forum (mogućnost diskutiranja s ostalim korisnicima vezano za rad u programu)
- Knowledge Base (odgovori na često postavljena pitanja)
- Sample Data i Release Notes (novosti vezane za unapređenje rada programa).

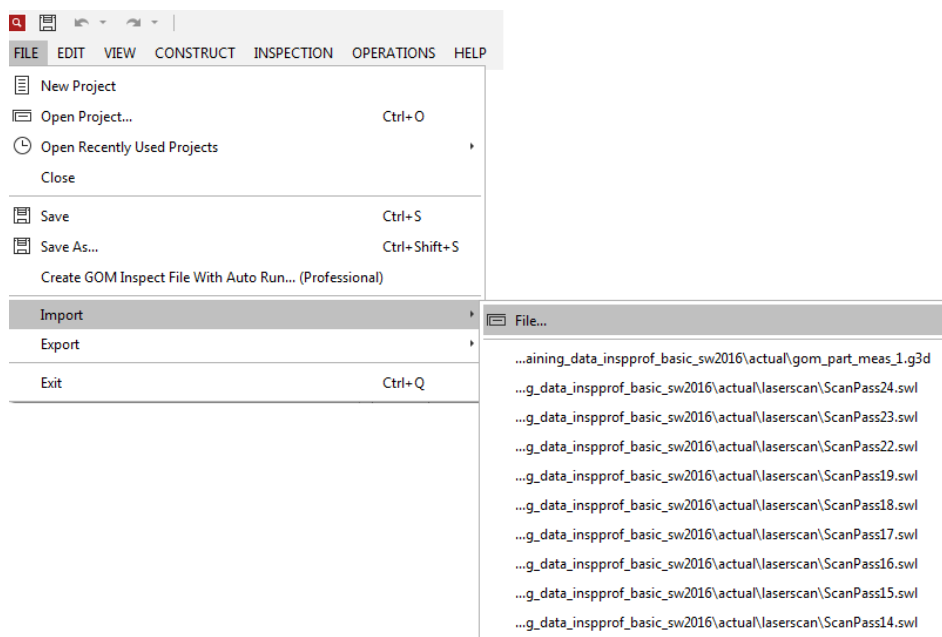


Slika 3. GOM Community

2.2.2 New Project

Klikom na New Project otvara se prozor s radnom okolinom u koju se učitava model koji se želi dalje analizirati.

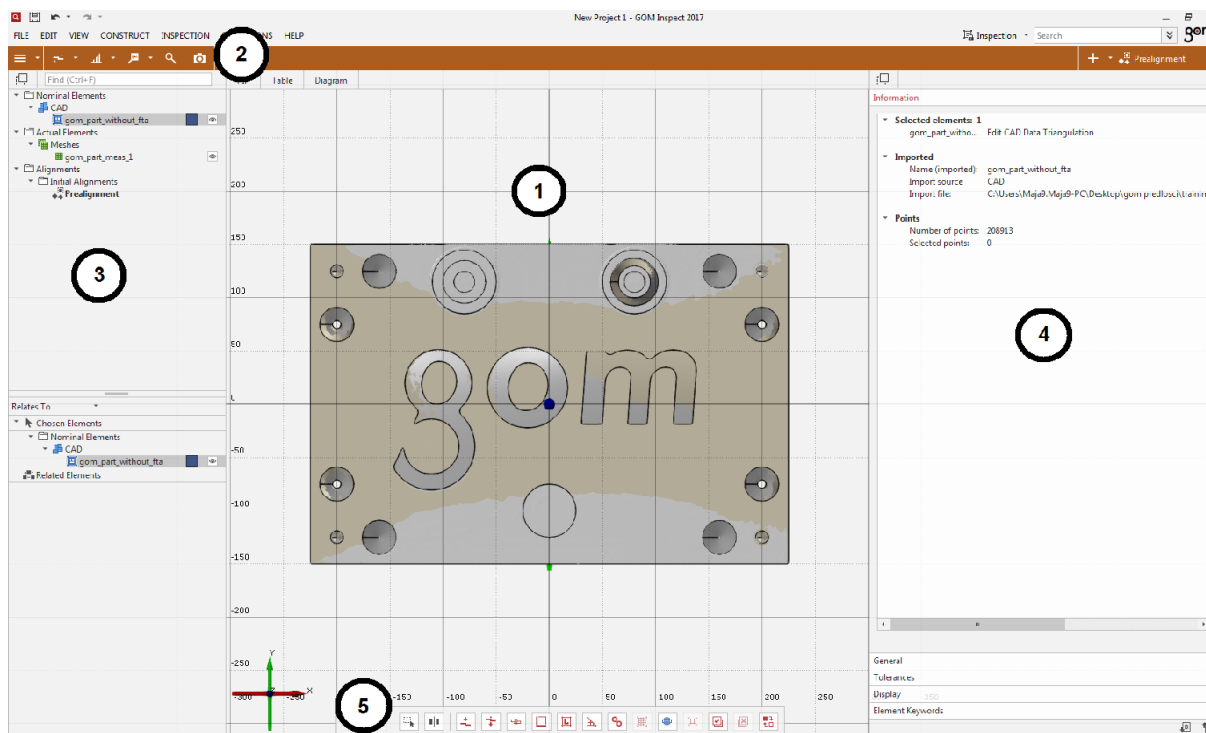
Učitavanje modela je moguće na dva načina. Prvi je preko File, pa Import i odabirom File (Slika 4), otvara se prozor u kojem se pronalazi datoteku koja se želi učitati.



Slika 4. Učitavanje modela

Drugi način je tzv tehnika "drag and drop", odnosno iz foldera u kojem se nalazi datoteka, označena datoteka se držanjem lijevog gumba miša prenosi do prozora GOM programa i ubacuje u njega.

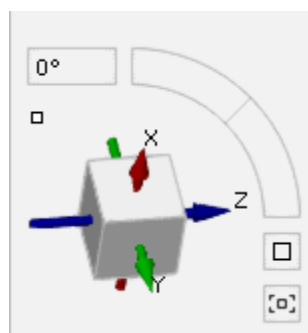
Prikaz učitano modela i izgled samog radnog okruženja prikazan je na slici (Slika 5).



Slika 5. Sučelje GOM Inspect programa

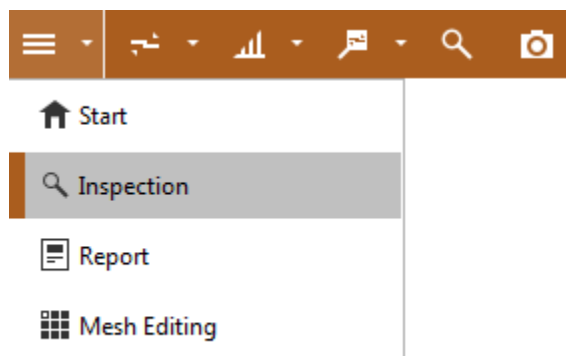
Na slici su brojevima označeni pojedini dijelovi radne površine od kojih svaki ima svoju funkciju.

Pod brojem 1 nalazi se 3D prikaz učitano modela. Manipulacija modela je moguća pomoću miša tako da ako se drži lijevi gumb na mišu, model se okreće, pomicanjem kotačića na mišu model se povećava odnosno smanjuje, te pritiskom na kotačić miša model se pomiče gore-dolje, odnosno lijevo-desno. Rotacija lijevo-desno je moguća pritiskom na tipku shift i lijevi gumb miša. U desnom kutu pored modela se nalazi kocka (Slika 6) s koordinatnim osima koja također omogućuje manipulaciju modelom.



Slika 6. Koordinatni sustav

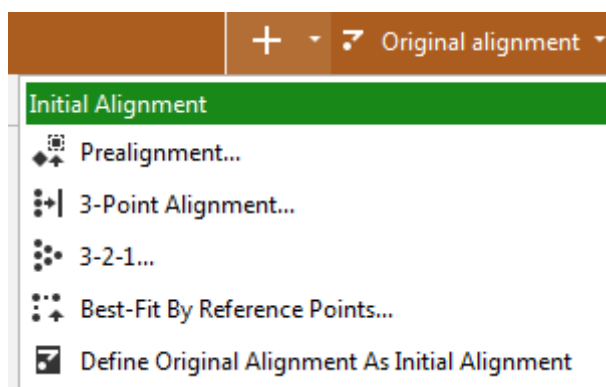
Brojem 2 označena je gornja alatna traka čije ikone su podijeljene na lijevu i desnu stranu. Na lijevoj strani na slici (Slika 7) vidi se ikona koja predstavlja glavni izbornik za odabir radnog okruženja. U padajućem meniju moguće je jednostavno prebacivanje iz jednog u drugo radno okruženje.



Slika 7. Glavni izbornik za odabir radnog okruženja

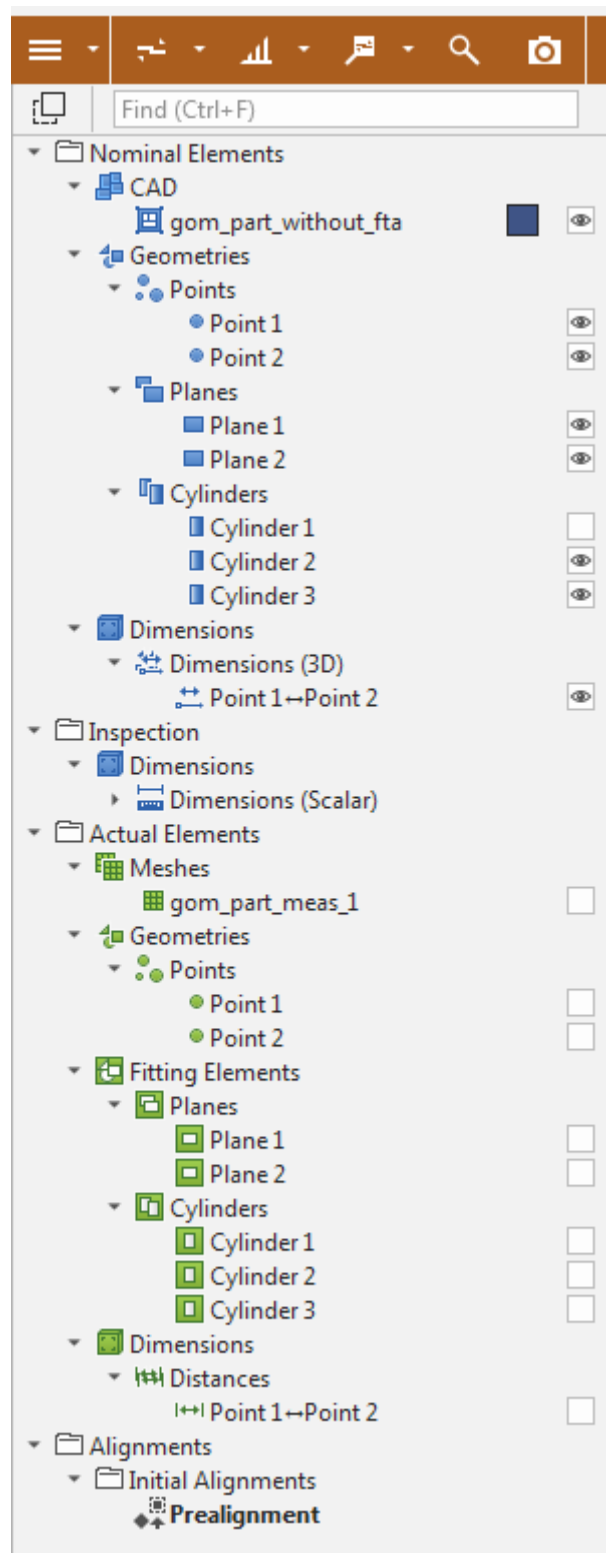
Promjenom radnog okruženja dolazi do promjene same boje alatne trake, te do promjene ikona i naredbi koji su prilagođeni radu u odabranom okruženju. Na slici se također vide ikone za "Inspection" radno okruženje.

Na desnoj strani te alatne trake nalazi se izbornik za kreiranje i odabir orijentacije modela, odnosno poklapanja stvarnog modela i CAD modela unutar istog projekta (Slika 8).



Slika 8. Odabir orijentacije modela

Pod brojem 3, na lijevoj strani ekrana (Slika 9), nalazi se "Explorer".



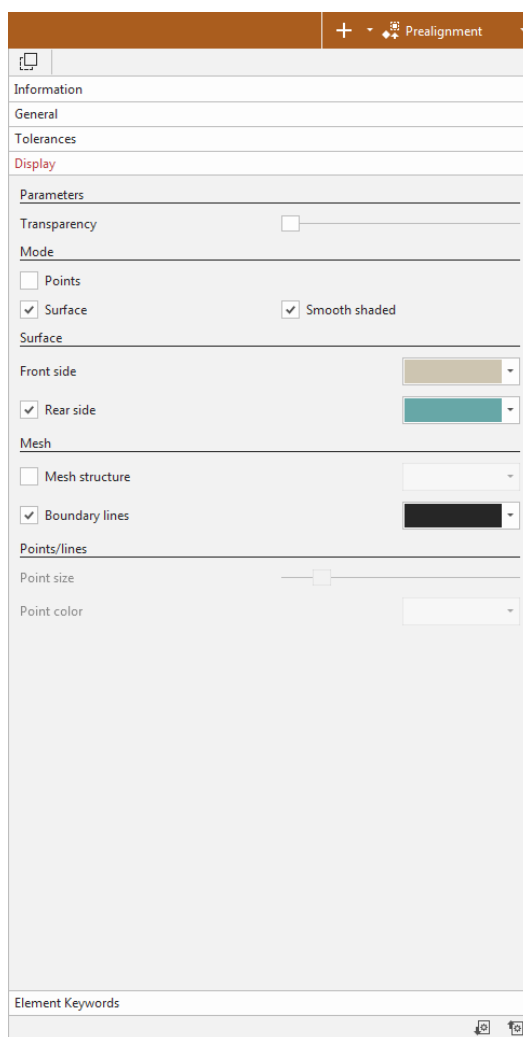
Slika 9. Izgled Explorera

Tu se nalazi prikaz svega do sad napravljenog u programu, od učitanih elementa, odabira orijentacije, pa sve do same analize.

Stvarni modeli i sve vezano za njih u drvetu su prikazani u zelenom bojom, dok su nominalni, odnosno CAD modeli u plavoj boji. Bilo koji od elemenata u drvetu moguće je prikazati, odnosno sakriti na način da se klikom miša u kvadratić prikaže (ako se želi prikazati u glavnom prozoru), odnosno sakrije oko.

Broj 4 označava "Properties window", tamo se nalaze sve karakteristike i informacije vezane za trenutno aktivni (označeni) element u "Exploreru". Ako se npr radi o modelu to su opće informacije o modelu (od imena, ukupnog broja točaka, od kuda je model učitani...), prikaz modela (mogućnosti odabira boja i transparentnosti samog modela), definiranja načina prikaza rezultata mjerenja...

Na slici (Slika 10) se vidi kartica s mogućnostima odabira parametara kojima se definira sami prikaz modela.



Slika 10. Izgled Properties window

Broj 5 označava donju alatnu traku koja sadrži ikone s prečacima najčešće korištenih naredbi (Slika 11).



Slika 11. Alatna traka s prečacima

Moguće je samostalno ubacivanje, odnosno izbacivanje naredbi iz nje, te tako prilagoditi traku svojim potrebama. Naredba se ubacuje na način da se iz padajućeg izbornika, dugim držanjem lijevog gumba miša prebaci na alatnu traku, a izbacuje se na način da se odabrana naredba na traci dugim držanjem lijeve tipke miša iznese i pohrani u koš za smeće koji se automatski prikaže čim se ikona iznese iz alatne trake.

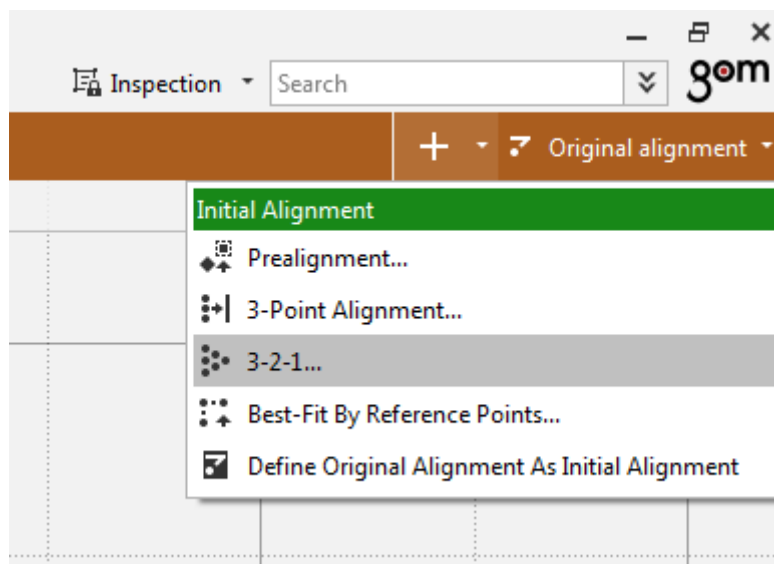
3. KONTROLA DIMENZIJA

Kontrola dimenzija može se napraviti na dva načina, jedan je da se vrijednosti dobivene na stvarnom modelu uspoređuju s vrijednostima na radničkom crtežu, a drugi je da se stvarni model uspoređuje s CAD modelom u samom GOM Inspect programu. Kroz jednostavne primjere će se pokazati neki osnovni principi kontrole dimenzija.

3.1 Usporedba dimenzija stvarnog modela s onima na radioničkom crtežu

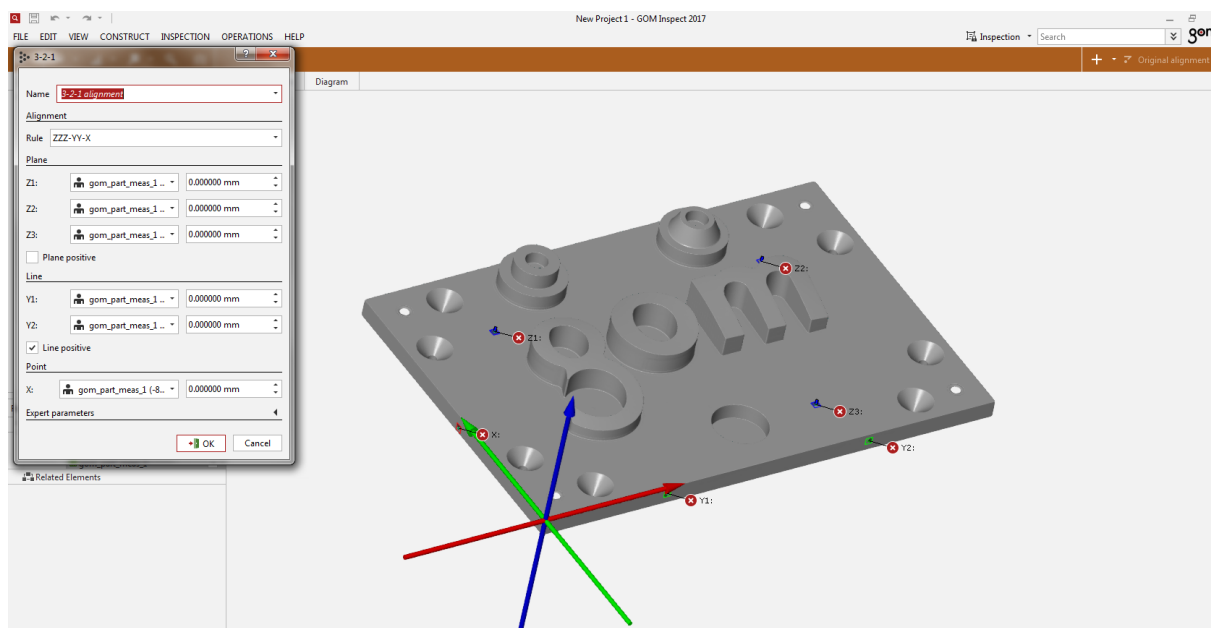
Primjer se započinje odabirom New Project na Start screenu i učita se stl model.

Nakon učitavanja modela u program, potrebno je odrediti orijentaciju objekta mjerenja, izabrana je 3-2-1- metoda, odnosno ravnina-linija-točka (Slika 12).



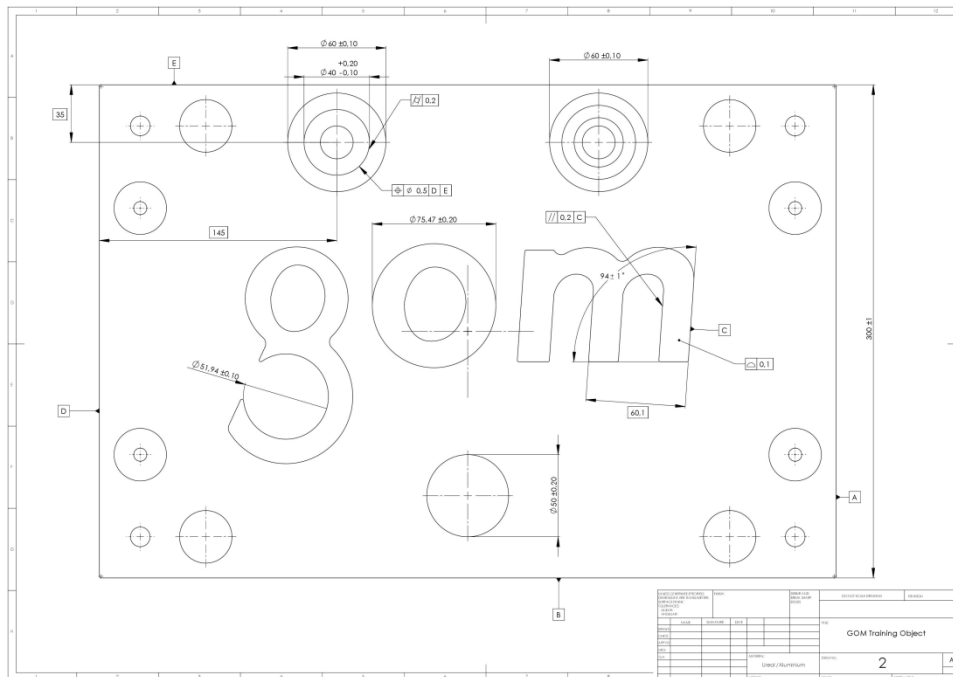
Slika 12. Naredba za 3-2-1- alignment

Na samom modelu potrebno je označiti uz pomoć ctrl i lijevog gumba miša šest proizvodnih točaka (Slika 13). Prve tri točke na z-osi označavaju ravninu, druge dvije na y-osi liniju, a zadnja označava točku na x-osi. Označavanjem ili micanjem kvačice iz kvadratića kraj kojih piše "Plane pozitive" i "Line pozitive", dodatno se definira smjer koordinatnih osi.

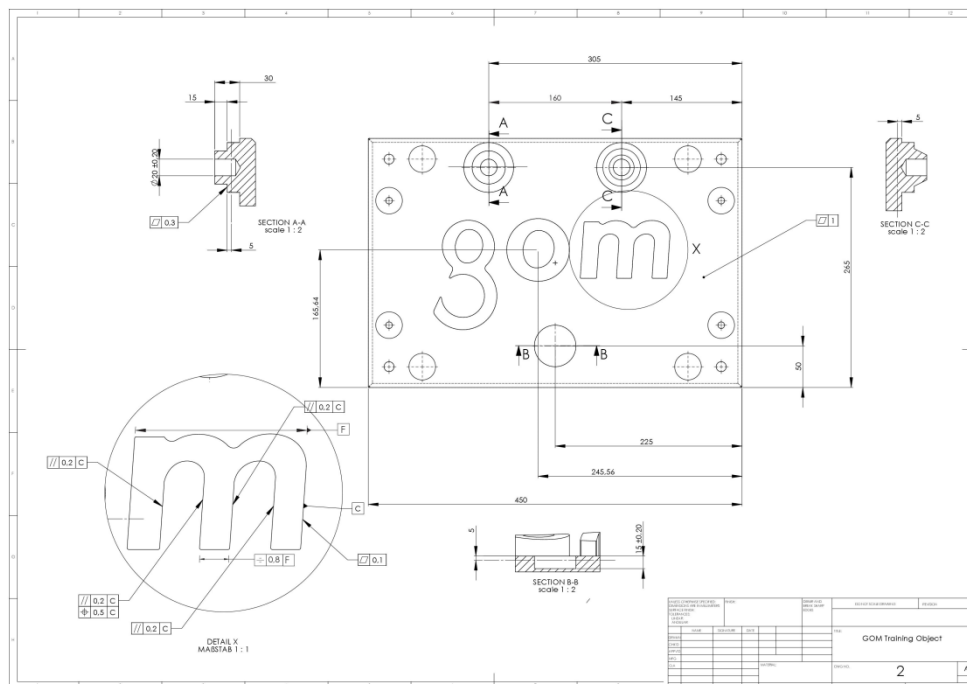


Slika 13. Odabir točaka za 3-2-1 alignment

Na slikama (Slika 14 i Slika 15) su prikazani radionički crteži s kojima ćemo uspoređivati izmjerene vrijednosti modela.



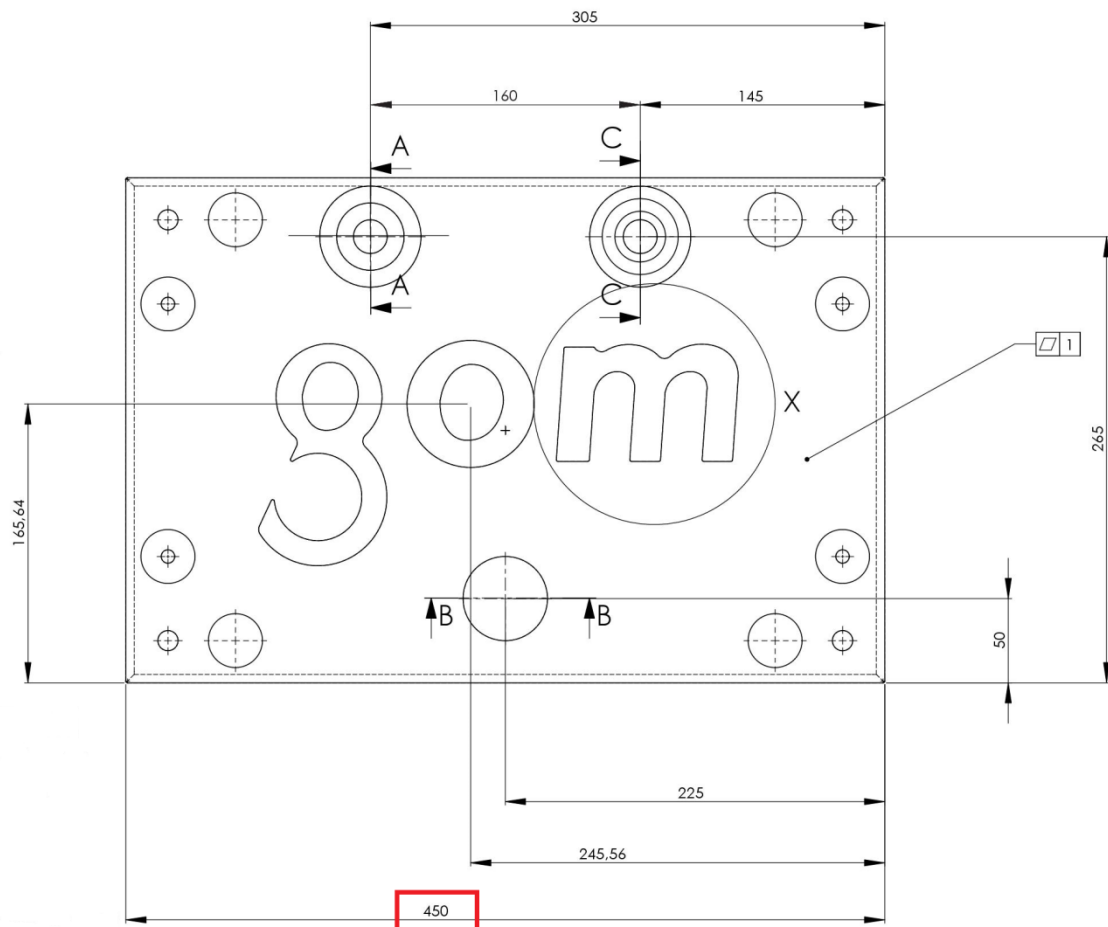
Slika 14. Radionički crtež 1



Slika 15. Radionički crtež 2

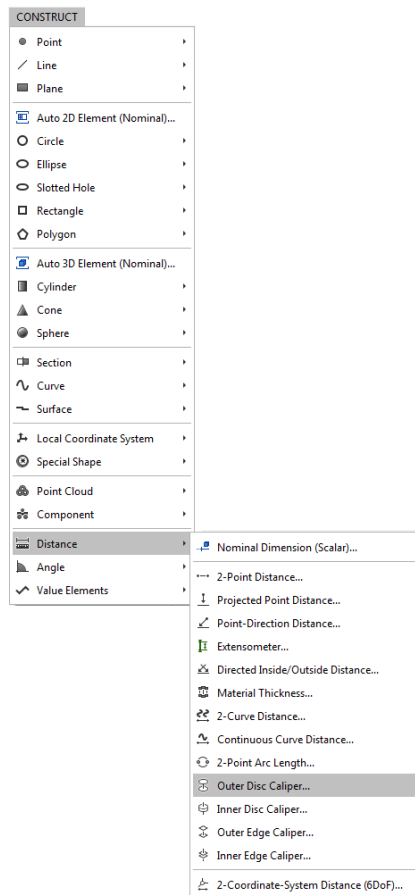
3.1.1 Kontrola ukupne dužine modela

U ovom primjeru usporediti će se izmjerena dužina modela s vrijednošću te iste dužine na radioničkom crtežu (Slika 16).



Slika 16. Dužina modela na radioničkom crtežu

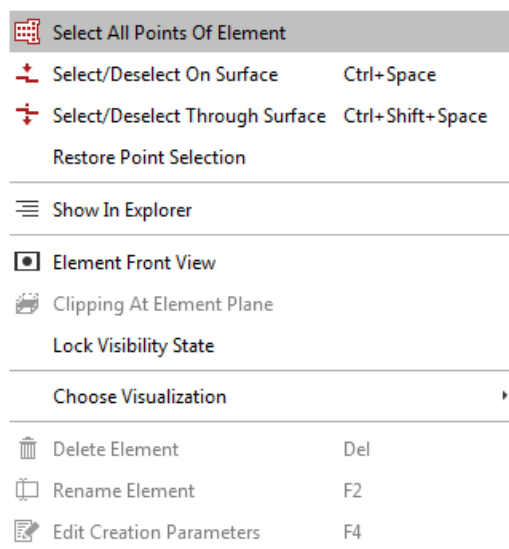
Prvi korak je konstruirati samu tu dužinu na modelu. Odabirom naredbe na slici (Slika 17), te uz pomoć ctrl i lijevog gumba miša označavaju se dvije točke na krajnjim rubovima modela.



Slika 17. Odabir naredbe za konstrukciju dužine

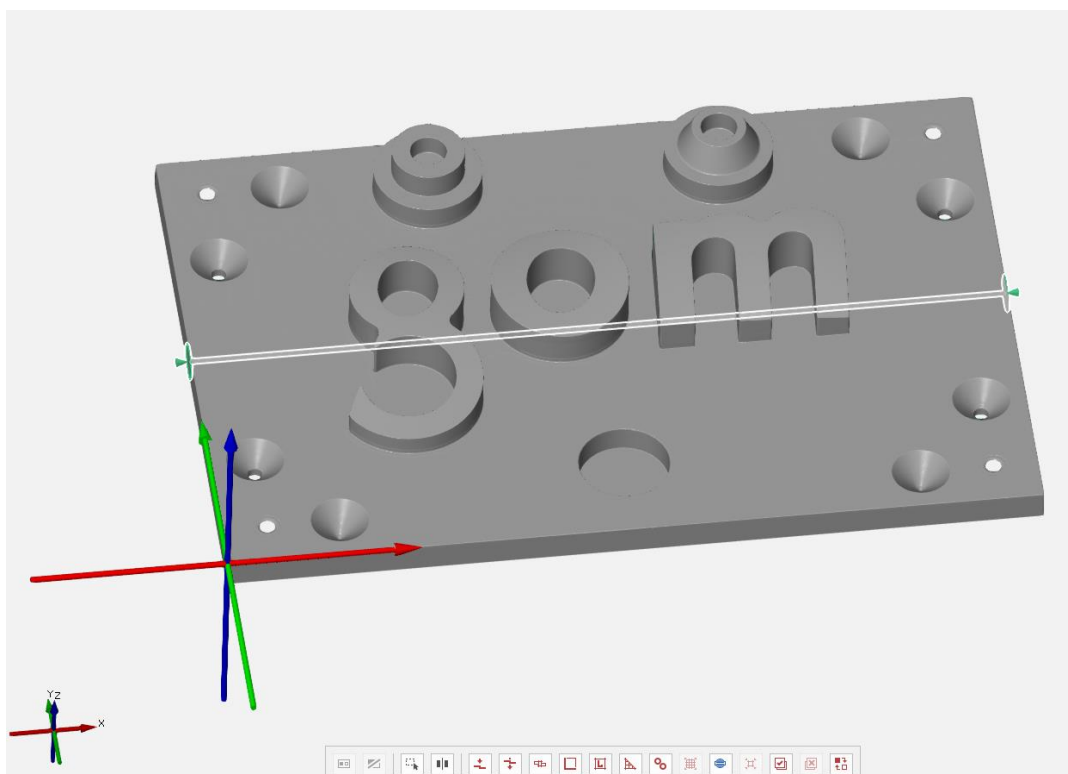
Potrebno je još odrediti os koja će nam definirati smjer dužine, u ovom slučaju to je x-os

Desnim klikom na model izabere se naredba kojom će se ona primjeniti na sve točke našeg modela (Slika 18).



Slika 18. Naredba za selektiranje svih točaka na modelu

Tom naredbom model poprima crvenu boju i potvrdom na "Create i close" dovršena je konstrukcija dužine (Slika 19).



Slika 19. Izgled konstruirane dužine

Idući korak je izmjeriti tu dužinu i usporediti je s vrijednošću na radioničkom crtežu.

Odabire se naredba "I-inspect" (Slika 20).



Slika 20. Odabir naredbe I-Inspect

Otvora se pomoćni pomični prozor kružnog oblika podijeljen na pet djelova (Slika 21).

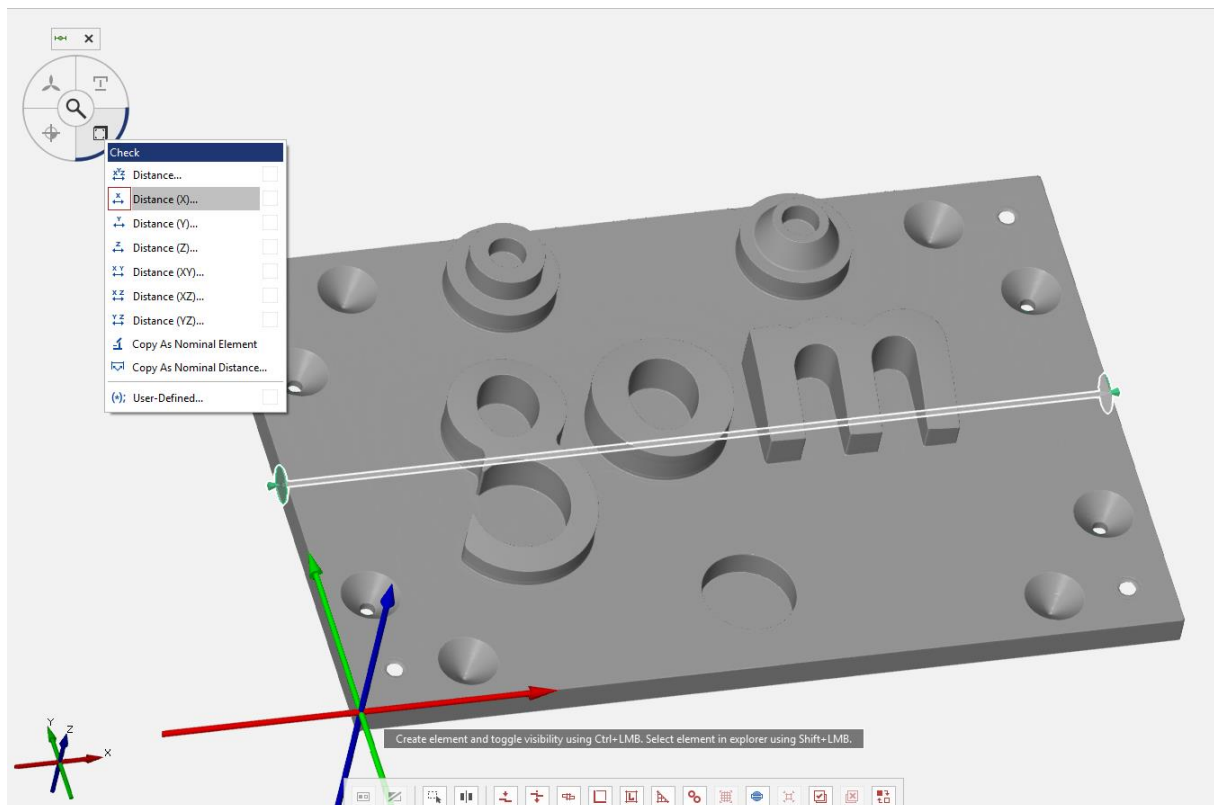


Slika 21. I-Inspect

Nakon konstrukcije nekog elementa (točka, pravac, dužina, ravnina...) odabirom ikone "I-inspect" u kvadratiću iznad kruga se vidi prikaz ikone konstrukcije elementa koji će se analizirati. Na glavnom krugu zatamne se polja definirajući tako što se s tim konstruiranim elementom može dalje raditi (GD&T analiza, provjera dimenzija...)

U ovom primjeru nakon konstrukcije dužine jedino zatamnjeno polje na krugu "I-Inspect"-a je ono s naredbama za "Check".

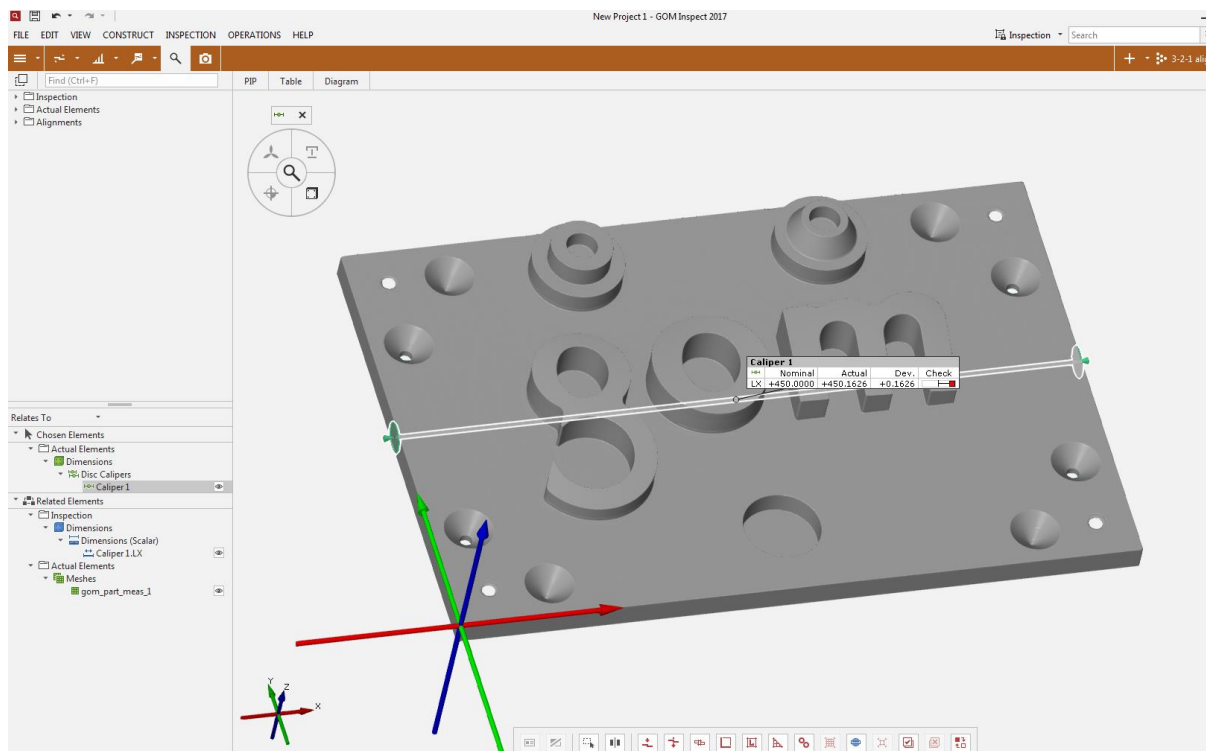
Klikom na "Check" izabere se opciju "Distance x", kojom se definiralo da se želi izračunati udaljenost po x-osi (Slika 22).



Slika 22. Odabir naredbe za provjeru dužine

Otvora se prozor u kojemu pod "Against fixed value" upisuje vrijednost s radioničkog crteža.

Rezultati mjerenja i usporedba odstupanja vrijednosti modela u odnosu na vrijednost radioničkog crteža prikazani su u labelu koji vidimo na slici (Slika 23).

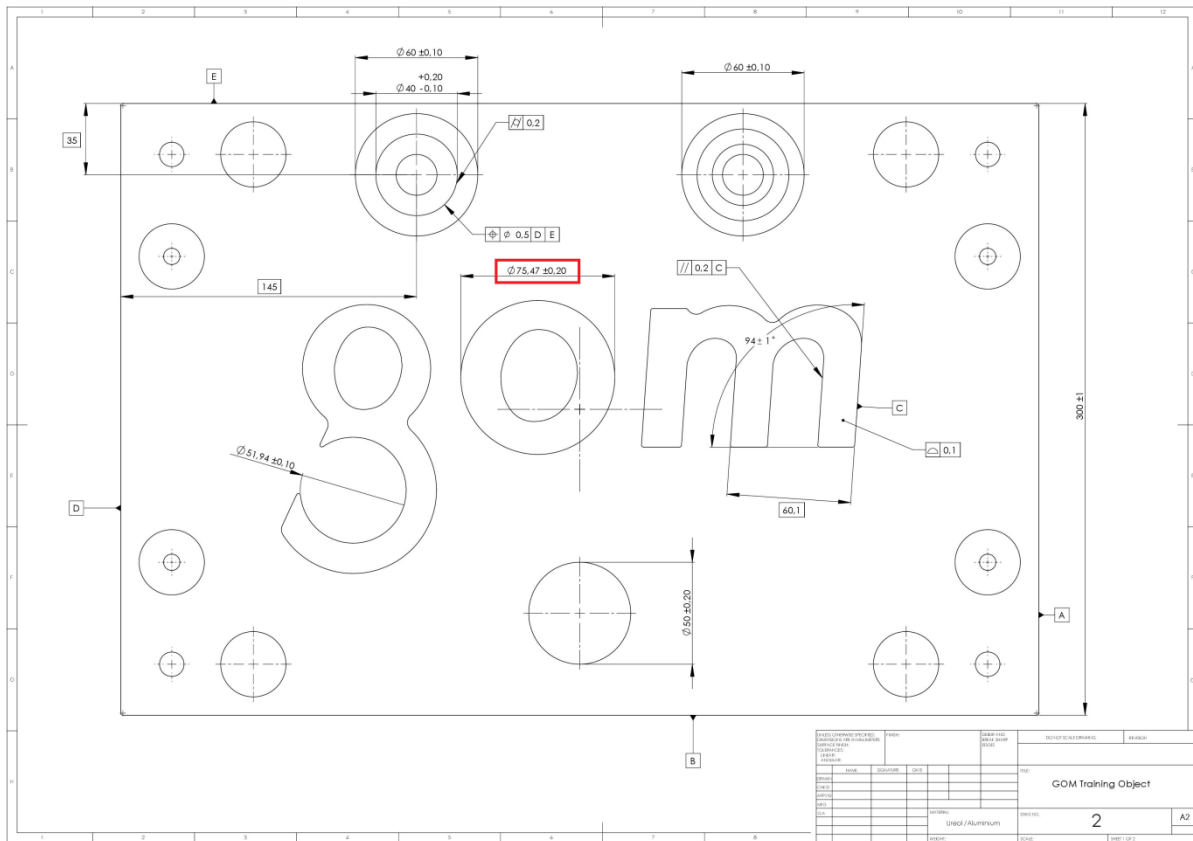


Slika 23. Rezultati mjerenja dužine

U labelu se u zadnjem stupcu vidi crveni kvadratić koji označava kako mjereni predmet ne zadovoljava uvjete, odnosno kako uz ovu vrijednost nije postojalo nikakvo dozvoljeno odstupanje od zadane veličine, a mjereni model se razlikovao rezultatom od zadanog broja, automatski nije zadovoljio uvjete.

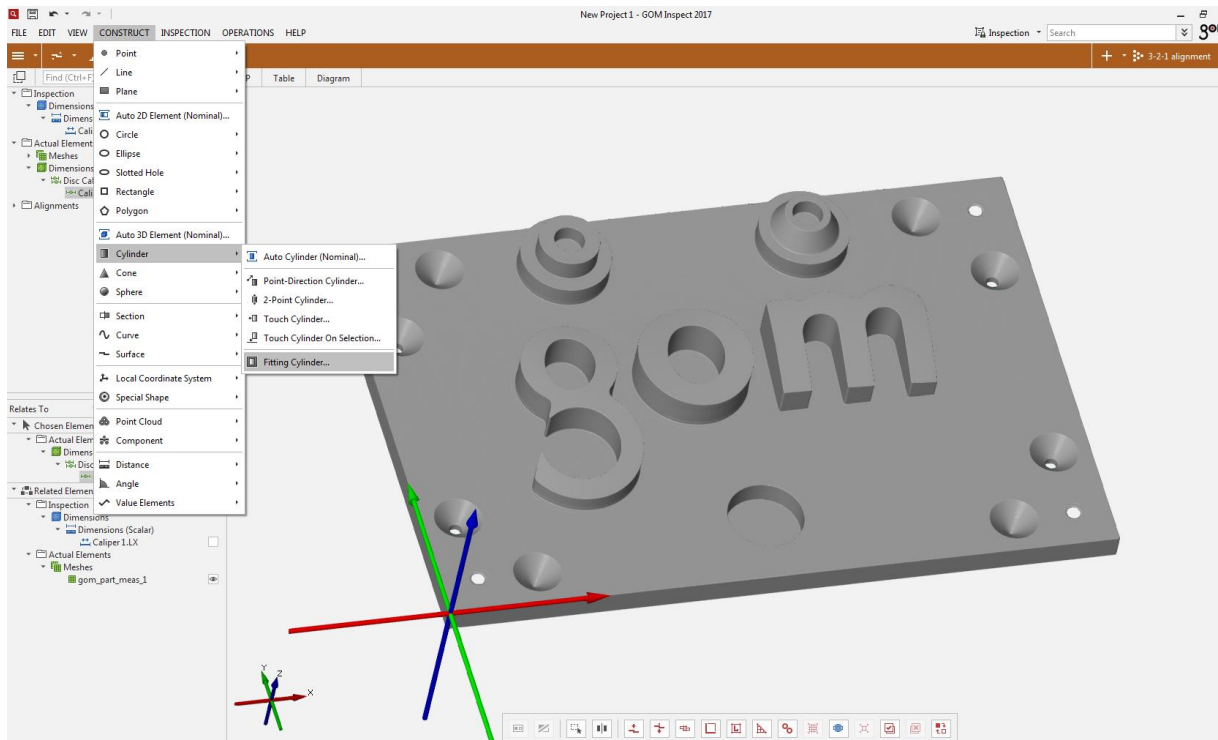
3.1.2 Kontrola promjera cilindra slova "o"

U ovom primjeru prikazat će se kako napraviti kontrolu promjera cilindra slova "o" na modelu. Na slici (Slika 24) vidi se vrijednost na radioničkom crtežu, te za razliku od prvog primjera zadana je i tolerancija..



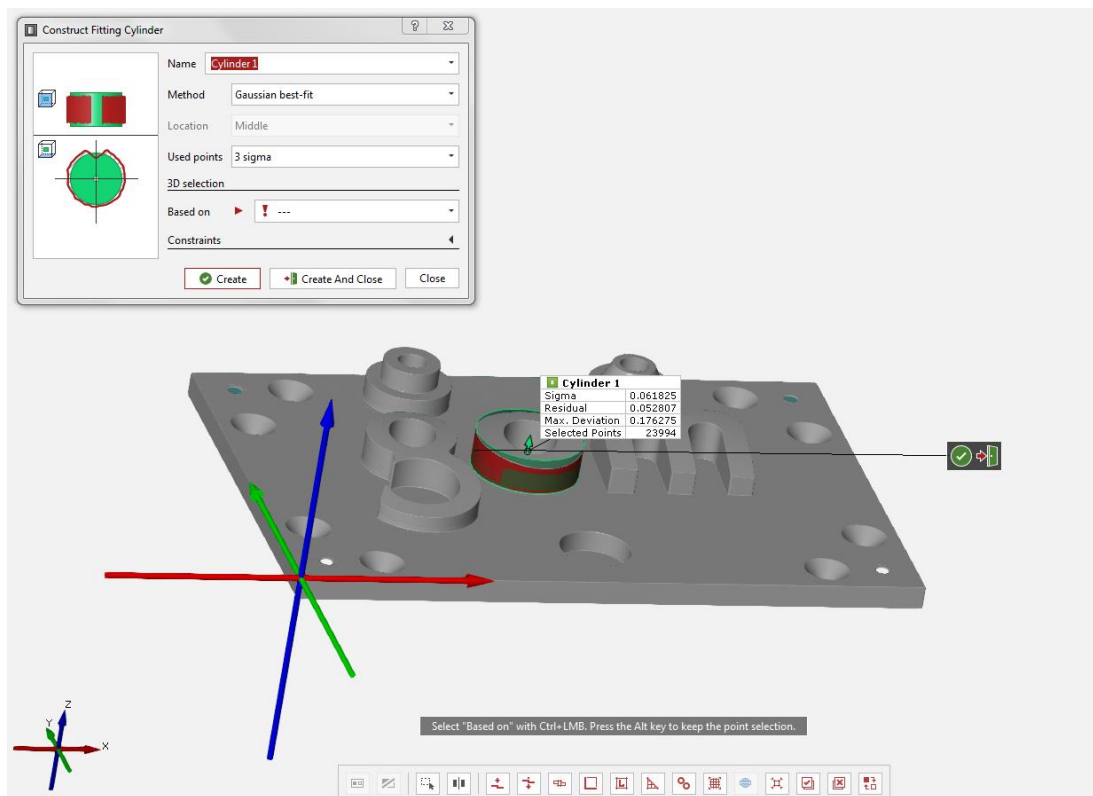
Slika 24. Zadana vrijednost promjera cilindra

Prvi korak je konstrukcija samog cilindra. Odabere se naredba prikazana na slici (Slika 25).



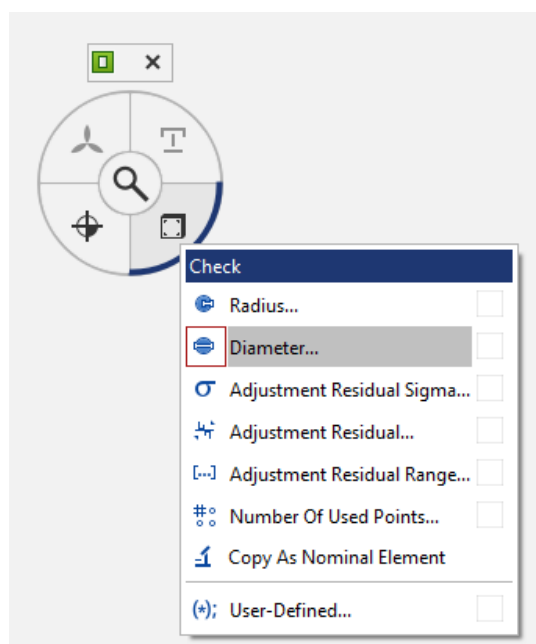
Slika 25. Naredba za konstrukciju cilindra

Nakon toga na modelu se označi uz pomoć ctrl i lijevog gumba miša cilindar koji se želi konstruirati, u ovom slučaju je to vanjski plašt na slovu "o" (Slika 26).



Slika 26. Odabir cilindra

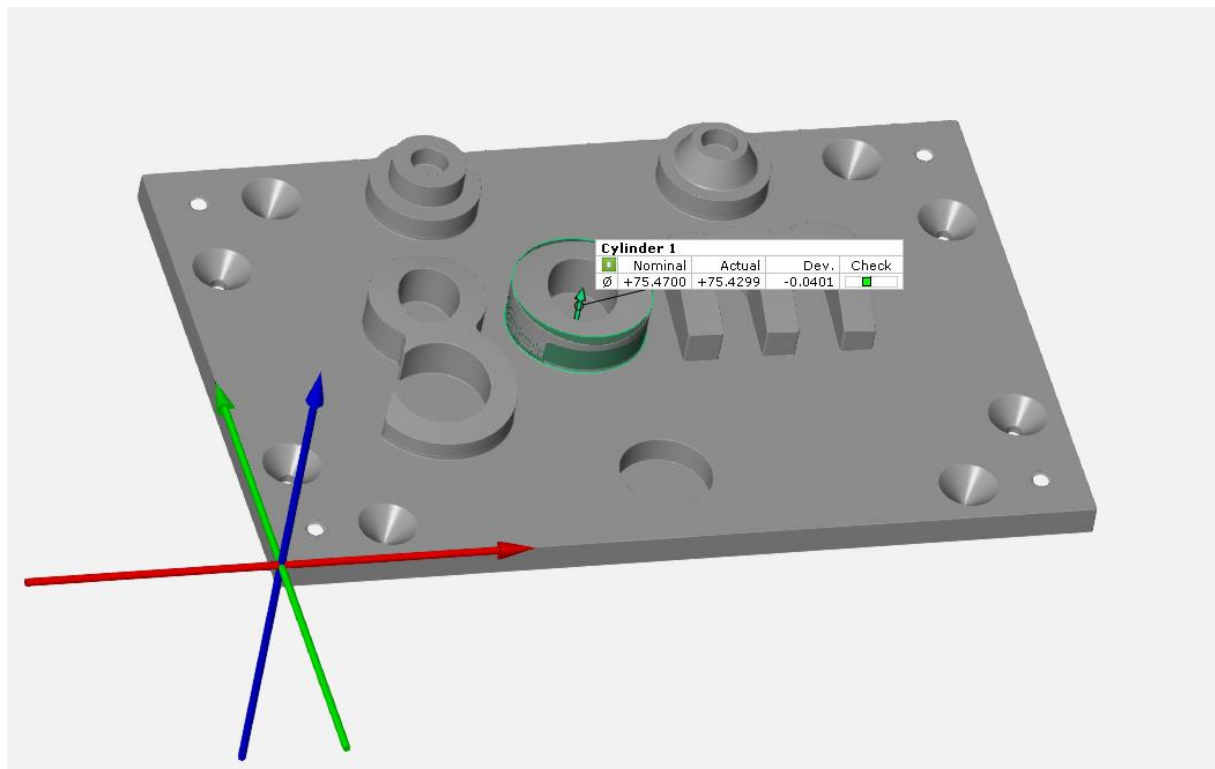
Klikom na gumb "Create and Close" cilindar je konstruiran. Idući korak je provjera promjera cilindra preko naredbe "I-inspect" (Slika 27).



Slika 27. Naredba za izmjeru promjera cilindra

U prozoru se upiše vrijednost promjera i vrijednosti odstupanja koja je zadana na radioničkom crtežu.

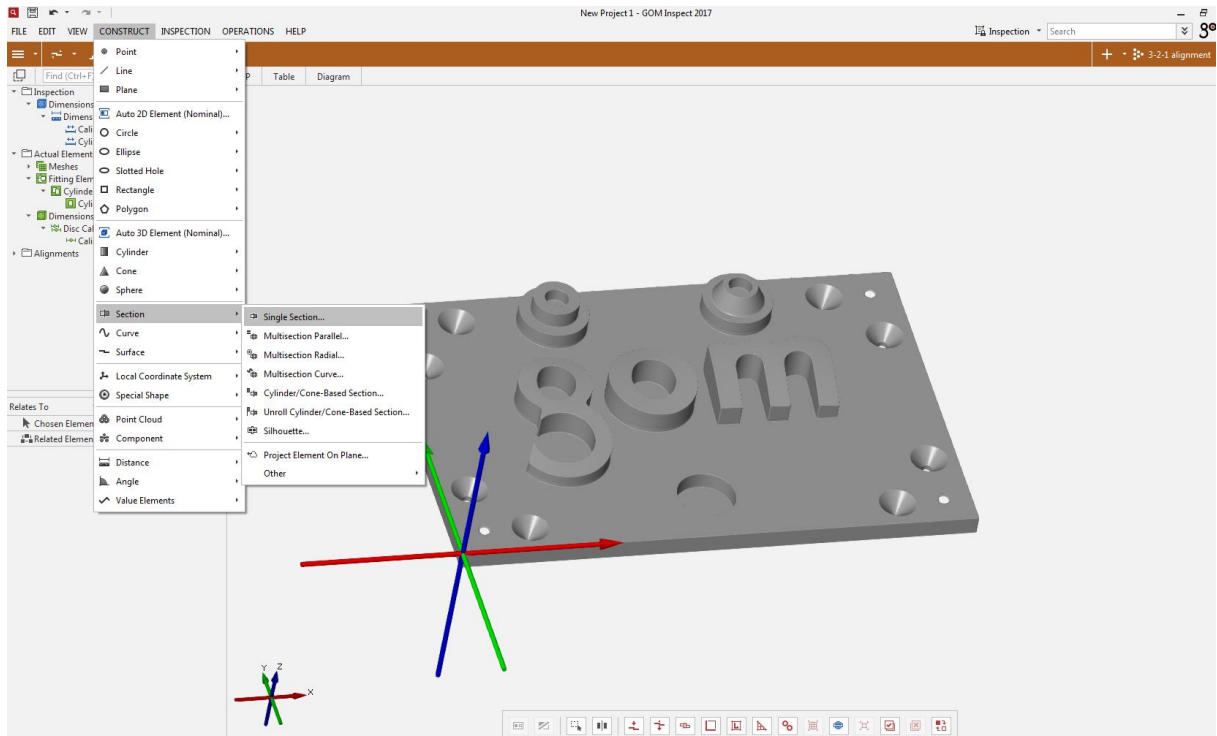
Rezultati mjerenja su kao i u prvom primjeru prikazani u labelu (Slika 28), ali za razliku od prvog primjera vidi se zeleni kvadratić u stupcu "check" što označava da je vrijednost izmjenog promjera modela unutar tolerancija zadanih radioničkim crtežom.



Slika 28. Rezultati mjerenja cilindra

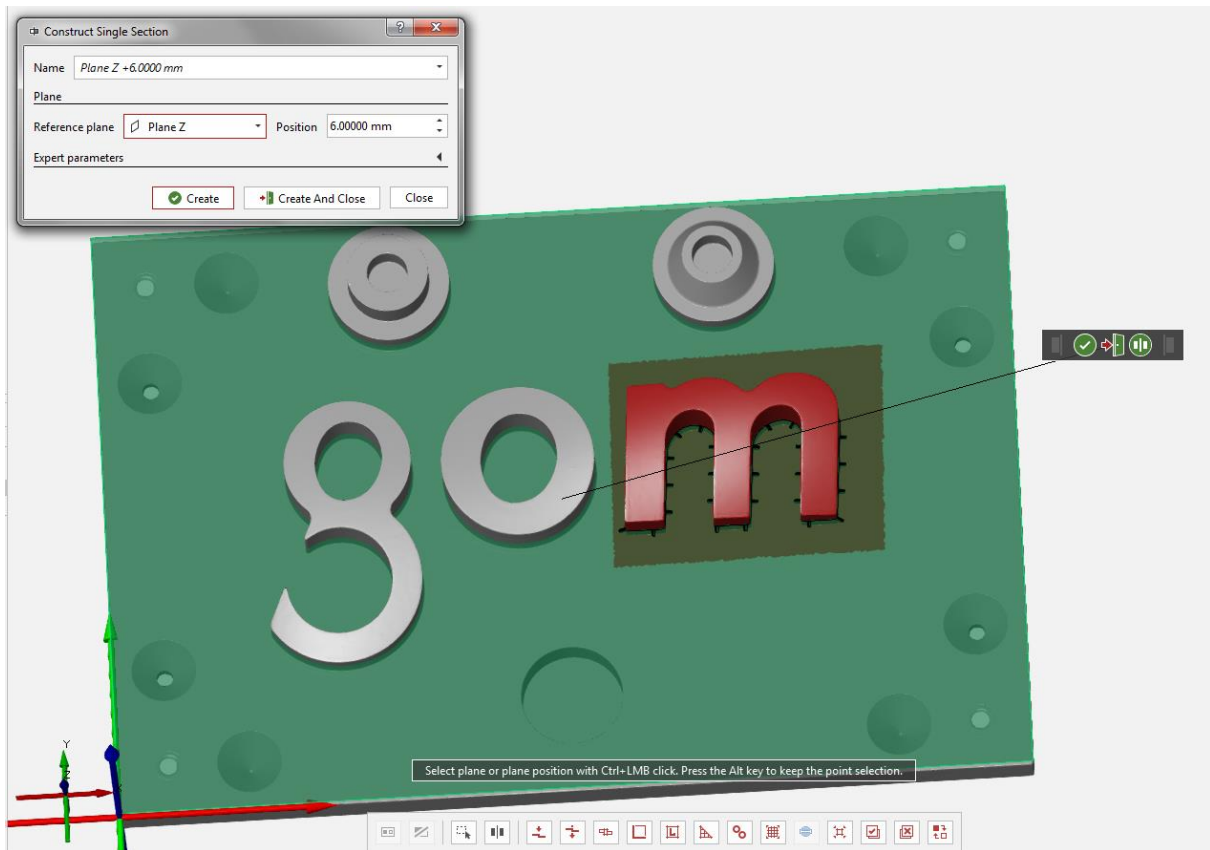
3.1.3 Kontrola kuta na slovu "m"

U ovom primjeru će se provjeriti izmjerena vrijednost kuta slova "m" s onom zadanom na radioničkom crtežu (Slika 29).



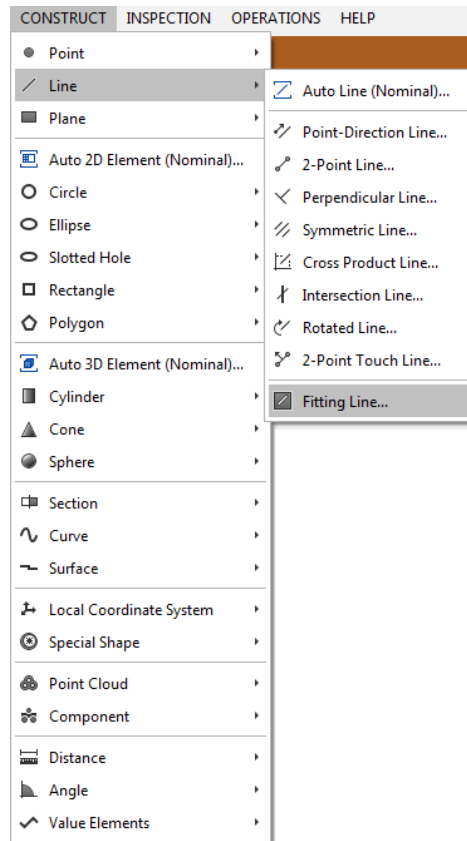
Slika 30. Naredba za izradu presjeka

U prozoru upisana je udaljenost presjeka od 6 mm u odnosu na ravninu z. Desnim klikom na model izabrana je naredba "Select/Deselect on Surface" i uz pomoć ctrl i lijevog gumba miša označena je površina na kojoj će se konstruirati presjek (slovo "m"). Na slici (Slika 31) se vidi to područje prikazano crvenom bojom.



Slika 31. Prikaz označene površine na kojoj će se konstruirati presjek

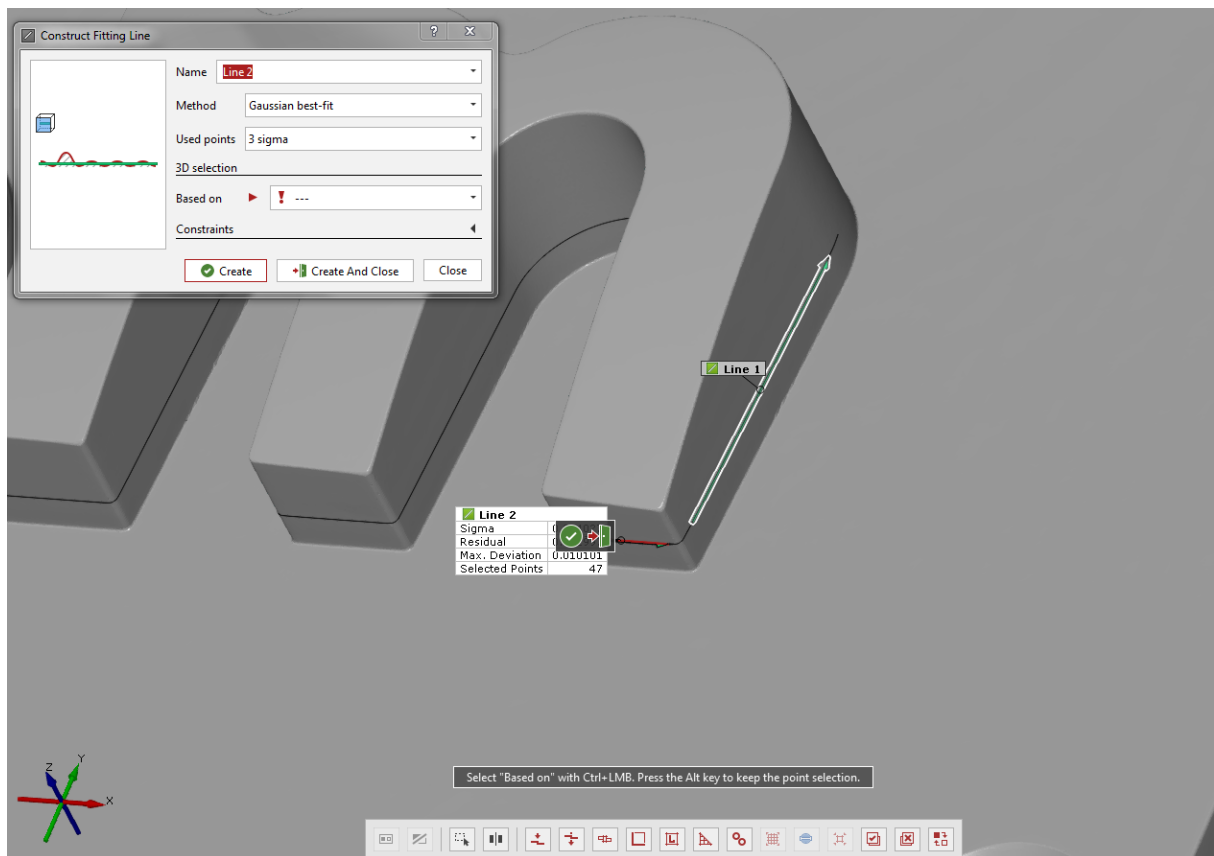
Idući korak je konstrukcija dviju linija između kojih će se izmjeriti kut na slovu "m" odabirom naredbe na slici (Slika 32).



Slika 32. Naredba za konstruiranje linija

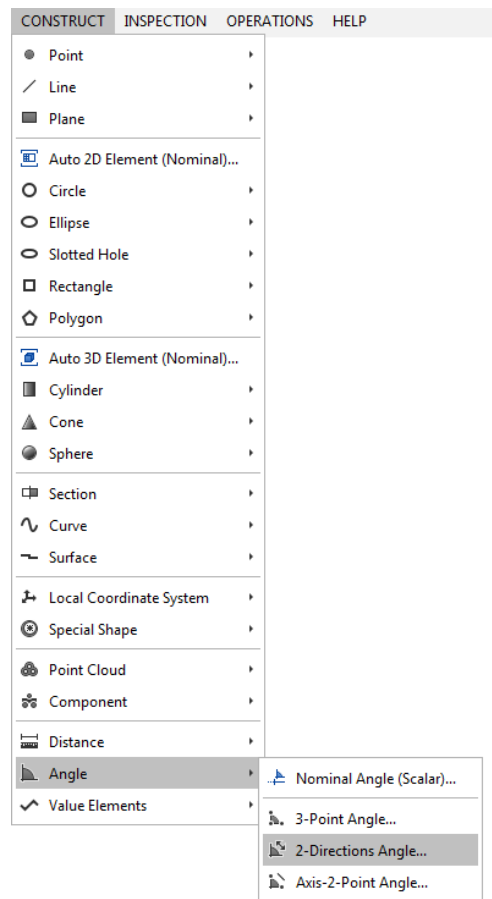
Nakon toga odabere se prva linija. Na modelu se s ctrl i lijevim gumbom miša označi linija presjeka na bočnoj strani slova "m".

Klikom na gumb "Create" omogućeno je daljnje korištenje te iste naredbe, odnosno konstruiranje druge linije. Na slici (Slika 33) vidi se odabir linija.



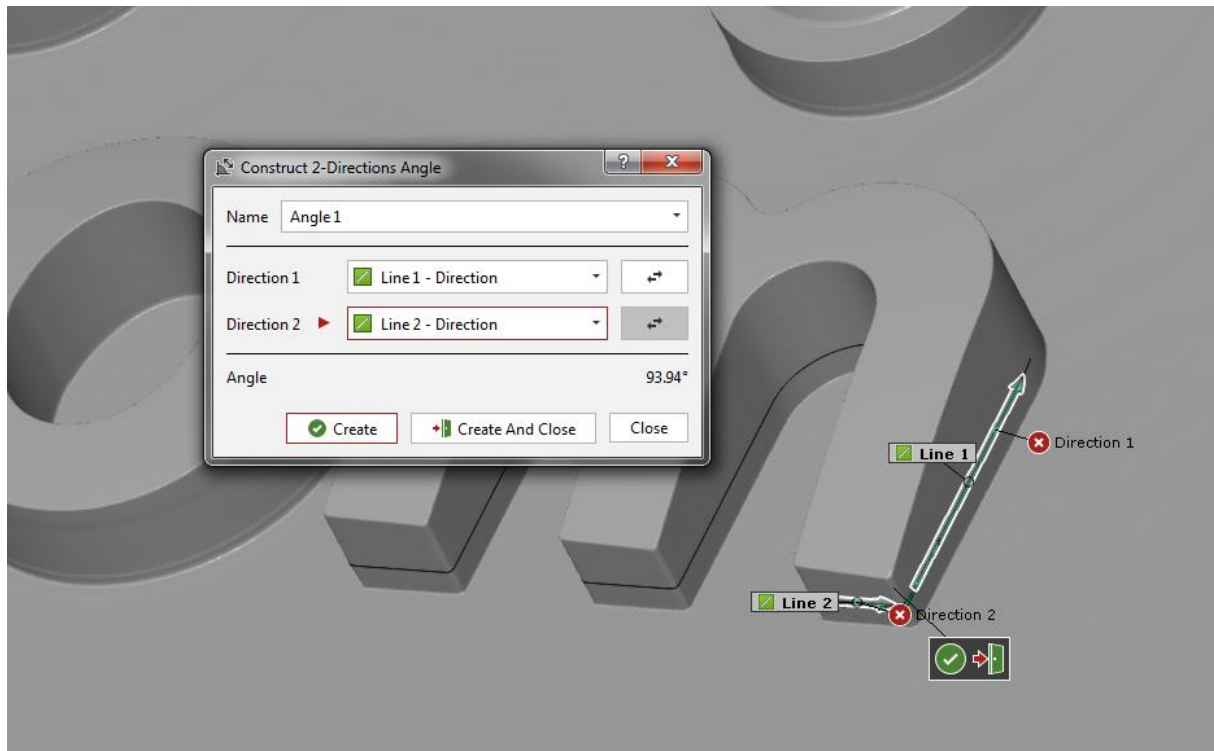
Slika 33. Prikaz konstruiranih linija

Potrebno je konstruirati kut između te dvije linije naredbom na slici (Slika 34).



Slika 34. Naredba za konstruiranje kuta

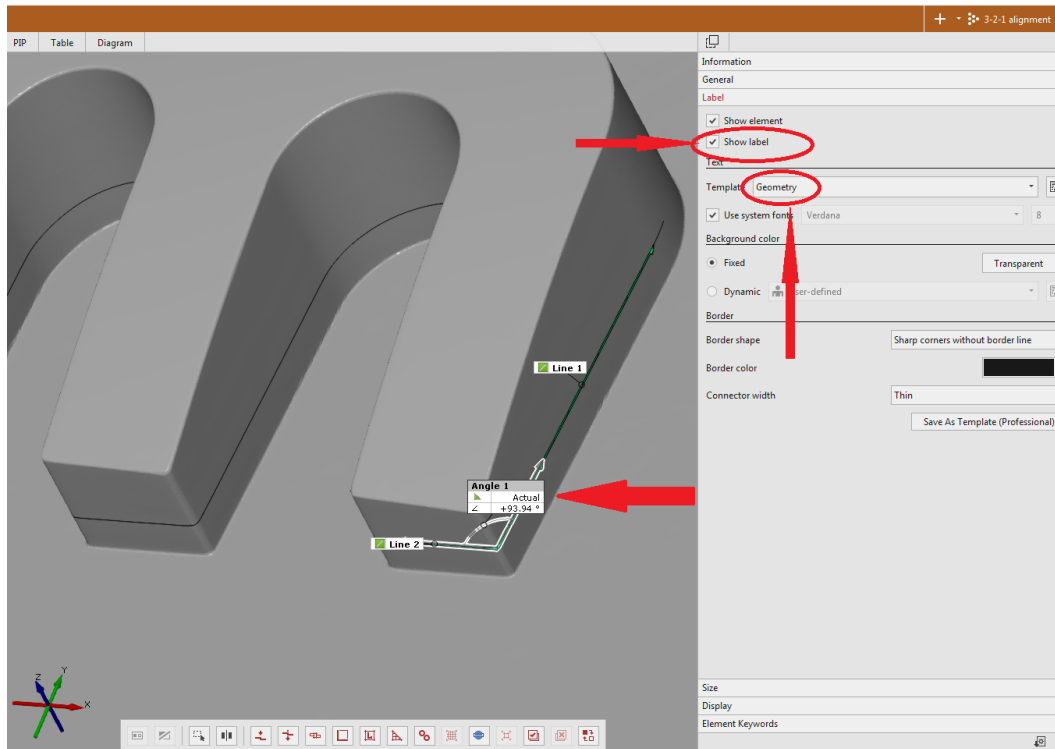
Pod "Direction 1" odabere se linija 1 na modelu (ctrl i lijevi gumb miša), a pod "Direction 2" odabere se linija 2. Zbog definiranih smjerova linija potrebno je u prozoru označiti kod "Direction 2" suprotan smjer jer u protovnom izračunati kut neće biti onaj koji se traži (Slika 35).



Slika 35. Definiranje kuta

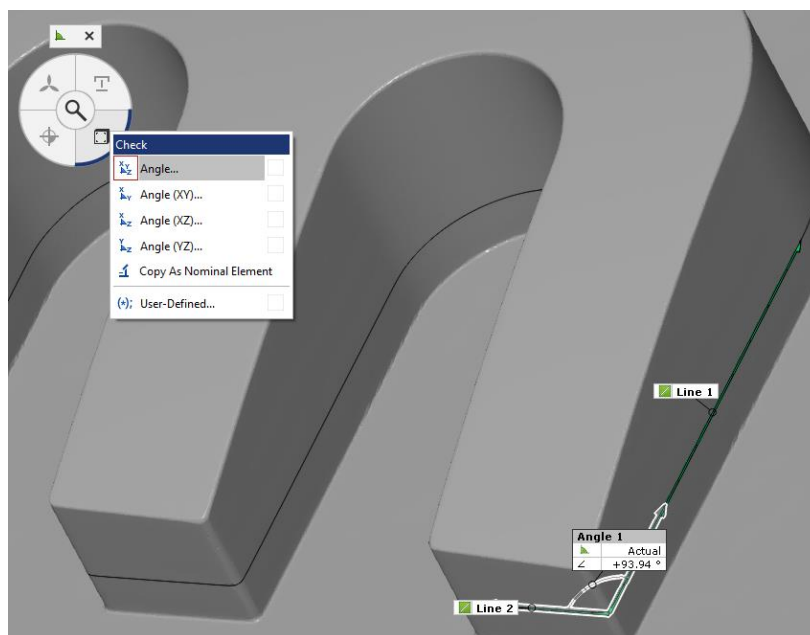
Nakon konstrukcije kuta, da bi se prikazala njegova izračunata vrijednost na samom modelu, na desnoj strani ekrana pod "Properties" na kartici "Label" treba označiti kvadratić s oznakom "Show label" i pod "Template" na padajućem meniju izabrati "Geometry".

Na slici (Slika 36) se vidi izračunata vrijednost kuta i kako prikazati rezultat na samom modelu.



Slika 36. Prikaz labela na modelu

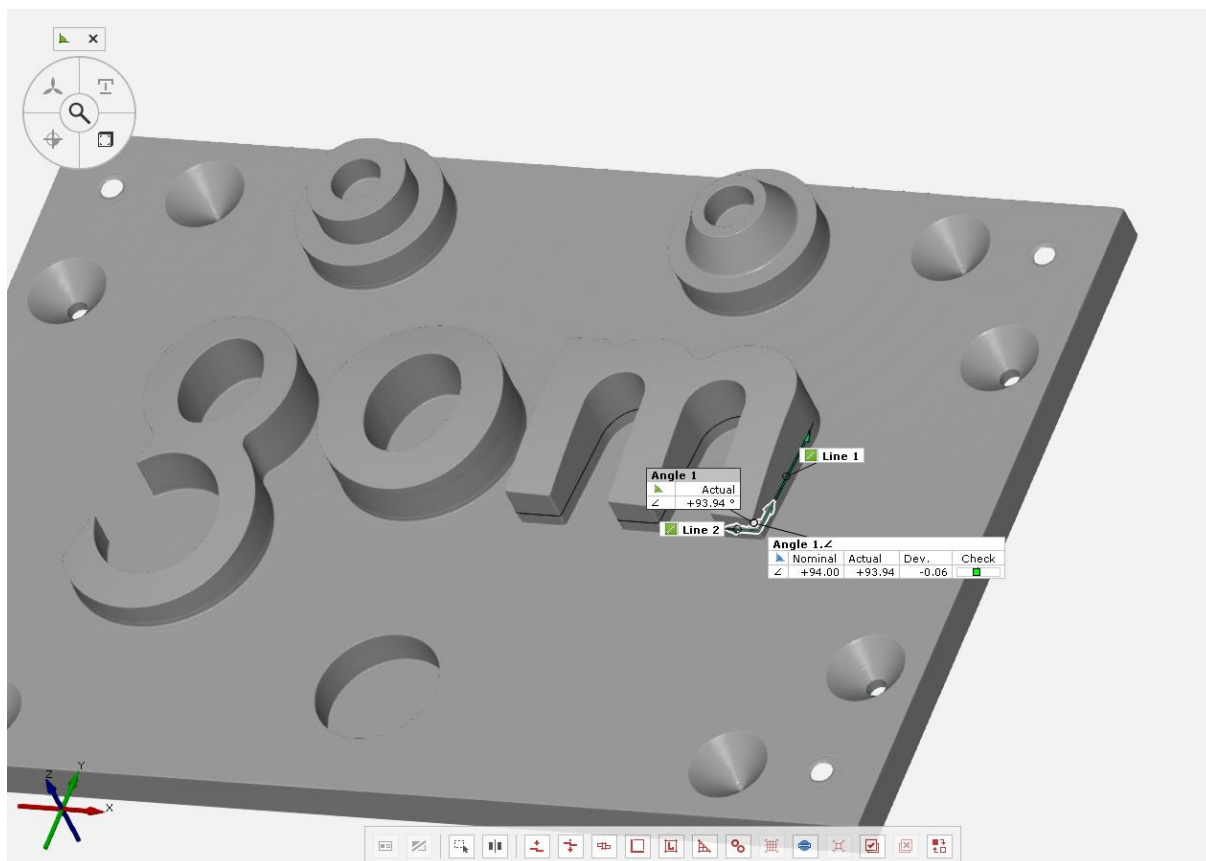
Idući korak je usporedba izračunate vrijednost kuta na modelu s onom zadanom na radioničkom crtežu odabirom naredbe "I-inspect" (Slika 37).



Slika 37. Naredba za kontrolu kuta

U prozor se upisuju vrijednosti zadane radioničkim crtežem.

Na slici (Slika 38) se vide dobiveni rezultati s labelom u kojem su prikazani izmjereni rezultati, nominalni (zadani), odstupanje i zelenim kvadratićem je prikazano da odstupanje je unutra zadanih tolerancija.



Slika 38. Rezultati provjere kuta

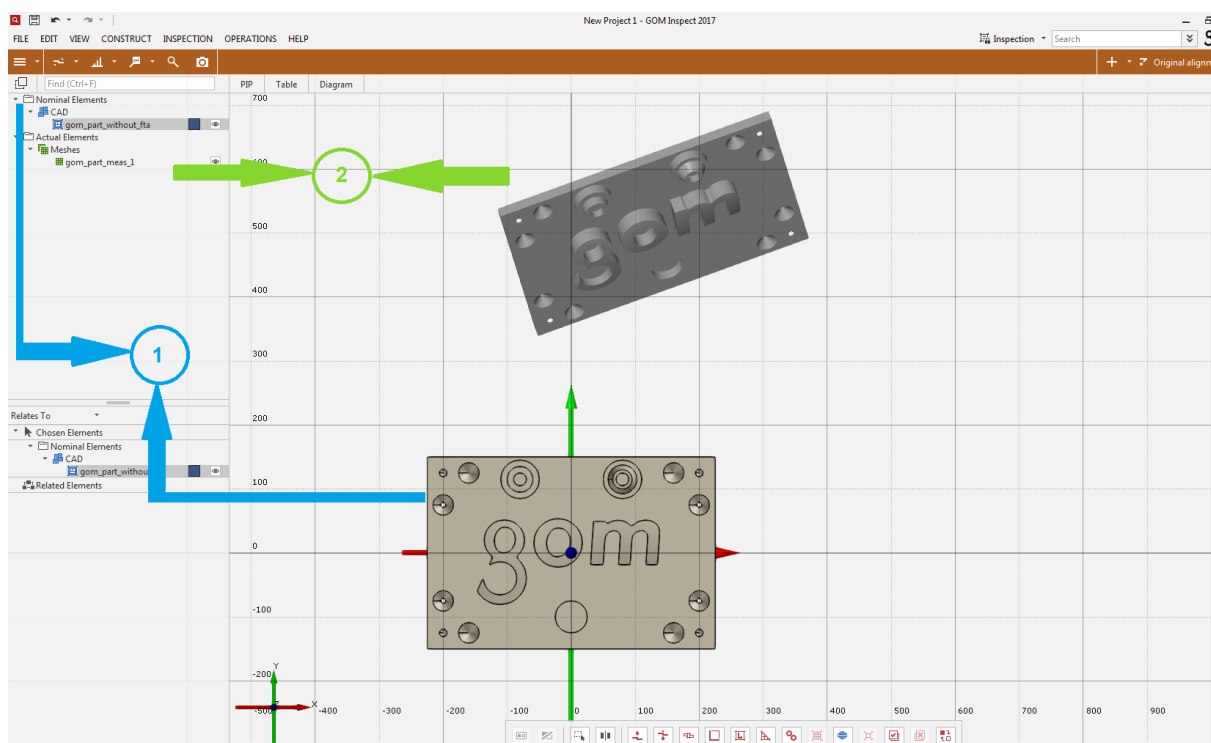
3.2 Usporedba geometrije stvarnog modela s CAD modelom

Stl i stp modeli se učitaju jedan za drugim u program.

Nakon što su učitani, modeli se nalaze u svojim početnim orijentacijama koje se u većini slučajeva ne preklapaju već izgledaju poput onih prikazanih na slici (Slika 39). Pozicija CAD modela je definirana koordinatnim sustavom u kojem je konstruiran,

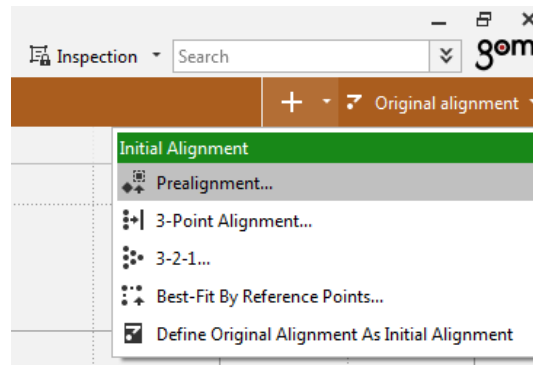
dok je koordinatni sustav stvarnog modela definiran koordinatnim sustavom skenera prilikom samog skeniranja.

CAD model je označen brojem 1 i prikazan je u plavoj boji unutar glavnog eksplorera i sve vezano za njega će također biti prikazano plavom bojom, dok je izmjereni, tzv. stvarni model na slici označen pod brojem 2 prikazan u zelenoj boji i sve vezano za njega će također biti te boje.



Slika 39. Orijentacija stl i stp modela

Prije bilo kakvog mjerenja i usporedbe međusobnih rezultata potrebno je ta dva modela preklopiti, odnosno dovesti ih u zajednički koordinatni sustav. To će se napraviti preko "Prealignment" metode (Slika 40).



Slika 40. Naredba za Prealignment

Metoda funkcionira po principu preklapanja modela po metodi najmanjeg odstupanja.

Kada su modeli poravnati, tj. preklopljeni može se na njima raditi daljnja analiza.

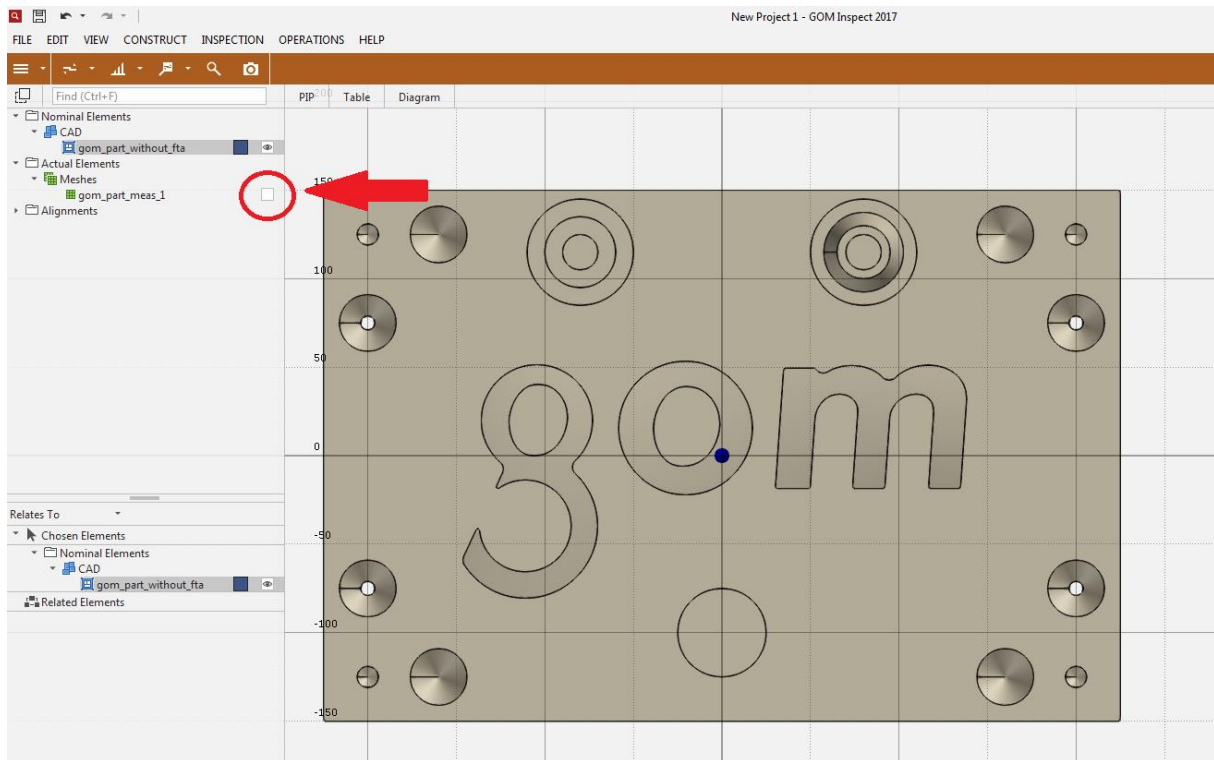
3.2.1 Kontrola promjera cilindra slova "o" i usporedba s CAD modelom

Zadatak ovog primjera je pokazati razlike između kontrole rađene samo sa stvarnim modelom, te kontrole sa stvarnim i CAD modelom zajedno. Pritom se tu ne misli na dobivene rezultate, već na korištenje naredbi kako bi se došlo do tih rezultata.

U primjeru sa samo stvarnim modelom bilo je potrebno na njemu konstruirati element i preko "I-Inspect"-a izmjerene vrijednosti usporediti s ručno upisanim vrijednostima zadanim na crtežu.

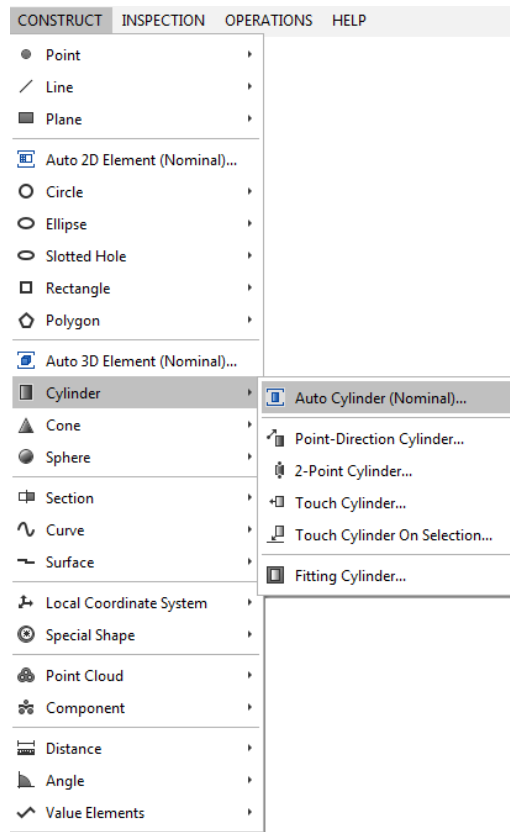
U primjeru kada su stvarni i CAD model zajedno, potrebno je na CAD modelu konstruirati elemente koji se preko naredbi primjenjuju i na stvarni model, nakon čega slijedi usporedba vrijednosti između njih.

Prvi korak je maknuti vidljivost izmjerenog dijela, tj. u exploreru maknuti ikonu oka iz kvadratića kraj "gom_part_meas_1" (Slika 41).



Slika 41. Micanje vidljivosti u Exploreru

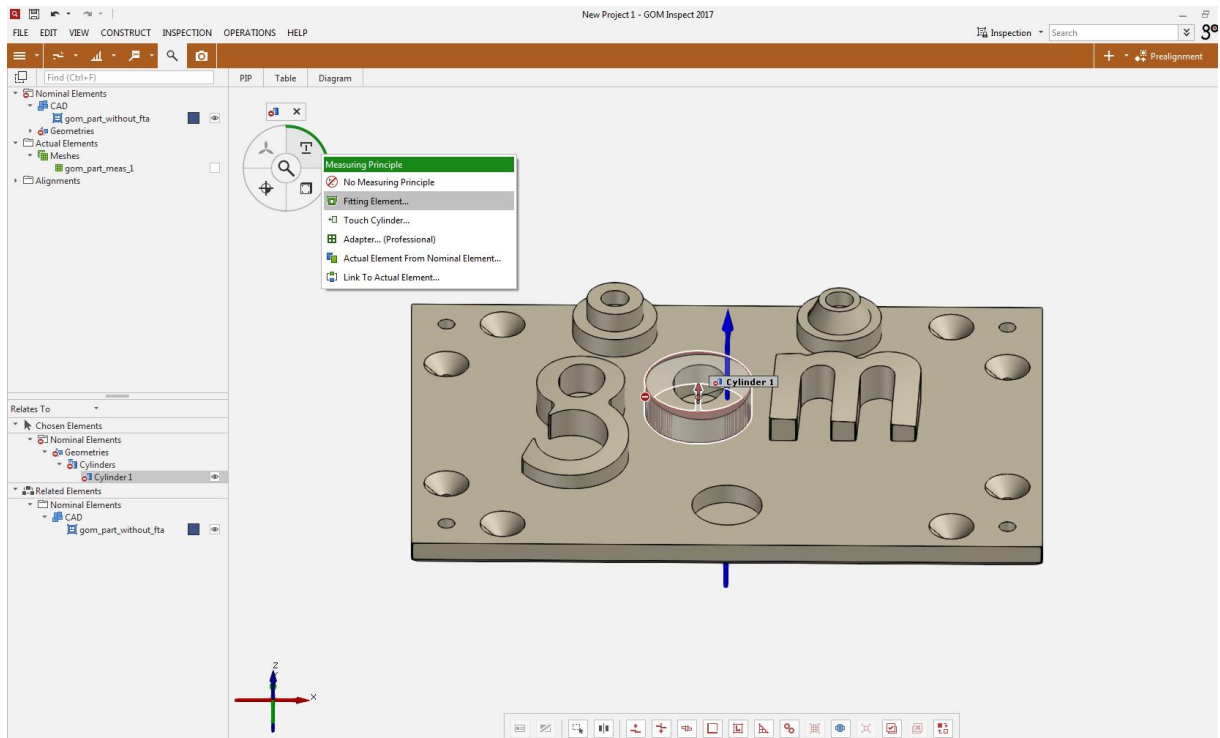
Nakon toga se izabere naredba za konstrukciju cilindra prikazana na slici (Slika 42).



Slika 42. Odabir naredbe za konstrukciju cilindra

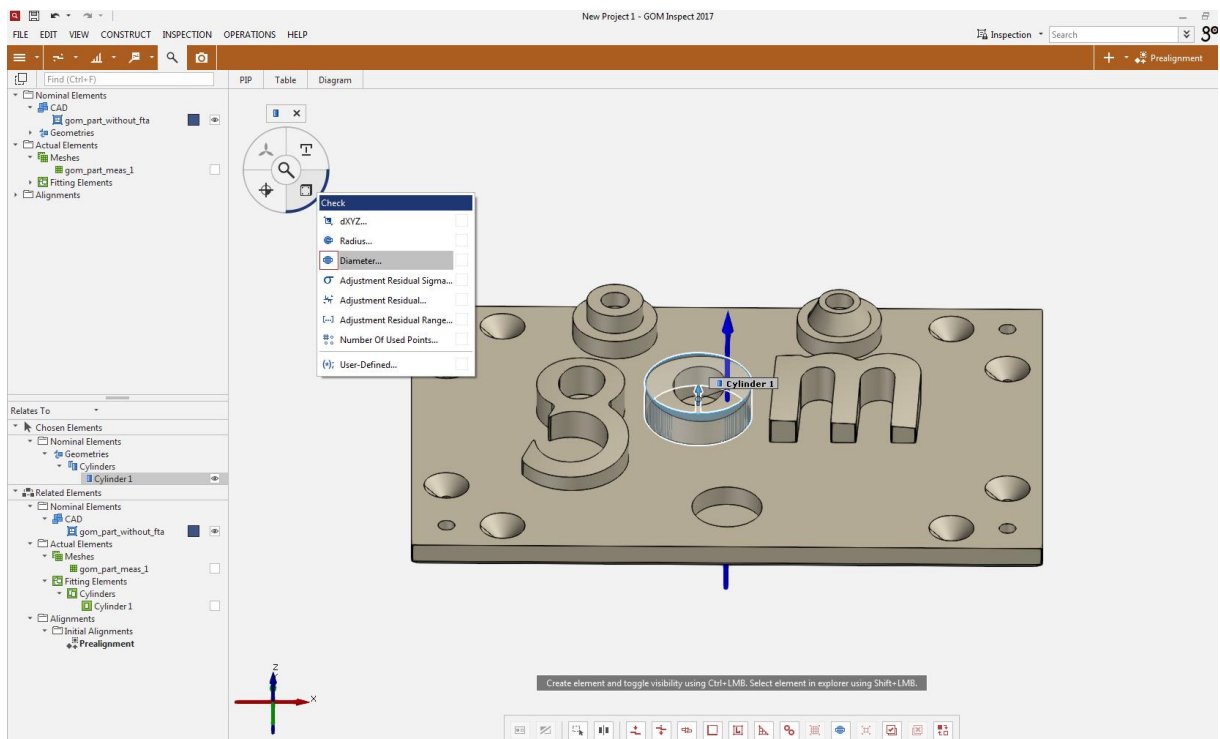
Konstrukcija samog cilindra se radi na identičan način kao i u prvom primjeru, na modelu s ctrl i lijevim gumbom miša označi se površina cilindra i potvrdi se klikom na "Create and Close".

Nakon toga se na "I-inspect" odabere naredba prikazana na slici (Slika 43) kojom će cilindar poprimiti plavu boju, a samim time biti će definiran na mjerenom modelu što omogućuje usporedbu rezultata.



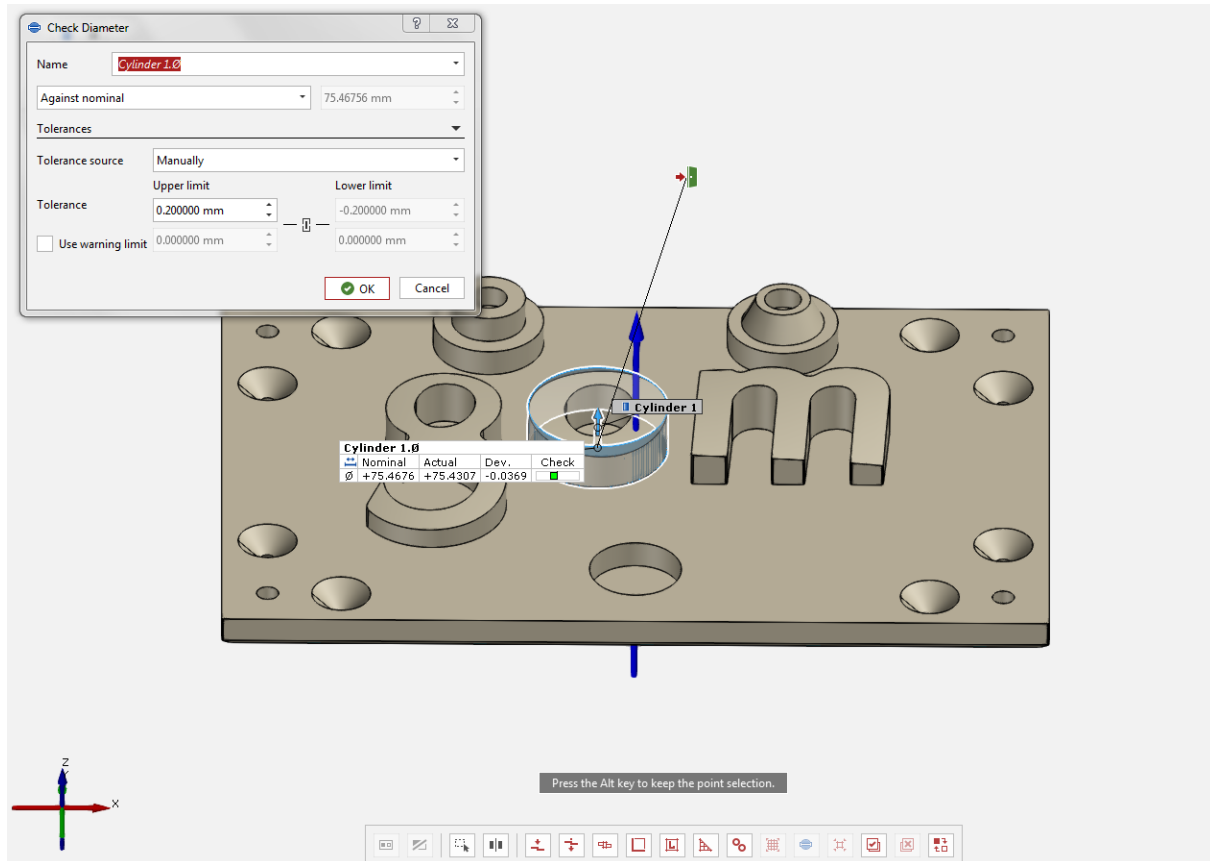
Slika 43. Fitting element

Nakon toga odaberemo naredbu prikazanu na slici (Slika 44) kojom će se usporediti CAD i stvarni model.



Slika 44. Naredba za usporedbu vrijednosti CAD i stvarnog modela

U prozoru automatski ponuđuje usporedbu s CAD modelom i klikom na OK pojavljuje se label s usporedbom rezultata koju vidimo na slici (Slika 45).



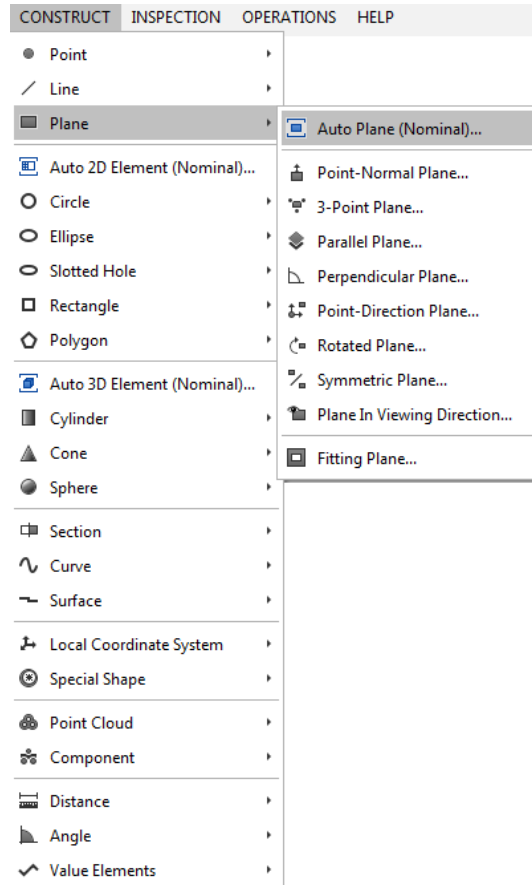
Slika 45. Usporedba vrijednosti CAD i stvarnog modela

3.2.2 Udaljenost između dva cilindra

U primjeru će se izmjeriti udaljenost između dva cilindra. Princip je uvijek isti, prvo je potrebno konstruirati elemente potrebne za analizu, a nakon toga se provodi sama analiza.

Prvi korak je konstruiranje cilindra, ovaj put označava se površinu unutar cilindra i kao u prošlom primjeru na "I-Inspect" se odabire naredba pod "Measuring principle", "Fitting element" za oba cilindra odjednom.

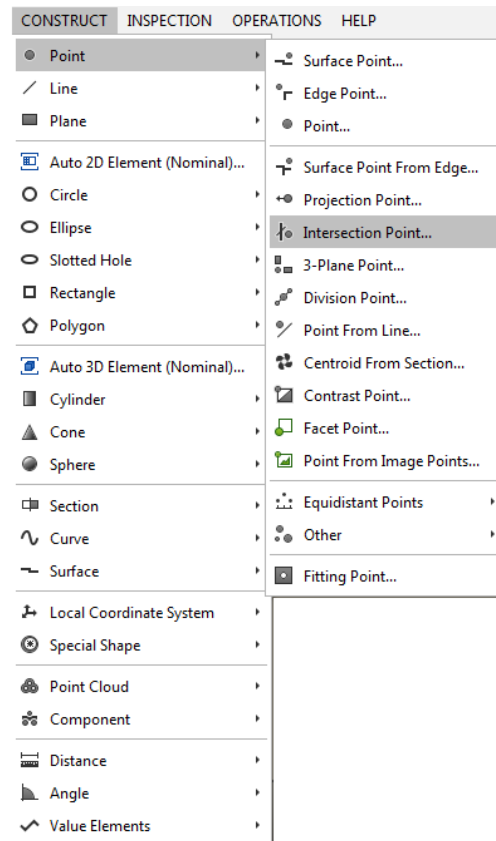
Idući korak je konstrukcija ravnina na vrhovima cilindara prema naredbi prikazanoj na slici (Slika 46).



Slika 46. Naredba za konstrukciju ravnina

Površine na modelu označene su kombinacijom ctrl i lijevim gumbom miša, te nakon toga na "I-inspect" kao i za cilindre izabrana je naredba "Fitting element" za obje površine odjednom.

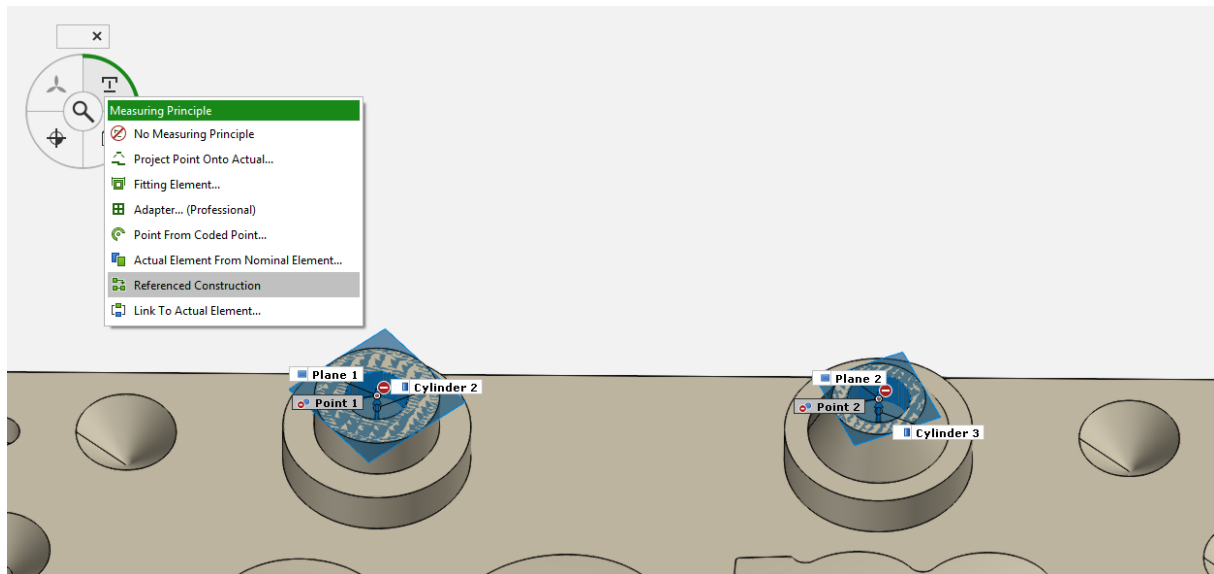
Idući korak je konstruirati točke presjeka između cilindara i ravnina naredbom prikazanoj na slici (Slika 47).



Slika 47. Naredba za konstrukciju točaka

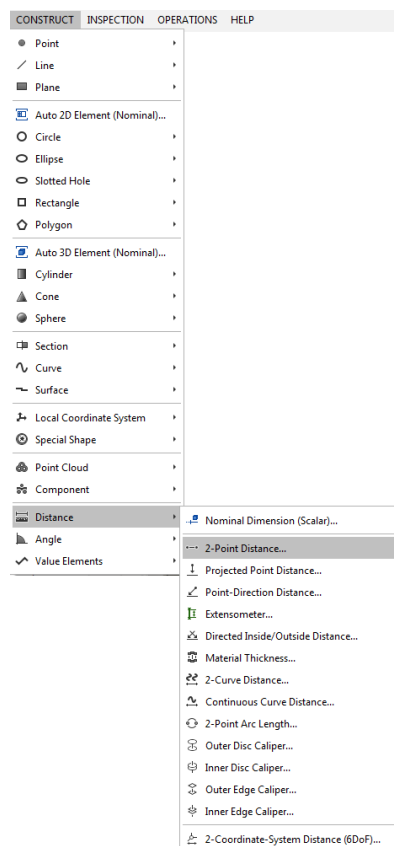
U otvorenom prozoru pod "Line" označi se cilindar, a pod "Intersects" označi se ravnina.

Nakon konstrukcije točaka pod "I-inspect" izabere se naredba prikazana na slici (Slika 48) koja omogućuje konstrukciju identičnih točaka na mjerenom modelu.



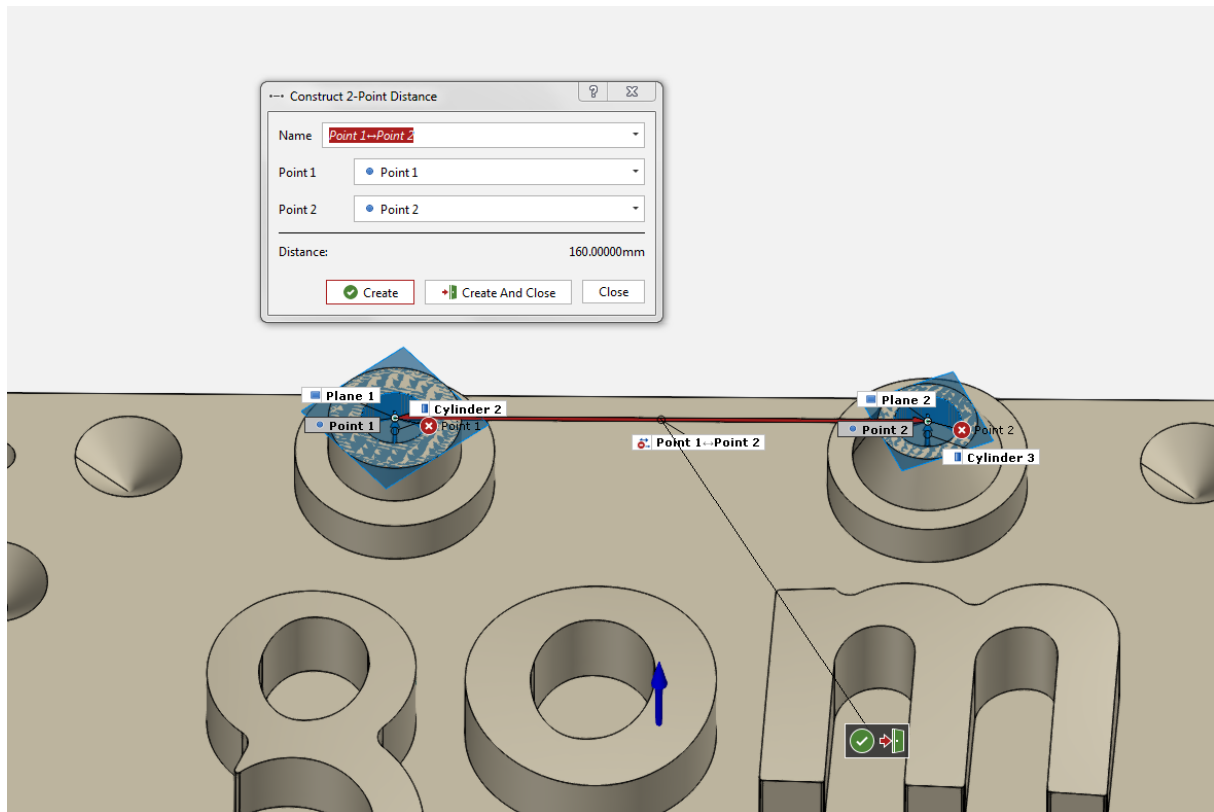
Slika 48. Referenced Construction

Nakon toga se konstruira udaljenost između tih dviju točaka upotrebom naredbe prikazane na slici (Slika 49).



Slika 49. Naredba za konstrukciju udaljenosti između dvije točke

Odaberu se točke i potvrdom na "Create and Close" konstruirana je dužina (Slika 50).

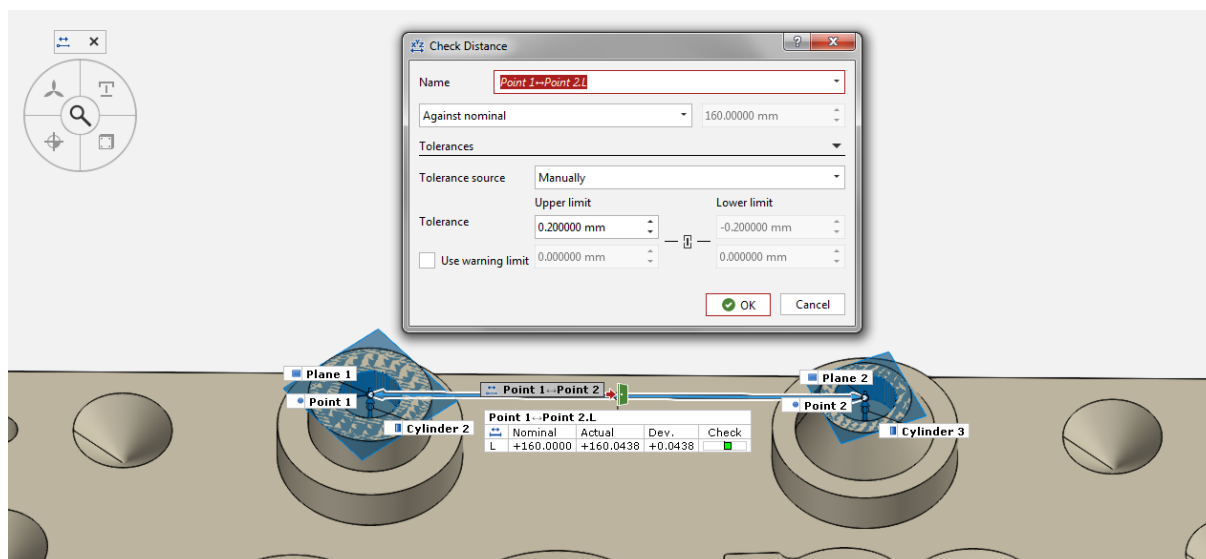


Slika 50. Dužina između dvije točke

Idući korak je kao i nakon konstrukcije točaka, pod "I-inspect" izabrana je naredba "Referenced construction" kojom se ta dužina konstruirala i na mjerenom modelu.

Nakon toga se na "I-inspect" izabere naredba za provjeru udaljenosti.

Na slici (Slika 51) se vidi definirano odstupanje, te konačni rezultati prikazani u labelu.



Slika 51. Rezultati mjerenja udaljenosti između dva cilindra

4. KONTROLA OBLIKA, ORJENTACIJE I POLOŽAJA

GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing), odnosno tolerancije položaja i oblika, koriste se za definiranje nominalne geometrije dijelova i sklopova, dozvoljenih odstupanja oblika i dimenzija pojedinih elemenata, te dozvoljenih odstupanja položaja istih. Neki od primjera GD&T su zahtjevi za ravnost, kružnost, cilindričnost, okomitost, paralelnost, koncentričnost...

Kroz iduće primjere će se pokazati princip rada s GD&T-om u GOM Inspect programu.

4.1 Kontrola ravnosti

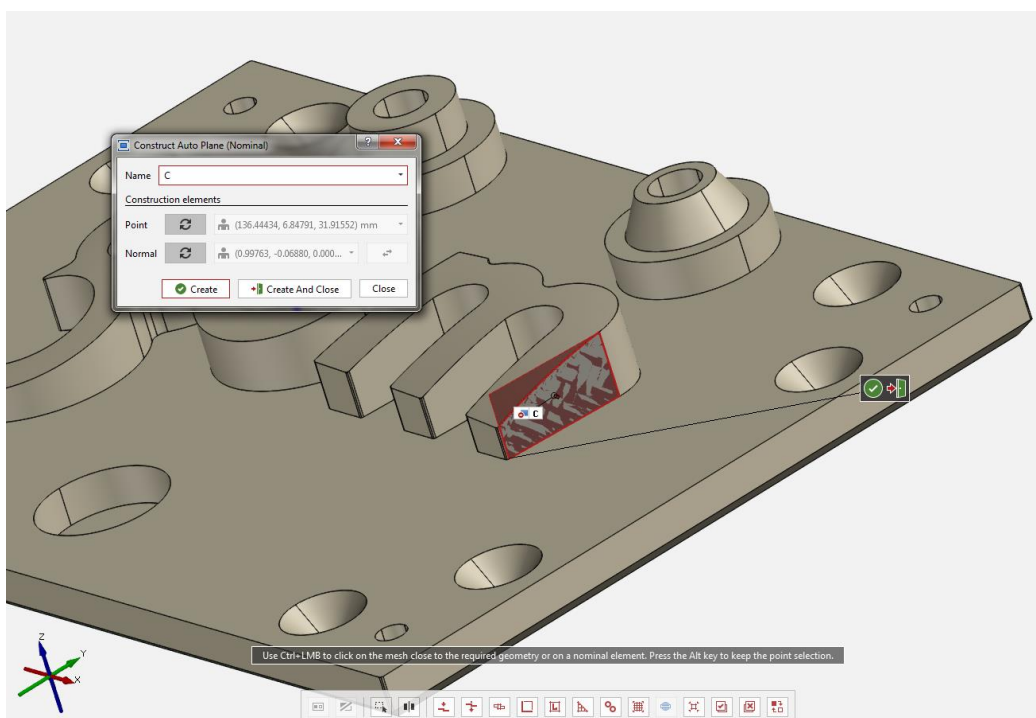
Tolerancija ravnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno dvjema paralelnim ravninama na udaljenosti t . [5]

U ovom primjeru pokazat će se ispitivanje ravnosti na bočnoj strani slova "m" u riječi "gom" na modelu.

Početak je isti kao i u prethodnim primjerima. Učitavanje oba stl i stp modela u program, definiranje "Prealignment" metode kako bi se izmjereni i CAD model preklopili i prije samog početka konstruiranja elemenata potrebnih za daljnju analizu, ostavi se vidljivost samo CAD modela.

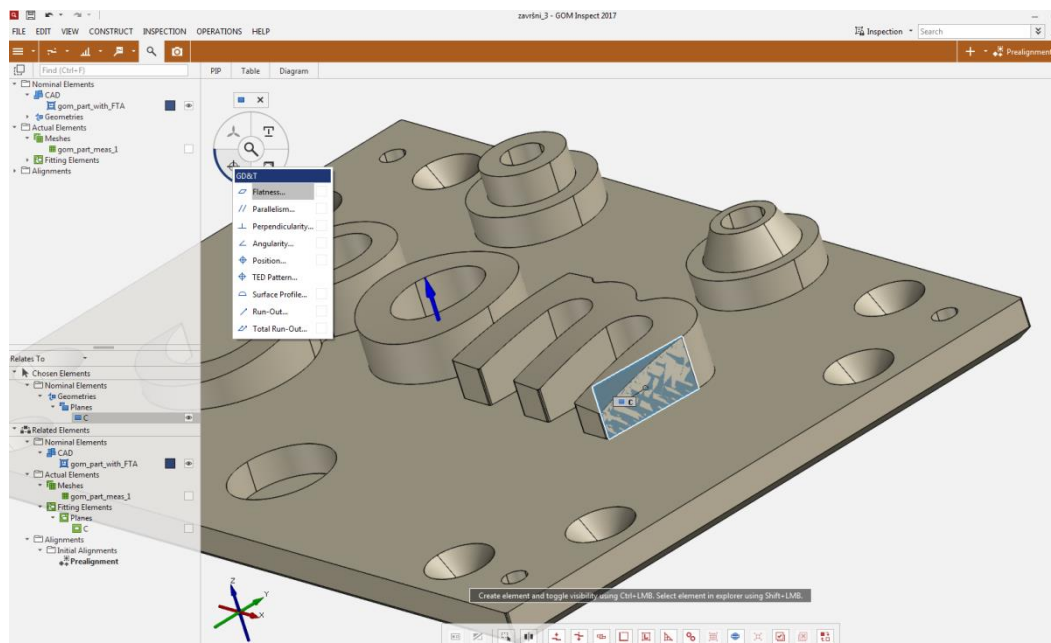
Kako bi se mogla ispitati ravnost potrebno je konstruirati ravninu na bočnoj strani slova "m", odnosno na površini koja se želi analizirati.

Na slici (Slika 52) se vidi odabrana površina, imenovana je "C" i prije same analize nakon konstrukcije potrebno ju je preko "I-inspect" pretvoriti u tzv "Fitting element".



Slika 52. Ravnina C

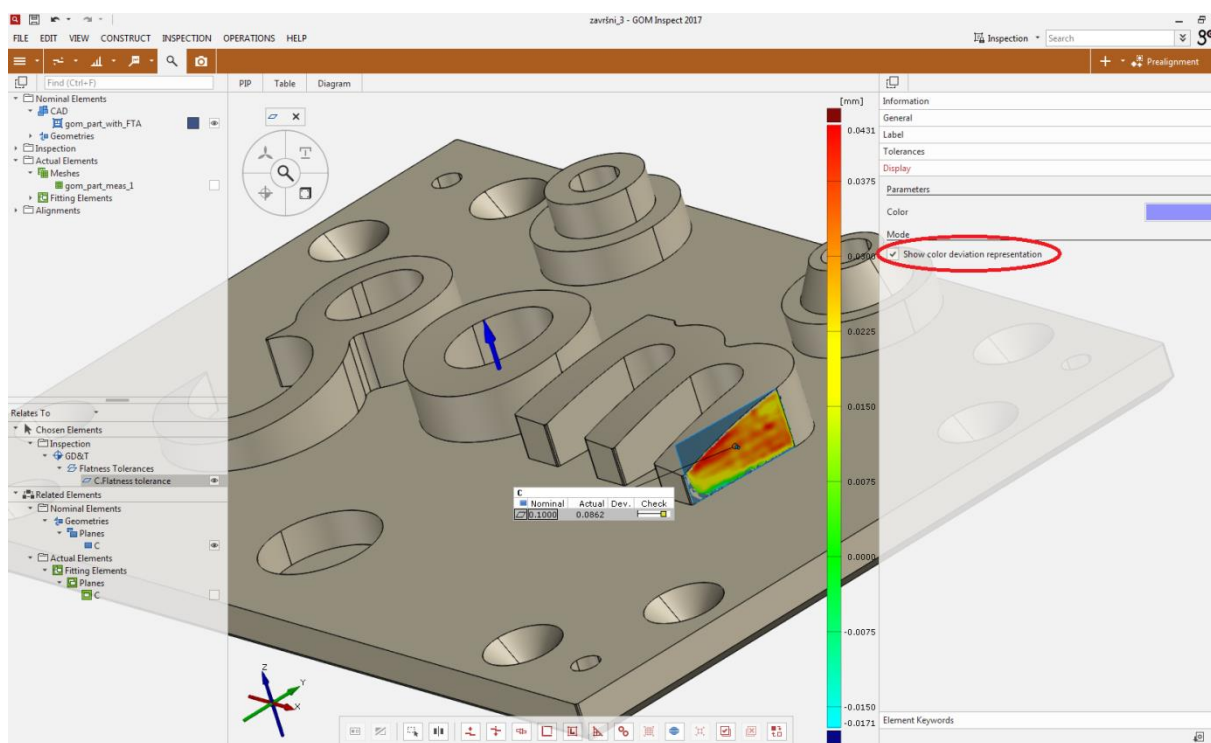
Nakon toga na "I-inspect" se pod GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing) izabere naredba "Flatness" (Slika 53).



Slika 53. Ispitivanje ravnosti

U prozoru se definirala tolerancija od 1 mm i klikom na OK dobio se label u kojem se vide rezultati kontrole, tj da se ispitala ravnost, koliko je dopušteno odstupanje, koliko je izmjereno odstupanje modela, te nakraju da li model prolazi to ispitivanje.

Na slici (Slika 54) osim tog labela prikazano je gdje se treba označiti kako bi se odstupanje na samoj površini modela prikazalo grafički (bojama) uz pripadajući dijagram na desnoj strani koji osim raspona boja sadrži i vrijednosti odstupanja.



Slika 54. Grafički prikaz rezultata kontrole ravnosti

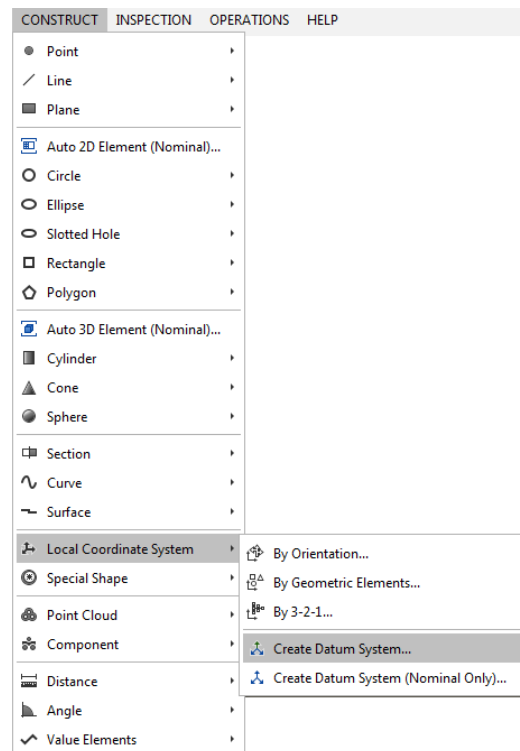
4.2 Kontrola paralelnosti

Tolerancija paralelnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno dvama paralelnim pravcima na udaljenosti t , paralelepipedom osnovice $t_1 \times t_2$, valjkom promjera t ili dvjema plohama, koji su uz to paralelni referentnim pravcima ili plohama. [5]

Kao nastavak na prošli primjer koristit će se konstruirana ravnina C koja će se definirati u tzv "Datum System".

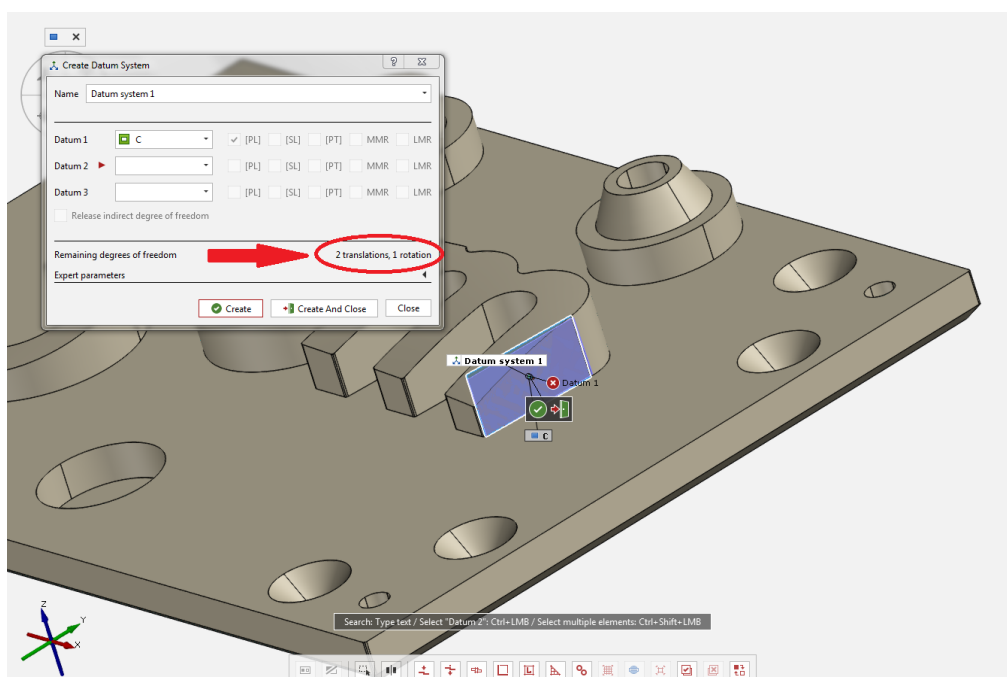
Za razliku od koordinatnog sustava on ne mora uvijek biti potpuno definiran. Za kontrolu paralelnosti i okomitosti dovoljno je da se taj sustav sastoji od jedne ravnine.

Naredba za definiranje "Datum System" vidi se na slici (Slika 55).



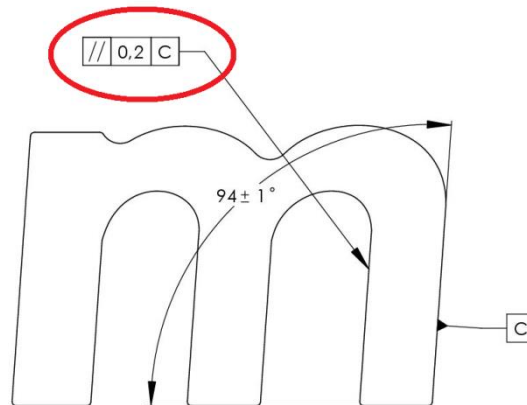
Slika 55. Naredba za Datum System

Na slici (Slika 56) se vidi da je ravnina C izabrana kao jedina ravnina ovog sustava, te se vide mogući stupnjevi slobode definirani tom ravninom.



Slika 56. Definiranje Datum Systema

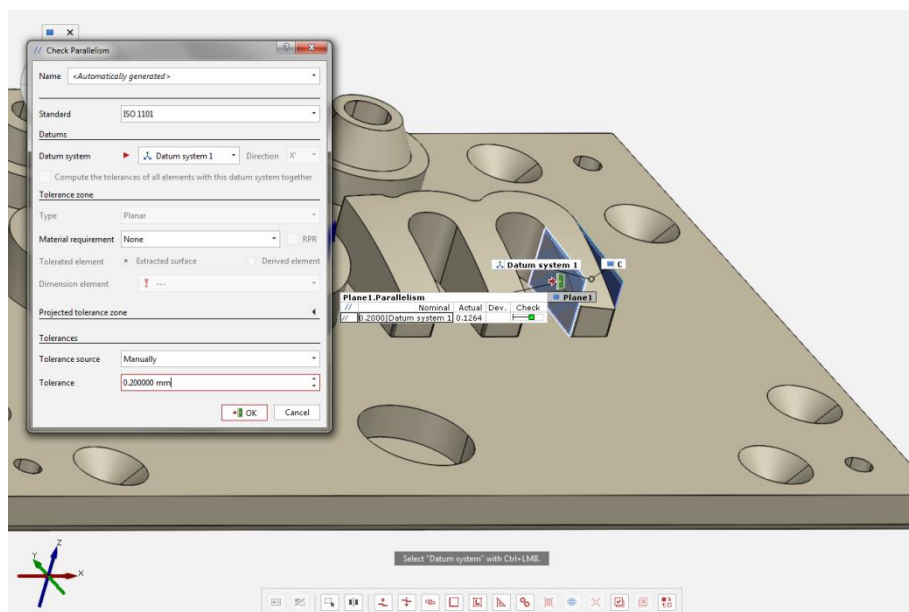
Na slici (Slika 57) vidi se površina koja će se koristiti za provjeru paralelnosti s ravninom C konstruiranom u prošlom primjeru.



Slika 57. Površina na kojoj će se vršiti kontrola paralelnosti

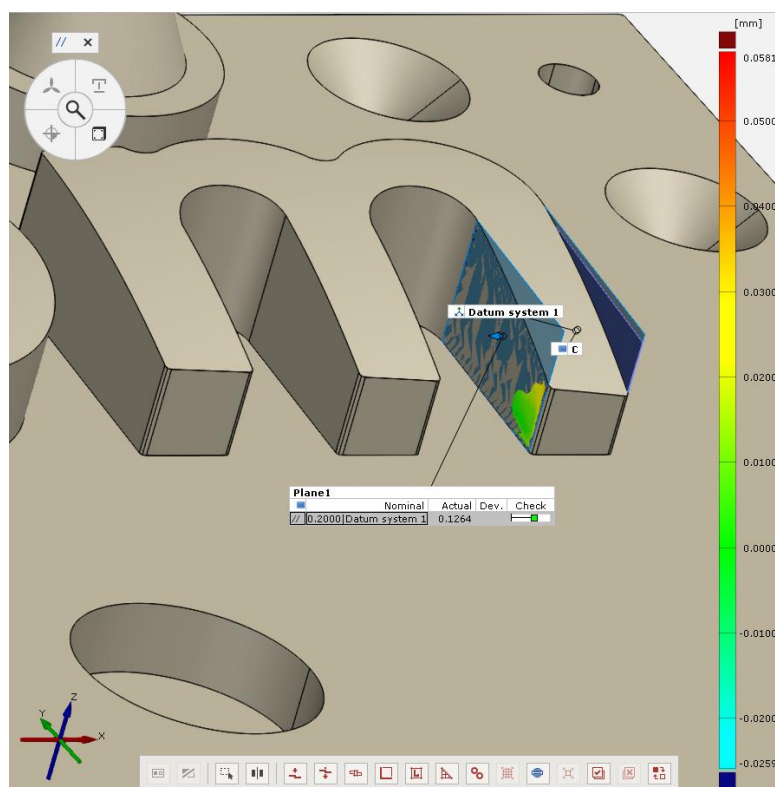
Na površini prikazanoj na slici (Slika 57) potrebno je konstruirati ravninu na način koji je objašnjen u prijašnjim primjerima. Nakon što je ravnina konstruirana potrebno ju je preko "I-inspect" definirati kao "Fitting element" kako bi ju mogli koristiti u daljnjoj analizi.

Idući korak je preko "I-inspect" na padajućem meniju za GD&T izabrati naredbu za analizu paralelnosti. Na slici (Slika 58) je prikazan standard po kojem će se paralelnost ispitivati, pod "Datum system" odabran "Datum system 1" odnosno sustav kreiran od ravnine C i dozvoljeno odstupanje je 2 mm.



Slika 58. Definiranje uvjeta za kontrolu paralelnosti

Moguće je kao i u prošlom primjeru odstupanja na modelu prikazati grafički (Slika 59).

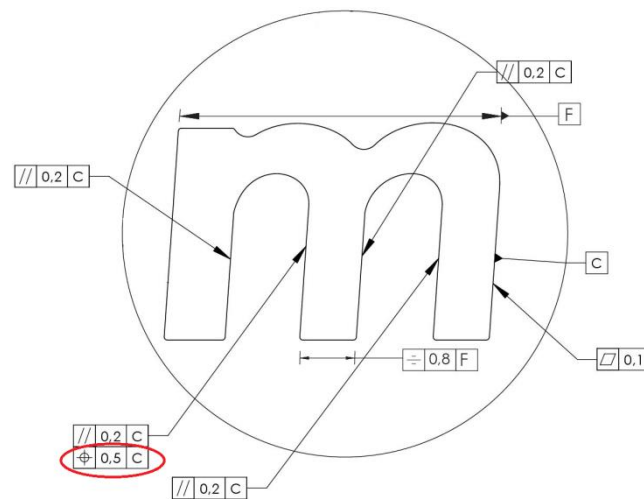


Slika 59. Grafički prikaz rezultata kontrole paralelnosti

4.3 Kontrola položaja (pozicije)

Tolerancija smještaja (položaja) definirana je kao odstupanje koje je ograničeno kružnicom promjera t , dvama paralelnim pravcima na udaljenosti t , s paralelepipedom osnovice $t_1 \times t_2$ ili s valjkom promjera t , čije su osi referentne crte. [5]

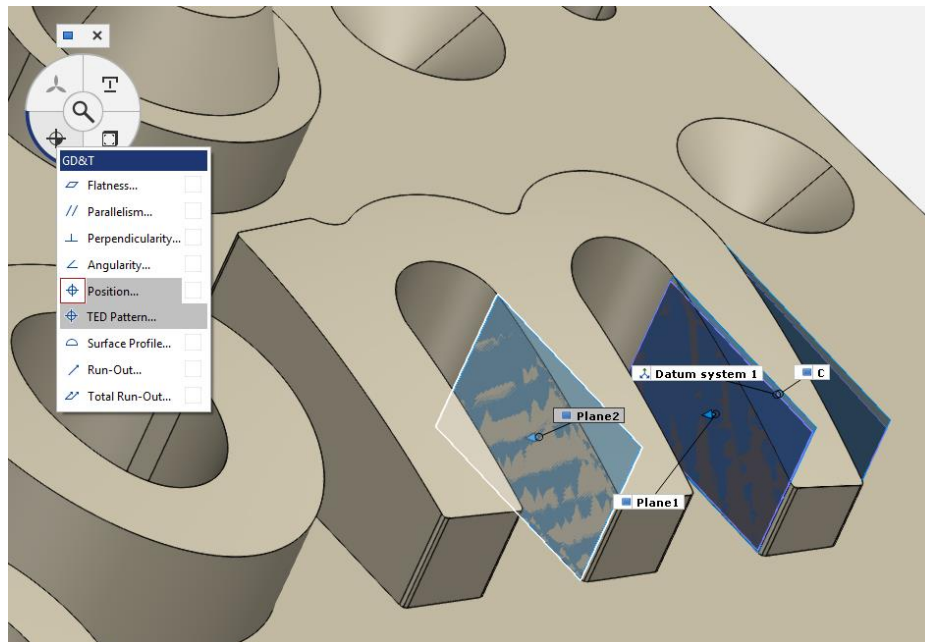
U ovom primjeru prikazat će se kako napraviti kontrolu položaja površine prikazane na slici (Slika 60).



Slika 60. Prikaz površine na kojoj će se vršiti kontrola položaja

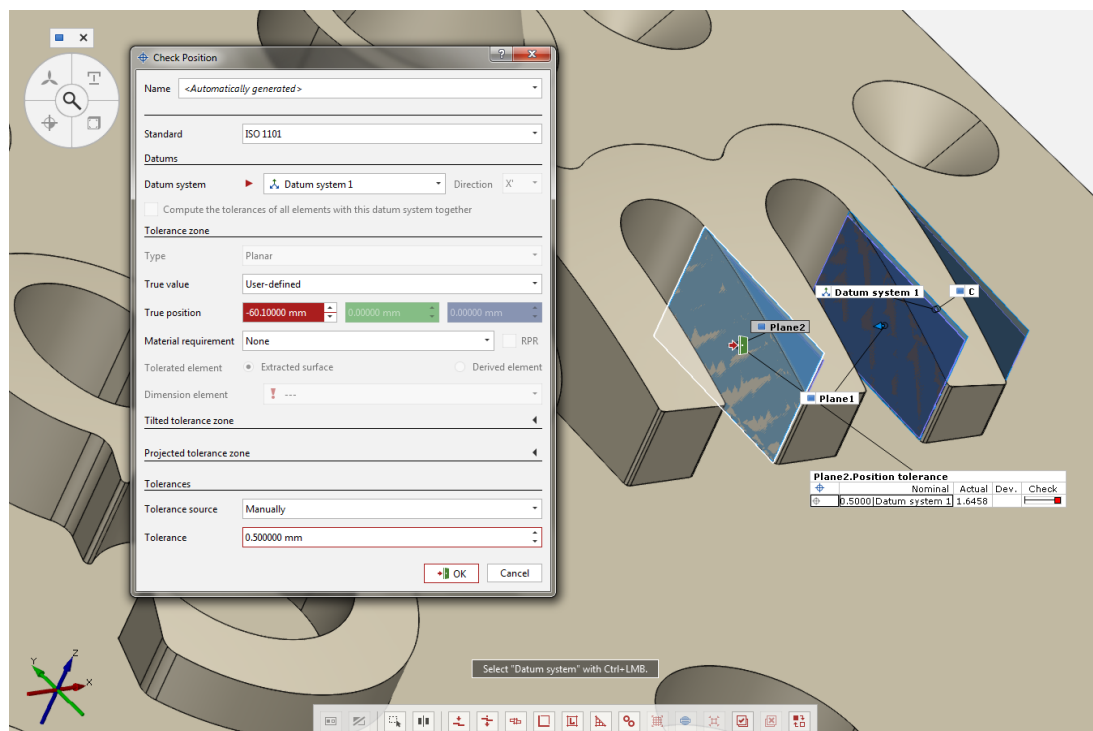
Potrebno je konstruirati ravninu na toj površini. Konstruirat ćemo je na jednak način kao i ravnine u prethodnim primjerima.

Na slici (Slika 61) je prikazan odabir naredbe za kontrolu položaja.



Slika 61. Naredba za kontrolu položaja

Na slici (Slika 62) vide se odabrani parametri korišteni za kontrolu. Odabran je ponovno kreirani "Datum system", odabran je "User defined" i pod "True position" u kućicu crvene boje upisana je vrijednost -60,1, te definirano odstupanje od 0,5 mm.



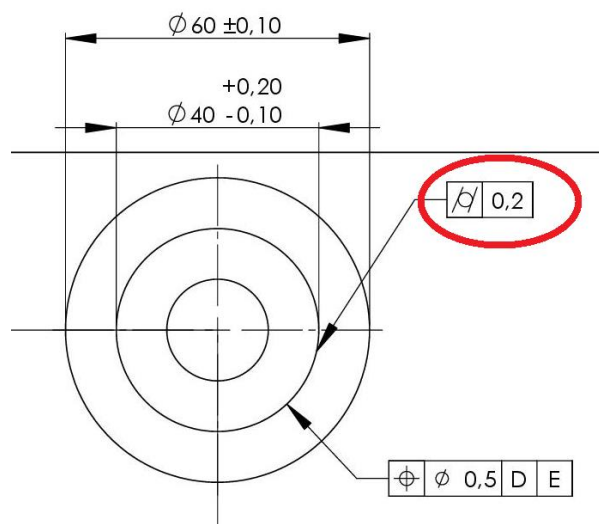
Slika 62. Definiranje parametara kontrole položaja i rezultati kontrole

U labelu na slici (Slika 62) vidi se kako ova provjera odstupa od zadanih granica tolerancije pa je stoga kvadratić u rubrici "Check" crvene boje što označava kako model nije zadovoljio uvjete ove kontrole.

4.4 Kontrola cilindričnosti

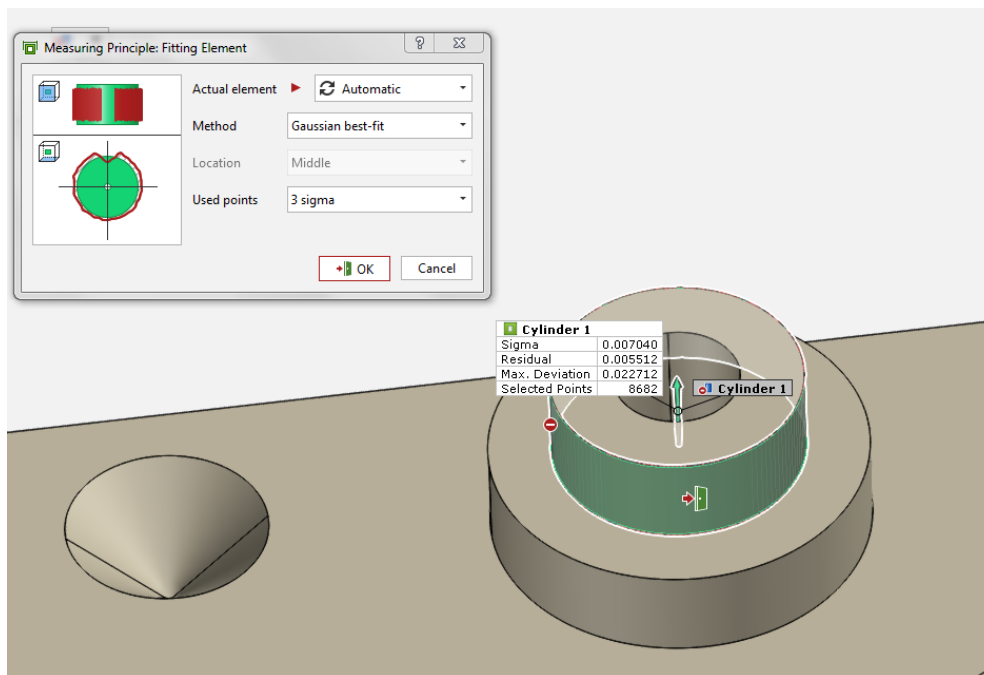
Tolerancija cilindričnosti definirana je kao odstupanje koje je ograničeno dvama koncentričnim (koaksijalnim) valjcima na udaljenosti t . [5]

Na slici (Slika 63) vidi se dio modela na kojem će se napraviti kontrola cilindričnosti.



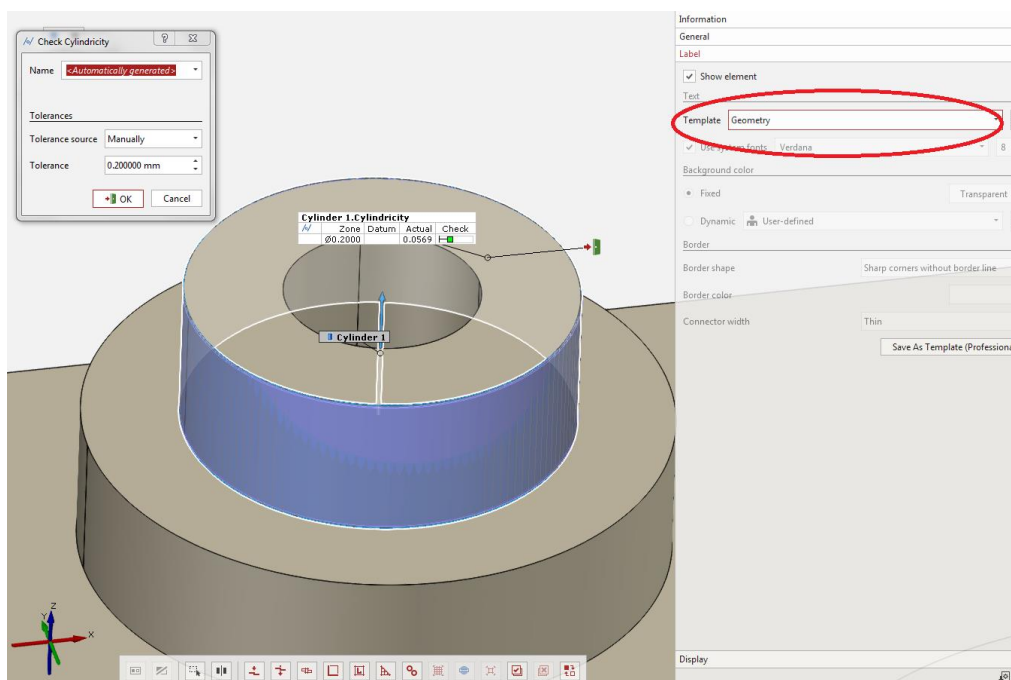
Slika 63. Prikaz dijela na kojem će biti napravljena kontrola cilindričnosti

Prvi korak je konstrukcija cilindra na način objašnjen u primjeru pod naslovom "Kontrola promjera cilindra slova "o" i usporedba s CAD modelom". Na slici (Slika 64) vidi se odabrana površina na kojoj je konstruiran cilindar.



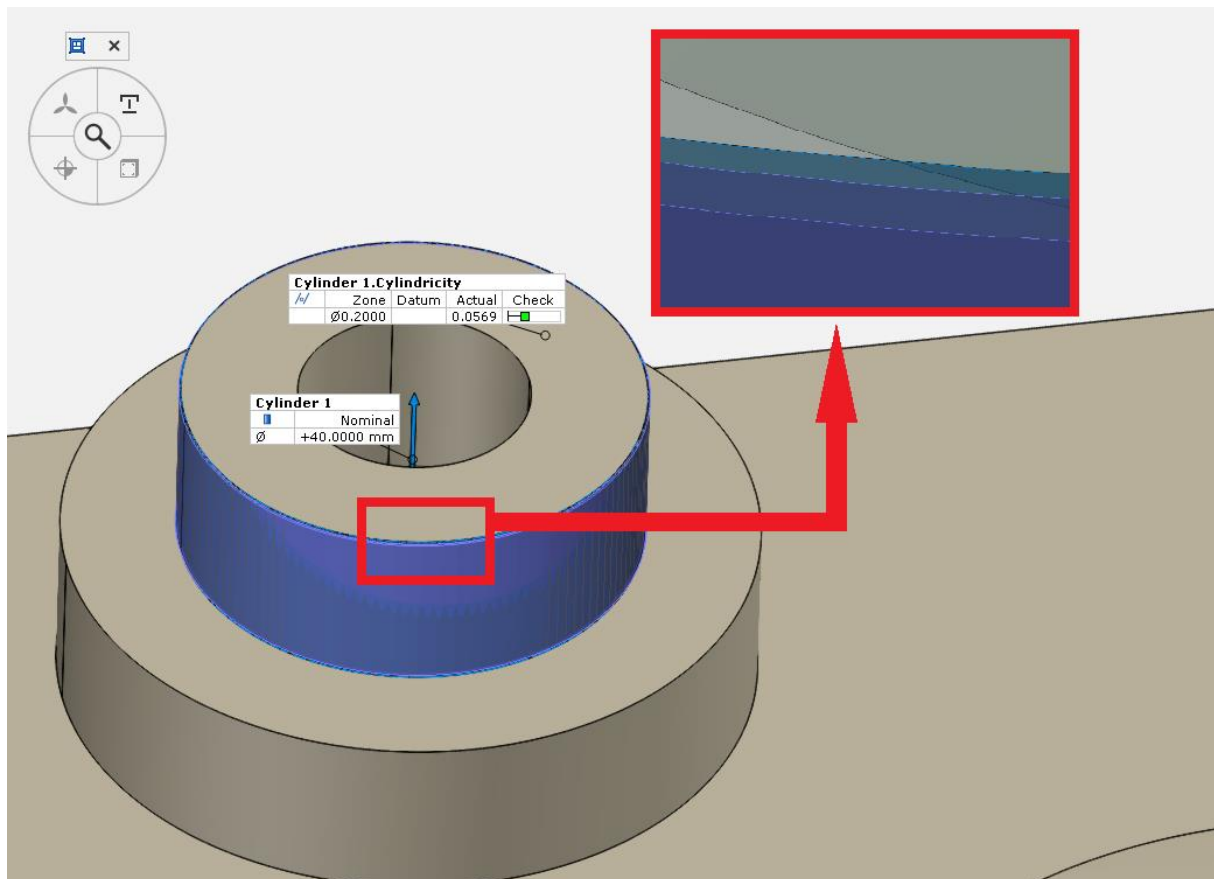
Slika 64. Prikaz površine na kojoj se radi konstrukcija cilindra

Na "I-inspect" je izabrana naredba za kontrolu cilindričnosti, pod odstupanje je upisano 0,2 mm i pod "Properties" na kartici "Label" je odabrano da se u tablici na modelu prikažu samo rezultati geometrije cilindra (Slika 65).



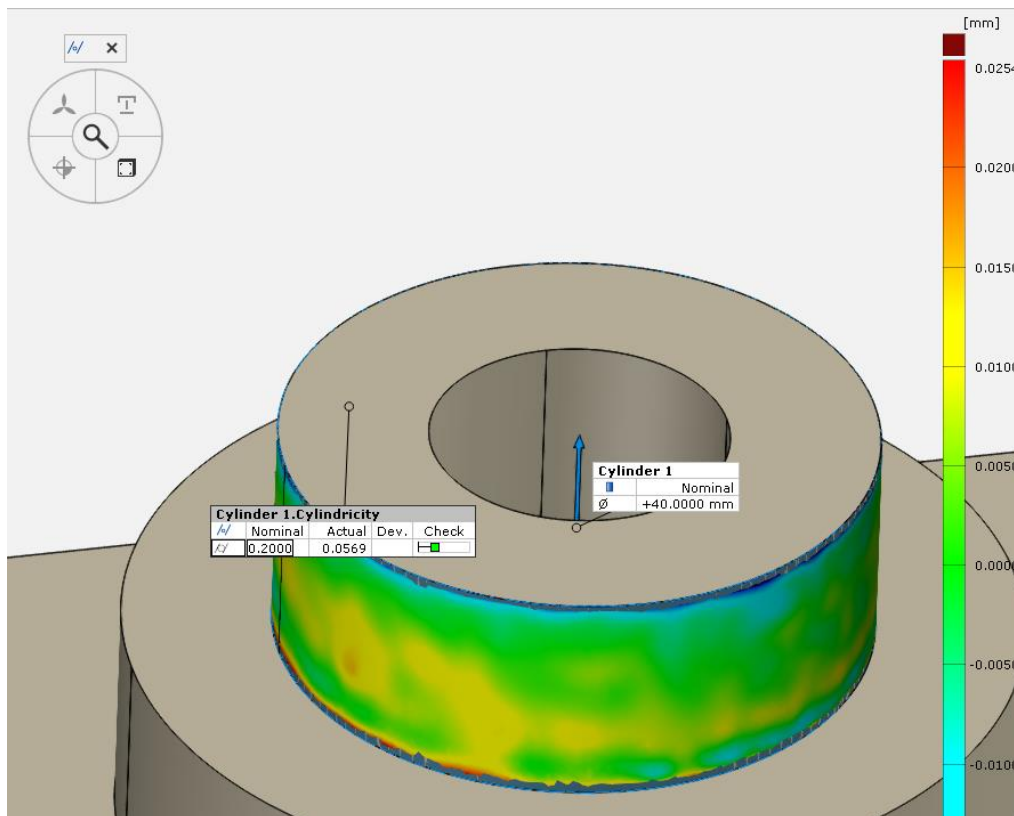
Slika 65. Definiranje labela

Na slici (Slika 66) vidimo izvučen detalj na kojem se vide tri cilindra. Vanjski cilindri su zona tolerancije, odnosno minimalna i maksimalna dopuštena vrijednost i srednji cilindar je tzv "Fitting Cylinder", pokazuje vrijednost izmjerenog modela. Dokle god se izmjerena vrijednost nalazi unutar zone tolerancije, model prolazi provjeru, u protivnom ako na bilo kojem dijelu se nalazi van tolerancijske zone, model ne prolazi kontrolu.



Slika 66. Grafički prikaz zone tolerancije

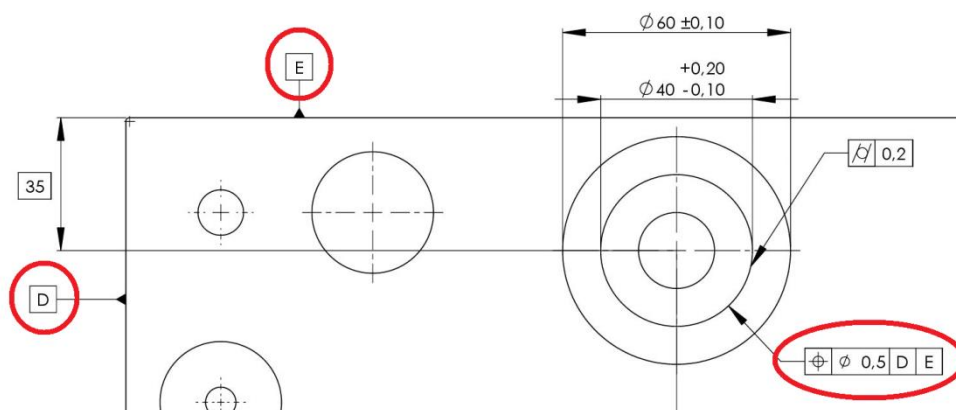
Na slici (Slika 67) vidimo grafiku odstupanja te njen prikaz na samom modelu.



Slika 67. Grafički prikaz rezultata kontrole cilindričnosti

4.5 Kontrola položaja (pozicije) u odnosu na dvije ravnine

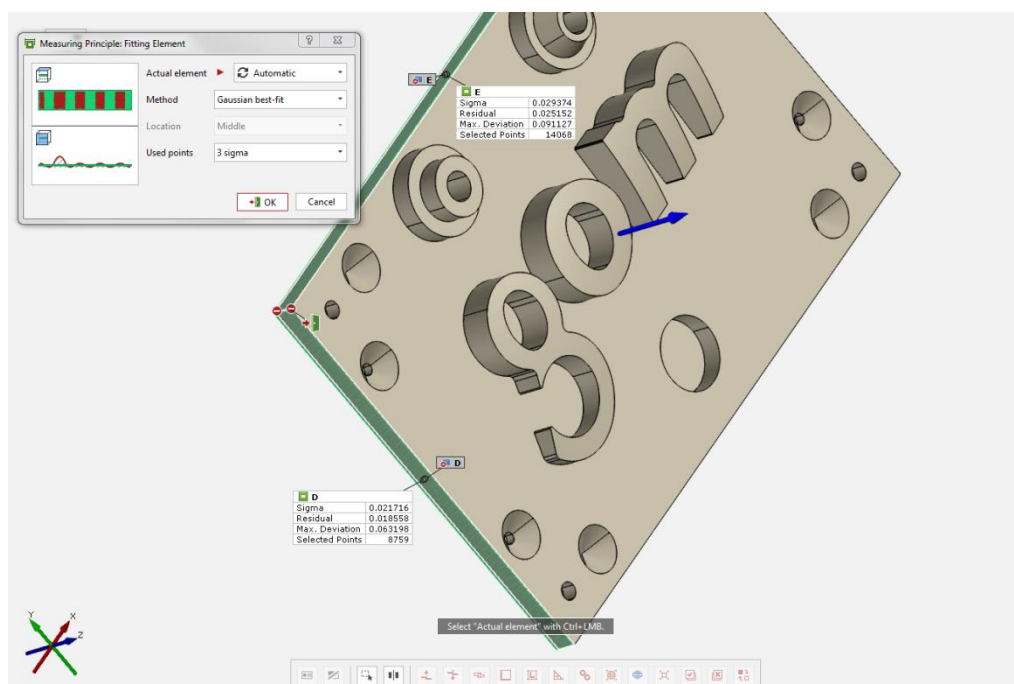
U ovom primjeru će se pokazati kontrola pozicije cilindra u odnosu na dvije ravnine (Slika 68).



Slika 68. Prikaz ravnina i tražene tolerancije u odnosu na njih

Prvi korak je konstrukcija ravnina preko naredbe Construct, pa na padajućem meniju odabere se Plane, pa Auto Plane (Nominal), te kombinacijom ctrl i lijevog gumba miša označimo površinu na modelu na kojoj će se konstruirati ravnina D. Isto se ponovi i za konstrukciju druge ravnine koja se nazove E.

Nakon toga preko "I-inspect" se obje ravnine definiraju kao "Fitting element" (Slika 69).

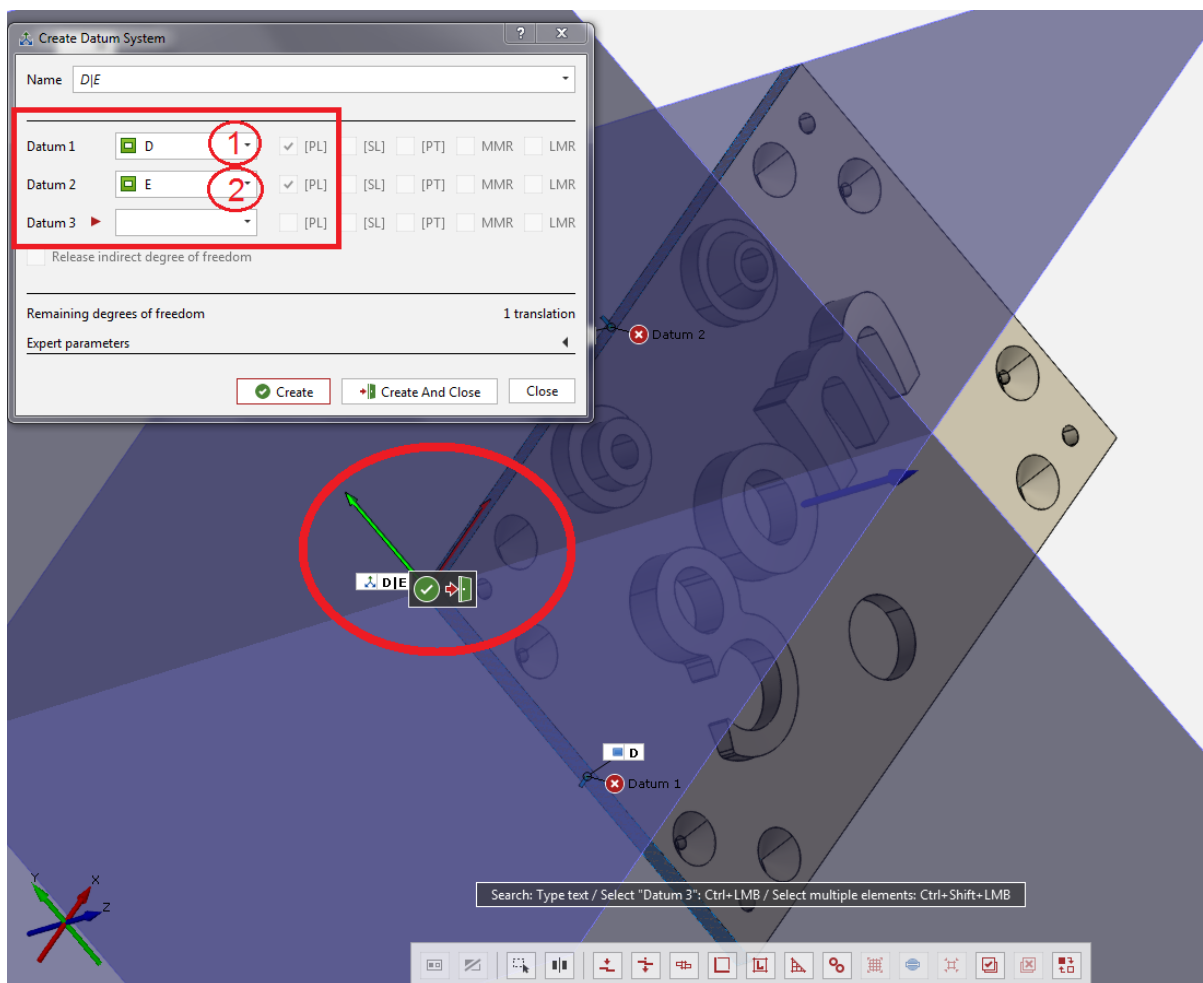


Slika 69. Prikaz konstruiranih ravnina

Nakon toga konstruiraju se novi "Datum system" koji se sastoji od te dvije ravnine.

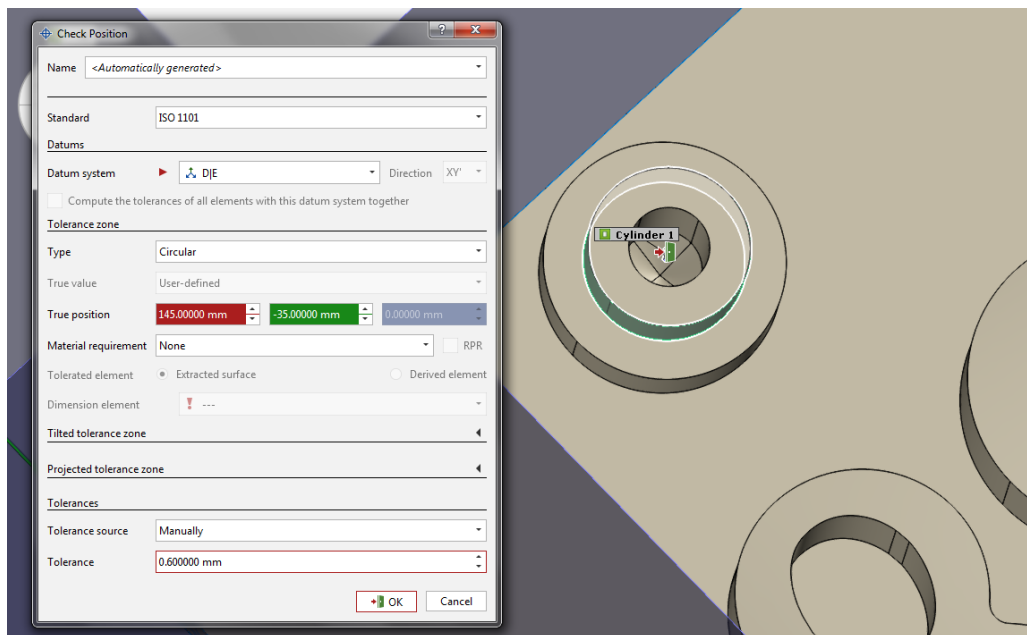
Prilikom konstrukcije tog sustava treba voditi računa o redoslijedu odabira ravnina. Ravnine u tom sustavu su uvijek okomite jedna na drugu. Prva ravnina koja se izabere će biti referentna ravnina dok su ostale ortogonalne. Nije svejedno kojim se redoslijedom izabiru ravnine, jer svaki redoslijed u konačnici će donijeti drugačije rezultate analize istog elementa.

Odabir redoslijeda za ovaj primjer prikazan je na slici (Slika 70).



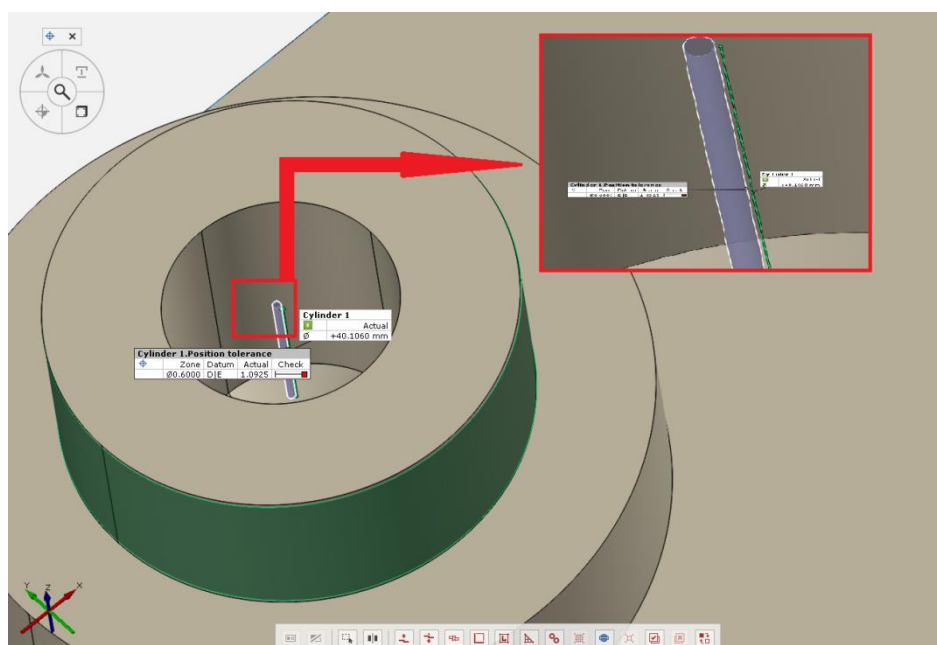
Slika 70. Redoslijed odabira ravnina za Datum System

U analizi će se iskoristiti cilindar koji je konstruiran u primjeru pod nazivom "Kontrola cilindričnosti". Označi se konstruirani cilindar i preko "I-inspect" odabere se naredba za kontrolu položaja. Na slici 71 vide se odabrani parametri i upisane brojčane vrijednosti potrebne za ovu kontrolu.



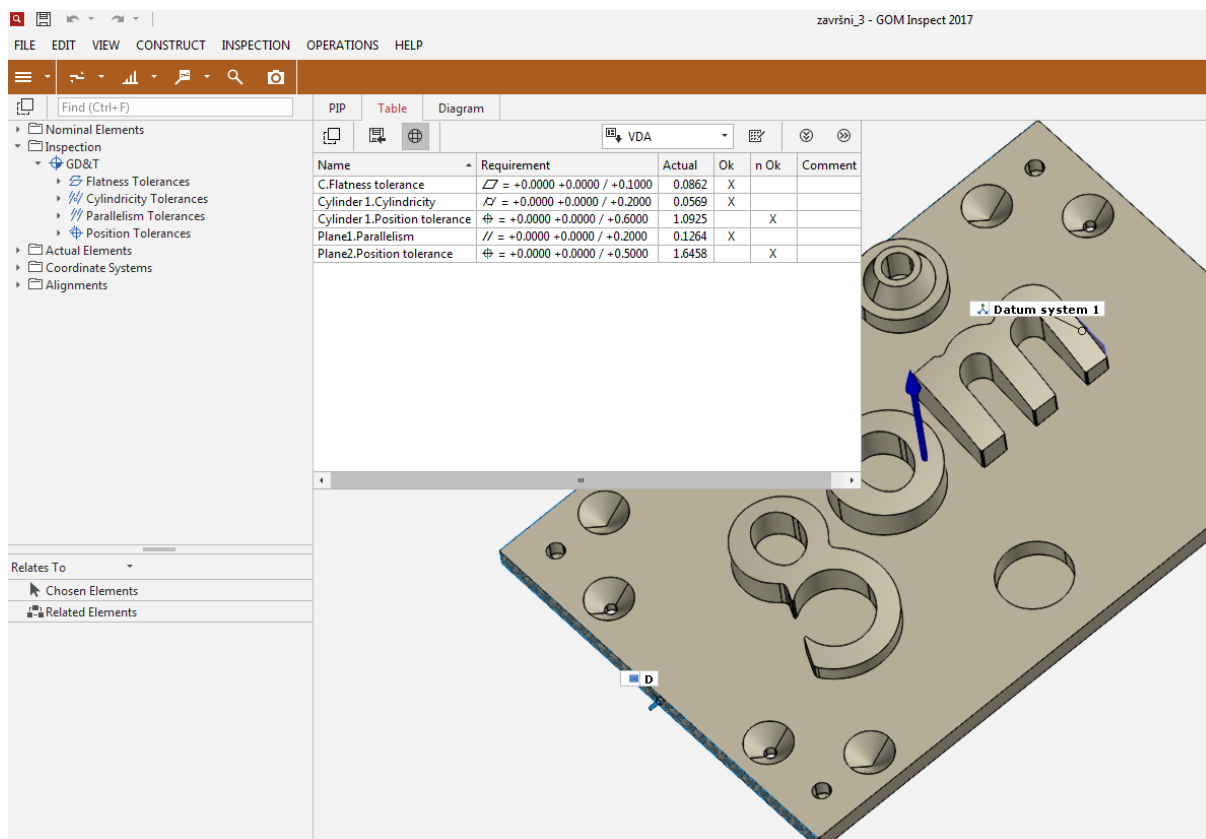
Slika 71. Parametri kontrole

Slika 72 prikazuje dobiveni rezultati kontrole, te na uvećanom detalju može se vidjeti kako središte cilindra (zelena linija), nalazi se van plavog cilindra koji predstavlja područje tolerancije. Stoga model nije prošao ovu kontrolu.



Slika 72. Rezultati kontrole

Slika 73 prikazuje još jednu od mogućnosti programa, a to je tablica s prikazom svih mjerenja, dobivenih rezultata, dozvoljenih odstupanja (ako ih ima), te da li je model prošao traženu kontrolu. Tablicu je moguće spremiti u obliku excel datoteke.



Name	Requirement	Actual	Ok	n Ok	Comment
C.Flatness tolerance	$\nabla = +0.0000 +0.0000 / +0.1000$	0.0862	X		
Cylinder1.Cylindricity	$\nabla = -0.0000 -0.0000 / +0.2000$	0.0569	X		
Cylinder1.Position tolerance	$\oplus = -0.0000 +0.0000 / +0.6000$	1.0925		X	
Plane1.Parallelism	$// = -0.0000 +0.0000 / -0.2000$	0.1264	X		
Plane2.Position tolerance	$\oplus = +0.0000 +0.0000 / +0.5000$	1.6458		X	

Slika 73. Prikaz tablice s rezultatima

5. METODE KONSTRUIRANJA ELEMENATA

Ovisno o tome što želimo konstruirati, postoje četiri metode po kojima je to moguće napraviti. Svaka od njih ima svojih prednosti i mana, te svaka od njih se koristi ovisno o tome što se mjeri.

Gaussova metoda koristi normalnu raspodjelu i eliminira najudaljenije točke prilikom proračuna. Može se odrediti broj korištenih točaka u proračunu mijenjajući vrijednost sigma.

Chebyshev metoda koristi se za GD&T (tolerancije položaja i oblika). Norma definira da element mora biti definiran tom metodom u slučaju provjere tolerancija položaja i oblika elementa.

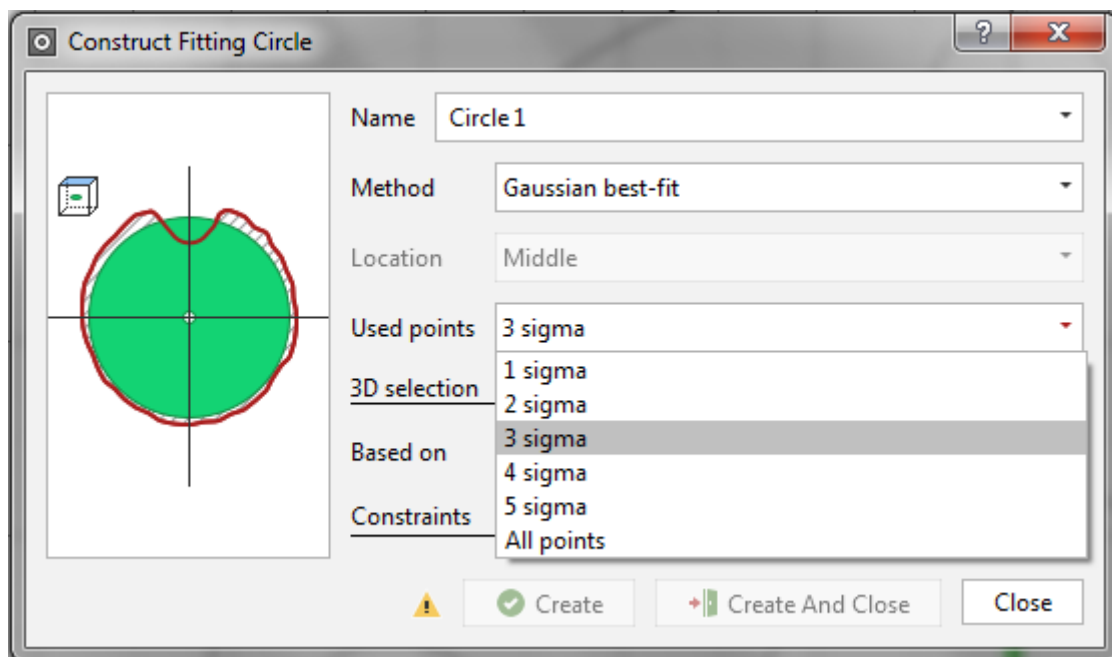
Upotrebu preostale dvije metode možda bi bilo najlakše objasniti kroz njihovu praktičnu primjenu.

Maximum inscribed element metoda bi se trebala koristiti kada bi se npr. htjelo definirati maksimalni promjer osovine.

Dok bi se Minimum circumscribed element metoda koristila za definiranje minimalnog promjera rupe.

5.1 Gaussian best-fit

Metoda se bazira na proračunu u kojemu su ukupna kvadratna odstupanja od točaka najmanja. Slika 74 prikazuje mogućnost odabira tzv "Used Points". Ta funkcija je aktivna samo kod ove metode. Koristeći statističke metode, moguće je eliminirati točke koje svojim smještajem se nalaze van modela ali su obuhvaćene u selektiranom području.



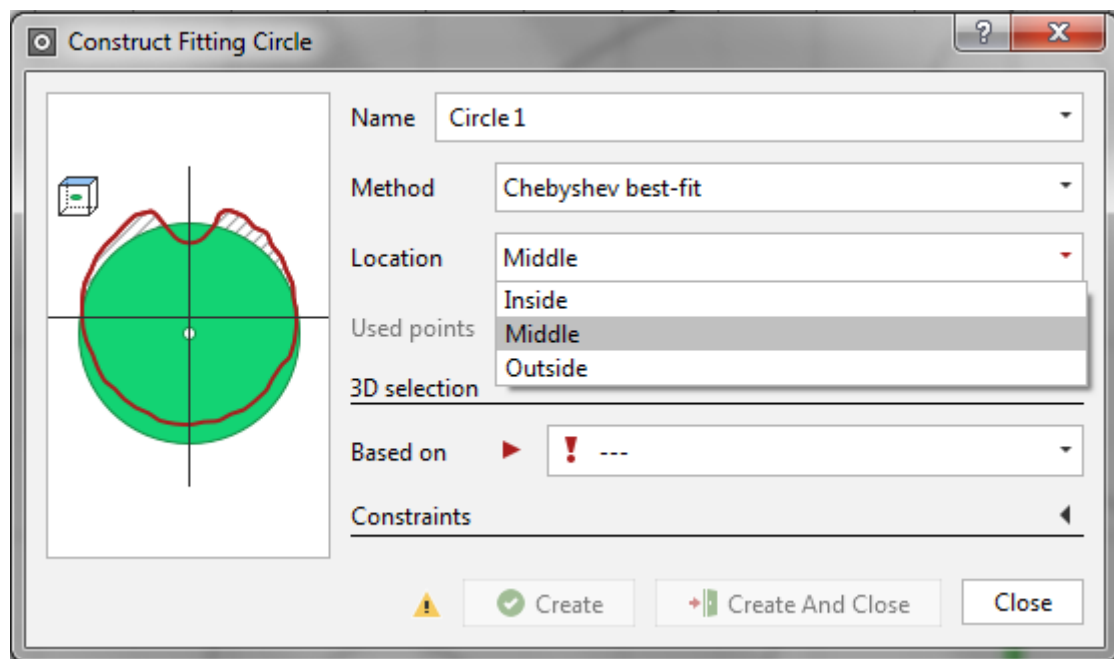
Slika 74. Gaussian best-fit metoda

Raspon seže od 1 sigma, pa sve do "All points". U slučaju velikog broja točaka, 1 sigma obuhvaća otprilike 68,3%, 2 sigma otprilike 95,4% i 3 sigma otprilike 99,7% točaka koje su uzete u obzir prilikom proračuna od sveukupnog broja selektiranih točaka. Prilikom korištenja opcije "All points" sve točke (pa čak i one koje ne leže na samom modelu) se uzimaju u obzir prilikom proračuna.

5.2 Chebyshev best-fit

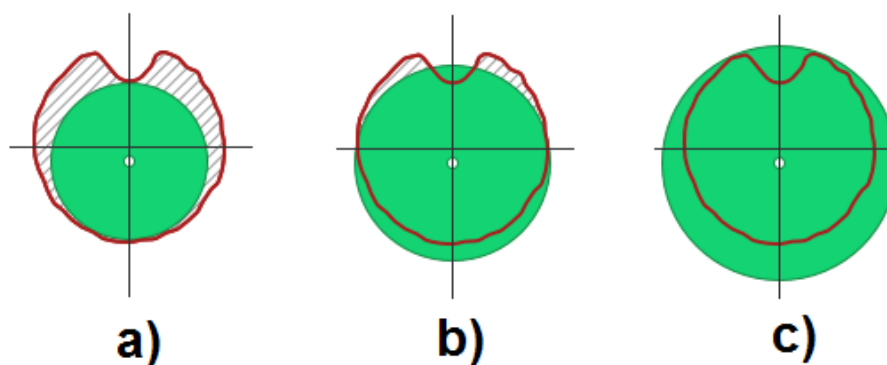
Metoda se izračunava tako da je maksimalna udaljenost od svih odabranih točaka ili mnogokuta na konstruiranom elementu najmanja. Za razliku od Gaussova načela, Chebyshev best-fit metoda uvijek uzima u obzir najudaljenije točke odabranog područja.

Prilikom odabira te metode, također je moguće definirati samo područje primjene, odnosno lokaciju (smještaj) na koju se metoda odnosi (Slika 75).



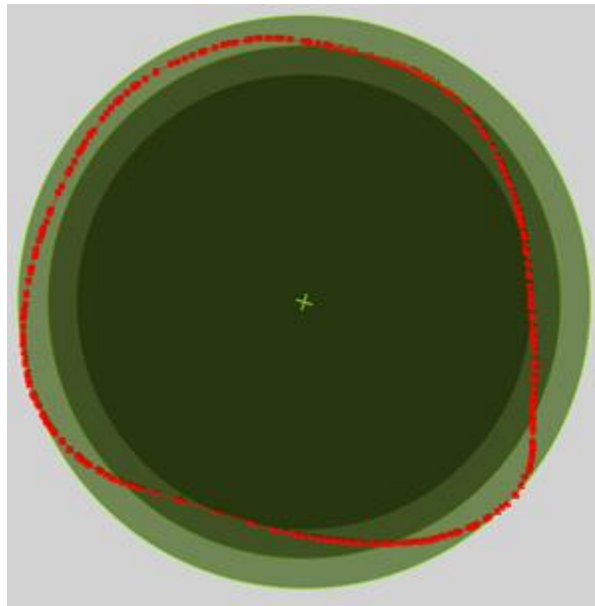
Slika 75. Chebyshev best-fit metoda

Usporedba tih lokacija vidi se na slici (Slika 76), gdje je pod a) prikazano područje obuhvaćeno odabirom lokacije "inside", pod b) odabirom lokacije "midle" i pod c) odabirom lokacije "outside".



Slika 76. Prikaz područja obuhvaćenog odabirom lokacije

Slika 77 prikazuje prikaz svih lokacija na istom modelu. Vidljivo je kako sve lokacije imaju zajedničko središte.

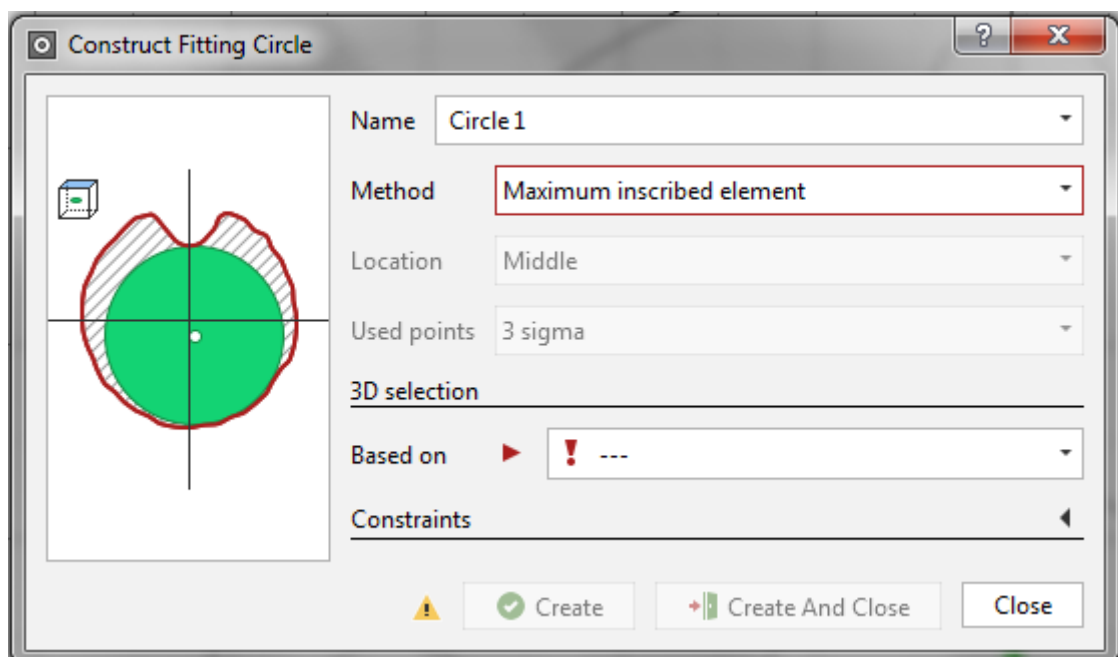


Slika 77. Usporedba svih lokacija na istom modelu [6]

5.3 Maximum inscribed element

Ovom metodom dobiva se najveći mogući element koji se nalazi unutar odabranih točaka ili mnogokuta.

Slika 78 prikazuje područje (zelene boje) koje je obuhvaćeno tom metodom, a crvenom je prikazan selektirani dio.

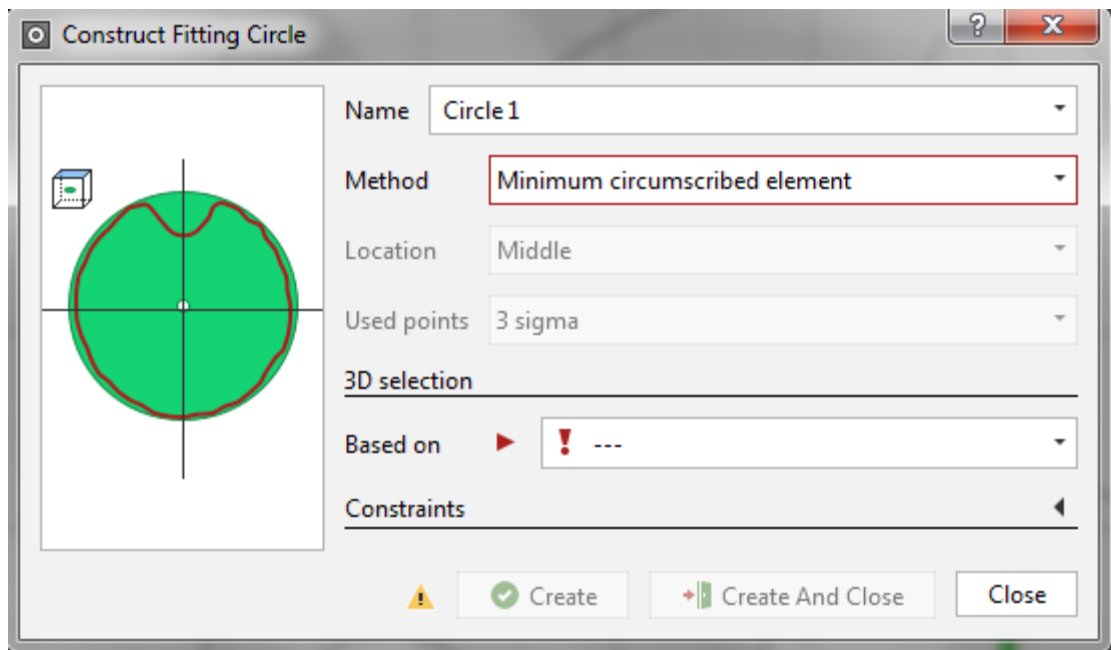


Slika 78. Maximum inscribed element metoda

5.4 Minimum circumscribed element

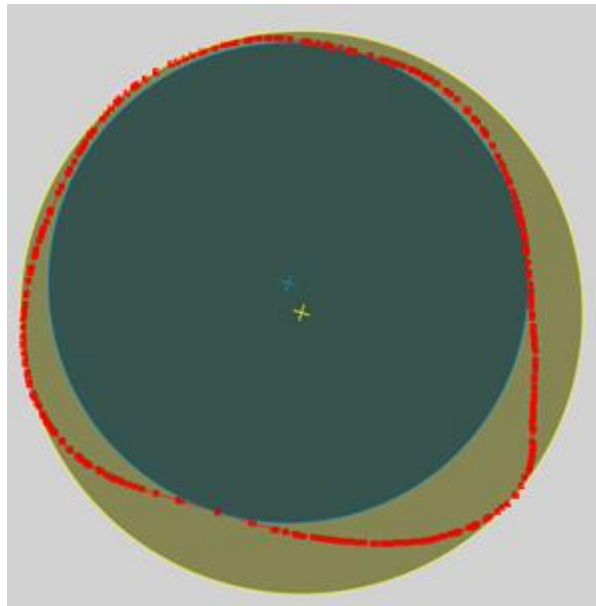
Ovom metodom se dobiva najmanji mogući element koji obuhvaća sve odabrane točke ili mnogokute.

Na slici (Slika 79) je prikaz polja (zelene boje) koje se uzima u obzir odabirom ove metode u odnosu na selektirane točke (crvena krivulja).



Slika 79. Minimum circumscribed element metoda

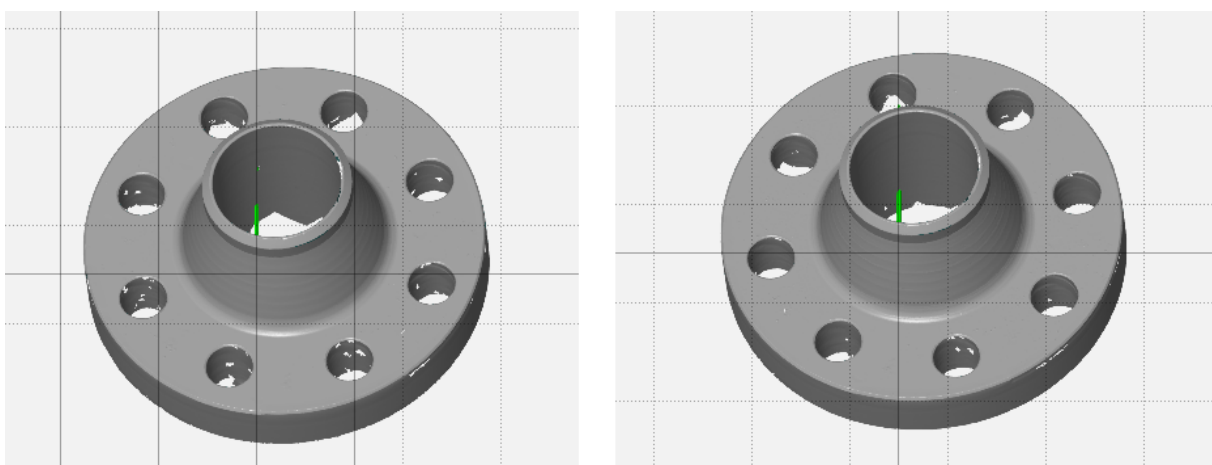
Slika 80 prikazuje zajedno metode "Maximum inscribed element" i "Minimum circumscribed element". Vidi se kako za isti element svaka od metoda ima svoje središte, te da se ona ne preklapaju.



Slika 80. Usporedba metoda [6]

5.5 Primjer usporedbe metoda

U ovom primjeru će se prikazati i usporediti rezultati dobiveni korištenjem različitih metoda. Mjerenje će se vršiti na dva modela prikazana na slici (Slika 81).



a) 6 položaja snimanja

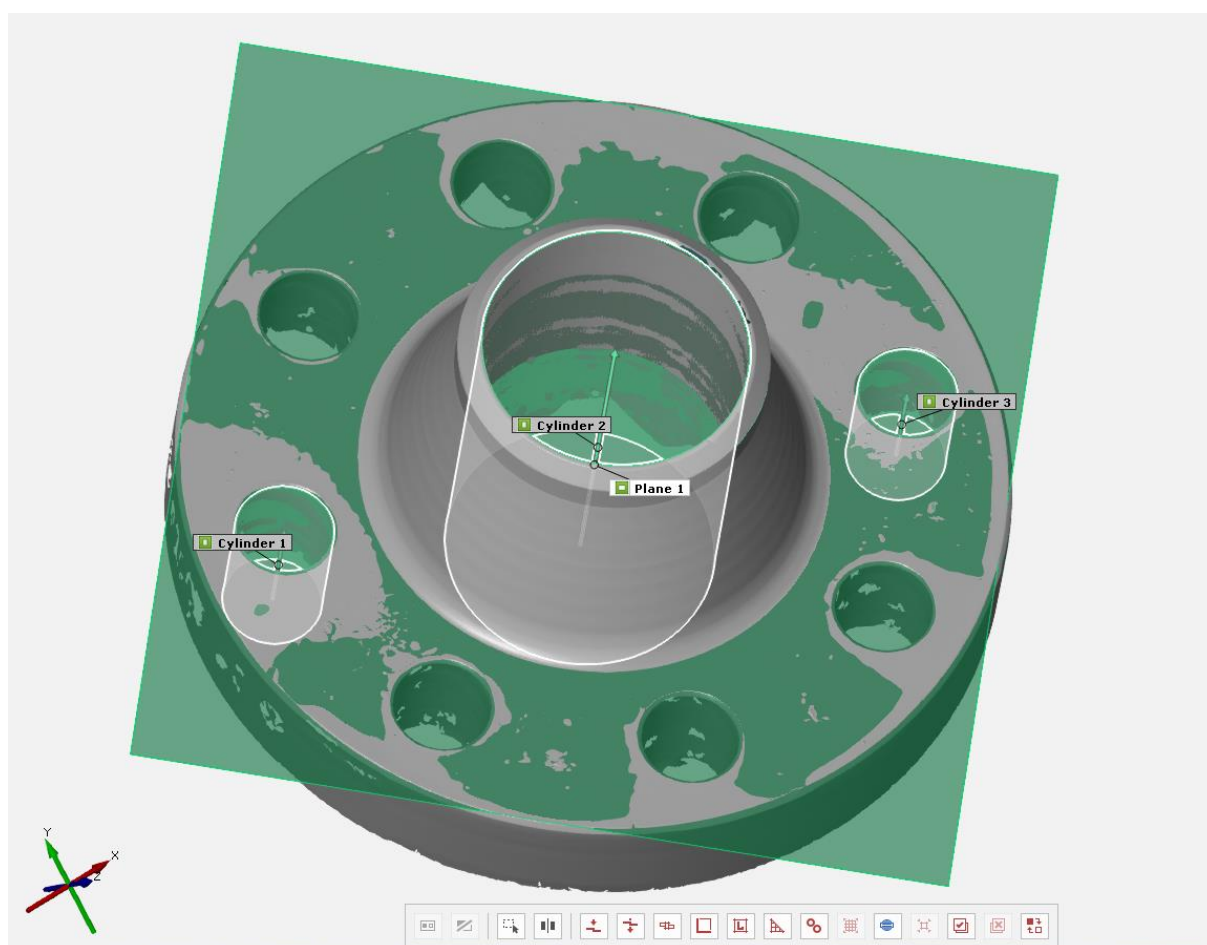
b) 10 položaja snimanja

Slika 81. izgled p6 i p10 modela

Mjerit će se uvijek istih 11 promjera kružnica, samo će se prilikom konstrukcije kružnica mijenjati metoda kojom se to radi, a na kraju će se usporediti dobiveni rezultati.. Prvi model pod a) ima 396168 točaka i dobiven je snimanjem iz 6 pozicija, dok drugi model pod b) ima 580289 točaka i dobiven je snimanjem iz 10.

Princip mjerenja je za oba modela isti.

S modela su eliminirane eventualne greške u meshu, kao pomoć za definiranje orijentacije, konstruirani su tri cilindra i ravnina (Slika 82) koristeći Gaussian best-fit metodu i 3 sigma (postotak korištenih točaka od ukupnog broja selektiranih točaka).

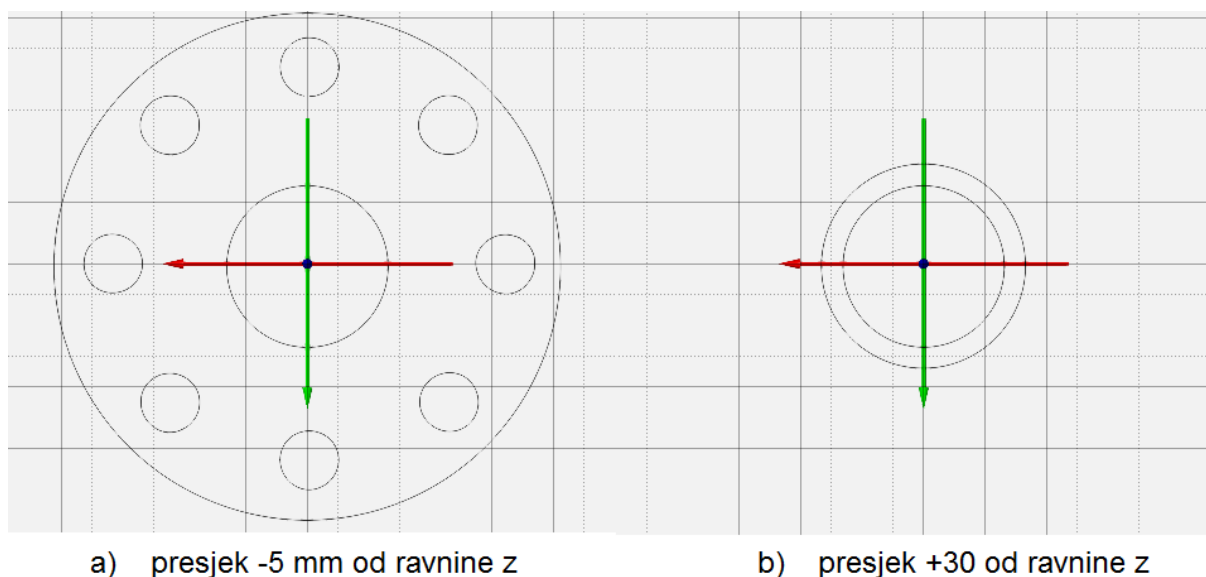


Slika 82. Konstrukcija cilindara i ravnine

Model je orijentiran 3-2-1 metodom.

Nakon orijentacije konstruirana su dva presjeka, jedan je od ravnine z udaljen 5 mm u negativnom smjeru, dok je drugi udaljen 30 mm u pozitivnom smjeru.

Na slici (Slika 83) vidimo se vidi prikaz presjeka i kružnica koje će se mjeriti.



Slika 83. Prikaz presjeka i kružnica

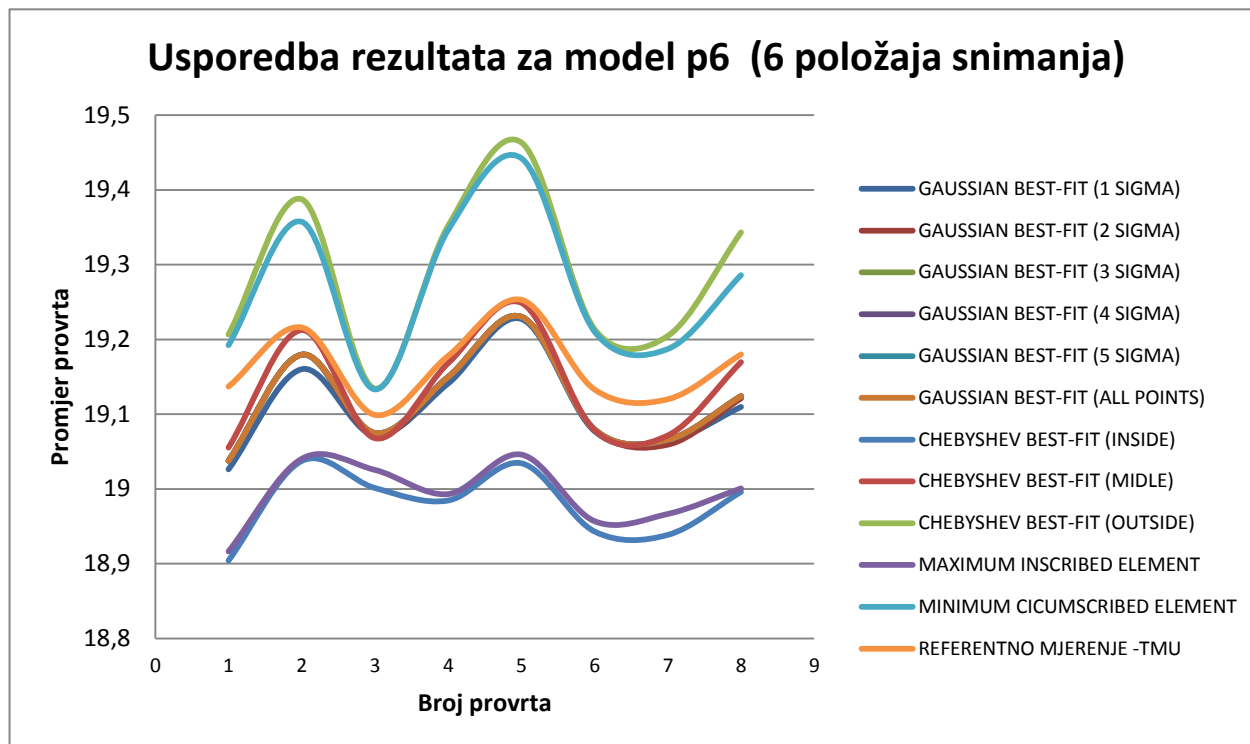
Idući korak je konstrukcija kružnica, nakon koje slijedi mjerenje istih. Napravljeno je sveukupno 11 mjerenja po modelu, čime su se prošle sve metode i kombinacije unutar pojedinih metoda.

Rezultati mjerenja modela 17072017v1p6 mogu se vidjeti u tablici (Tablica 1).

Tablica 1. Rezultati mjerenja modela 17072017v1p6

PROMJER P6												
BROJ PROVRTA	GAUSSIAN BEST-FIT (1 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (2 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (3 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (4 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (5 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (ALL POINTS)	CHEBYSHEV BEST-FIT (INSIDE)	CHEBYSHEV BEST-FIT (MIDDLE)	CHEBYSHEV BEST-FIT (OUTSIDE)	MAXIMUM INSCRIBED ELEMENT	MINIMUM CIRCUMSCRIBED ELEMENT	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0262	19,0377	19,0377	19,0377	19,0377	19,0377	18,9041	19,0553	19,2065	18,9163	19,1923	19,137
2	19,1602	19,1796	19,1796	19,1796	19,1796	19,1796	19,0374	19,2124	19,3875	19,0403	19,3574	19,216
3	19,0714	19,0708	19,0747	19,0747	19,0747	19,0747	19,0012	19,0678	19,1343	19,0254	19,1331	19,099
4	19,1411	19,1498	19,1498	19,1498	19,1498	19,1498	18,9845	19,1683	19,352	18,9931	19,3465	19,178
5	19,2274	19,2303	19,2303	19,2303	19,2303	19,2303	19,0343	19,2489	19,4635	19,0459	19,4424	19,253
6	19,0772	19,0795	19,0795	19,0795	19,0795	19,0795	18,943	19,0783	19,2136	18,9568	19,2104	19,133
7	19,064	19,0592	19,0658	19,0658	19,0658	19,0658	18,9385	19,0716	19,2047	18,9665	19,1872	19,12
8	19,1097	19,1211	19,1242	19,1242	19,1242	19,1242	18,996	19,1696	19,3433	19,0007	19,286	19,18
9	52,4915	52,4913	52,4911	52,4911	52,4911	52,4911	52,4765	52,4893	52,502	52,4785	52,502	52,48
10	164,7637	164,7645	164,7672	164,768	164,768	164,768	164,7355	164,7793	164,8231	164,7399	164,823	164,769
11	52,4613	52,46	52,46	52,46	52,46	52,46	52,4391	52,459	52,4789	52,4391	52,4783	52,503

Na slici (Slika 84) se vidi dijagram u kojemu su krivuljama u bojama prikazani rezultati osam promjera provrta za model 17072017v1p6 (6 položaja snimanja).



Slika 84. Dijagram rezultata mjerenja za model 17072017v1p6

Svaka od metoda prikazana je svojom bojom, a osim metoda na dijagramu je i krivulja referentnog mjerenja.

Na slici se vidi kako su krivulje raspoređene u tri grupe. Ta nam grupacija može dati uvid u to koje su od metoda te koje će nam dati sličnije konačne rezultate, odnosno koje metode na sličan način izračunavaju podatke.

Dvije krivulje koje iskaču s najvišim dobivenim vrijednostima su one koje su rađene metodama Chebyshev best-fit (outside) i Minimum circumscribed element.

Dvije krivulje koje imaju najniže vrijednosti su one rađene Chebyshev best-fit (inside) i Maximum inscribed element metodama.

Na sredini dijagrama su se smjestile krivulje koje se odnose na Gaussian metode i sve njene kombinacije, te krivulje Chebyshev best-fit (middle) metode i krivulje referentnog mjerenja.

Ako se bolje promotri taj skup krivulja, vidi se da se krivulje rađene Gaussian metodom gotovo sve preklapaju. Tj da one koje su rađene sa 1 sigma i 2 sigma na nekim mjestima malo iskaču od ostatka, dok su one rađene sa 3 i više sigma, tu se ubraja i ona di su sve točke uzete u obzir, preklapaju. To je zbog toga što već sa 3 sigma računa se s 99,7% od ukupnog broja selektiranih točaka.

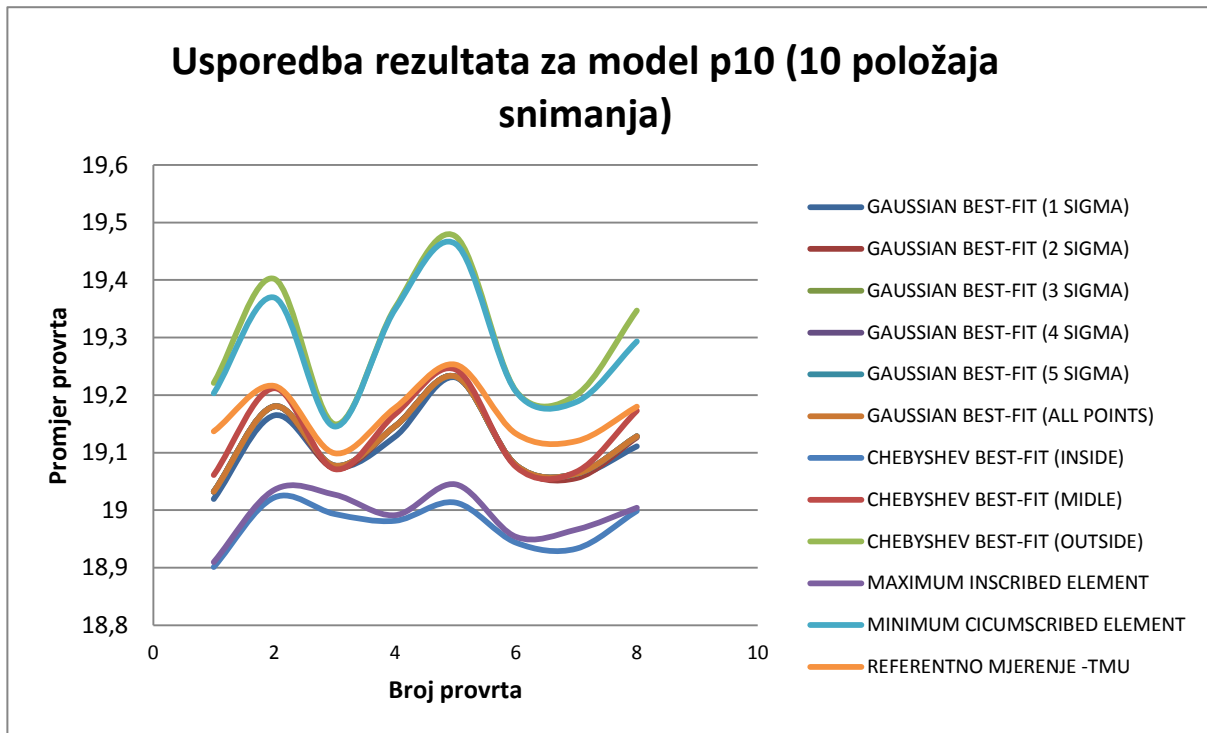
Chebyshev best-fit (middle) krivulja, a samim time i rezultati po kojima je ta krivulja napravljena su srednja vrijednost Chebyshev best-fit (inside) i Chebyshev best-fit (outside) metode. Rezultati dobiveni tom metodom, pa samim time i izgled krivulje prikazaju kako se na mjestima preklapaju s rezultatima dobivenim referentnim mjerenjem, a na mjestima s rezultatima dobivenim Gaussian best-fit metodama.

Rezultati mjerenja modela 17072017v1p10 vide se u tablici (Tablica 2).

Tablica 2. Rezultati mjerenja modela 17072017v1p10

PROMJER P10												
BROJ PROVRTA	GAUSSIAN BEST-FIT (1 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (2 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (3 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (4 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (5 SIGMA)	GAUSSIAN BEST-FIT (ALL POINTS)	CHEBYSHEV BEST-FIT (INSIDE)	CHEBYSHEV BEST-FIT (MIDDLE)	CHEBYSHEV BEST-FIT (OUTSIDE)	MAXIMUM INSCRIBED ELEMENT	MINIMUM CIRCUMSCRIBED ELEMENT	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0194	19,0319	19,0322	19,0322	19,0322	19,0322	18,9012	19,0611	19,2211	18,9097	19,2032	19,137
2	19,1647	19,1805	19,1805	19,1805	19,1805	19,1805	19,0219	19,212	19,4021	19,0352	19,3696	19,216
3	19,0752	19,0725	19,0775	19,0775	19,0775	19,0775	18,9934	19,0714	19,1495	19,027	19,1454	19,099
4	19,1278	19,146	19,146	19,146	19,146	19,146	18,9816	19,1667	19,3519	18,9913	19,349	19,178
5	19,2307	19,2324	19,2324	19,2324	19,2324	19,2324	19,0132	19,2446	19,476	19,0449	19,4628	19,253
6	19,0772	19,0784	19,0784	19,0784	19,0784	19,0784	18,9436	19,0754	19,2073	18,9537	19,2062	19,133
7	19,0603	19,0557	19,0633	19,0633	19,0633	19,0633	18,9332	19,0668	19,2004	18,9663	19,1882	19,12
8	19,111	19,1265	19,1285	19,1285	19,1285	19,1285	18,9987	19,1728	19,347	19,0042	19,2933	19,18
9	52,4893	52,4895	52,4893	52,4893	52,4893	52,4893	52,4771	52,4886	52,5001	52,4771	52,4993	52,48
10	164,7639	164,7638	164,767	164,7672	164,7672	164,7672	164,7347	164,7766	164,8185	164,7371	164,818	164,769
11	52,458	52,4567	52,4567	52,4567	52,4567	52,4567	52,4384	52,4571	52,4759	52,4389	52,4756	52,503

Na slici (Slika 85) vidi se dijagram s usporedbom rezultata za model 17072017v1p10 (10 položaja snimanja).



Slika 85. Dijagram rezultata mjerenja za model 17072017v1p10

Izgled dijagrama je sličan onome dobivenom za model 17072017v1p6.

6. REZULTATI MJERENJA

Zadatak je po već navedenim metodama premjeriti 30 modela. Modeli su podijeljeni u tri skupine po deset, od kojih je svaka međusobno podijeljena na dva dijela. Skupine su definirane datumima mjerenja (17072017, 18072017 i 19072017), a podskupine s time da li je model sniman sa 6 ili 10 pozicija (p6 i p10).

Tako da se iz modela pod nazivom 17072017v1p6 vidi da je mjeren 17.07.2017., da je sniman iz 6 položaja i v1 označava broj mjerenja.

Mjerenje se radilo na način objašnjen u primjeru usporedbe metoda.

Sveukupno je bilo 330 mjerenja, odnosno svaki model je bio provjeren na 11 načina, tj pomoću 4 metode i svim mogućim kombinacijama unutar pojedinih metoda.

Nakon mjerenja, napravljeno je 11 tablica u kojima su upisani svi dobiveni rezultati, te je izračunato standardno odstupanje i napravljene su dijagrami.

U dijagramima se nalaze krivulje koje prikazuju rezultate mjerenja provrta od 1 do 8, odnosno od sveukupnih 11 izmjerenih provrta, to su oni čije vrijednosti variraju oko 19 mm. Na ordinati se nalaze vrijednosti promjera provrta, dok se na apscisi nalaze brojevi od 1 do 8 koje označavaju broj provrta koji je izmjeren. Točke unutar dijagrama predstavljaju broj provrta koji je izmjeren, te njegovu izmjerenu vrijednost, odnosno veličinu promjera tog provrta.

Krivulje u dijagramima su označene bojama koje su u legendi opisane kao serije uz pripadajući broj (serija 1, serija 2, serija 3...). Serija 1 prikazana je plavom bojom i iz tablice predstavlja stupac označen s V1, odnosno prvo mjerenje. Serija 2 je označena crvenom bojom i predstavlja stupac V2, serija 3 prikazuje V3 i tako redom do serije 6. Serija 6 prikazana je narančastom bojom i pokazuje stupac u kojemu se nalaze referentne vrijednosti, odnosno vrijednosti s kojima se ostale krivulje uspoređuju. Te vrijednosti su dobivene mjerenjem trokoordinatnim mjernim uređajem.

Zadnja vrijednost koja se računala je bilo standardno odstupanje.

Standardno odstupanje predstavlja brojčanu procjenu preciznosti mjernog postupka. Što je standardno odstupanje manje, to je preciznost mjerenja veća. Preciznost,

odnosno nepreciznost nije isto što i pojam netočnosti, koji pokazuje bliskost slaganja mjernog rezultata s pravom vrijednosti mjerne veličine. [8]

Uz pomoć standardnog odstupanja, na vrlo jednostavan način moguće je primijeniti 3 s test, koji se primjenjuje na skup podataka koji se ponaša po normalnoj raspodijeli. To je statistički test na osnovu kojeg je definiran kriterij za određivanje grube pogreške.

Grube pogreške nastaju nepažnjom mjeritelja, primjenom neodgovarajuće mjerne opreme ili neodgovarajuće metode mjerenja, korištenjem neispravnog mjernog instrumenta, očitavanjem rezultata na pogrešnoj mjernoj skali ili očitavanjem krive vrijednosti, izostavljenom znamenkom prilikom očitavanja skale i sl. [9]

Formula po kojoj je izračunato standardno odstupanje glasi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

x_i ...rezultati mjerenja

\bar{x} ...aritmetička sredina rezultata mjerenja

s...procjenjeno standardno odstupanje

Kroz iduća poglavlja bit će prikazani dobiveni rezultati, uz pripadajuće dijagrame i izračun standardnog odstupanja.

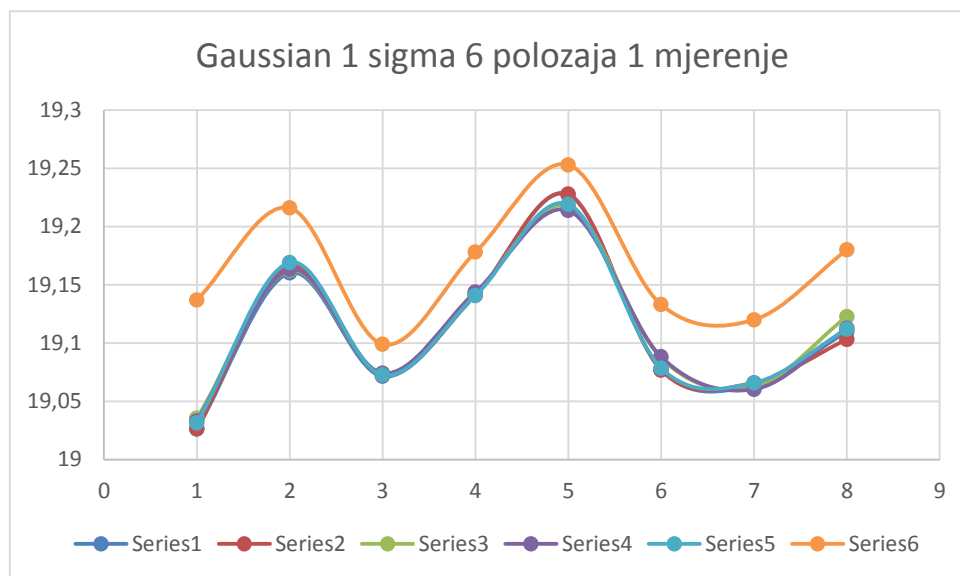
6.1 Gaussian best fit (1 sigma)

U tablici (Tablica 3) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja koristeći metodu Gaussian best fit (1 sigma).

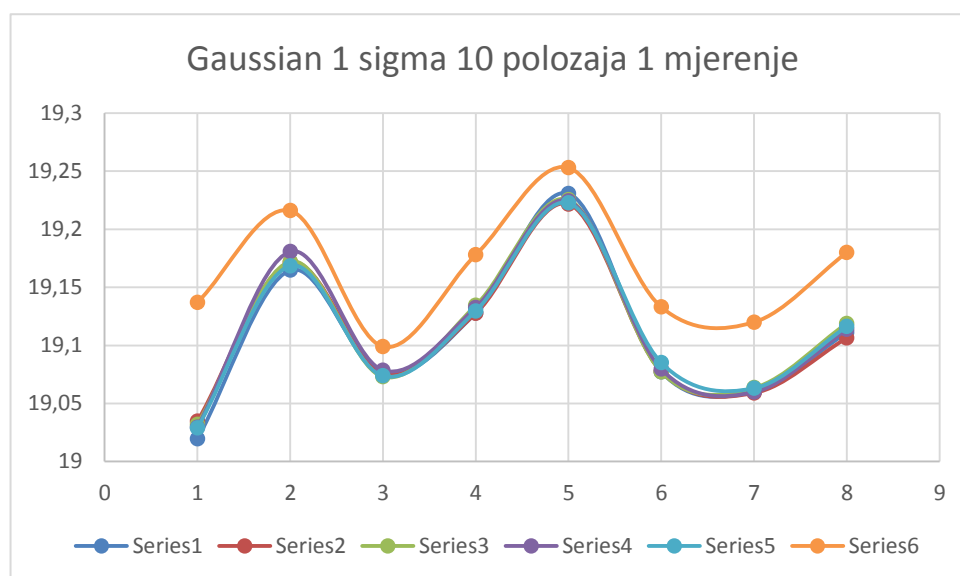
Tablica 3. Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (1 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIM TOČKAMA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6					10						
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0262	19,0264	19,0354	19,0331	19,0313	19,137	19,0194	19,0346	19,0318	19,0295	19,0289	19,137
2	19,1602	19,1664	19,1625	19,1632	19,1691	19,216	19,1647	19,1714	19,1721	19,1807	19,1685	19,216
3	19,0714	19,0727	19,0741	19,074	19,0725	19,099	19,0752	19,0767	19,073	19,0786	19,0737	19,099
4	19,1411	19,1412	19,1431	19,1437	19,1408	19,178	19,1278	19,1276	19,1344	19,1326	19,1296	19,178
5	19,2274	19,2278	19,2175	19,2138	19,2192	19,253	19,2307	19,2217	19,2254	19,2244	19,2226	19,253
6	19,0772	19,0768	19,0872	19,0882	19,0785	19,133	19,0772	19,0776	19,0771	19,0796	19,0851	19,133
7	19,064	19,0658	19,0622	19,0603	19,0658	19,12	19,0603	19,059	19,0635	19,0598	19,0631	19,12
8	19,1097	19,1032	19,1227	19,1127	19,112	19,18	19,111	19,1064	19,1189	19,1137	19,1162	19,18
9	52,4915	52,4907	52,4893	52,4881	52,4904	52,48	52,4893	52,4901	52,4902	52,4914	52,4908	52,48
10	164,7637	164,7648	164,7654	164,7671	164,7655	164,769	164,7639	164,7636	164,7635	164,7625	164,7622	164,769
11	52,4613	52,4578	52,4588	52,4576	52,459	52,503	52,458	52,458	52,4586	52,4592	52,459	52,503

Na slikama (Slika 86 i Slika 87) se nalaze pripadajući dijagrami vezani za rezultate dobivene u tablici (Tablica 3).



Slika 86. Gaussian 1 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)



Slika 87. Gaussian 1 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)

Na dijagramima su prikazane krivulje koje predstavljaju rezultate mjerenja promjera provrta (od 1 do 8 u tablici), te njihova usporedba s referentnim vrijednostima istih.

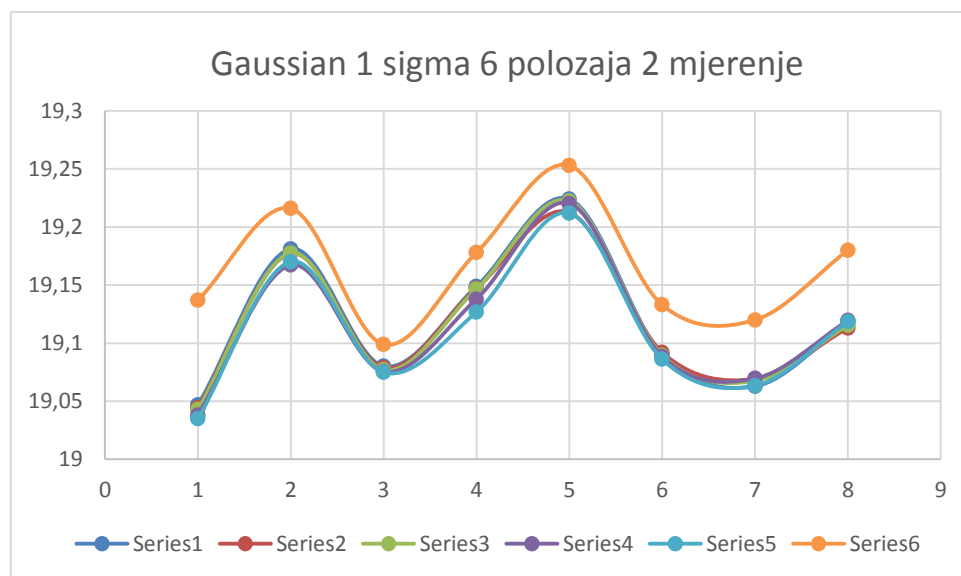
Referentne vrijednosti prikazane su narančastom krivuljom, odnosno u dijagramu se ta krivulja nalazi iznad ostalih, jer su njene vrijednosti veće u odnosu na one izmjerene Gaussian best fit (1 sigma) metodom.

Rezultati drugog dana mjerenja su prikazani u tablici (Tablica 4).

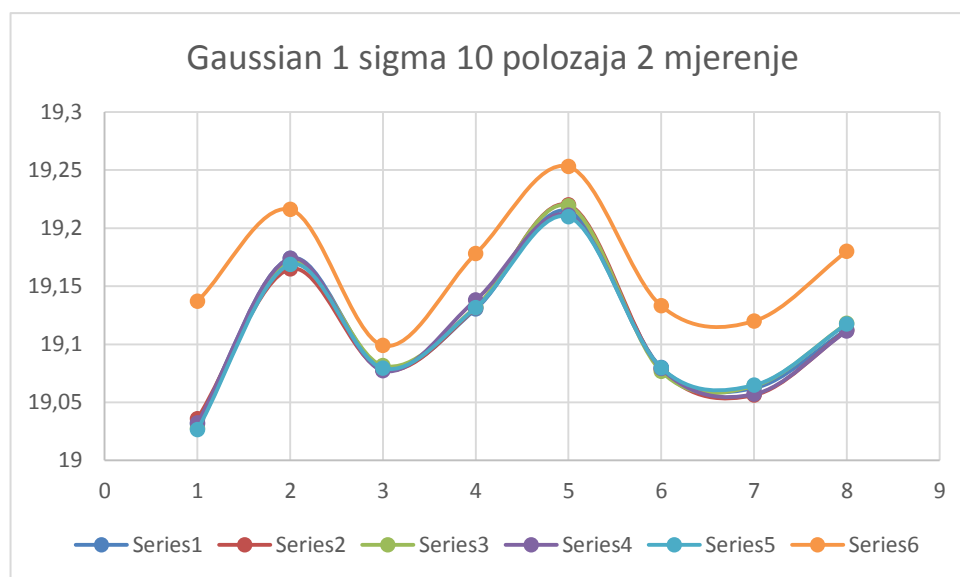
Tablica 4. Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (1 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIM TOČKAMA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
REDNI BROJ MJERENJA	PROMJER											
	BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5
1	19,0467	19,0442	19,0429	19,0381	19,035	19,137	19,0315	19,0359	19,0276	19,0321	19,0265	19,137
2	19,1811	19,1772	19,1775	19,1672	19,1701	19,216	19,174	19,1649	19,1702	19,1738	19,1686	19,216
3	19,0802	19,0787	19,077	19,0755	19,0748	19,099	19,0797	19,078	19,0816	19,0772	19,0793	19,099
4	19,1488	19,1472	19,1466	19,1379	19,1268	19,178	19,1303	19,1314	19,1322	19,1381	19,1315	19,178
5	19,2241	19,2126	19,2224	19,2203	19,2119	19,253	19,2146	19,2199	19,2191	19,211	19,2097	19,253
6	19,0904	19,0921	19,0896	19,0885	19,0861	19,133	19,0798	19,0783	19,0766	19,0791	19,0797	19,133
7	19,0628	19,0692	19,0676	19,0696	19,0634	19,12	19,0622	19,0562	19,0641	19,057	19,0648	19,12
8	19,1178	19,113	19,1155	19,1195	19,1185	19,18	19,1127	19,1119	19,1178	19,1114	19,1174	19,18
9	52,4975	52,4959	52,4955	52,4936	52,4906	52,48	52,4907	52,4902	52,4903	52,4889	52,4906	52,48
10	164,7671	164,7661	164,7648	164,7651	164,7635	164,769	164,7626	164,7631	164,7623	164,7636	164,7609	164,769
11	52,4637	52,4628	52,4623	52,4611	52,4593	52,503	52,4595	52,4579	52,4597	52,4578	52,4589	52,503

Na slikama (Slika 88 i Slika 89) su pripadajući dijagrami za drugi dan mjerenja.



Slika 88. Gaussian 1 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)



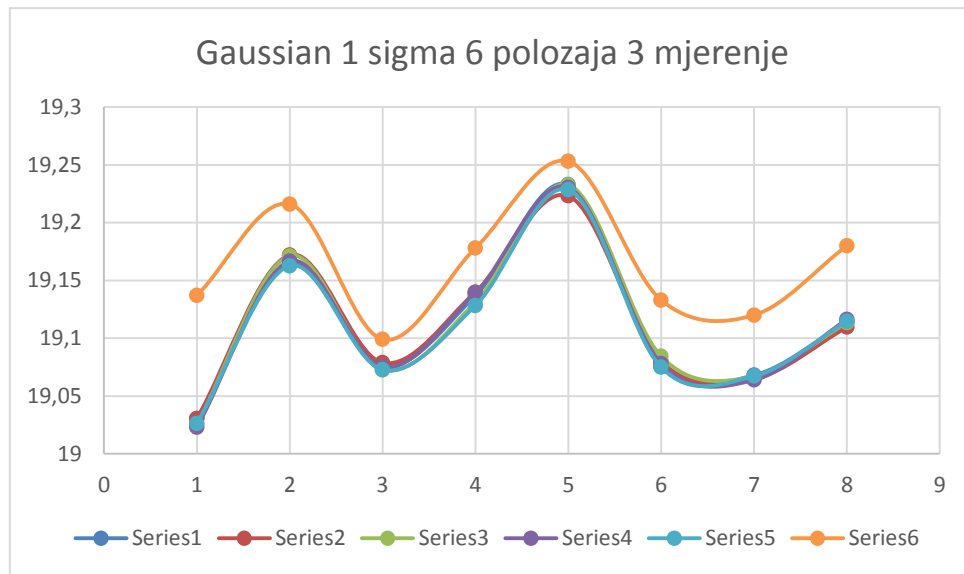
Slika 89. Gaussian 1 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)

U tablici (Tablica 5) su prikazani rezultati trećeg dana mjerenja.

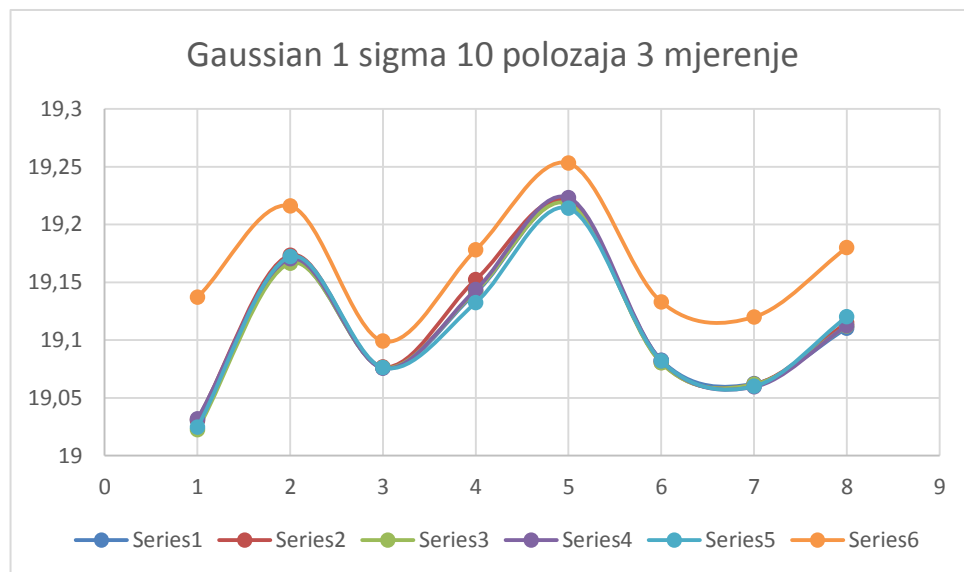
Tablica 5. Treći dan mjerenja Gaussian best fit (1 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIM TOČKAMA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0305	19,0303	19,0254	19,023	19,0263	19,137	19,03	19,031	19,0225	19,0318	19,0247	19,137
2	19,1641	19,172	19,1712	19,1666	19,1626	19,216	19,1675	19,1734	19,1665	19,1702	19,1721	19,216
3	19,076	19,0788	19,0725	19,0749	19,0727	19,099	19,0762	19,0767	19,0761	19,0756	19,0762	19,099
4	19,137	19,1399	19,1312	19,1394	19,1283	19,178	19,1411	19,1523	19,1423	19,1436	19,1323	19,178
5	19,2329	19,2231	19,2327	19,2305	19,2285	19,253	19,2191	19,2199	19,218	19,2232	19,214	19,253
6	19,0753	19,08	19,0843	19,078	19,0749	19,133	19,0826	19,0806	19,0802	19,0822	19,0819	19,133
7	19,068	19,0651	19,0669	19,0638	19,0672	19,12	19,0622	19,0617	19,0616	19,0595	19,06	19,12
8	19,1138	19,1095	19,1136	19,1162	19,1145	19,18	19,1103	19,115	19,1121	19,1125	19,1201	19,18
9	52,4935	52,4937	52,4912	52,4923	52,491	52,48	52,4913	52,4919	52,4903	52,4896	52,4888	52,48
10	164,7737	164,7709	164,7728	164,7705	164,7706	164,769	164,771	164,7687	164,7702	164,7697	164,77	164,769
11	52,4593	52,4591	52,4567	52,4591	52,4592	52,503	52,4578	52,4584	52,4577	52,4583	52,4562	52,503

Na slikama (Slika 90 i Slika 91) se vide dijagrami za treći dan mjerenja.



Slika 90. Gaussian 1 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 91. Gaussian 1 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 6).

Tablica 6. Standardno odstupanje za Gaussian best fit (1 sigma)

broj provrta	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Gaussian 1 sigma					
	s 6	s10	s 6	s10	s 6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,004084	0,005733	0,004744	0,003771	0,003246	0,004141
2	0,00349	0,005921	0,005754	0,003808	0,004187	0,002936
3	0,001128	0,00227	0,002232	0,001692	0,002597	0,000391
4	0,001322	0,003003	0,009231	0,003094	0,005162	0,007126
5	0,006214	0,003523	0,005654	0,004609	0,004023	0,003329
6	0,005633	0,003386	0,002237	0,001317	0,003852	0,001044
7	0,002382	0,002031	0,003217	0,004013	0,00171	0,001177
8	0,00703	0,004817	0,002612	0,003105	0,002469	0,0038
9	0,001323	0,000789	0,002641	0,000723	0,001254	0,001252
10	0,001235	0,000744	0,001361	0,001022	0,001458	0,000835
11	0,001473	0,000555	0,001702	0,000882	0,00111	0,000881

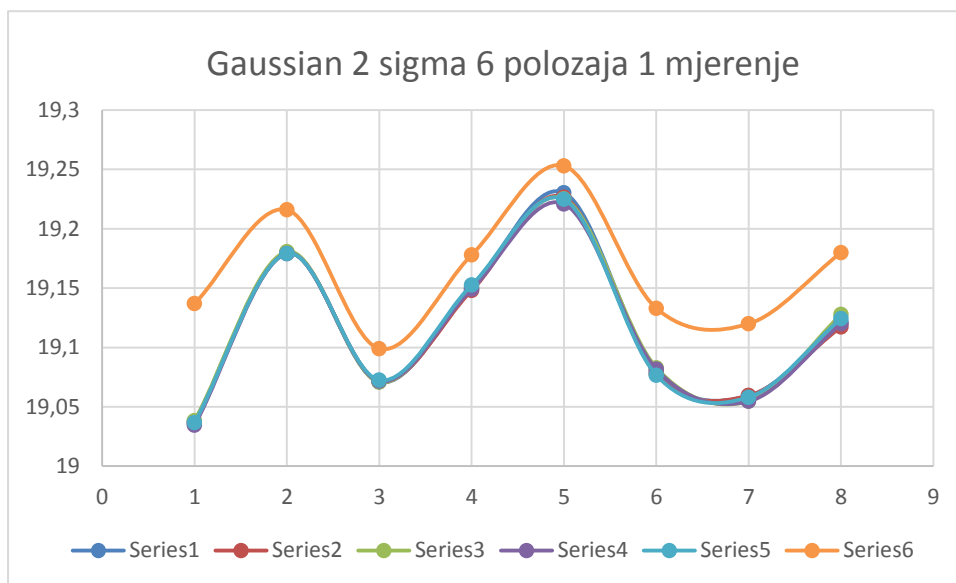
6.2 Gaussian best fit (2 sigma)

U tablici (Tablica 7) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja Gaussian best fit (2 sigma) metodom.

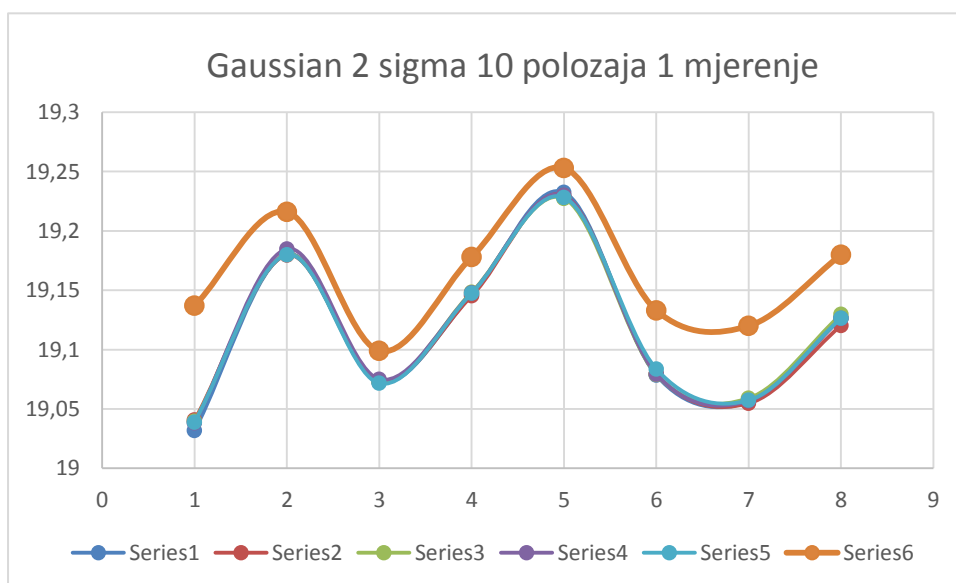
Tablica 7. Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (2 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0377	19,0362	19,0382	19,0344	19,0366	19,137	19,0319	19,0407	19,0396	19,0383	19,0389	19,137
2	19,1796	19,1794	19,1807	19,1792	19,1792	19,216	19,1805	19,1796	19,1802	19,1848	19,1799	19,216
3	19,0708	19,0715	19,0709	19,0717	19,0725	19,099	19,0725	19,0734	19,0729	19,0751	19,0716	19,099
4	19,1498	19,148	19,1515	19,1492	19,1526	19,178	19,146	19,1453	19,1483	19,1477	19,1476	19,178
5	19,2303	19,2264	19,2253	19,221	19,2248	19,253	19,2324	19,2299	19,2274	19,2297	19,2282	19,253
6	19,0795	19,0776	19,0829	19,0816	19,0767	19,133	19,0784	19,0796	19,0791	19,0794	19,0837	19,133
7	19,0592	19,0595	19,0548	19,0547	19,0581	19,12	19,0557	19,0548	19,0591	19,0568	19,0574	19,12
8	19,1211	19,1174	19,1277	19,1201	19,1244	19,18	19,1265	19,1203	19,1297	19,1262	19,1266	19,18
9	52,4913	52,4904	52,4896	52,4884	52,49	52,48	52,4895	52,4904	52,4902	52,4915	52,4906	52,48
10	164,7645	164,7647	164,7646	164,7653	164,7643	164,769	164,7638	164,7632	164,763	164,762	164,7619	164,769
11	52,46	52,4576	52,4575	52,456	52,4575	52,503	52,4567	52,4563	52,4567	52,4581	52,4578	52,503

Na slikama (Slika 92 i Slika 93) su prikazani dijagrami dobiveni iz tablice (Tablica 7).



Slika 92. Gaussian 2 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)



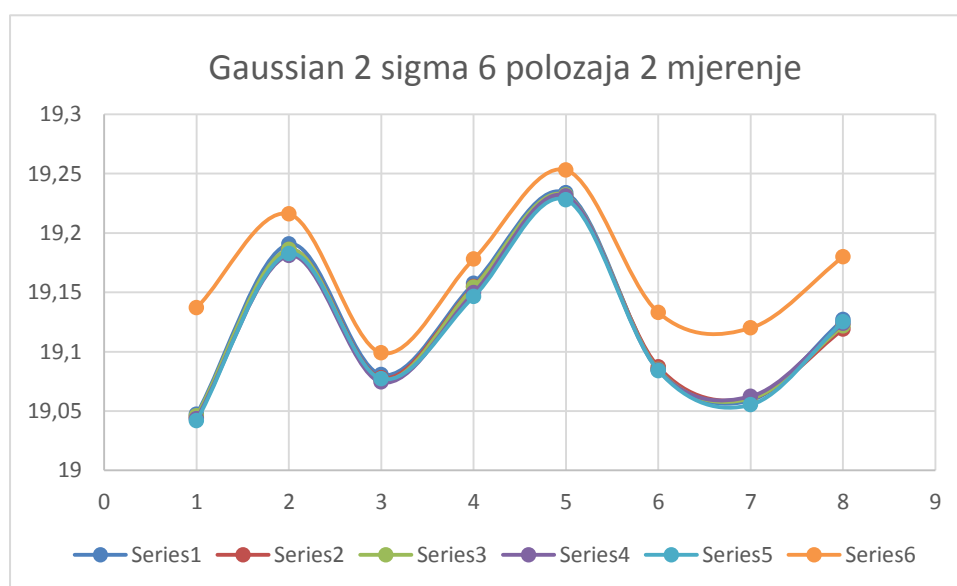
Slika 93. Gaussian 2 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)

Rezultati drugog dana mjerenja Gaussian best fit (2 sigma) metodom prikazani su u tablici (Tablica 8).

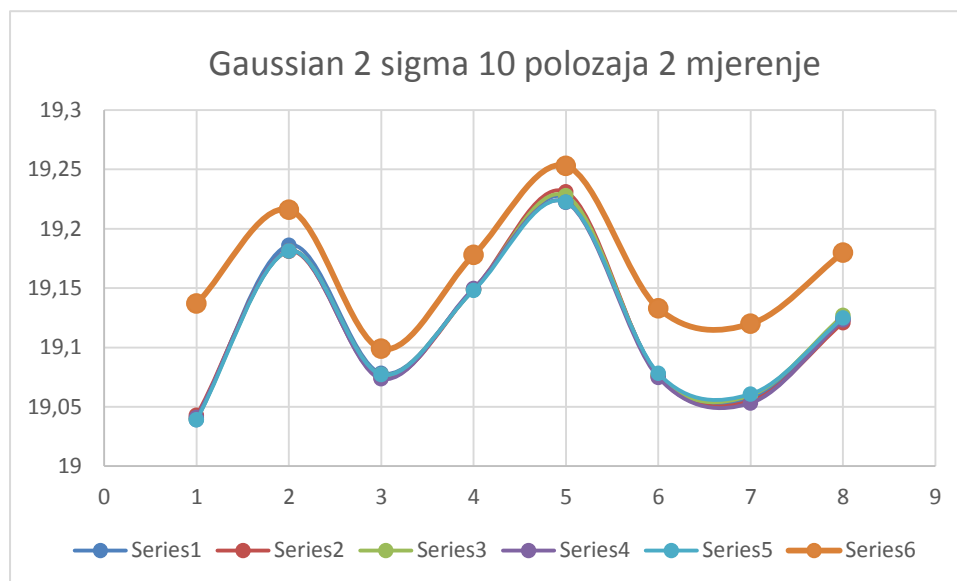
Tablica 8. Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (2 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0472	19,0444	19,0459	19,0435	19,0417	19,137	19,0391	19,0429	19,0399	19,041	19,039	19,137
2	19,1906	19,1857	19,1861	19,1809	19,1826	19,216	19,1861	19,1809	19,1815	19,1816	19,1812	19,216
3	19,0806	19,078	19,0762	19,0743	19,0772	19,099	19,0783	19,0745	19,0771	19,0736	19,0772	19,099
4	19,1574	19,1548	19,1543	19,1497	19,1464	19,178	19,1486	19,1491	19,1487	19,1498	19,1481	19,178
5	19,2337	19,2296	19,2318	19,2311	19,228	19,253	19,2263	19,231	19,2278	19,2223	19,2225	19,253
6	19,0856	19,0872	19,085	19,0844	19,084	19,133	19,0772	19,0755	19,0764	19,0747	19,0782	19,133
7	19,059	19,0608	19,0605	19,0624	19,0553	19,12	19,0572	19,0549	19,0597	19,0532	19,0608	19,12
8	19,127	19,1189	19,1216	19,1237	19,1251	19,18	19,1238	19,1209	19,1269	19,1233	19,1249	19,18
9	52,4973	52,4958	52,4963	52,4939	52,4906	52,48	52,4907	52,4901	52,4903	52,4888	52,4907	52,48
10	164,7668	164,7655	164,7644	164,7644	164,7633	164,769	164,762	164,7622	164,7613	164,7626	164,7601	164,769
11	52,462	52,4612	52,4608	52,4593	52,4582	52,503	52,4584	52,4575	52,4584	52,4571	52,4583	52,503

Na slikama (Slika 94 i Slika 95) je prikaz dijagrama drugog dana mjerenja Gaussian best fit (2 sigma) metodom.



Slika 94. Gaussian 2 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)



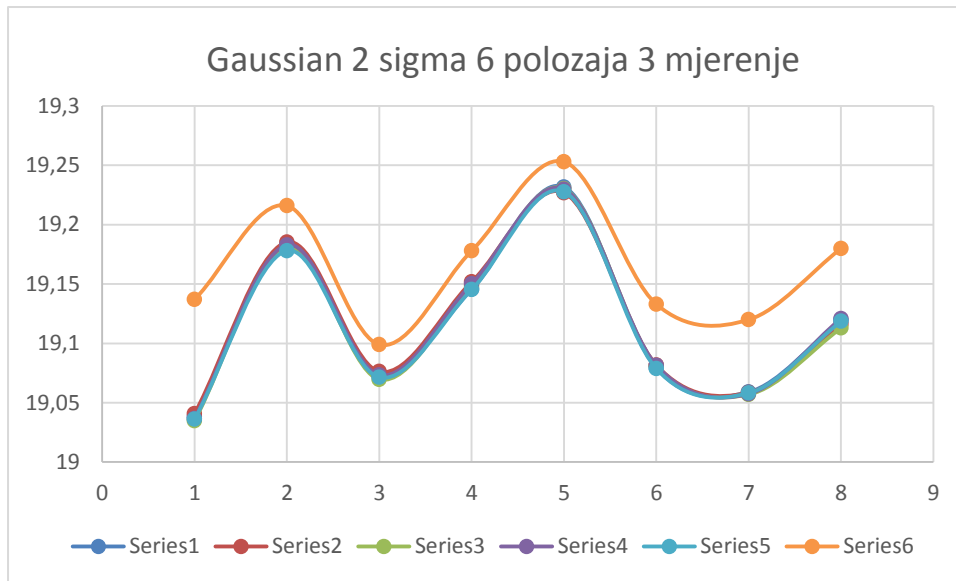
Slika 95. Gaussian 2 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)

U tablici (Tablica 9) su prikazani rezultati trećeg dana mjerenja Gaussian best fit (2 sigma) metodom.

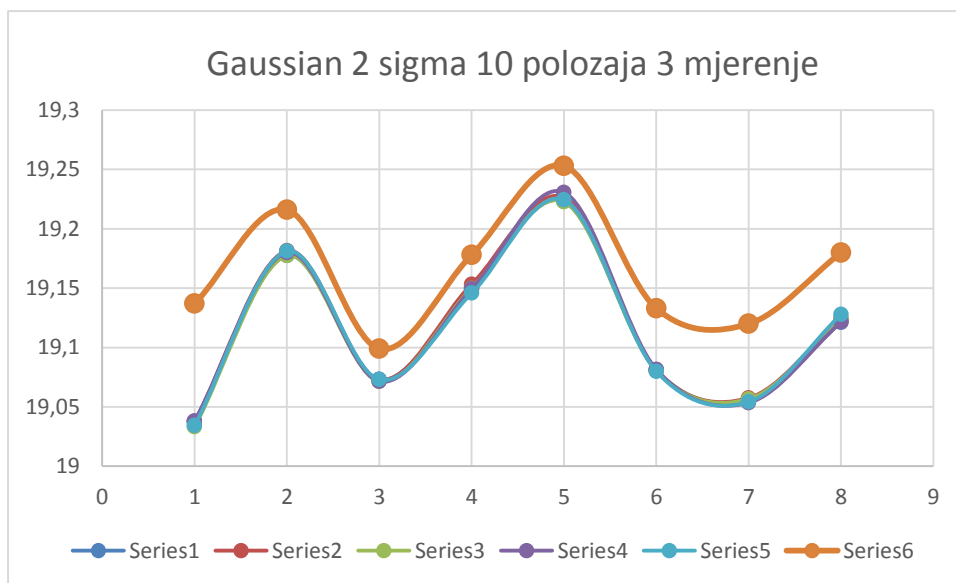
Tablica 9. Treći dan mjerenja Gaussian best fit (2 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
REDNI BROJ MJERENJA	PROMJER											
	BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5
1	19,0382	19,0408	19,0349	19,0368	19,0361	19,137	19,0374	19,0375	19,0331	19,0379	19,0343	19,137
2	19,1797	19,1853	19,1812	19,1829	19,1781	19,216	19,1775	19,1814	19,1774	19,18	19,1811	19,216
3	19,0746	19,0762	19,0697	19,0734	19,0714	19,099	19,0731	19,0729	19,0715	19,0715	19,073	19,099
4	19,1455	19,1518	19,1483	19,1501	19,1453	19,178	19,1504	19,1533	19,1498	19,1493	19,1458	19,178
5	19,2316	19,2269	19,2303	19,2299	19,2277	19,253	19,2229	19,2262	19,2227	19,2306	19,2243	19,253
6	19,0792	19,0817	19,0809	19,0815	19,0787	19,133	19,0811	19,0809	19,0803	19,0814	19,0799	19,133
7	19,059	19,0585	19,057	19,0575	19,0582	19,12	19,056	19,0575	19,0567	19,0535	19,0543	19,12
8	19,1195	19,1162	19,1129	19,1209	19,1186	19,18	19,1212	19,1244	19,1236	19,1215	19,1279	19,18
9	52,4936	52,4936	52,4912	52,4925	52,4912	52,48	52,4908	52,4916	52,4903	52,4896	52,4892	52,48
10	164,7733	164,7708	164,7725	164,7701	164,7705	164,769	164,7701	164,7678	164,7691	164,7688	164,7694	164,769
11	52,4591	52,4586	52,4568	52,4589	52,4593	52,503	52,4571	52,4578	52,4566	52,4579	52,4554	52,503

Na slikama (Slika 96 i Slika 97) su prikazani dijagrami trećeg dana mjerenja.



Slika 96. Gaussian 2 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 97. Gaussian 2 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 10).

Tablica 10. Standardno odstupanje za Gaussian best fit (2 sigma)

broj provrti	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Gaussian 2 sigma					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,001481	0,00346	0,002127	0,001621	0,002263	0,002186
2	0,000626	0,002151	0,003724	0,002164	0,002796	0,001925
3	0,000687	0,001298	0,002323	0,001991	0,002569	0,000825
4	0,001834	0,001268	0,004404	0,000635	0,002841	0,002685
5	0,00334	0,001918	0,002166	0,003683	0,001934	0,003256
6	0,002612	0,002096	0,001252	0,001377	0,001367	0,00061
7	0,00235	0,001647	0,00269	0,003182	0,000796	0,001664
8	0,003992	0,003418	0,003136	0,0022	0,003144	0,002703
9	0,001067	0,000723	0,002643	0,000782	0,001201	0,000954
10	0,000377	0,000814	0,001326	0,000981	0,001385	0,000844
11	0,001438	0,000782	0,00153	0,000602	0,001006	0,001021

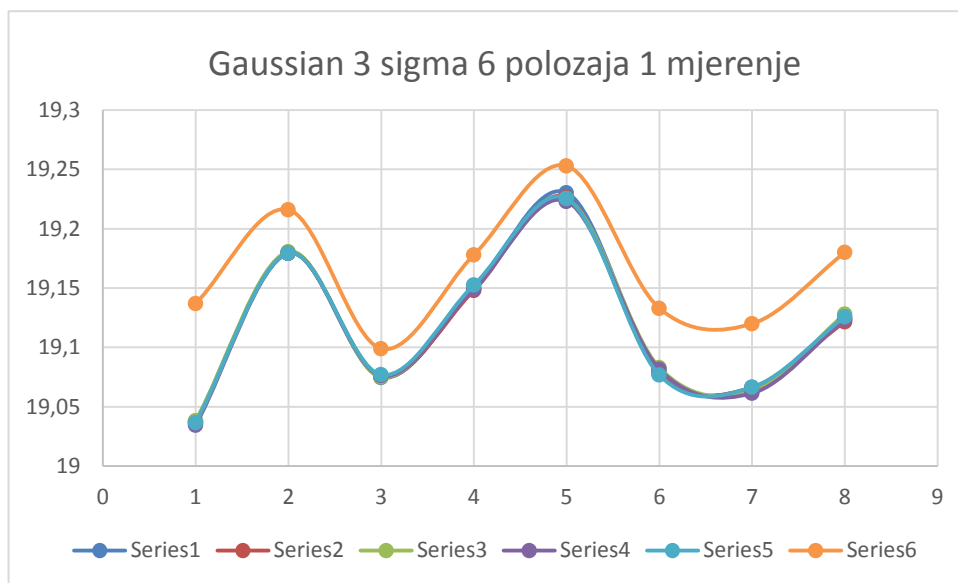
6.3 Gaussian best fit (3 sigma)

U tablici (Tablica 11) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja Gaussian best fit (3 sigma) metodom.

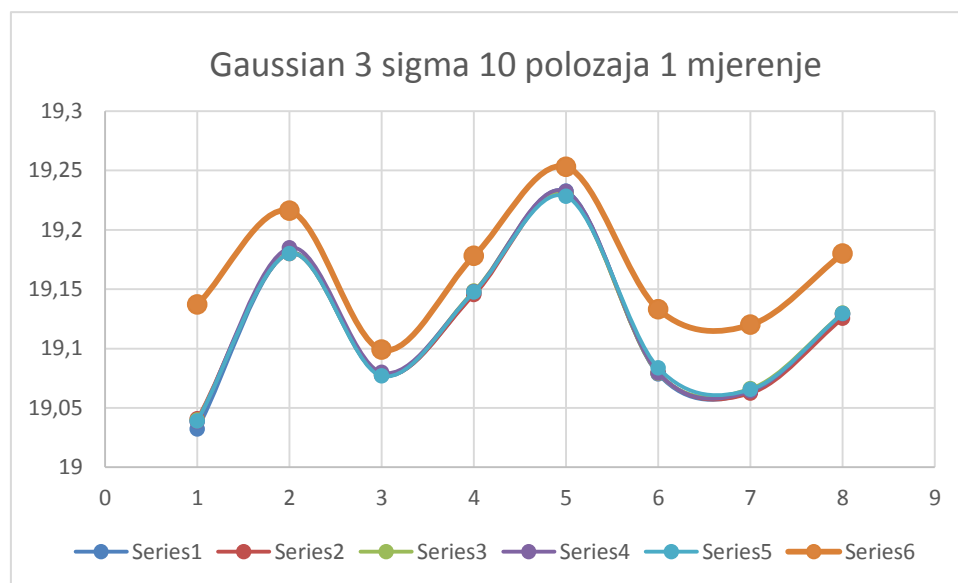
Tablica 11. Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (3 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0377	19,0362	19,0382	19,0344	19,0366	19,137	19,0322	19,0407	19,0396	19,0383	19,0389	19,137
2	19,1796	19,1794	19,1807	19,1792	19,1792	19,216	19,1805	19,18	19,1802	19,1848	19,1799	19,216
3	19,0747	19,0754	19,0751	19,0761	19,077	19,099	19,0775	19,0775	19,0776	19,0798	19,0769	19,099
4	19,1498	19,148	19,1515	19,1492	19,1526	19,178	19,146	19,1453	19,1483	19,1477	19,1476	19,178
5	19,2303	19,2264	19,2253	19,2231	19,2254	19,253	19,2324	19,2299	19,2305	19,2323	19,2282	19,253
6	19,0795	19,0776	19,0829	19,0816	19,0767	19,133	19,0784	19,0796	19,0791	19,0794	19,0837	19,133
7	19,0658	19,0662	19,0629	19,0614	19,0665	19,12	19,0633	19,0624	19,0662	19,0641	19,0655	19,12
8	19,1242	19,1216	19,1281	19,1237	19,1259	19,18	19,1285	19,1254	19,1297	19,1293	19,1295	19,18
9	52,4911	52,4906	52,4897	52,4886	52,4908	52,48	52,4893	52,4901	52,4901	52,4916	52,4903	52,48
10	164,7672	164,7677	164,7676	164,7681	164,7665	164,769	164,767	164,7663	164,7662	164,7653	164,765	164,769
11	52,46	52,4574	52,4574	52,4561	52,4575	52,503	52,4567	52,4563	52,4567	52,4581	52,4578	52,503

Na slikama (Slika 98 i Slika 99) su prikazani dijagrami prvog dana mjerenja.



Slika 98. Gaussian 3 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)



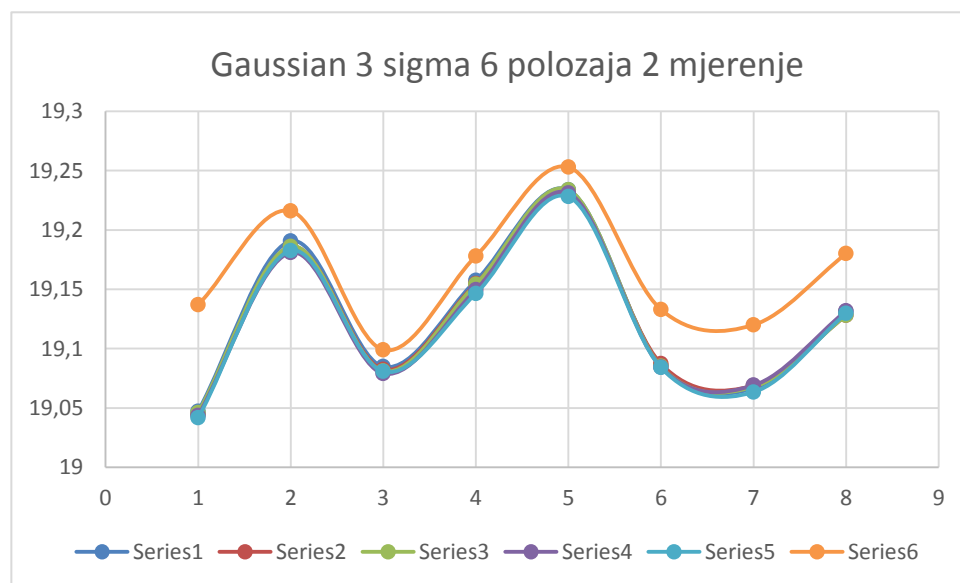
Slika 99. Gaussian 3 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)

Rezultati drugog dana mjerenja Gaussian best fit (3 sigma) metodom prikazani su u tablici (Tablica 12).

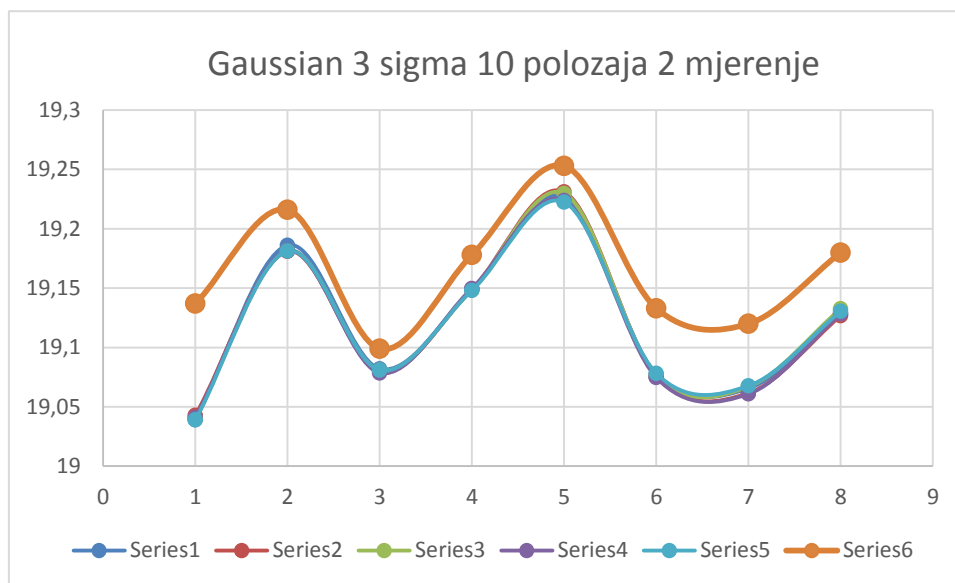
Tablica 12. Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (3 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
REDNI BROJ MJERENJA	PROMJER											
	BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5
1	19,0472	19,0444	19,0459	19,0435	19,0417	19,137	19,0391	19,0429	19,0399	19,041	19,039	19,137
2	19,1906	19,1857	19,1861	19,1809	19,1826	19,216	19,1861	19,1809	19,1815	19,1816	19,1812	19,216
3	19,0848	19,0824	19,0811	19,079	19,0807	19,099	19,0821	19,0797	19,0808	19,0786	19,0809	19,099
4	19,1574	19,1548	19,1543	19,1497	19,1464	19,178	19,1486	19,1491	19,1487	19,1498	19,1481	19,178
5	19,2337	19,2296	19,2338	19,2311	19,228	19,253	19,2268	19,231	19,2298	19,2238	19,2225	19,253
6	19,0856	19,0872	19,085	19,0844	19,084	19,133	19,0772	19,0755	19,0764	19,0747	19,0782	19,133
7	19,0665	19,0688	19,0678	19,0691	19,0634	19,12	19,0656	19,0616	19,067	19,0609	19,0677	19,12
8	19,1314	19,1279	19,1279	19,1318	19,1297	19,18	19,128	19,1268	19,1327	19,1283	19,1305	19,18
9	52,4974	52,4961	52,4966	52,494	52,4909	52,48	52,4904	52,49	52,4903	52,489	52,4905	52,48
10	164,7688	164,7678	164,7665	164,7667	164,7656	164,769	164,7644	164,7646	164,7642	164,7652	164,7627	164,769
11	52,4621	52,4613	52,4612	52,4596	52,4584	52,503	52,4584	52,4575	52,4584	52,4571	52,4583	52,503

Na slikama (Slika 100 i Slika 101) je prikaz dijagrama drugog dana mjerenja Gaussian best fit (3 sigma) metodom.



Slika 100. Gaussian 3 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)



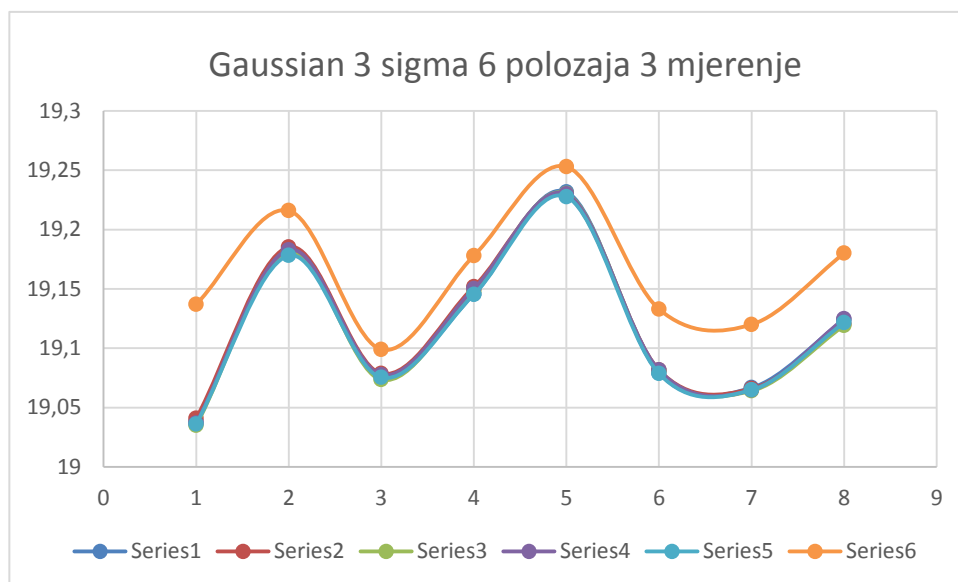
Slika 101. Gaussian 3 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)

U tablici (Tablica 13) su prikazani rezultati trećeg dana mjerenja Gaussian best fit (3 sigma) metodom.

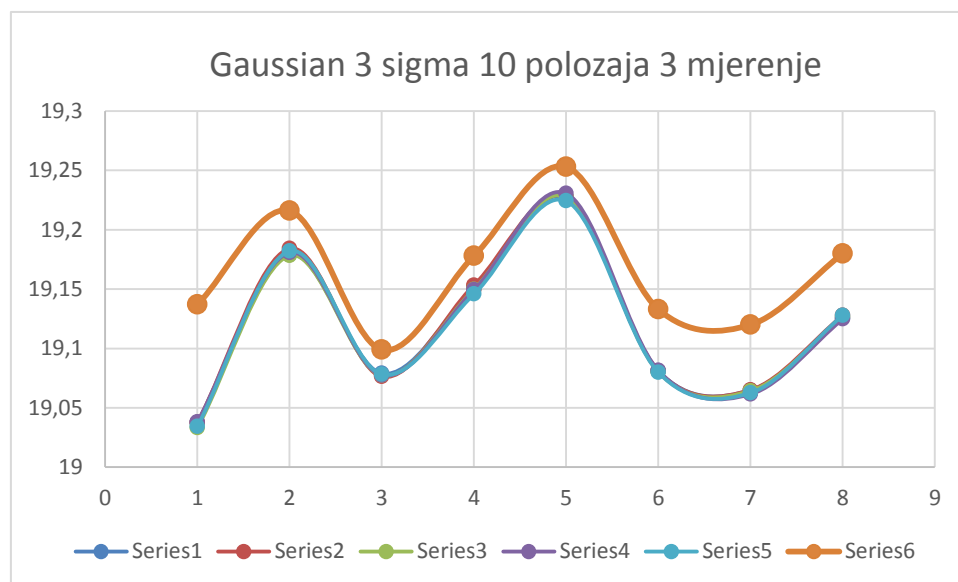
Tablica 13. Treći dan mjerenja Gaussian best fit (3 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0382	19,0408	19,0349	19,0368	19,0361	19,137	19,0374	19,0375	19,0331	19,0379	19,0343	19,137
2	19,1797	19,1853	19,1812	19,1829	19,1781	19,216	19,1788	19,1841	19,1783	19,1808	19,182	19,216
3	19,0775	19,0787	19,0735	19,0777	19,0753	19,099	19,079	19,0763	19,0773	19,0774	19,0782	19,099
4	19,1455	19,1518	19,1483	19,1501	19,1453	19,178	19,1504	19,1533	19,1498	19,1493	19,1458	19,178
5	19,2316	19,2284	19,2303	19,2299	19,2277	19,253	19,2271	19,2276	19,2278	19,2306	19,2243	19,253
6	19,0792	19,0817	19,0809	19,0815	19,0787	19,133	19,0811	19,0809	19,0803	19,0814	19,0799	19,133
7	19,0667	19,0659	19,0641	19,0648	19,0648	19,12	19,0648	19,0651	19,0643	19,0615	19,0626	19,12
8	19,124	19,1203	19,1192	19,1248	19,1215	19,18	19,1254	19,1278	19,1261	19,1248	19,1279	19,18
9	52,4935	52,4937	52,4911	52,4927	52,4913	52,48	52,4907	52,4919	52,4903	52,4897	52,489	52,48
10	164,7764	164,7741	164,7758	164,7732	164,7735	164,769	164,7731	164,7706	164,7721	164,7717	164,7721	164,769
11	52,4591	52,4586	52,4568	52,4589	52,4588	52,503	52,4571	52,4578	52,4566	52,4579	52,4554	52,503

Na slikama (Slika 102 i Slika 103) su prikazani dijagrami trećeg dana mjerenja.



Slika 102. Gaussian 3 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 103. Gaussian 3 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 14).

Tablica 14. Standardno odstupanje za Gaussian best fit (3 sigma)

broj provrta	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Gaussian 3 sigma					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,001481	0,003331	0,002127	0,001621	0,002263	0,002186
2	0,000626	0,002092	0,003724	0,002164	0,002796	0,002376
3	0,000907	0,001119	0,002162	0,001326	0,002104	0,001016
4	0,001834	0,001268	0,004404	0,000635	0,002841	0,002685
5	0,002639	0,001759	0,00254	0,003679	0,001551	0,002242
6	0,002612	0,002096	0,001252	0,001377	0,001367	0,00061
7	0,002277	0,001557	0,002315	0,003125	0,001031	0,001547
8	0,002442	0,001781	0,001856	0,002342	0,002388	0,001402
9	0,001016	0,000832	0,002614	0,000611	0,001212	0,001092
10	0,000606	0,000808	0,00124	0,000928	0,001423	0,000901
11	0,00142	0,000782	0,001492	0,000602	0,000934	0,001021

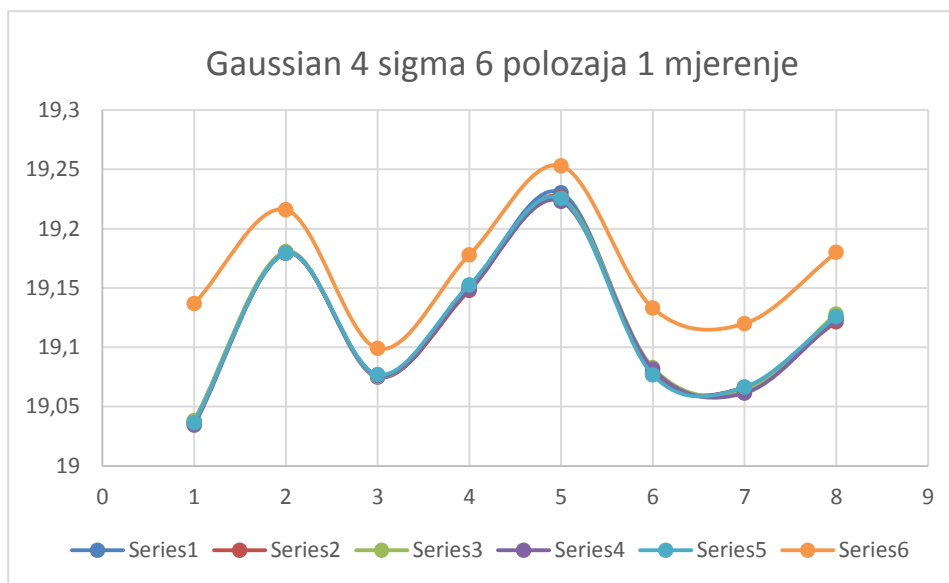
6.4 Gaussian best fit (4 sigma)

Rezultati prvog dana mjerenja Gaussian best fit (4 sigma) metodom prikazani su u tablici (Tablica 15).

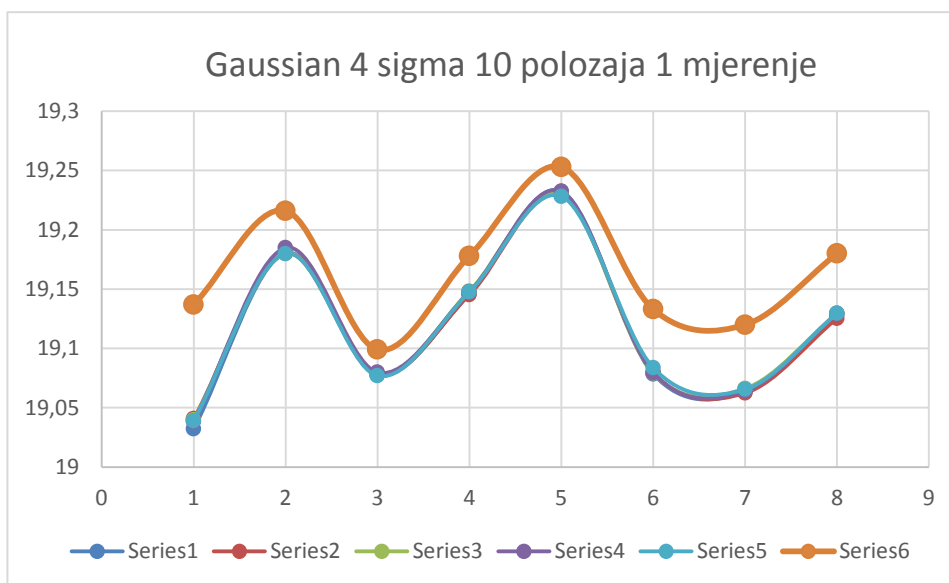
Tablica 15. Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (4 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0377	19,0362	19,0382	19,0344	19,0366	19,137	19,0322	19,0407	19,0396	19,0383	19,0389	19,137
2	19,1796	19,1794	19,1807	19,1792	19,1792	19,216	19,1805	19,18	19,1802	19,1848	19,1799	19,216
3	19,0747	19,0754	19,0755	19,0761	19,077	19,099	19,0775	19,0782	19,0776	19,0798	19,0769	19,099
4	19,1498	19,148	19,1515	19,1492	19,1526	19,178	19,146	19,1453	19,1483	19,1477	19,1476	19,178
5	19,2303	19,2264	19,2253	19,2231	19,2254	19,253	19,2324	19,2299	19,2305	19,2323	19,2282	19,253
6	19,0795	19,0776	19,0829	19,0816	19,0767	19,133	19,0784	19,0796	19,0791	19,0794	19,0837	19,133
7	19,0658	19,0662	19,0629	19,0614	19,0665	19,12	19,0633	19,0624	19,0662	19,0641	19,0655	19,12
8	19,1242	19,1216	19,1281	19,1237	19,1259	19,18	19,1285	19,1254	19,1297	19,1293	19,1295	19,18
9	52,4911	52,4906	52,4899	52,4886	52,4909	52,48	52,4893	52,4899	52,4901	52,4916	52,4903	52,48
10	164,768	164,768	164,7679	164,7684	164,7667	164,769	164,7672	164,7667	164,7664	164,7655	164,7652	164,769
11	52,46	52,4574	52,4574	52,4561	52,4575	52,503	52,4567	52,4563	52,4567	52,4581	52,4578	52,503

Na slikama (Slika 104 i Slika 105) su prikazani dijagrami prvog dana mjerenja.



Slika 104. Gaussian 4 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)



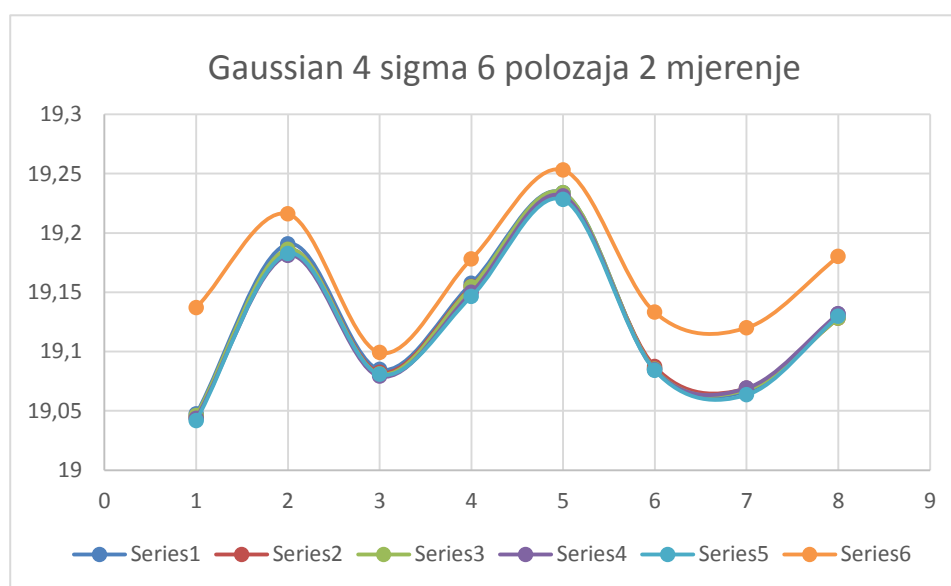
Slika 105. Gaussian 4 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)

U tablici (Tablica 16) su prikazani rezultati drugog dana mjerenja Gaussian best fit (4 sigma) metodom.

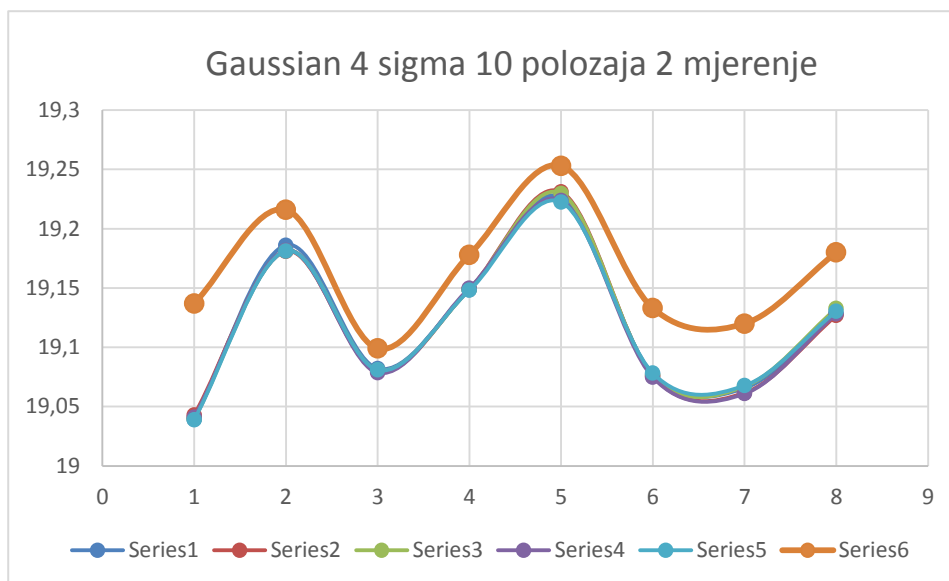
Tablica 16. Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (4 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA												
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0472	19,0444	19,0459	19,0435	19,0417	19,137	19,0391	19,0429	19,0399	19,041	19,039	19,137
2	19,1906	19,1857	19,1861	19,1809	19,1826	19,216	19,1861	19,1809	19,1815	19,1816	19,1812	19,216
3	19,0848	19,0824	19,0811	19,079	19,0807	19,099	19,0821	19,0797	19,0808	19,0786	19,0809	19,099
4	19,1574	19,1548	19,1543	19,1497	19,1464	19,178	19,1486	19,1491	19,1487	19,1498	19,1481	19,178
5	19,2337	19,2296	19,2338	19,2311	19,228	19,253	19,2268	19,231	19,2298	19,2238	19,2225	19,253
6	19,0856	19,0872	19,085	19,0844	19,084	19,133	19,0772	19,0755	19,0764	19,0747	19,0782	19,133
7	19,0665	19,0688	19,0678	19,0691	19,0634	19,12	19,0656	19,0616	19,067	19,0609	19,0677	19,12
8	19,1314	19,1279	19,1279	19,1318	19,1297	19,18	19,128	19,1268	19,1327	19,1283	19,1305	19,18
9	52,4974	52,4961	52,4966	52,494	52,4909	52,48	52,4904	52,4899	52,4903	52,489	52,4904	52,48
10	164,7691	164,7682	164,7669	164,767	164,7659	164,769	164,765	164,7652	164,7646	164,7657	164,7632	164,769
11	52,4621	52,4613	52,4612	52,4596	52,4584	52,503	52,4584	52,4575	52,4584	52,4571	52,4583	52,503

Na slikama (Slika 106 i Slika 107) je prikaz dijagrama drugog dana mjerenja Gaussian best fit (4 sigma) metodom.



Slika 106. Gaussian 4 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)



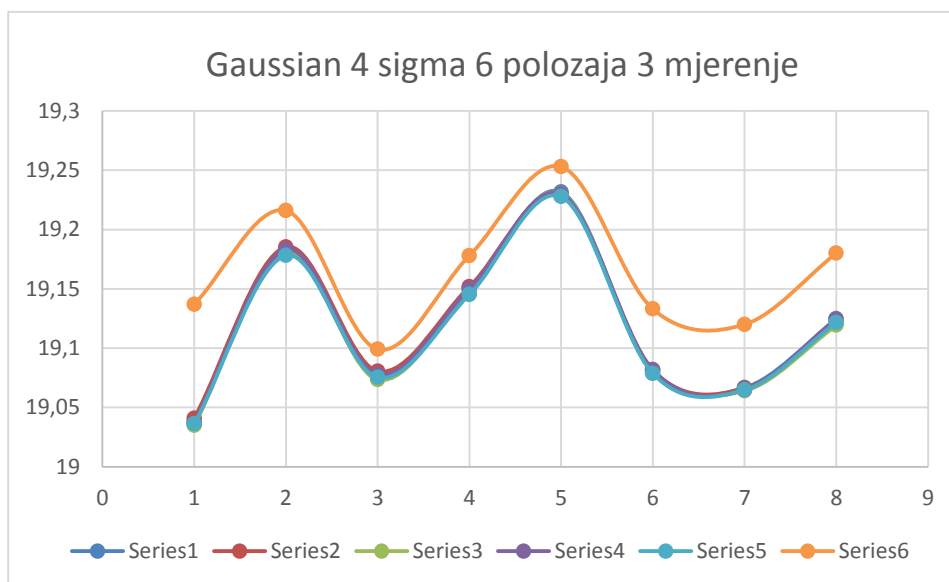
Slika 107. Gaussian 4 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)

Rezultati trećeg dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 17).

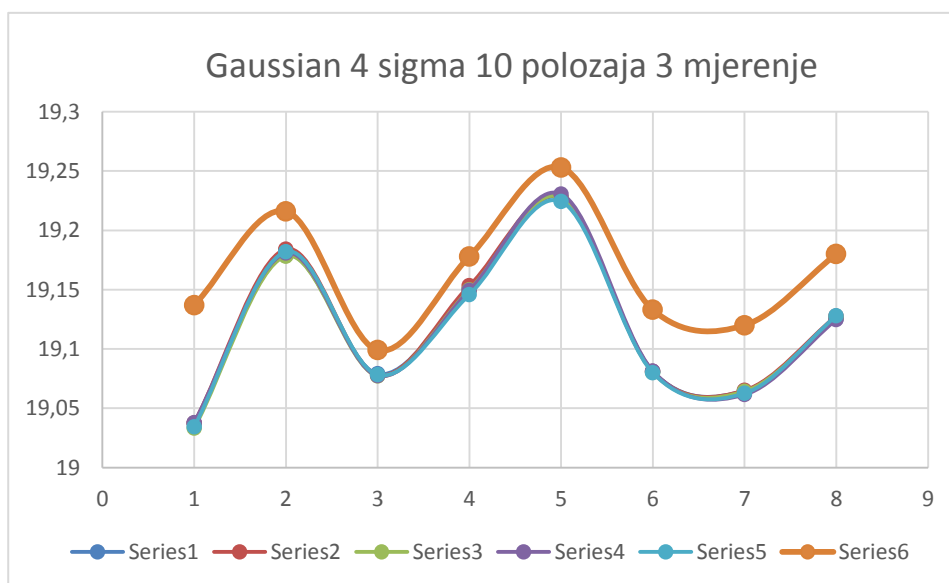
Tablica 17. Treći dan mjerenja Gaussian best fit (4 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0382	19,0408	19,0349	19,0368	19,0361	19,137	19,0374	19,0375	19,0331	19,0379	19,0343	19,137
2	19,1797	19,1853	19,1812	19,1829	19,1781	19,216	19,1788	19,1841	19,1783	19,1808	19,182	19,216
3	19,0789	19,0806	19,0735	19,0777	19,0753	19,099	19,079	19,0779	19,0773	19,0774	19,0782	19,099
4	19,1455	19,1518	19,1483	19,1501	19,1453	19,178	19,1504	19,1533	19,1498	19,1493	19,1458	19,178
5	19,2316	19,2284	19,2303	19,2299	19,2277	19,253	19,2271	19,2276	19,2278	19,2306	19,2243	19,253
6	19,0792	19,0817	19,0809	19,0815	19,0787	19,133	19,0811	19,0809	19,0803	19,0814	19,0799	19,133
7	19,0667	19,0659	19,0641	19,0648	19,0648	19,12	19,0648	19,0651	19,0643	19,0615	19,0626	19,12
8	19,124	19,1203	19,1192	19,1248	19,1215	19,18	19,1254	19,1278	19,1261	19,1248	19,1279	19,18
9	52,4934	52,4937	52,4911	52,4927	52,4912	52,48	52,4907	52,4919	52,4903	52,4897	52,489	52,48
10	164,7765	164,7742	164,7759	164,7734	164,7737	164,769	164,7732	164,771	164,7724	164,7719	164,7725	164,769
11	52,4591	52,4586	52,4568	52,4589	52,4588	52,503	52,4571	52,4578	52,4566	52,4579	52,4554	52,503

Dijagrami trećeg dana mjerenja prikazani su na slikama (Slika 108 i Slika 109).



Slika 108. Gaussian 4 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 109. Gaussian 4 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 18).

Tablica 18. Standardno odstupanje za Gaussian best fit (4 sigma)

broj provrta	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Gaussian 4 sigma					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,001481	0,003331	0,002127	0,001621	0,002263	0,002186
2	0,000626	0,002092	0,003724	0,002164	0,002796	0,002376
3	0,000862	0,001107	0,002162	0,001326	0,002828	0,000688
4	0,001834	0,001268	0,004404	0,000635	0,002841	0,002685
5	0,002639	0,001759	0,00254	0,003679	0,001551	0,002242
6	0,002612	0,002096	0,001252	0,001377	0,001367	0,00061
7	0,002277	0,001557	0,002315	0,003125	0,001031	0,001547
8	0,002442	0,001781	0,001856	0,002342	0,002388	0,001402
9	0,001013	0,000847	0,002614	0,000596	0,001215	0,001092
10	0,000644	0,000834	0,001244	0,000948	0,001379	0,000815
11	0,00142	0,000782	0,001492	0,000602	0,000934	0,001021

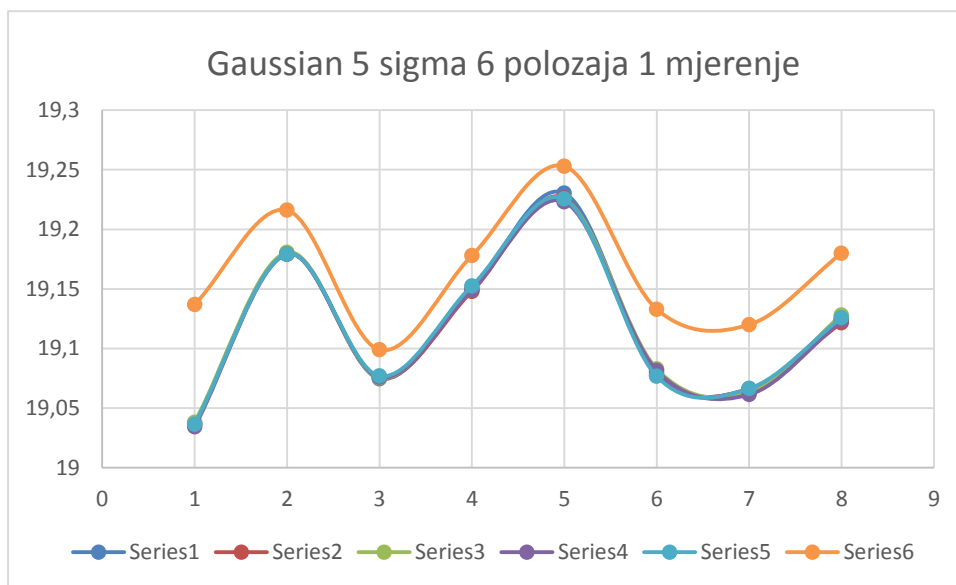
6.5 Gaussian best fit (5 sigma)

U tablici (Tablica 19) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja Gaussian best fit (5 sigma) metodom.

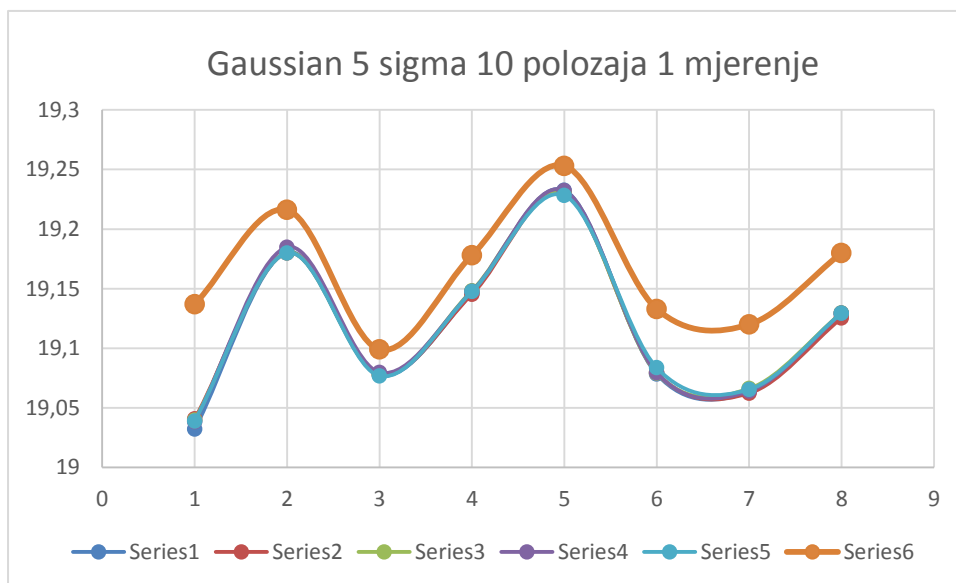
Tablica 19. Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (5 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0377	19,0362	19,0382	19,0344	19,0366	19,137	19,0322	19,0407	19,0396	19,0383	19,0389	19,137
2	19,1796	19,1794	19,1807	19,1792	19,1792	19,216	19,1805	19,18	19,1802	19,1848	19,1799	19,216
3	19,0747	19,0754	19,0755	19,0761	19,077	19,099	19,0775	19,0782	19,0776	19,0798	19,0769	19,099
4	19,1498	19,148	19,1515	19,1492	19,1526	19,178	19,146	19,1453	19,1483	19,1477	19,1476	19,178
5	19,2303	19,2264	19,2253	19,2231	19,2254	19,253	19,2324	19,2299	19,2305	19,2323	19,2282	19,253
6	19,0795	19,0776	19,0829	19,0816	19,0767	19,133	19,0784	19,0796	19,0791	19,0794	19,0837	19,133
7	19,0658	19,0662	19,0629	19,0614	19,0665	19,12	19,0633	19,0624	19,0662	19,0641	19,0655	19,12
8	19,1242	19,1216	19,1281	19,1237	19,1259	19,18	19,1285	19,1254	19,1297	19,1293	19,1295	19,18
9	52,4911	52,4906	52,4899	52,4886	52,4909	52,48	52,4893	52,4899	52,4901	52,4916	52,4903	52,48
10	164,768	164,768	164,7679	164,7684	164,7667	164,769	164,7672	164,7667	164,7664	164,7655	164,7652	164,769
11	52,46	52,4574	52,4574	52,4561	52,4575	52,503	52,4567	52,4563	52,4567	52,4581	52,4578	52,503

Na slikama (Slika 110 i Slika 111) su prikazani dijagrami prvog dana mjerenja.



Slika 110. Gaussian 5 sigma za 6 položaja (1 mjerenje)



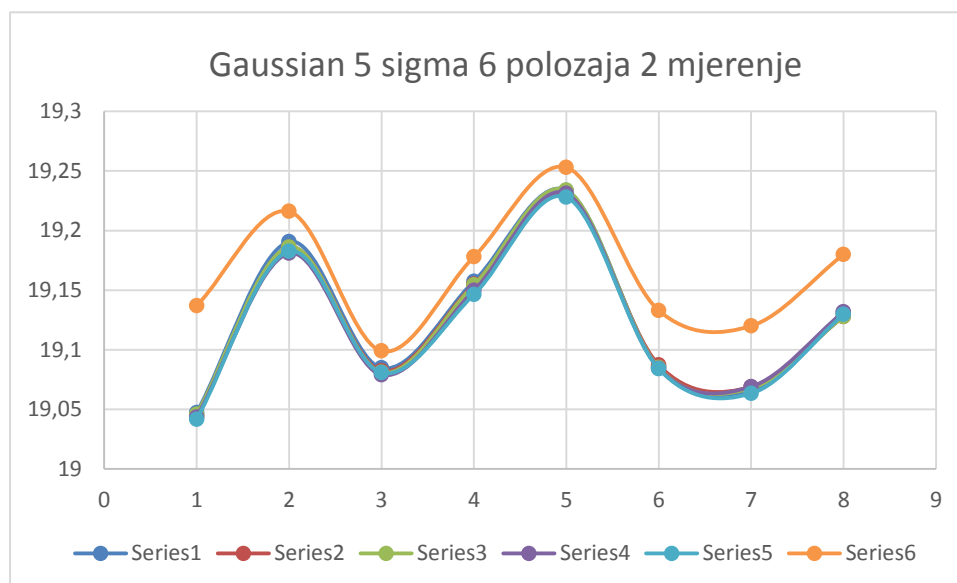
Slika 111. Gaussian 5 sigma za 10 položaja (1 mjerenje)

Rezultati drugog dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 20).

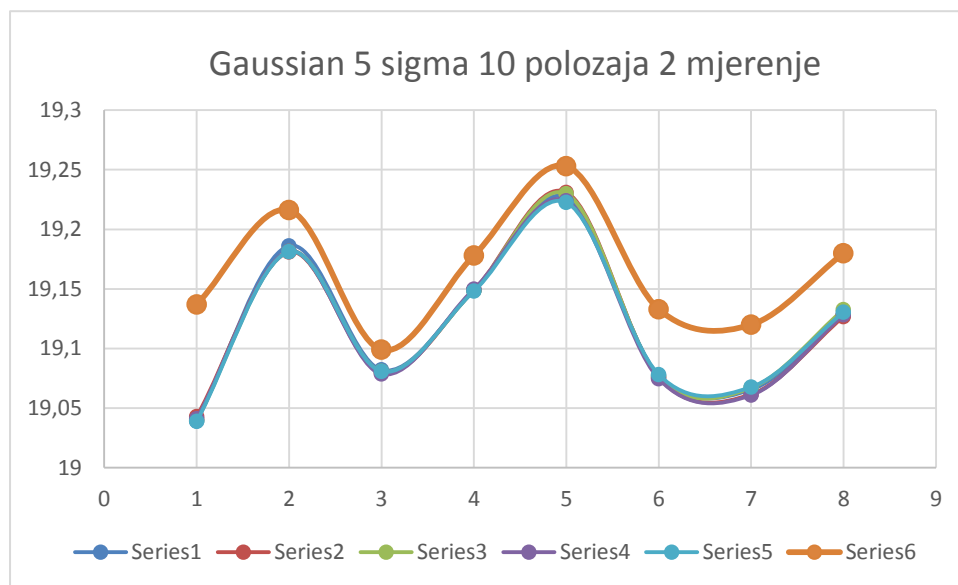
Tablica 20. Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (5 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA												
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0472	19,0444	19,0459	19,0435	19,0417	19,137	19,0391	19,0429	19,0399	19,041	19,039	19,137
2	19,1906	19,1857	19,1861	19,1809	19,1826	19,216	19,1861	19,1809	19,1815	19,1816	19,1812	19,216
3	19,0848	19,0824	19,0811	19,079	19,0807	19,099	19,0821	19,0797	19,0808	19,0786	19,0809	19,099
4	19,1574	19,1548	19,1543	19,1497	19,1464	19,178	19,1486	19,1491	19,1487	19,1498	19,1481	19,178
5	19,2337	19,2296	19,2338	19,2311	19,228	19,253	19,2268	19,231	19,2298	19,2238	19,2225	19,253
6	19,0856	19,0872	19,085	19,0844	19,084	19,133	19,0772	19,0755	19,0764	19,0747	19,0782	19,133
7	19,0665	19,0688	19,0678	19,0691	19,0634	19,12	19,0656	19,0616	19,067	19,0609	19,0677	19,12
8	19,1314	19,1279	19,1279	19,1318	19,1297	19,18	19,128	19,1268	19,1327	19,1283	19,1305	19,18
9	52,4974	52,4961	52,4966	52,494	52,4909	52,48	52,4904	52,4899	52,4903	52,489	52,4904	52,48
10	164,7691	164,7682	164,7669	164,767	164,7659	164,769	164,765	164,7652	164,7646	164,7657	164,7633	164,769
11	52,4621	52,4613	52,4612	52,4596	52,4584	52,503	52,4584	52,4575	52,4584	52,4571	52,4583	52,503

Na slikama (Slika 112 i Slika 113) je prikaz dijagrama drugog dana mjerenja Gaussian best fit (5 sigma) metodom.



Slika 112. Gaussian 5 sigma za 6 položaja (2 mjerenje)



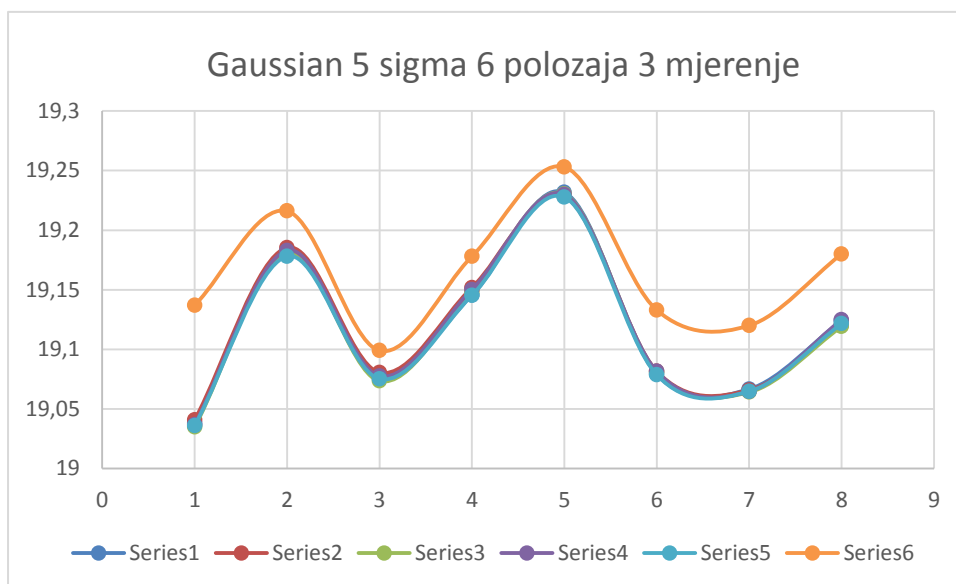
Slika 113. Gaussian 5 sigma za 10 položaja (2 mjerenje)

U tablici (Tablica 21) su prikazani rezultati trećeg dana mjerenja Gaussian best fit (5 sigma) metodom.

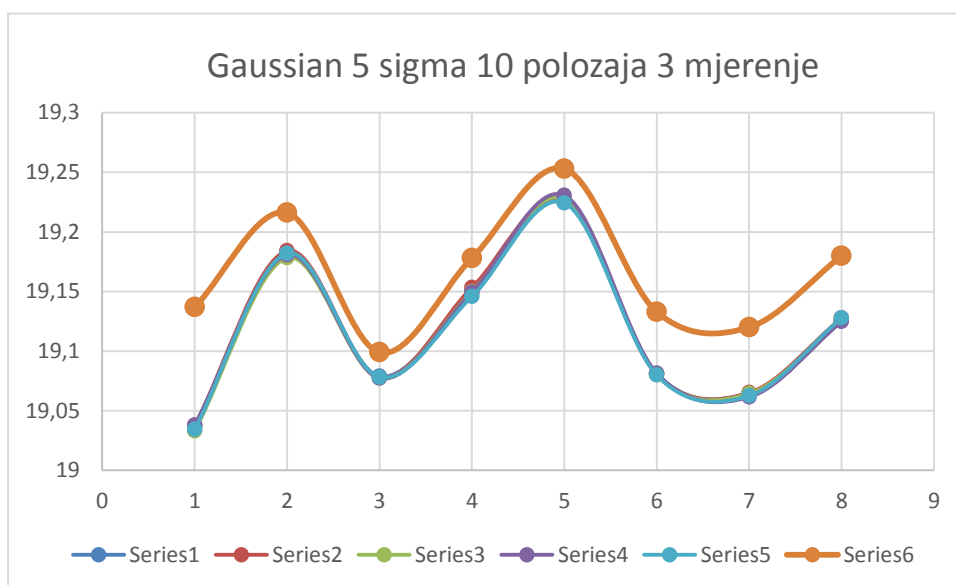
Tablica 21. Treći dan mjerenja Gaussian best fit (5 sigma)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0382	19,0408	19,0349	19,0368	19,0361	19,137	19,0374	19,0375	19,0331	19,0379	19,0343	19,137
2	19,1797	19,1853	19,1812	19,1829	19,1781	19,216	19,1788	19,1841	19,1783	19,1808	19,182	19,216
3	19,0789	19,0806	19,0735	19,0777	19,0753	19,099	19,079	19,0779	19,0773	19,0774	19,0782	19,099
4	19,1455	19,1518	19,1483	19,1501	19,1453	19,178	19,1504	19,1533	19,1498	19,1493	19,1458	19,178
5	19,2316	19,2284	19,2303	19,2299	19,2277	19,253	19,2271	19,2276	19,2278	19,2306	19,2243	19,253
6	19,0792	19,0817	19,0809	19,0815	19,0787	19,133	19,0811	19,0809	19,0803	19,0814	19,0799	19,133
7	19,0667	19,0659	19,0641	19,0648	19,0648	19,12	19,0648	19,0651	19,0643	19,0615	19,0626	19,12
8	19,124	19,1203	19,1192	19,1248	19,1215	19,18	19,1254	19,1278	19,1261	19,1248	19,1279	19,18
9	52,4934	52,4937	52,4911	52,4927	52,4912	52,48	52,4907	52,4919	52,4903	52,4897	52,489	52,48
10	164,7765	164,7742	164,7759	164,7734	164,7737	164,769	164,7732	164,771	164,7724	164,7719	164,7725	164,769
11	52,4591	52,4586	52,4568	52,4589	52,4588	52,503	52,4571	52,4578	52,4566	52,4579	52,4554	52,503

Na slikama (Slika 114 i Slika 115) su prikazani dijagrami trećeg dana mjerenja.



Slika 114. Gaussian 5 sigma za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 115. Gaussian 5 sigma za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 22).

Tablica 22. Standardno odstupanje za Gaussian best fit (5 sigma)

broj provrti	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Gaussian 5 sigma					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,001481	0,003331	0,002127	0,001621	0,002263	0,002186
2	0,000626	0,002092	0,003724	0,002164	0,002796	0,002376
3	0,000862	0,001107	0,002162	0,001326	0,002828	0,000688
4	0,001834	0,001268	0,004404	0,000635	0,002841	0,002685
5	0,002639	0,001759	0,00254	0,003679	0,001551	0,002242
6	0,002612	0,002096	0,001252	0,001377	0,001367	0,00061
7	0,002277	0,001557	0,002315	0,003125	0,001031	0,001547
8	0,002442	0,001781	0,001856	0,002342	0,002388	0,001402
9	0,001013	0,000847	0,002614	0,000596	0,001215	0,001092
10	0,000644	0,000834	0,001244	0,000907	0,001379	0,000815
11	0,00142	0,000782	0,001492	0,000602	0,000934	0,001021

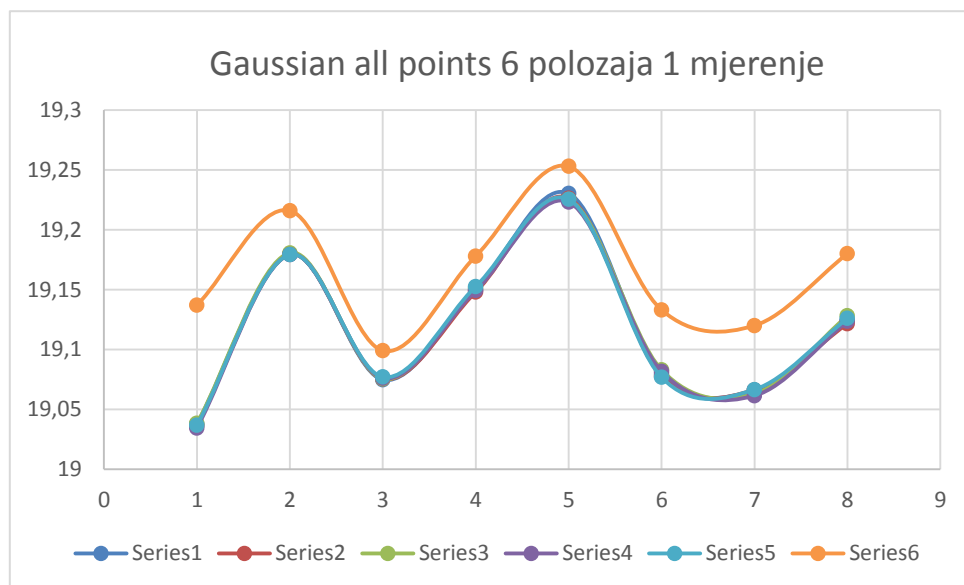
6.6 Gaussian best fit (all points)

Tablica (Tablica 23) prikazuje rezultate mjerenja dobivene Gaussian best fit (all points) metodom.

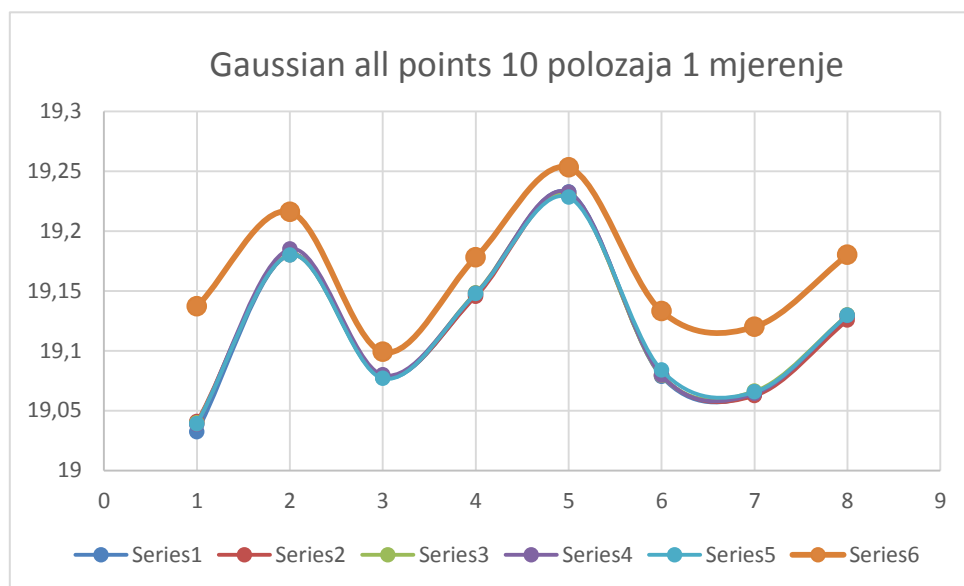
Tablica 23. Prvi dan mjerenja Gaussian best fit (all points)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0377	19,0362	19,0382	19,0344	19,0366	19,137	19,0322	19,0407	19,0396	19,0383	19,0389	19,137
2	19,1796	19,1794	19,1807	19,1792	19,1792	19,216	19,1805	19,18	19,1802	19,1848	19,1799	19,216
3	19,0747	19,0754	19,0755	19,0761	19,077	19,099	19,0775	19,0782	19,0776	19,0798	19,0769	19,099
4	19,1498	19,148	19,1515	19,1492	19,1526	19,178	19,146	19,1453	19,1483	19,1477	19,1476	19,178
5	19,2303	19,2264	19,2253	19,2231	19,2254	19,253	19,2324	19,2299	19,2305	19,2323	19,2282	19,253
6	19,0795	19,0776	19,0829	19,0816	19,0767	19,133	19,0784	19,0796	19,0791	19,0794	19,0837	19,133
7	19,0658	19,0662	19,0629	19,0614	19,0665	19,12	19,0633	19,0624	19,0662	19,0641	19,0655	19,12
8	19,1242	19,1216	19,1281	19,1237	19,1259	19,18	19,1285	19,1254	19,1297	19,1293	19,1295	19,18
9	52,4911	52,4906	52,4899	52,4886	52,4909	52,48	52,4893	52,4899	52,4901	52,4916	52,4903	52,48
10	164,768	164,768	164,7679	164,7684	164,7667	164,769	164,7672	164,7667	164,7664	164,7655	164,7652	164,769
11	52,46	52,4574	52,4574	52,4561	52,4575	52,503	52,4567	52,4563	52,4567	52,4581	52,4578	52,503

Na slikama (Slika 116 i Slika 117) je prikaz dijagrama dobivenih Gaussian best fit (all points) metodom.



Slika 116. Gaussian all points za 6 položaja (1 mjerenje)



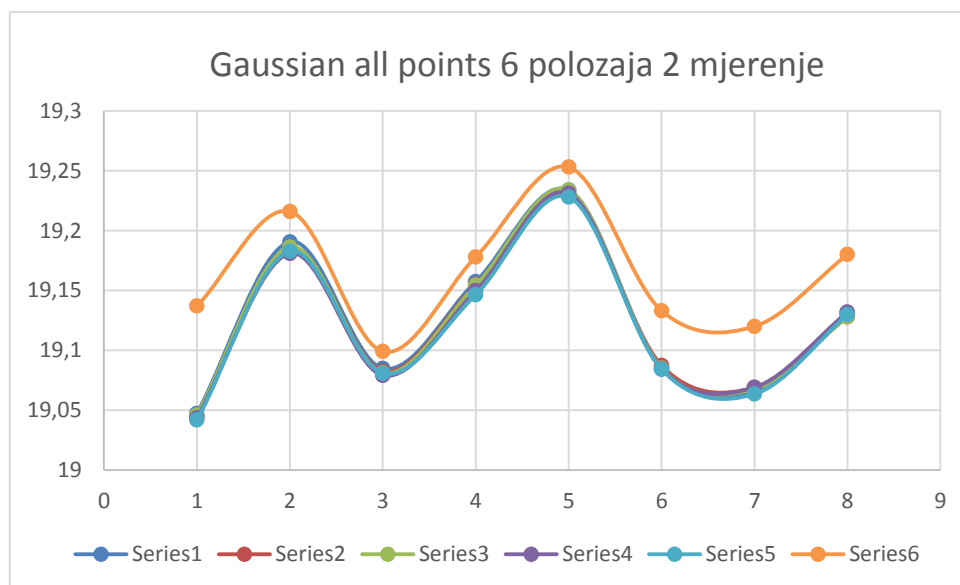
Slika 117. Gaussian all points za 10 položaja (1 mjerenje)

Rezultati drugog dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 24).

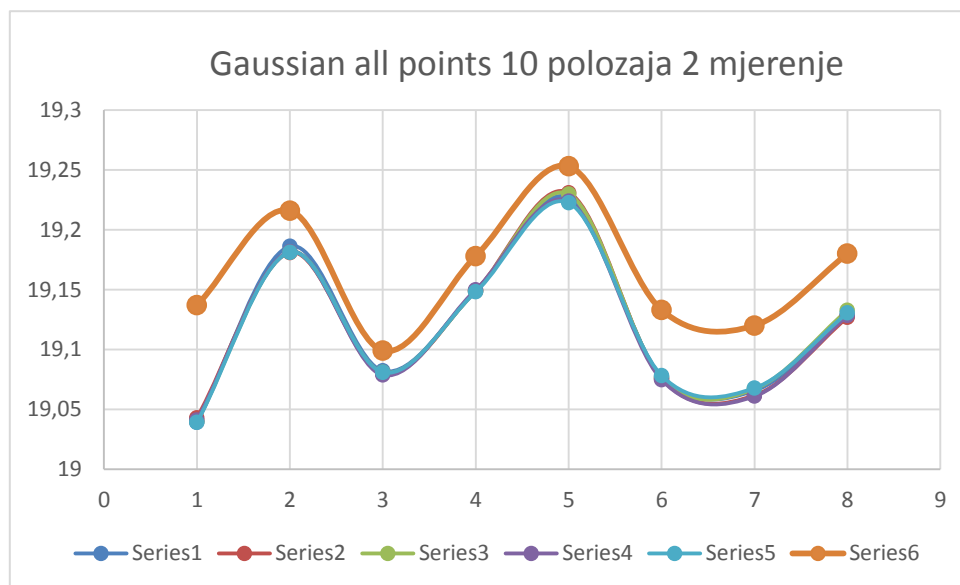
Tablica 24. Drugi dan mjerenja Gaussian best fit (all points)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA												
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0472	19,0444	19,0459	19,0435	19,0417	19,137	19,0391	19,0429	19,0399	19,041	19,039	19,137
2	19,1906	19,1857	19,1861	19,1809	19,1826	19,216	19,1861	19,1809	19,1815	19,1816	19,1812	19,216
3	19,0848	19,0824	19,0811	19,079	19,0807	19,099	19,0821	19,0797	19,0808	19,0786	19,0809	19,099
4	19,1574	19,1548	19,1543	19,1497	19,1464	19,178	19,1486	19,1491	19,1487	19,1498	19,1481	19,178
5	19,2337	19,2296	19,2338	19,2311	19,228	19,253	19,2268	19,231	19,2298	19,2238	19,2225	19,253
6	19,0856	19,0872	19,085	19,0844	19,084	19,133	19,0772	19,0755	19,0764	19,0747	19,0782	19,133
7	19,0665	19,0688	19,0678	19,0691	19,0634	19,12	19,0656	19,0616	19,067	19,0609	19,0677	19,12
8	19,1314	19,1279	19,1279	19,1318	19,1297	19,18	19,128	19,1268	19,1327	19,1283	19,1305	19,18
9	52,4974	52,4961	52,4966	52,494	52,4909	52,48	52,4904	52,4899	52,4903	52,489	52,4904	52,48
10	164,7691	164,7682	164,7669	164,767	164,7659	164,769	164,765	164,7652	164,7646	164,7657	164,7633	164,769
11	52,4621	52,4613	52,4612	52,4596	52,4584	52,503	52,4584	52,4575	52,4584	52,4571	52,4583	52,503

Dijagrami drugog dana mjerenja vide se na slikama (Slika 118 i Slika 119).



Slika 118. Gaussian all points za 6 položaja (2 mjerenje)



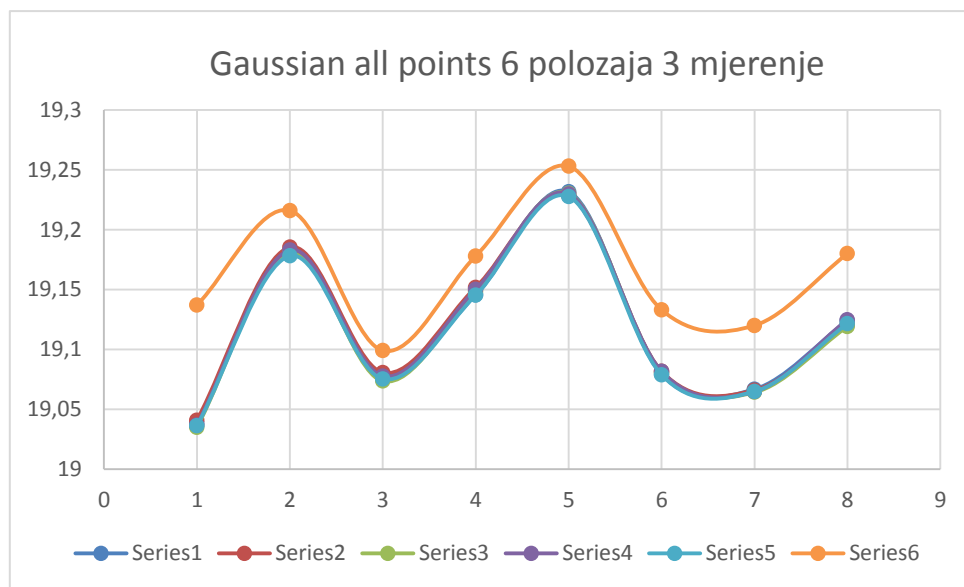
Slika 119. Gaussian all points za 10 položaja (2 mjerenje)

Rezultati trećeg dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 25).

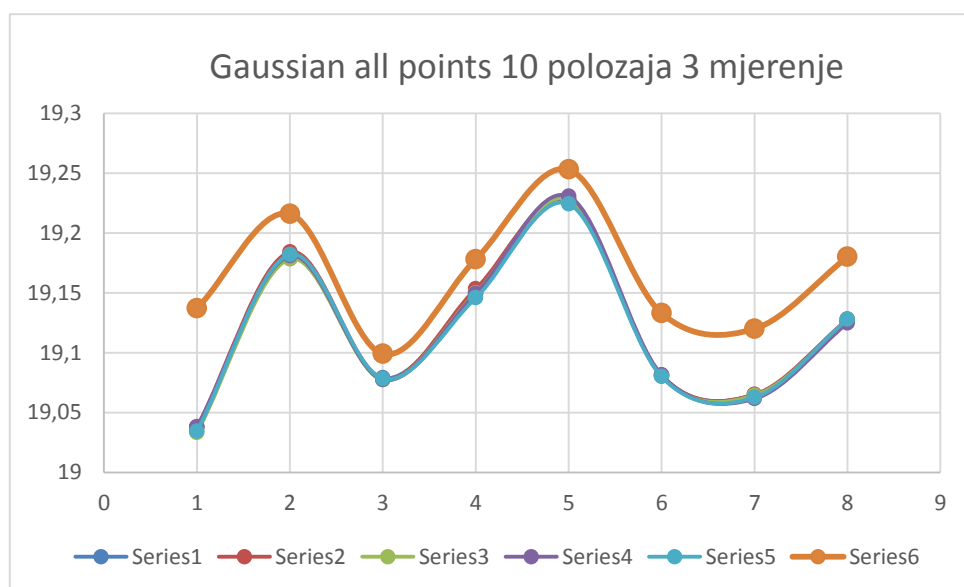
Tablica 25. Treći dan mjerenja Gaussian best fit (all points)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0382	19,0408	19,0349	19,0368	19,0361	19,137	19,0374	19,0375	19,0331	19,0379	19,0343	19,137
2	19,1797	19,1853	19,1812	19,1829	19,1781	19,216	19,1788	19,1841	19,1783	19,1808	19,182	19,216
3	19,0789	19,0806	19,0735	19,0777	19,0753	19,099	19,079	19,0779	19,0773	19,0774	19,0782	19,099
4	19,1455	19,1518	19,1483	19,1501	19,1453	19,178	19,1504	19,1533	19,1498	19,1493	19,1458	19,178
5	19,2316	19,2284	19,2303	19,2299	19,2277	19,253	19,2271	19,2276	19,2278	19,2306	19,2243	19,253
6	19,0792	19,0817	19,0809	19,0815	19,0787	19,133	19,0811	19,0809	19,0803	19,0814	19,0799	19,133
7	19,0667	19,0659	19,0641	19,0648	19,0648	19,12	19,0648	19,0651	19,0643	19,0615	19,0626	19,12
8	19,124	19,1203	19,1192	19,1248	19,1215	19,18	19,1254	19,1278	19,1261	19,1248	19,1279	19,18
9	52,4934	52,4937	52,4911	52,4927	52,4912	52,48	52,4907	52,4919	52,4903	52,4897	52,489	52,48
10	164,7765	164,7742	164,7759	164,7734	164,7737	164,769	164,7732	164,771	164,7724	164,7719	164,7725	164,769
11	52,4591	52,4586	52,4568	52,4589	52,4588	52,503	52,4571	52,4578	52,4566	52,4579	52,4554	52,503

Dijagrami trećeg dana mjerenja Gaussian best fit (all points) metodom vide se na slikama (Slika 120 i Slika 121).



Slika 120. Gaussian all points za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 121. Gaussian all points za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 26).

Tablica 26. Standardno odstupanje za Gaussian best fit (all points)

broj provrti	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Gaussian all points					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,001481	0,003331	0,002127	0,001621	0,002263	0,002186
2	0,000626	0,002092	0,003724	0,002164	0,002796	0,002376
3	0,000862	0,001107	0,002162	0,001326	0,002828	0,000688
4	0,001834	0,001268	0,004404	0,000635	0,002841	0,002685
5	0,002639	0,001759	0,00254	0,003679	0,001551	0,002242
6	0,002612	0,002096	0,001252	0,001377	0,001367	0,00061
7	0,002277	0,001557	0,002315	0,003125	0,001031	0,001547
8	0,002442	0,001781	0,001856	0,002342	0,002388	0,001402
9	0,001013	0,000847	0,002614	0,000596	0,001215	0,001092
10	0,000644	0,000834	0,001244	0,000907	0,001379	0,000815
11	0,00142	0,000782	0,001492	0,000602	0,000934	0,001021

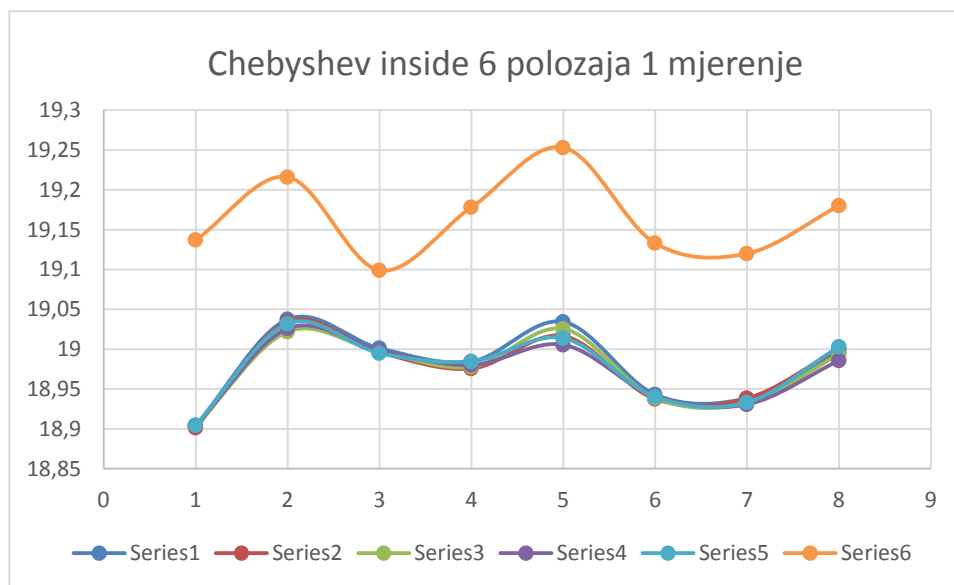
6.7 Chebyshev best fit (inside)

Rezultati prvog dana mjerenja Chebyshev best fit (inside) metodom prikazani su u tablici (Tablica 27).

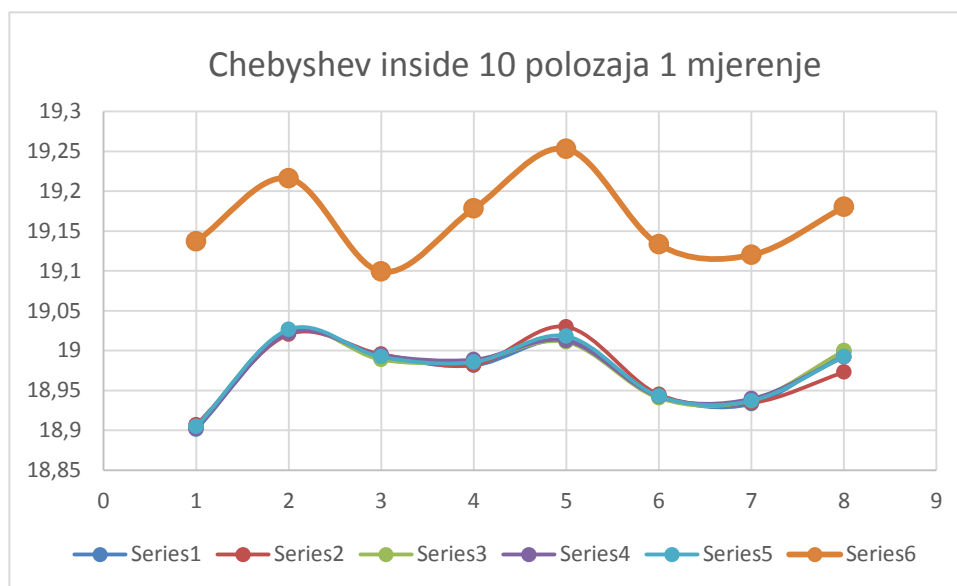
Tablica 27. Prvi dan mjerenja Chebyshev best fit (inside)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
REDNI BROJ MJERENJA	PROMJER											
	BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5
1	18,9041	18,9015	18,904	18,9043	18,9047	19,137	18,9012	18,9069	18,9036	18,9025	18,9047	19,137
2	19,0374	19,0343	19,022	19,0259	19,032	19,216	19,0219	19,0203	19,026	19,0221	19,0265	19,216
3	19,0012	18,996	18,9969	18,9986	18,9951	19,099	18,9934	18,9954	18,9886	18,9943	18,9921	19,099
4	18,9845	18,9756	18,9778	18,9801	18,9847	19,178	18,9816	18,982	18,9877	18,9886	18,9856	19,178
5	19,0343	19,0166	19,0255	19,0056	19,0139	19,253	19,0132	19,0298	19,0107	19,0125	19,0181	19,253
6	18,943	18,9374	18,9389	18,941	18,9402	19,133	18,9436	18,9449	18,9405	18,9423	18,9428	19,133
7	18,9385	18,9382	18,9321	18,9308	18,9332	19,12	18,9332	18,9344	18,9375	18,9395	18,937	19,12
8	18,996	19,0006	18,9935	18,9857	19,0031	19,18	18,9987	18,9729	18,9997	18,992	18,9924	19,18
9	52,4765	52,4775	52,4758	52,4736	52,4781	52,48	52,4771	52,4721	52,4798	52,4804	52,4754	52,48
10	164,7355	164,7356	164,7291	164,7282	164,7278	164,769	164,7347	164,7302	164,7322	164,7311	164,7319	164,769
11	52,4391	52,4359	52,4368	52,4357	52,4366	52,503	52,4384	52,4374	52,4356	52,4391	52,4393	52,503

Dijagrami prvog dana mjerenja vide se na slikama (Slika 122 i Slika 123).



Slika 122. Chebyshev inside za 6 položaja (1 mjerenje)



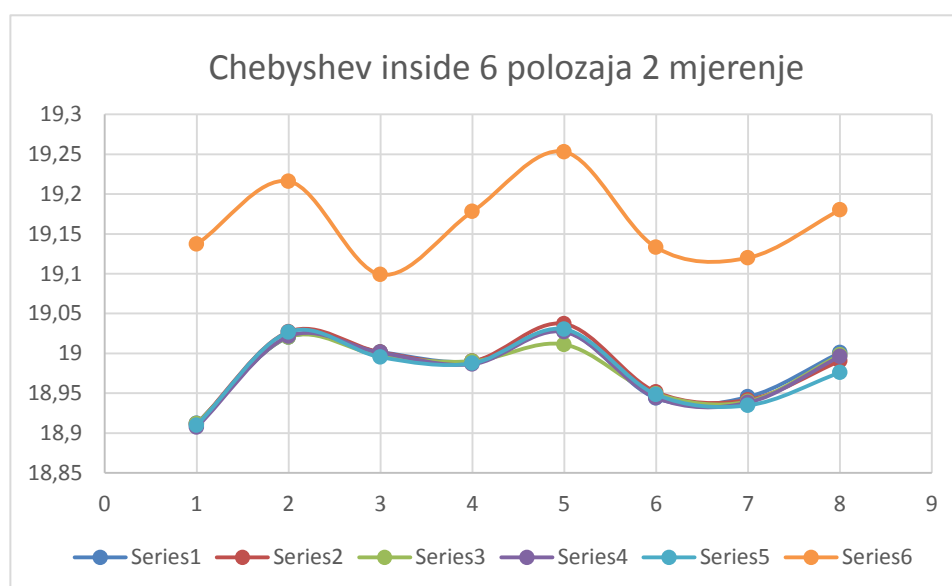
Slika 123. Chebyshev inside za 10 položaja (1 mjerenje)

U tablici (Tablica 28) je prikaz rezultata drugog dana mjerenja.

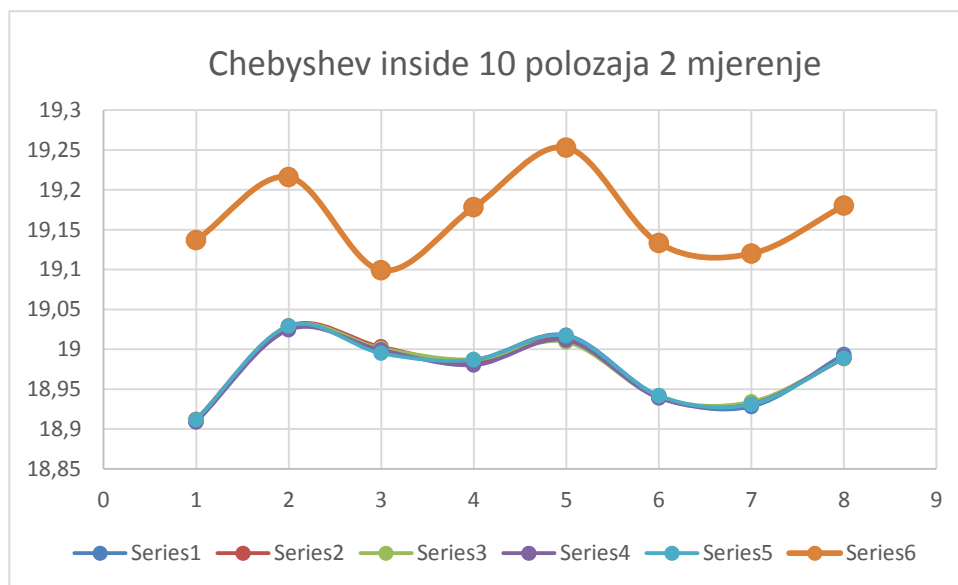
Tablica 28. Drugi dan mjerenja Chebyshev best fit (inside)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA												
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	18,9124	18,9114	18,912	18,9074	18,91	19,137	18,9092	18,9121	18,91	18,9087	18,9114	19,137
2	19,0203	19,0272	19,0203	19,0214	19,0267	19,216	19,0284	19,0292	19,0281	19,0243	19,0291	19,216
3	19,0017	19,0015	18,997	19,0009	18,9953	19,099	19,0003	19,003	19,0011	18,999	18,9949	19,099
4	18,9903	18,9901	18,9901	18,9864	18,9876	19,178	18,9872	18,9837	18,9871	18,9801	18,9867	19,178
5	19,0282	19,0371	19,0112	19,027	19,0304	19,253	19,0177	19,0129	19,0091	19,0116	19,0169	19,253
6	18,9438	18,9515	18,9492	18,9443	18,9485	19,133	18,9417	18,9398	18,9397	18,9389	18,9417	19,133
7	18,9454	18,9417	18,9397	18,9382	18,9348	19,12	18,9282	18,9319	18,9341	18,931	18,9308	19,12
8	19,0008	18,9906	18,9982	18,9962	18,976	19,18	18,9936	18,9882	18,9889	18,9904	18,9888	19,18
9	52,483	52,4814	52,4799	52,4794	52,4758	52,48	52,4766	52,4761	52,4786	52,4764	52,4772	52,48
10	164,7241	164,732	164,7296	164,7269	164,7272	164,769	164,7287	164,7301	164,727	164,7312	164,7275	164,769
11	52,4406	52,4397	52,4411	52,4393	52,4388	52,503	52,44	52,4373	52,4379	52,4377	52,4382	52,503

Na slikama (Slika 124 i Slika 125) je prikaz dijagrama drugog dana mjerenja Chebyshev best fit (inside) metodom.



Slika 124. Chebyshev inside za 6 položaja (2 mjerenje)



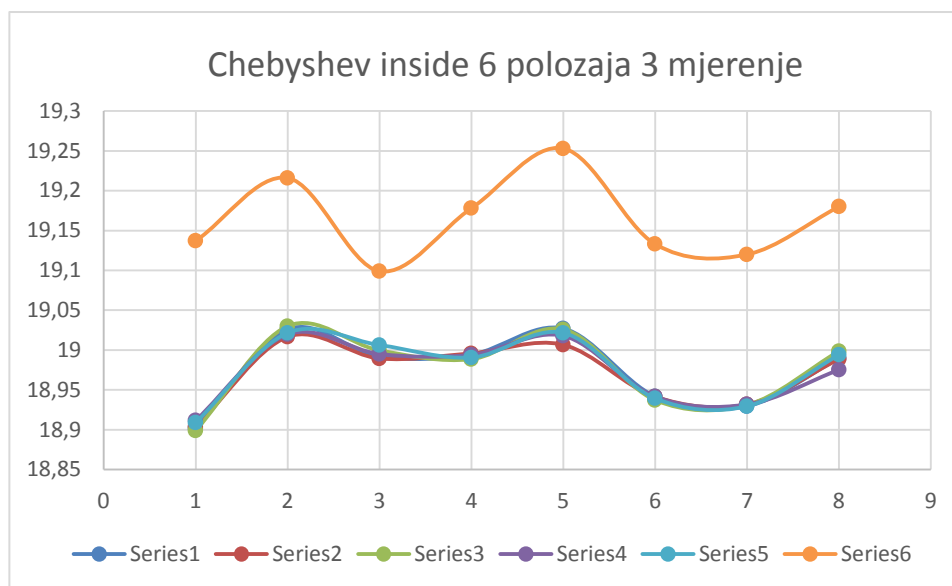
Slika 125. Chebyshev inside za 10 položaja (2 mjerenje)

Rezultati trećeg dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 29).

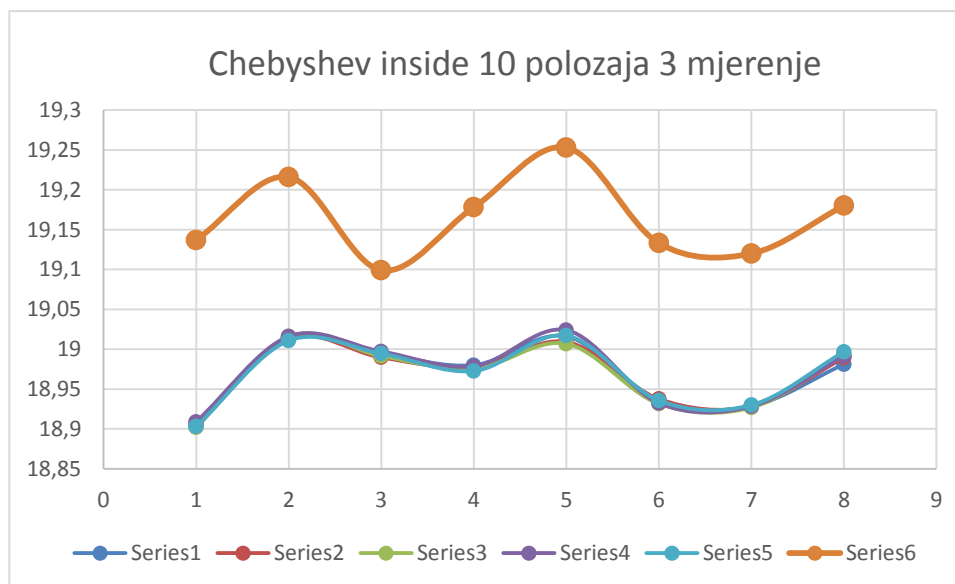
Tablica 29. Treći dan mjerenja Chebyshev best fit (inside)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6					10						
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	18,9016	18,9037	18,8989	18,9117	18,9089	19,137	18,9026	18,9056	18,902	18,9089	18,9031	19,137
2	19,026	19,0166	19,03	19,0197	19,0215	19,216	19,0143	19,0135	19,016	19,016	19,0107	19,216
3	18,9918	18,9895	18,9996	18,9951	19,0063	19,099	18,9946	18,9897	18,9915	18,9972	18,9945	19,099
4	18,9944	18,9959	18,9886	18,9941	18,9907	19,178	18,98	18,9773	18,9755	18,9784	18,9726	19,178
5	19,027	19,0066	19,026	19,0179	19,0216	19,253	19,0161	19,0092	19,0069	19,0239	19,017	19,253
6	18,942	18,9415	18,9373	18,9415	18,9394	19,133	18,9343	18,9376	18,9315	18,9324	18,9357	19,133
7	18,9296	18,9318	18,9312	18,9318	18,9296	19,12	18,9286	18,9284	18,9268	18,9284	18,93	19,12
8	18,9897	18,9886	18,9987	18,9753	18,994	19,18	18,9812	18,9893	18,9926	18,9915	18,9968	19,18
9	52,4826	52,482	52,4764	52,483	52,4809	52,48	52,4796	52,4815	52,479	52,4802	52,479	52,48
10	164,7427	164,7401	164,7427	164,7395	164,7396	164,769	164,7438	164,7382	164,7418	164,7424	164,7408	164,769
11	52,4378	52,4368	52,4362	52,4381	52,4375	52,503	52,4369	52,4392	52,4364	52,4384	52,4357	52,503

Dijagrami trećeg dana mjerenja vide se na slikama (Slika 126 i Slika 127).



Slika 126. Chebyshev inside za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 127. Chebyshev inside za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 30).

Tablica 30. Standardno odstupanje za Chebyshev best fit (inside)

broj provrta	REZULTATI STANDARDNOG ODSTUPANJA					
	Chebyshev inside					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,00127	0,002174	0,002027	0,001441	0,005257	0,002845
2	0,006276	0,002735	0,003475	0,002022	0,005287	0,00219
3	0,002411	0,002622	0,002935	0,00303	0,006684	0,00293
4	0,004034	0,003206	0,001787	0,003075	0,002995	0,002845
5	0,01104	0,007735	0,009545	0,00362	0,008237	0,006763
6	0,002119	0,001627	0,00331	0,001272	0,001973	0,002465
7	0,003564	0,002519	0,00395	0,002127	0,001122	0,001135
8	0,006776	0,010787	0,009885	0,00218	0,008762	0,005762
9	0,001751	0,00339	0,002689	0,000991	0,00268	0,001043
10	0,003963	0,001687	0,002984	0,001756	0,001641	0,002093
11	0,001355	0,001514	0,000941	0,001047	0,000773	0,001445

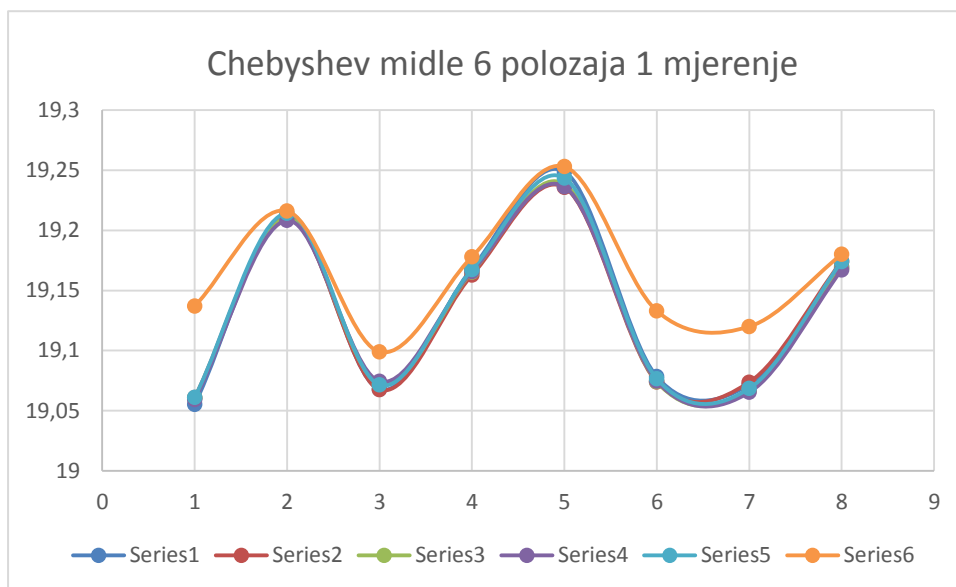
6.8 Chebyshev best fit (midle)

U tablici (Tablica 31) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja Chebyshev best fit (midle) metodom.

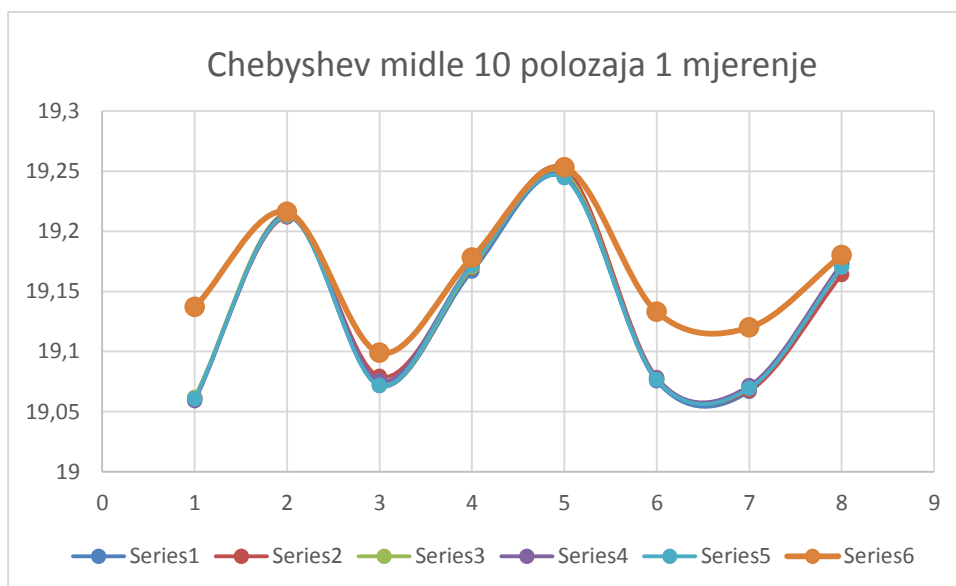
Tablica 31. Prvi dan mjerenja Chebyshev best fit (midle)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0553	19,0609	19,0605	19,0592	19,061	19,137	19,0611	19,0615	19,0616	19,059	19,0605	19,137
2	19,2124	19,2116	19,2103	19,2082	19,2143	19,216	19,212	19,2119	19,2147	19,2142	19,2127	19,216
3	19,0678	19,0675	19,072	19,0745	19,0715	19,099	19,0714	19,0793	19,0719	19,0754	19,0718	19,099
4	19,1683	19,1628	19,1653	19,1658	19,1674	19,178	19,1667	19,1696	19,1702	19,1722	19,1715	19,178
5	19,2489	19,2358	19,2385	19,2363	19,2435	19,253	19,2446	19,2519	19,2479	19,2454	19,2444	19,253
6	19,0783	19,0739	19,0741	19,0747	19,0766	19,133	19,0754	19,0782	19,0767	19,0775	19,0766	19,133
7	19,0716	19,0737	19,0667	19,0653	19,0685	19,12	19,0668	19,0676	19,071	19,0714	19,0693	19,12
8	19,1696	19,1743	19,1684	19,1671	19,1741	19,18	19,1728	19,1638	19,1727	19,1726	19,1699	19,18
9	52,4893	52,491	52,4926	52,4899	52,4932	52,48	52,4886	52,4871	52,4906	52,4923	52,4895	52,48
10	164,7793	164,7786	164,7745	164,7747	164,7697	164,769	164,7766	164,7735	164,7753	164,7741	164,7747	164,769
11	52,459	52,4562	52,4571	52,4567	52,4562	52,503	52,4571	52,4568	52,4568	52,4591	52,4579	52,503

Dijagrami prvog dana mjerenja vide se na slikama (Slika 128 i Slika 129).



Slika 128. Chebyshev midle za 6 položaja (1 mjerenje)



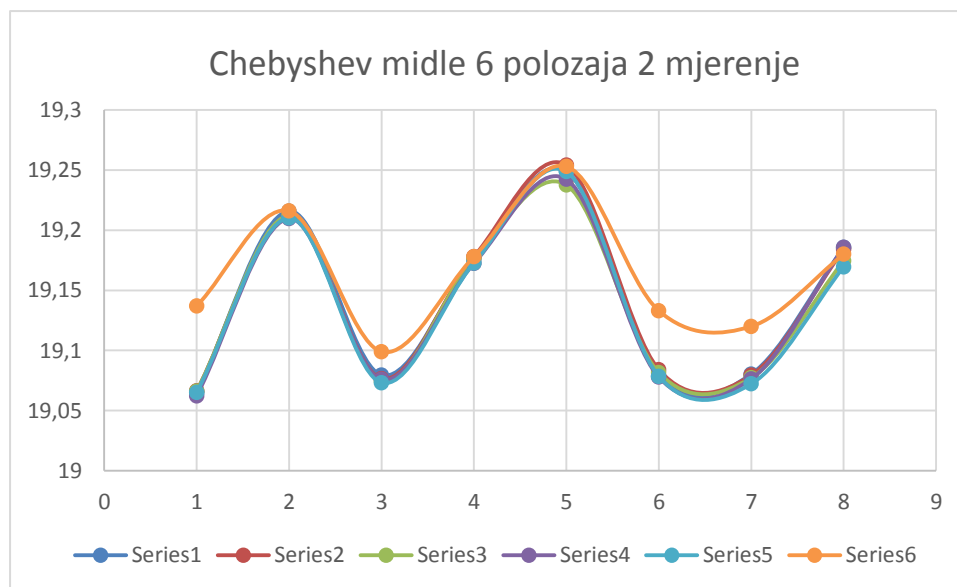
Slika 129. Chebyshev midle za 10 položaja (1 mjerenje)

Rezultati drugog dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 32).

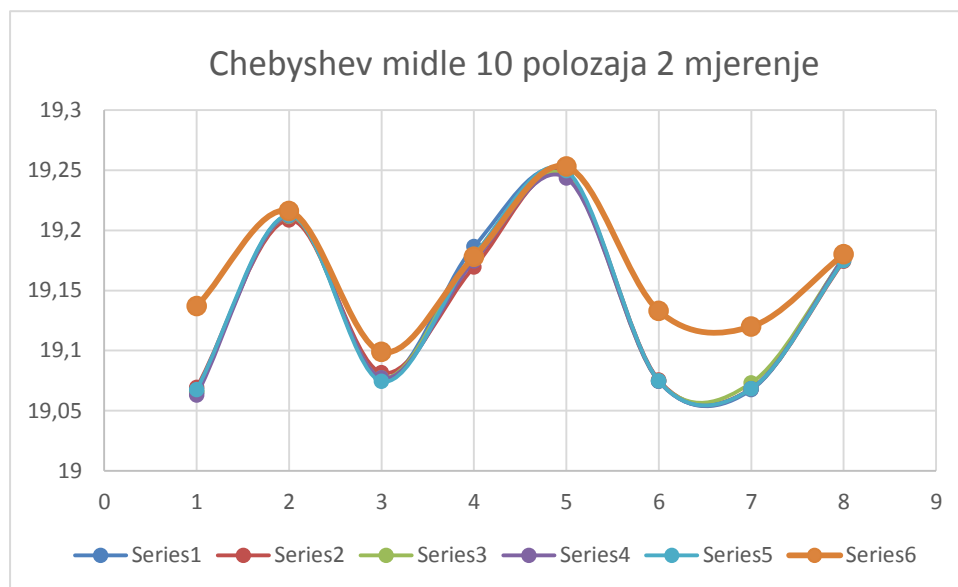
Tablica 32. Drugi dan mjerenja Chebyshev best fit (midle)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,0649	19,0664	19,0662	19,0623	19,0651	19,137	19,0654	19,0693	19,066	19,0629	19,0675	19,137
2	19,2159	19,2114	19,212	19,2097	19,2102	19,216	19,2127	19,2087	19,2116	19,2121	19,2127	19,216
3	19,0796	19,0766	19,0744	19,0759	19,0732	19,099	19,0769	19,0817	19,0774	19,0773	19,0744	19,099
4	19,176	19,1781	19,1766	19,1725	19,1727	19,178	19,1865	19,1694	19,1797	19,1745	19,1795	19,178
5	19,249	19,2541	19,2376	19,2423	19,2487	19,253	19,2475	19,2468	19,2453	19,2435	19,2495	19,253
6	19,0788	19,0841	19,0815	19,0778	19,0785	19,133	19,0748	19,0755	19,0746	19,0744	19,0747	19,133
7	19,0803	19,0794	19,0773	19,0763	19,0722	19,12	19,0674	19,0684	19,0731	19,0683	19,0683	19,12
8	19,1856	19,1841	19,1745	19,1858	19,1695	19,18	19,1777	19,1742	19,1765	19,1767	19,1749	19,18
9	52,4975	52,4965	52,496	52,4954	52,4921	52,48	52,4898	52,49	52,4906	52,4893	52,4913	52,48
10	164,7746	164,7783	164,7753	164,7742	164,774	164,769	164,7701	164,773	164,7715	164,7726	164,7713	164,769
11	52,463	52,4623	52,4634	52,4615	52,4605	52,503	52,4583	52,4575	52,4587	52,4568	52,4577	52,503

Na slikama (Slika 130 i Slika 131) su prikazani dijagrami drugog dana mjerenja.



Slika 130. Chebyshev midle za 6 položaja (2 mjerenje)



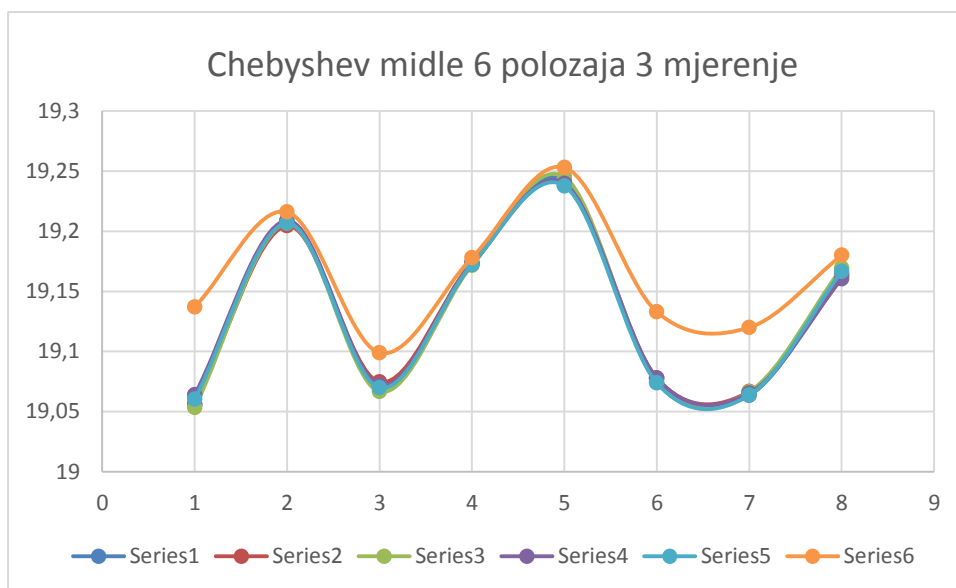
Slika 131. Chebyshev midle za 10 položaja (2 mjerenje)

Rezultati trećeg dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 33).

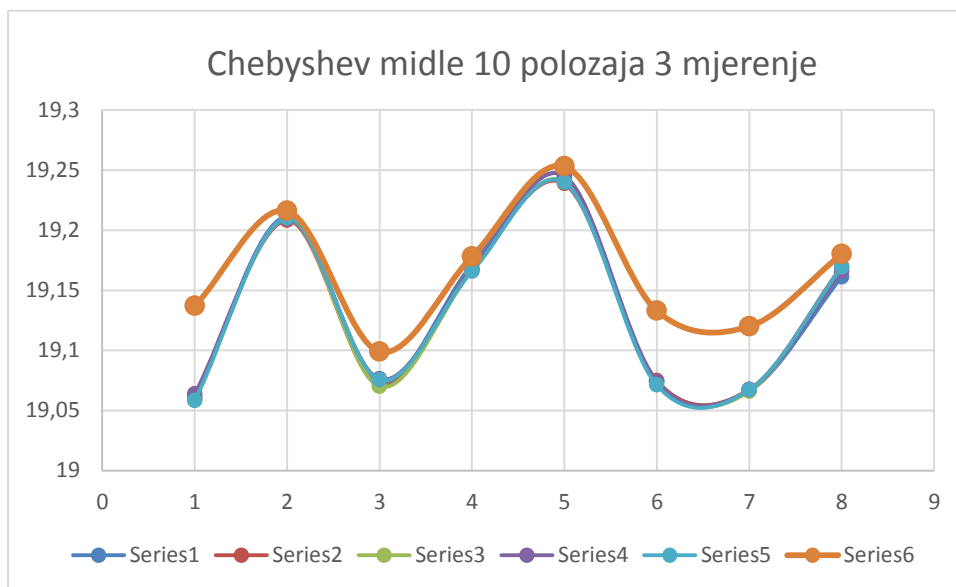
Tablica 33. Treći dan mjerenja Chebyshev best fit (midle)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMIJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,0558	19,0559	19,0534	19,064	19,0603	19,137	19,0602	19,061	19,0585	19,0637	19,0583	19,137
2	19,2083	19,2045	19,2066	19,2089	19,2066	19,216	19,2115	19,2081	19,2093	19,2095	19,2102	19,216
3	19,0736	19,0747	19,0666	19,072	19,0699	19,099	19,0738	19,0707	19,07	19,0763	19,0755	19,099
4	19,1741	19,1733	19,1716	19,1725	19,1724	19,178	19,1712	19,1676	19,1659	19,1668	19,1658	19,178
5	19,2422	19,2385	19,245	19,2397	19,2377	19,253	19,245	19,2386	19,2402	19,2451	19,2397	19,253
6	19,0775	19,0778	19,0743	19,0779	19,0739	19,133	19,0747	19,0747	19,0733	19,0737	19,0711	19,133
7	19,0635	19,0667	19,0664	19,0653	19,0637	19,12	19,0665	19,0675	19,0658	19,0671	19,0672	19,12
8	19,1645	19,1628	19,1694	19,1604	19,1666	19,18	19,161	19,1698	19,1682	19,1658	19,1693	19,18
9	52,4926	52,4929	52,4902	52,4935	52,4917	52,48	52,4904	52,4924	52,4898	52,4899	52,489	52,48
10	164,7848	164,7833	164,7849	164,7822	164,782	164,769	164,7832	164,7781	164,7813	164,781	164,7805	164,769
11	52,4588	52,4583	52,4575	52,4575	52,457	52,503	52,4572	52,4585	52,4562	52,4588	52,4559	52,503

Dijagrami trećeg dana mjerenja prikazani su na slikama (Slika 132 i Slika 133).



Slika 132. Chebyshev midle za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 133. Chebyshev midle za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 34).

Tablica 34. Standardno odstupanje za Chebyshev best fit (midle)

broj provrti	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Chebyshev midle					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,002391	0,001064	0,001636	0,002391	0,004232	0,002196
2	0,002285	0,001283	0,002448	0,001664	0,001722	0,00125
3	0,002975	0,003393	0,002435	0,002629	0,003216	0,002817
4	0,002121	0,002131	0,002477	0,006395	0,000952	0,002215
5	0,005551	0,003153	0,006434	0,002265	0,002981	0,003095
6	0,001885	0,001052	0,002622	0,000418	0,002	0,001476
7	0,003462	0,002025	0,003171	0,002273	0,001484	0,000676
8	0,003316	0,003863	0,007454	0,001421	0,003458	0,0036
9	0,001681	0,001972	0,002051	0,000771	0,001283	0,001277
10	0,003848	0,001191	0,00176	0,001147	0,001379	0,001832
11	0,001159	0,000981	0,001167	0,000735	0,000719	0,00131

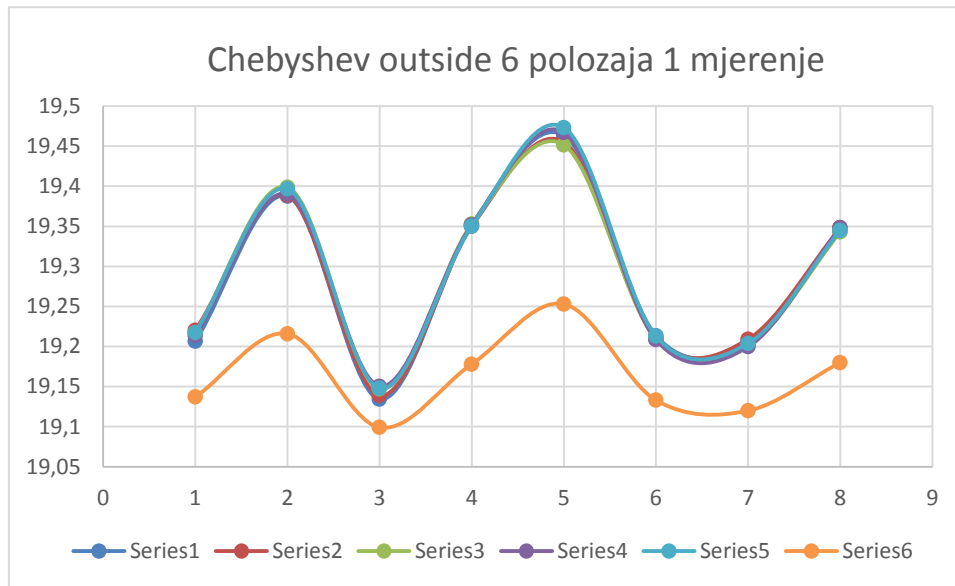
6.9 Chebyshev best fit (outside)

U tablici (Tablica 35) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja dobiveni Chebyshev best fit (outside) metodom.

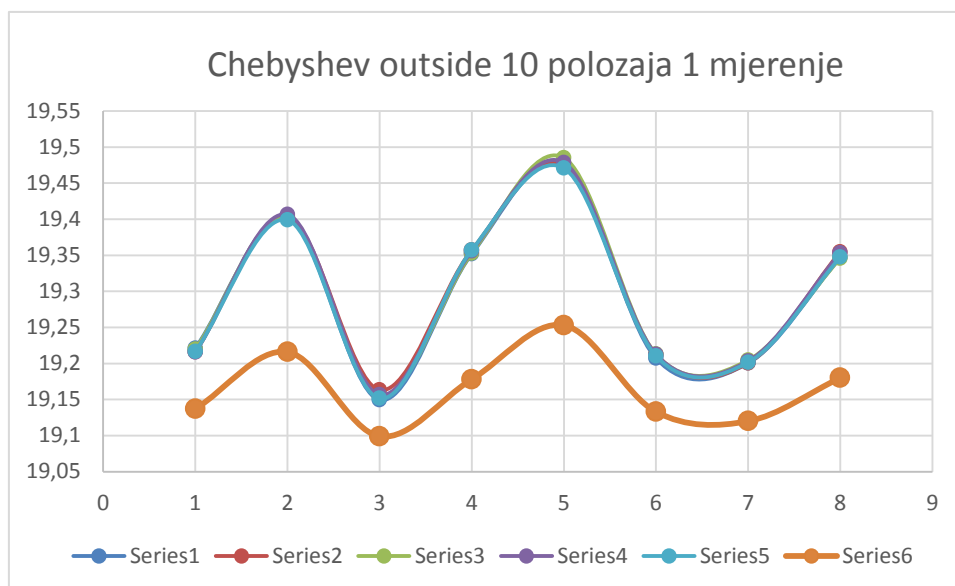
Tablica 35. Prvi dan mjerenja Chebyshev best fit (outside)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA												
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	19,2065	19,2203	19,2171	19,214	19,2173	19,137	19,2211	19,216	19,2195	19,2155	19,2163	19,137
2	19,3875	19,3888	19,3987	19,3904	19,3966	19,216	19,4021	19,4035	19,4035	19,4063	19,3989	19,216
3	19,1343	19,139	19,1472	19,1505	19,1479	19,099	19,1495	19,1633	19,1552	19,1565	19,1515	19,099
4	19,352	19,3499	19,3527	19,3516	19,3501	19,178	19,3519	19,3571	19,3528	19,3558	19,3574	19,178
5	19,4635	19,455	19,4516	19,467	19,4732	19,253	19,476	19,4739	19,4851	19,4784	19,4707	19,253
6	19,2136	19,2104	19,2093	19,2085	19,2129	19,133	19,2073	19,2114	19,2128	19,2127	19,2104	19,133
7	19,2047	19,2091	19,2013	19,1997	19,2038	19,12	19,2004	19,2007	19,2045	19,2033	19,2015	19,12
8	19,3433	19,3481	19,3432	19,3486	19,345	19,18	19,347	19,3547	19,3457	19,3533	19,3473	19,18
9	52,502	52,5045	52,5094	52,5062	52,5083	52,48	52,5001	52,5021	52,5015	52,5042	52,5035	52,48
10	164,8231	164,8217	164,82	164,8213	164,8117	164,769	164,8185	164,8169	164,8185	164,8172	164,8176	164,769
11	52,4789	52,4765	52,4775	52,4776	52,4757	52,503	52,4759	52,4762	52,478	52,479	52,4765	52,503

Na slikama (Slika 134 i Slika 135) je prikaz dijagrama prvog dana mjerenja Chebyshev best fit (outside) metodom.



Slika 134. Chebyshev outside za 6 položaja (1 mjerjenje)



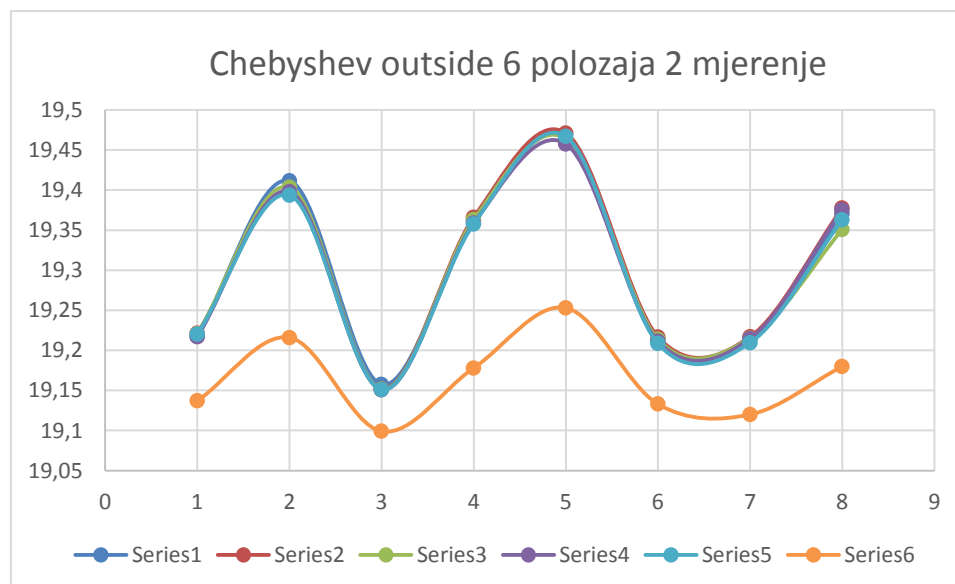
Slika 135. Chebyshev outside za 10 položaja (1 mjerjenje)

Rezultati drugog dana mjerjenja prikazani su u tablici (Tablica 36).

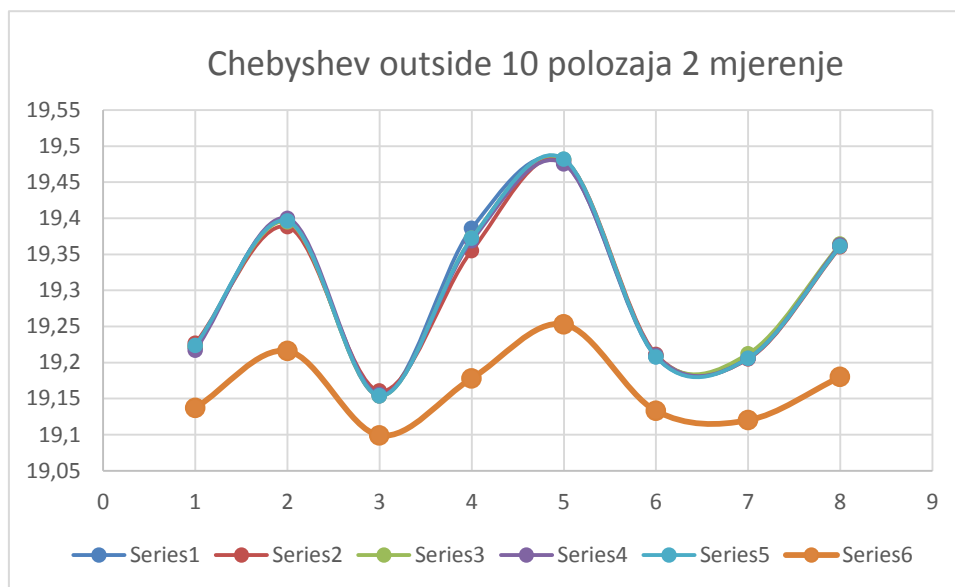
Tablica 36. Drugi dan mjerjenja Chebyshev best fit (outside)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6					10						
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,2173	19,2215	19,2205	19,2171	19,2202	19,137	19,2215	19,2266	19,222	19,2171	19,2237	19,137
2	19,4116	19,3956	19,4037	19,3981	19,3937	19,216	19,3971	19,3882	19,395	19,4	19,3962	19,216
3	19,1575	19,1518	19,1517	19,1509	19,1511	19,099	19,1536	19,1604	19,1538	19,1555	19,1539	19,099
4	19,3617	19,366	19,3632	19,3587	19,3578	19,178	19,3859	19,3551	19,3722	19,3689	19,3723	19,178
5	19,4697	19,4711	19,4641	19,4576	19,467	19,253	19,4774	19,4806	19,4815	19,4754	19,4821	19,253
6	19,2138	19,2168	19,2138	19,2113	19,2085	19,133	19,2079	19,2112	19,2096	19,2099	19,2078	19,133
7	19,2153	19,217	19,215	19,2145	19,2095	19,12	19,2067	19,2049	19,2121	19,2056	19,2059	19,12
8	19,3704	19,3776	19,3508	19,3754	19,3629	19,18	19,3618	19,3601	19,3641	19,363	19,361	19,18
9	52,512	52,5117	52,5121	52,5113	52,5084	52,48	52,5031	52,5039	52,5025	52,5022	52,5054	52,48
10	164,8252	164,8245	164,821	164,8215	164,8208	164,769	164,8114	164,8159	164,8159	164,8141	164,8152	164,769
11	52,4854	52,4849	52,4858	52,4836	52,4822	52,503	52,4767	52,4777	52,4796	52,476	52,4773	52,503

Dijagrami drugog dana mjerenja vide se na slikama (Slika 136 i Slika 137).



Slika 136. Chebyshev outside za 6 položaja (2 mjerenje)



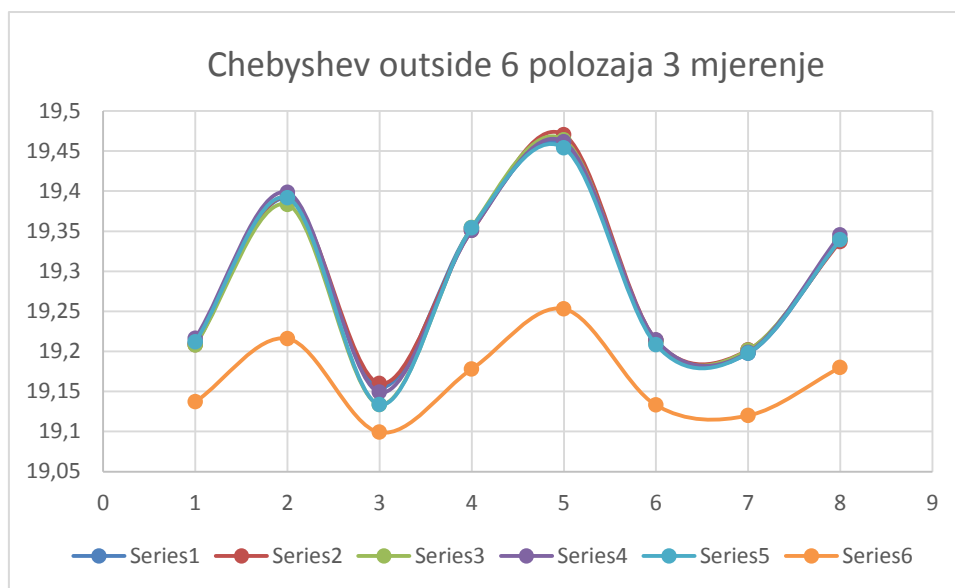
Slika 137. Chebyshev outside za 10 položaja (2 mjerenje)

U tablici (Tablica 37) su prikazani rezultati trećeg dana mjerenja.

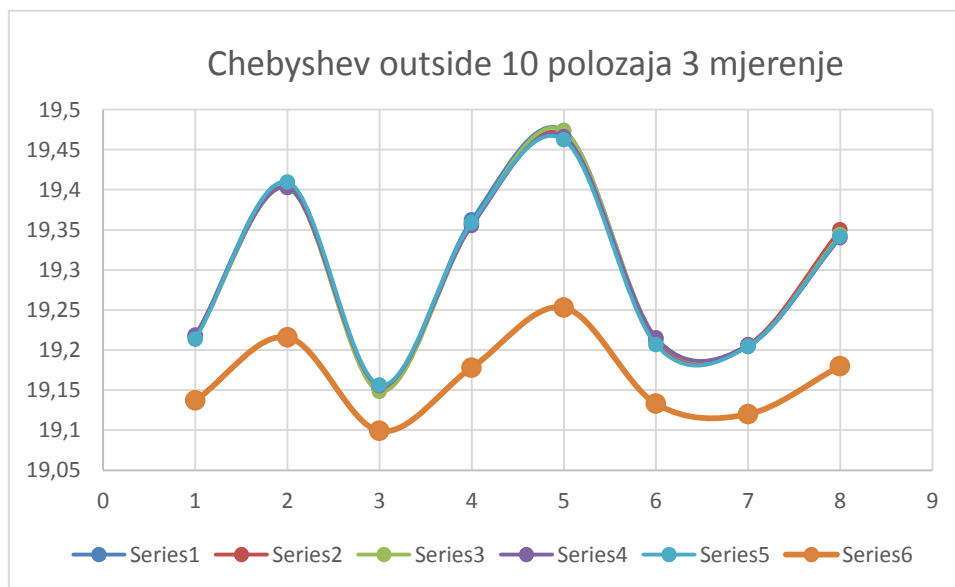
Tablica 37. Treći dan mjerenja Chebyshev best fit (outside)

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA												
1	19,2101	19,2081	19,2078	19,2163	19,2117	19,137	19,2178	19,2164	19,215	19,2186	19,2134	19,137
2	19,3906	19,3924	19,3832	19,3982	19,3916	19,216	19,4087	19,4028	19,4027	19,4029	19,4096	19,216
3	19,1554	19,1599	19,1337	19,149	19,1335	19,099	19,1529	19,1518	19,1485	19,1554	19,1564	19,099
4	19,3539	19,3507	19,3546	19,3509	19,3541	19,178	19,3624	19,3578	19,3564	19,3553	19,359	19,178
5	19,4574	19,4704	19,464	19,4614	19,4539	19,253	19,4739	19,4679	19,4734	19,4663	19,4623	19,253
6	19,2131	19,214	19,2114	19,2143	19,2083	19,133	19,2151	19,2119	19,2151	19,2151	19,2065	19,133
7	19,1975	19,2017	19,2015	19,1987	19,1978	19,12	19,2044	19,2067	19,2048	19,2058	19,2045	19,12
8	19,3394	19,3369	19,34	19,3454	19,3392	19,18	19,3407	19,3502	19,3439	19,3402	19,3418	19,18
9	52,5027	52,5038	52,504	52,5039	52,5024	52,48	52,5012	52,5033	52,5005	52,4996	52,4989	52,48
10	164,8268	164,8265	164,8272	164,8249	164,8243	164,769	164,8226	164,818	164,8208	164,8196	164,8203	164,769
11	52,4799	52,4798	52,4787	52,4768	52,4765	52,503	52,4775	52,4778	52,4761	52,4792	52,4761	52,503

Na slikama (Slika 138 i Slika 139) se vide dijagrami trećeg dana mjerenja.



Slika 138. Chebyshev outside za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 139. Chebyshev outside za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 38).

Tablica 38. Standardno odstupanje za Chebyshev best fit (outside)

broj provrtā	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Chebishev outside					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,005269	0,002474	0,001995	0,003469	0,003458	0,0021
2	0,004957	0,002688	0,007236	0,004377	0,005361	0,003493
3	0,006829	0,005326	0,002766	0,002875	0,012224	0,003123
4	0,001218	0,002513	0,003343	0,010981	0,001881	0,002743
5	0,008801	0,005425	0,005358	0,002878	0,006325	0,004911
6	0,002228	0,002253	0,003112	0,001438	0,002465	0,003753
7	0,003603	0,001761	0,002822	0,002901	0,002022	0,000986
8	0,002581	0,004091	0,010873	0,001586	0,003147	0,00408
9	0,002963	0,001625	0,001541	0,001283	0,00075	0,001696
10	0,004531	0,000737	0,002084	0,001883	0,001266	0,001682
11	0,001212	0,001326	0,001474	0,001358	0,001616	0,001301

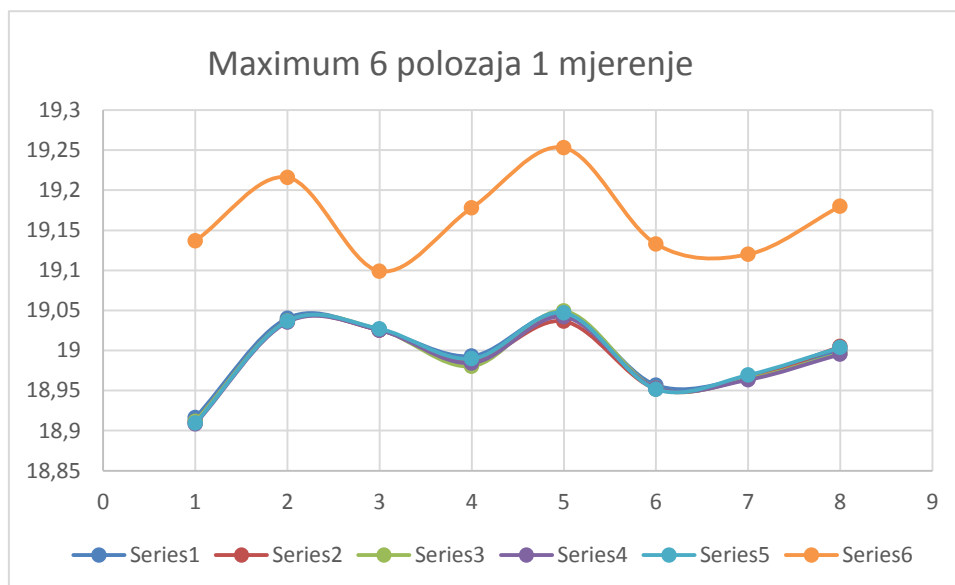
6.10 Maximum inscribed element

Tablica (Tablica 39) prikazuje rezultate prvog dana mjerenja Maximum inscribed element metodom.

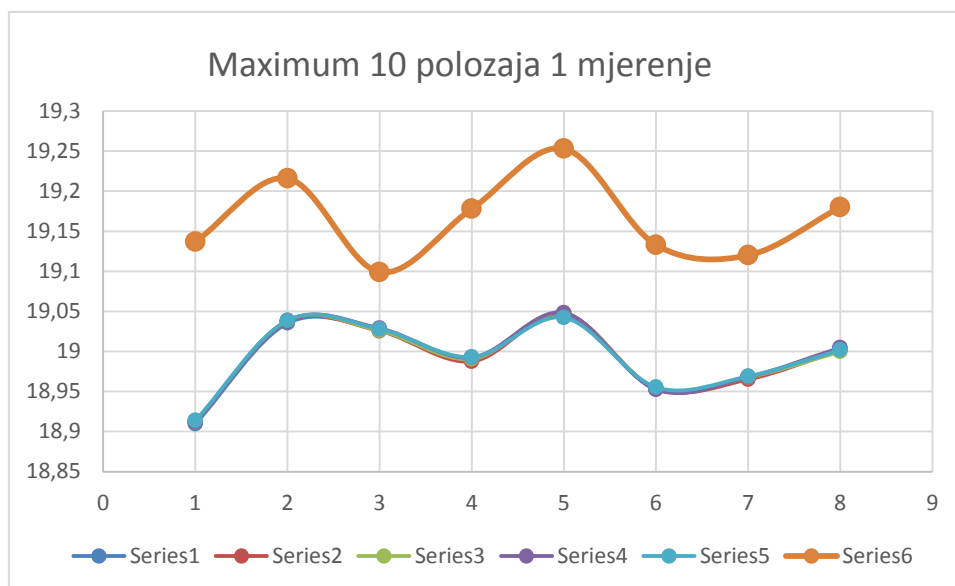
Tablica 39. Prvi dan mjerenja Maximum inscribed element

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	18,9163	18,9113	18,9117	18,9085	18,9095	19,137	18,9097	18,9123	18,9121	18,9121	18,9138	19,137
2	19,0403	19,0364	19,0365	19,0354	19,0367	19,216	19,0352	19,0373	19,0385	19,0382	19,0386	19,216
3	19,0254	19,0254	19,0263	19,0254	19,027	19,099	19,027	19,0256	19,0261	19,0289	19,028	19,099
4	18,9931	18,9883	18,9804	18,9844	18,9897	19,178	18,9913	18,9876	18,9906	18,9925	18,9931	19,178
5	19,0459	19,0364	19,0492	19,0421	19,047	19,253	19,0449	19,0476	19,0479	19,0483	19,0422	19,253
6	18,9568	18,9521	18,9531	18,9532	18,9517	19,133	18,9537	18,9536	18,9537	18,9525	18,9554	19,133
7	18,9665	18,965	18,9645	18,9634	18,9694	19,12	18,9663	18,9651	18,9677	18,9682	18,969	19,12
8	19,0007	19,0049	18,9963	18,9953	19,0037	19,18	19,0042	19,0016	18,9997	19,0047	19,0017	19,18
9	52,4785	52,4777	52,4767	52,4741	52,4781	52,48	52,4771	52,4721	52,4802	52,4809	52,477	52,48
10	164,7399	164,737	164,7372	164,7374	164,7336	164,769	164,7371	164,7355	164,7364	164,7342	164,7364	164,769
11	52,4391	52,436	52,4369	52,4358	52,4375	52,503	52,4389	52,4375	52,4373	52,4392	52,4398	52,503

Na slikama (Slika 140 i Slika 141) se vidi prikaz dijagrama prvog dana mjerenja.



Slika 140. Maximum za 6 položaja (1 mjerenje)



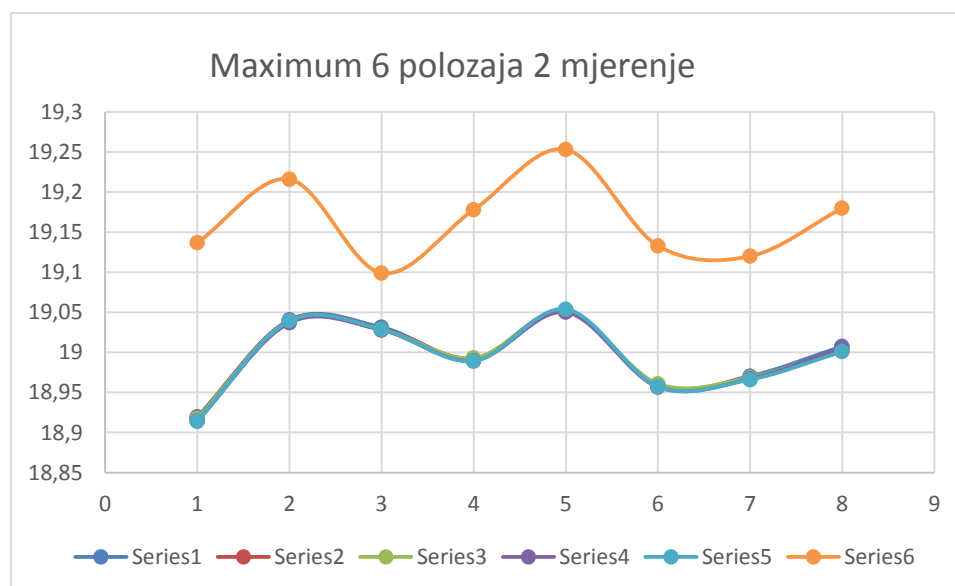
Slika 141. Maximum za 10 položaja (1 mjerenje)

U tablici (Tablica 40) su prikazani rezultati drugog dana mjerenja.

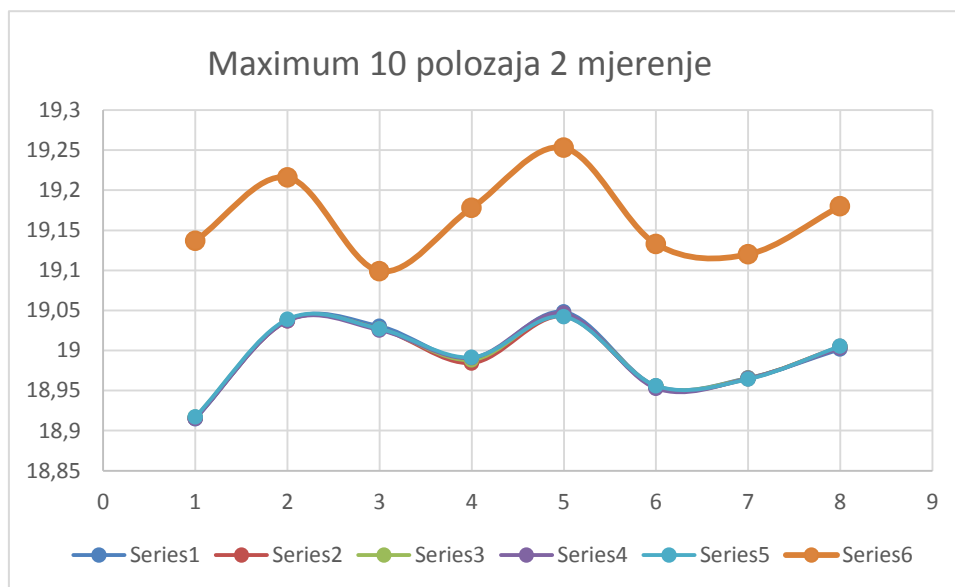
Tablica 40. Drugi dan mjerenja Maximum inscribed element

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6					10						
REDNI BROJ MJERENJA	PROMJER											
	BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5
1	18,9194	18,918	18,9174	18,9145	18,9141	19,137	18,9148	18,9157	18,9168	18,9152	18,9173	19,137
2	19,0404	19,0399	19,0391	19,0369	19,0392	19,216	19,0377	19,0371	19,0381	19,0369	19,039	19,216
3	19,0313	19,0296	19,0283	19,028	19,0289	19,099	19,0303	19,0269	19,0268	19,0255	19,027	19,099
4	18,9916	18,9924	18,9929	18,9896	18,9892	19,178	18,9893	18,9844	18,9883	18,9909	18,9915	19,178
5	19,0521	19,0527	19,051	19,0501	19,0539	19,253	19,0481	19,0424	19,0446	19,0464	19,0422	19,253
6	18,9572	18,9588	18,9608	18,9568	18,9575	19,133	18,9558	18,9548	18,9555	18,9529	18,9561	19,133
7	18,9704	18,9671	18,9687	18,9669	18,966	19,12	18,9657	18,9646	18,9654	18,9651	18,9642	19,12
8	19,0076	19,0017	19,0046	19,0059	19,001	19,18	19,0017	19,0051	19,004	19,0032	19,0054	19,18
9	52,4839	52,4828	52,4839	52,4813	52,4758	52,48	52,4772	52,4762	52,4791	52,4777	52,4776	52,48
10	164,732	164,7378	164,7353	164,7326	164,7326	164,769	164,74	164,7358	164,7348	164,7358	164,7351	164,769
11	52,4407	52,4398	52,4411	52,4394	52,4393	52,503	52,4406	52,4374	52,4379	52,438	52,4387	52,503

Na slikama (Slika 142 i Slika 143) su prikazani dijagrami drugog dana mjerenja.



Slika 142. Maximum za 6 položaja (2 mjerenje)



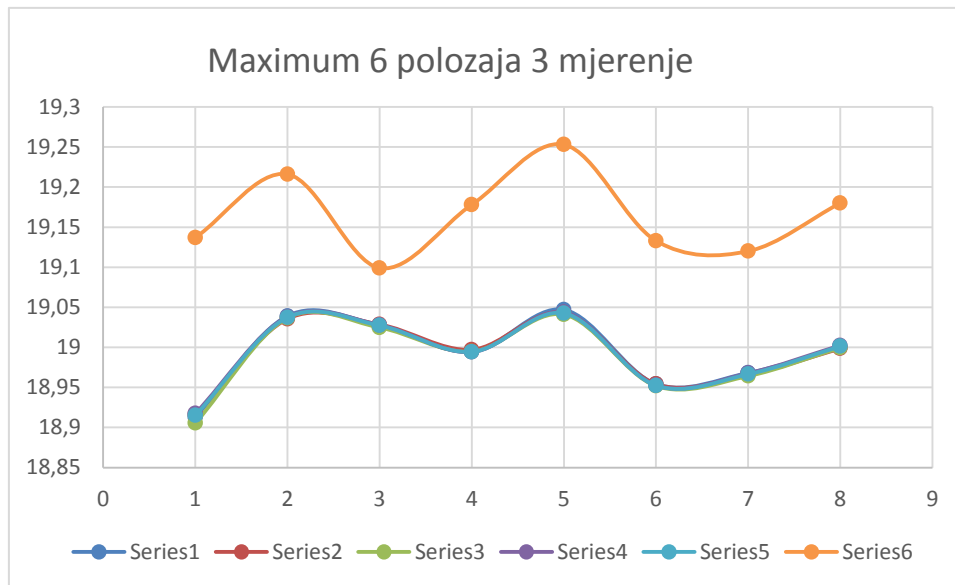
Slika 143. Maximum za 10 položaja (2 mjerenje)

U tablici (Tablica 41) su prikazani rezultati trećeg dana mjerenja.

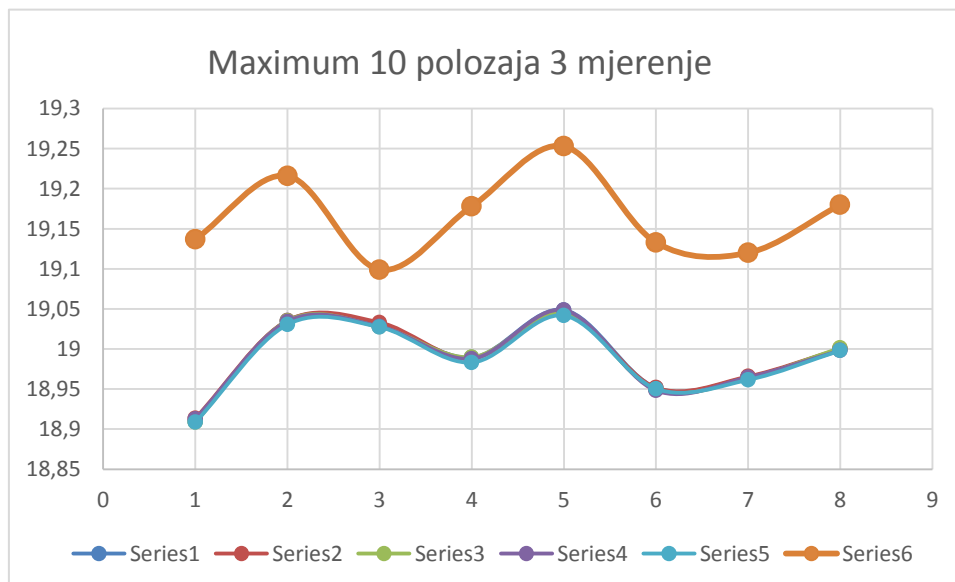
Tablica 41. Treći dan mjerenja Maximum inscribed element

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMIJER											
REDNI BROJ MJERENJA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE	V1	V2	V3	V4	V5	REFERENTNO MJERENJE
1	18,9128	18,9159	18,9054	18,9174	18,9151	19,137	18,9096	18,9136	18,9086	18,9128	18,9086	19,137
2	19,0391	19,0355	19,0367	19,0381	19,0374	19,216	19,0353	19,0355	19,0351	19,0344	19,0305	19,216
3	19,0274	19,0285	19,0248	19,028	19,0273	19,099	19,0304	19,0331	19,0277	19,0281	19,0273	19,099
4	18,9947	18,9971	18,9948	18,9942	18,9944	19,178	18,9894	18,988	18,9898	18,9879	18,9832	19,178
5	19,0469	19,0432	19,041	19,0436	19,0426	19,253	19,0487	19,0459	19,0451	19,0484	19,0417	19,253
6	18,9542	18,9542	18,9519	18,9527	18,9524	19,133	18,9516	18,9518	18,9495	18,9482	18,9504	19,133
7	18,9681	18,9658	18,9642	18,9677	18,9665	19,12	18,9649	18,9657	18,9634	18,9647	18,9615	19,12
8	18,9997	18,9986	18,9995	19,0024	19,0013	19,18	18,9997	19,0002	19,0013	18,9981	18,9981	19,18
9	52,4827	52,4835	52,4792	52,4832	52,4815	52,48	52,4801	52,4815	52,4802	52,4803	52,4791	52,48
10	164,7484	164,7437	164,746	164,7427	164,7447	164,769	164,7441	164,7436	164,7439	164,7439	164,7438	164,769
11	52,4378	52,4369	52,4363	52,4384	52,4375	52,503	52,4379	52,4394	52,4388	52,4393	52,4357	52,503

Na slikama (Slika 144 i Slika 145) je prikaz dijagrama za treći dan mjerenja.



Slika 144. Maximum za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 145. Maximum za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 42).

Tablica 42. Standardno odstupanje za Maximum inscribed element

broj provrtā	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Maximum					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,003005	0,00147	0,002295	0,00106	0,004729	0,002389
2	0,00188	0,001415	0,00134	0,000841	0,001367	0,002088
3	0,000728	0,001352	0,001314	0,001785	0,001427	0,002431
4	0,004908	0,002149	0,001661	0,002807	0,001176	0,00263
5	0,005024	0,002596	0,001476	0,002549	0,002163	0,002844
6	0,002017	0,001038	0,001625	0,001279	0,001062	0,0015
7	0,00232	0,001557	0,00174	0,000604	0,001563	0,001643
8	0,004296	0,002058	0,002788	0,001502	0,001525	0,001386
9	0,001764	0,003479	0,003381	0,001045	0,001751	0,000853
10	0,002245	0,001117	0,002451	0,002114	0,002212	0,000182
11	0,001332	0,001092	0,000802	0,001252	0,000811	0,001529

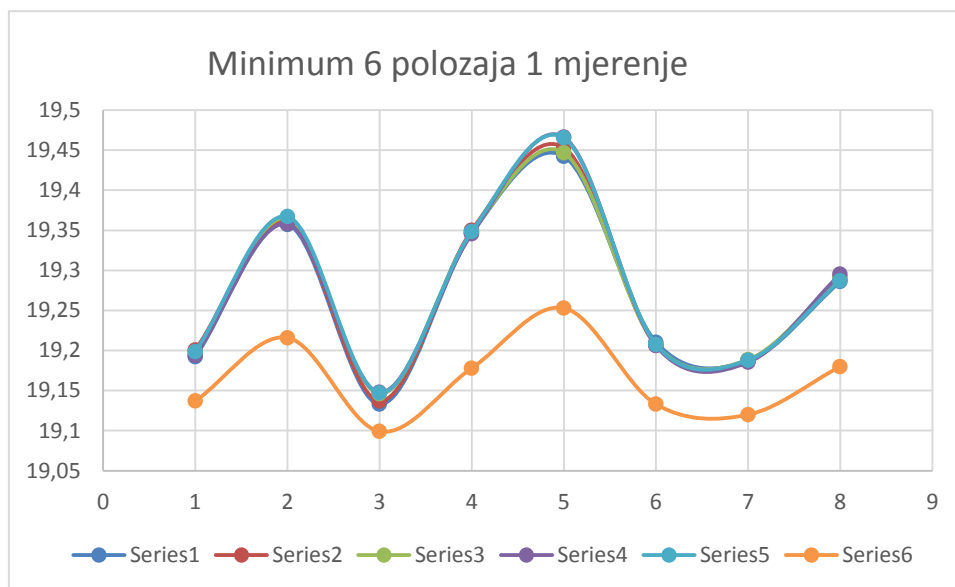
6.11 Minimum circumscribed element

U tablici (Tablica 43) su prikazani rezultati prvog dana mjerenja Minimum circumscribed element metodom.

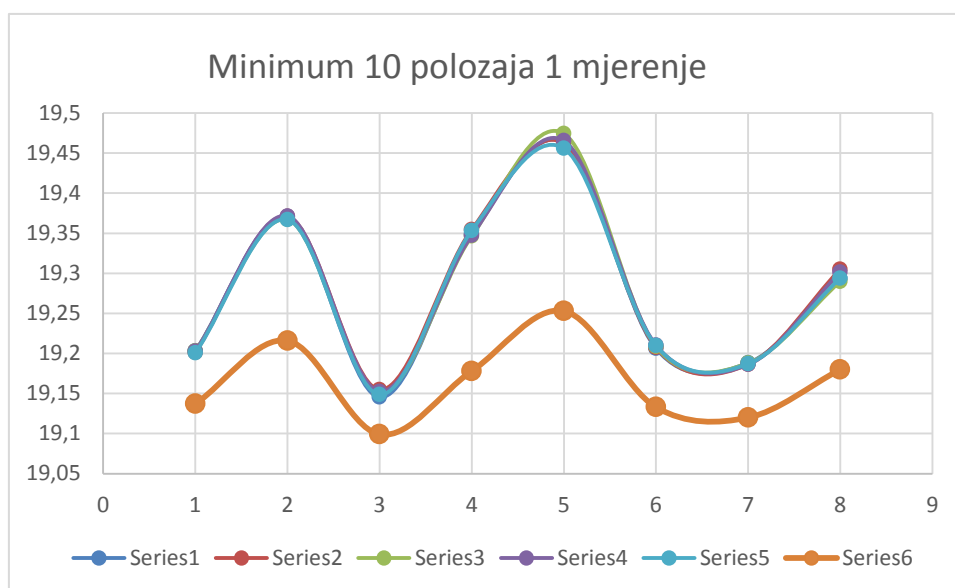
Tablica 43. Prvi dan mjerenja Minimum circumscribed element

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
PRVI DAN MJERENJA 17072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,1923	19,2008	19,1971	19,1938	19,1985	19,137	19,2032	19,2012	19,2029	19,2025	19,2006	19,137
2	19,3574	19,3606	19,3648	19,358	19,3671	19,216	19,3696	19,3709	19,3671	19,3714	19,367	19,216
3	19,1331	19,1371	19,146	19,1478	19,1471	19,099	19,1454	19,1548	19,1509	19,1525	19,1487	19,099
4	19,3465	19,3499	19,3474	19,3455	19,3483	19,178	19,349	19,3546	19,3464	19,3472	19,3534	19,178
5	19,4424	19,4532	19,4468	19,4662	19,4653	19,253	19,4628	19,4621	19,4743	19,4653	19,4558	19,253
6	19,2104	19,2063	19,2072	19,2061	19,2076	19,133	19,2062	19,2075	19,2085	19,2103	19,2097	19,133
7	19,1872	19,1879	19,1887	19,1853	19,1879	19,12	19,1882	19,1863	19,1878	19,1861	19,187	19,12
8	19,286	19,289	19,2917	19,2953	19,2871	19,18	19,2933	19,3051	19,2899	19,3012	19,2939	19,18
9	52,502	52,5041	52,5068	52,5042	52,508	52,48	52,4993	52,5016	52,5014	52,5032	52,5029	52,48
10	164,823	164,8216	164,8188	164,8212	164,8117	164,769	164,818	164,8164	164,8181	164,8162	164,8164	164,769
11	52,4783	52,4759	52,477	52,4773	52,4756	52,503	52,4756	52,4758	52,4779	52,4787	52,4763	52,503

Dijagrami prvog dana mjerenja vide se na slikama (Slika 146 i Slika 147).



Slika 146. Minimum za 6 položaja (1 mjerenje)



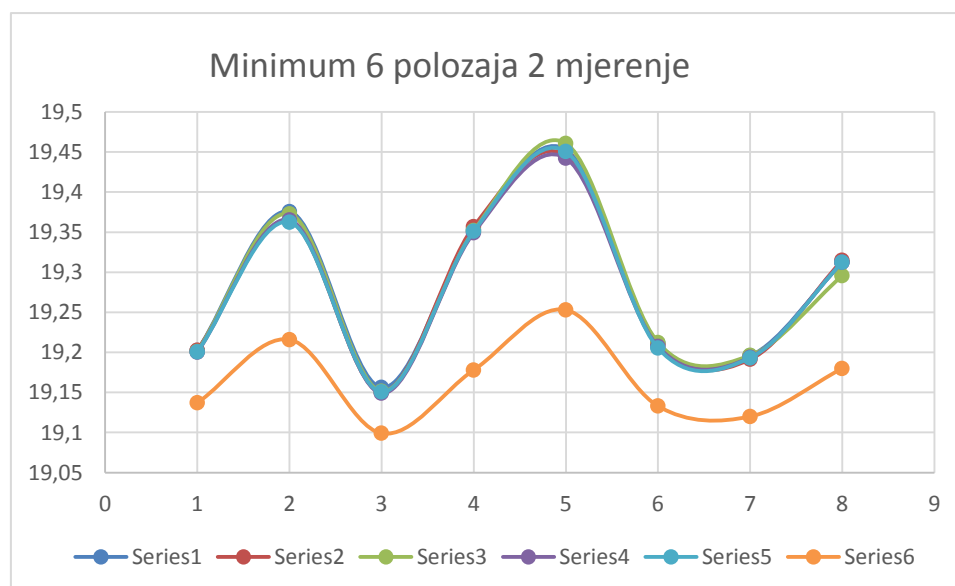
Slika 147. Minimum za 10 položaja (1 mjerenje)

Rezultati drugog dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 44).

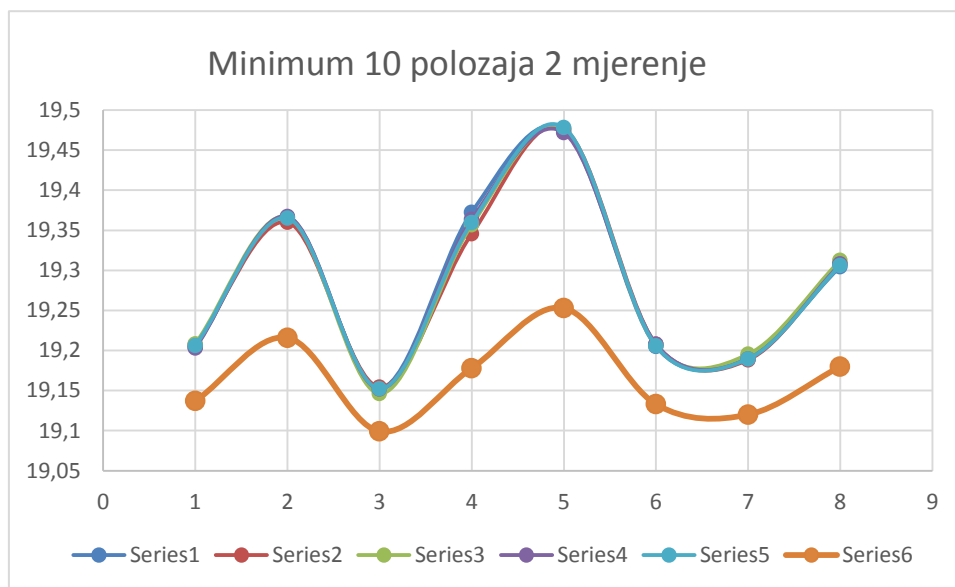
Tablica 44. Drugi dan mjerenja Minimum cicumscribed element

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
DRUGI DAN MJERENJA 18072017												
BROJ POLOŽAJA	6					10						
	PROMJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,2022	19,2028	19,2012	19,2001	19,2006	19,137	19,2044	19,2071	19,2084	19,2032	19,2061	19,137
2	19,3756	19,3637	19,3728	19,3653	19,3626	19,216	19,3662	19,36	19,3666	19,3671	19,3651	19,216
3	19,1562	19,1504	19,1516	19,149	19,1506	19,099	19,153	19,1544	19,1463	19,1519	19,1524	19,099
4	19,353	19,357	19,3519	19,3493	19,3511	19,178	19,3726	19,3456	19,3568	19,3638	19,3596	19,178
5	19,453	19,4459	19,4607	19,4423	19,4506	19,253	19,4745	19,477	19,4752	19,4719	19,4781	19,253
6	19,2114	19,2094	19,2124	19,2073	19,2054	19,133	19,2051	19,2078	19,2062	19,2077	19,2057	19,133
7	19,1957	19,1913	19,1962	19,1937	19,1932	19,12	19,1925	19,1883	19,1953	19,1894	19,1896	19,12
8	19,3122	19,3148	19,2957	19,3125	19,3123	19,18	19,3047	19,3083	19,3126	19,3079	19,3063	19,18
9	52,5098	52,51	52,512	52,5084	52,5064	52,48	52,5013	52,5025	52,5006	52,5016	52,5014	52,48
10	164,8215	164,8213	164,8192	164,8179	164,8171	164,769	164,811	164,8144	164,815	164,8128	164,8134	164,769
11	52,4848	52,4846	52,4852	52,483	52,4818	52,503	52,4765	52,4773	52,4795	52,476	52,4773	52,503

Na slikama (Slika 148 i Slika 149) je prikaz dijagrama drugog dana mjerenja.



Slika 148. Minimum za 6 položaja (2 mjerenje)



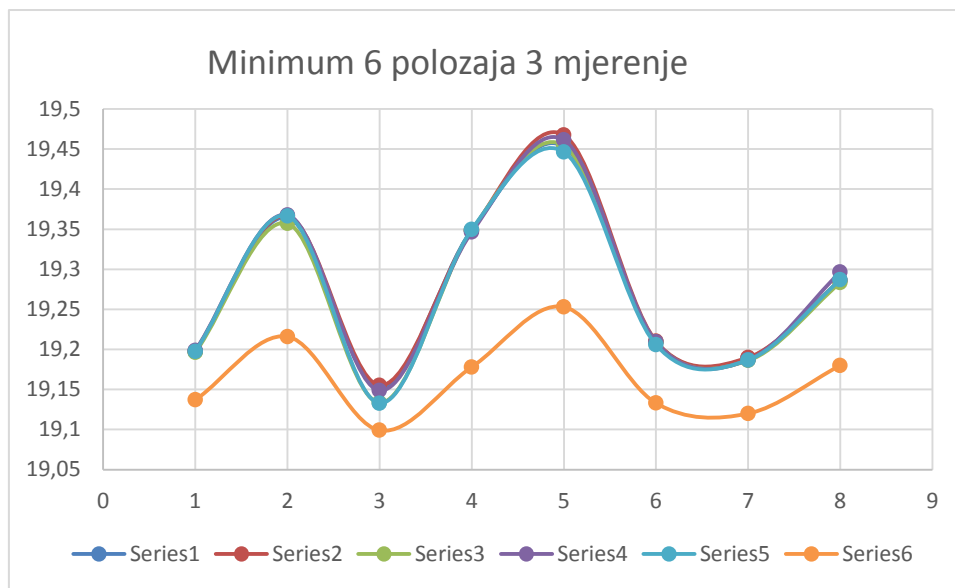
Slika 149. Minimum za 10 položaja (2 mjerenje)

Rezultati trećeg dana mjerenja prikazani su u tablici (Tablica 45).

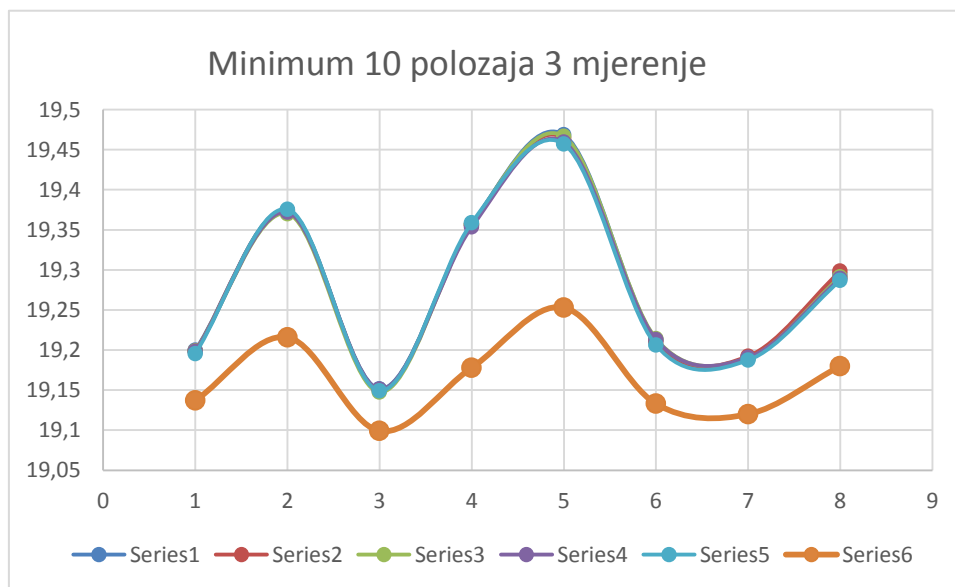
Tablica 45. Treći dan mjerenja Minimum circumscribed element

GOM ATOS TRIPLSCAN 8MP SA REFERENCIJSKIH TOČAKA												
TREĆI DAN MJERENJA 19072017												
BROJ POLOŽAJA	6						10					
	PROMIJER											
REDNI BROJ MJERENJA						REFERENTNO MJERENJE						REFERENTNO MJERENJE
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5	
1	19,1976	19,1976	19,1962	19,1988	19,1976	19,137	19,1998	19,1986	19,1986	19,1981	19,1956	19,137
2	19,3645	19,3665	19,3572	19,3677	19,3666	19,216	19,374	19,3741	19,3702	19,372	19,3757	19,216
3	19,1517	19,1553	19,1334	19,1488	19,1329	19,099	19,1517	19,1503	19,1474	19,151	19,1492	19,099
4	19,3486	19,3483	19,3485	19,3464	19,3496	19,178	19,3567	19,3566	19,3563	19,3536	19,3588	19,178
5	19,4532	19,4674	19,4544	19,4613	19,4464	19,253	19,4685	19,4643	19,4665	19,4596	19,457	19,253
6	19,2091	19,2103	19,2086	19,2093	19,2058	19,133	19,2127	19,2104	19,2142	19,2132	19,2062	19,133
7	19,1891	19,1899	19,1861	19,1869	19,1868	19,12	19,1896	19,1924	19,1899	19,1905	19,1874	19,12
8	19,2859	19,286	19,2833	19,2964	19,2868	19,18	19,2942	19,2984	19,2914	19,2892	19,2869	19,18
9	52,5013	52,5037	52,5015	52,5034	52,5005	52,48	52,5	52,5017	52,4995	52,4995	52,4972	52,48
10	164,8267	164,8264	164,8272	164,8248	164,8243	164,769	164,8211	164,8177	164,8202	164,8191	164,8201	164,769
11	52,4797	52,4781	52,4783	52,476	52,4764	52,503	52,4773	52,4774	52,4759	52,479	52,4755	52,503

Na slikama (Slika 150 i Slika 151) su prikazani dijagrami trećeg dana mjerenja.



Slika 150. Minimum za 6 položaja (3 mjerenje)



Slika 151. Minimum za 10 položaja (3 mjerenje)

Rezultati proračuna standardnog odstupanja za sva tri dana mjerenja vide se u tablici (Tablica 46).

Tablica 46. Standardno odstupanje za Minimum cicumscribed element

broj provrtā	REZULTATI STANDARDNOG ODSUPANJA					
	Minimum					
	s6	s10	s6	s10	s6	s10
	PRVI DAN MJERENJA 17072017		DRUGI DAN MJERENJA 18072017		TREĆI DAN MJERENJA 19072017	
1	0,003456	0,001126	0,001114	0,002077	0,000921	0,001552
2	0,004245	0,00207	0,005825	0,002891	0,004241	0,00213
3	0,006683	0,003602	0,002755	0,003107	0,010544	0,001684
4	0,001689	0,003689	0,002875	0,00988	0,001165	0,001853
5	0,01073	0,006709	0,007048	0,002394	0,008049	0,004785
6	0,001725	0,001655	0,00288	0,001206	0,001693	0,003193
7	0,001288	0,000915	0,001984	0,002853	0,001643	0,001798
8	0,003749	0,006254	0,007789	0,002959	0,005049	0,004472
9	0,002382	0,001545	0,002077	0,000683	0,001397	0,001608
10	0,004489	0,000944	0,001975	0,001553	0,00126	0,001295
11	0,001094	0,001369	0,001432	0,001339	0,001508	0,001388

7. ANALIZA REZULTATA MJERENJA

Analizom dijagrama lako se da zaključiti kako upotreba bilo koje metode (Gauss, Chebyshev best fit i druge) kod kontrole provrta neće dati željene rezultate s kojima se uspoređuju.

Od četiri glavne metode, tj sveukupno 11 mogućih kombinacija kontrole provrta, već na prvi pogled četiri od njih jako iskaču svojim rezultatima u odnosu na referentne vrijednosti s kojima ih se uspoređuje.

Od tih četiri, dvije čije su vrijednosti dosta niže od traženih su Maximum inscribed element i Cheyshev best fit (inside). To je zbog načina kako one analiziraju selektirane podatke. Na slikama (Slika 76 pod a) i Slika 78) vidi se označeni dio koje te metode uzimaju u obzir prilikom proračuna od ukupno selektiranog područja. Zbog toga su dobivene vrijednosti niže, pa te metode nisu prikladne za takvu vrstu mjerenja.

Druge dvije metode čije su vrijednosti bile dosta više od traženih su Minimum circumscribed element i Chebyshev best fit (outside). One za razliku od Maximum inscribed element i Chebyshev best fit (inside) prilikom proračuna uzimaju u obzir područje koje je svojom veličinom veće od onog selektiranog. To se najbolje vidi na slikama (Slika 76 pod c) i Slika 79). Stoga i te metode nisu prikladne za ovu vrstu mjerenja.

Usporedbom ostalih sedam metoda (sve Gaussian best fit i Chebyshev best fit (midle)) s referentnim vrijednostima dobivenih trokoordinatnim mjernim uređajem, vidi se kako su dobiveni rezultati, za razliku od gore navedenih četiri metoda, dali vrijednosti koje su bliže onima koje se traže, tj s kojima se uspoređuju.

Gaussian best fit metoda definiranjem jednog od sigma definira se postotak točaka uzetih u obzir prilikom proračuna od sveukupnog broja selektiranih točaka. Time se omogućuje eliminacija točaka koje se svojim smještajem nalaze van modela, ali se nalaze u selektiranom području. Opcijom all point u proračun se uzimaju sve selektirane točke. Kako se postoci kreću od 68,3% kod 1 sigma, pa na više, krivulje

dobivene Gaussian best fit metodama su sličnog izgleda, a rezultati dobiveni s 3 sigma ili više su gotovo identični, pa tako i njihove krivulje.

Chebyshev best fit (midl) je dobivena kao srednja vrijednost Chebyshev best fit (inside) i Chebyshev best fit (outside). Područje koje se uzima u obzir prilikom proračuna najbolje se vidi na slici (Slika 76 pod b)).

Usporedbom krivulja (Gaussian best fit i Chebishev best fit (midl)) po točkama koje predstavljaju broj provrta koji se mjerio s referentnim vrijednostima, vidi se kako se provrti 2, 4, 5 i 8 dobiveni Chebyshev best fit (midl) metodom gotovo preklapaju s točkama referentnih vrijednosti, dok kod Gaussian best fit metode to nije slučaj. Krivulja dobivena Chebyshev best fit (midl) metodom ima puno izraženije te amplitude, tj na navedenim provrtima se rezultati gotovo preklapaju, dok na drugima dosta odskaču od traženih vrijednosti.

Gaussian best fit krivulje svojim izgledom prate krivulju dobivenu referentnim vrijednostima, samo u odnosu na nju imaju rezultate nešto nižih vrijednosti kao posljedica toga može biti mjerenje uređajem čija točnost je niže razine od trokoordinatnog mjernog uređaja.

Kako je svako mjerenje ponovljeno pet puta, proračunom standardnog odstupanja može se ustvrditi preciznost mjernog postupka. Što je odstupanje manje, tj što je dobiveni broj niži, to je preciznost veća. Tom provjerom je najlakše eliminirati grube pogreške jer će dobiveni rezultati značajno odstupati od ostalih rezultata.

Proračun standardnog odstupanja je izračunat za svaki provrt zasebno, odnosno kako je svako od mjerenja ponovljeno pet puta, tako su uspoređene vrijednosti svakoga od provrta (označenih brojevima od 1 do 11) dobivenih u tih pet ponavljanja.

Na primjer, za sve provrte označene brojem jedan, koji su snimani iz 6 položaja, izračunati Gaussian best fit (1 sigma) metodom i izmjereni su isti dan, izračunava se standardno odstupanje (Tablica 47).

Tablica 47. Primjer uzetih vrijednosti za proračun standardnog odstupanja

GAUSSIAN BEST FIT (1 SIGMA)					
PRVI DAN MJERENJA 17072017					
BROJ POLOŽAJA	6				
	PROMJER				
REDNI BROJ MJERENJA					
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5
1	19,0262	19,0264	19,0354	19,0331	19,0313

$$s = 0,004084$$

To isto vrijedi za sve provrte i sve metode po kojima su mjereni.

Tablice rezultata standardnih odstupanja su dane u cjelini "Rezultati mjerenja" za svaku od metoda.

Usporedbom dobivenih rezultata vidi se kako većina izračunatih standardnih odstupanja započinje tek na trećoj decimali, što znači da međusobne razlike u pet mjerenja su minimalne, odnosno da je preciznost ponavljanja mjerenja velika.

Najveća vrijednost standardnog odstupanja dobivena je kod Chebyshev best fit (outside) metode, u trećem mjerenju za provrt broj 3 (Tablica 48).

Tablica 48. Najveće standardno odstupanje

CHEBYSHEV BEST FIT (OUTSIDE)					
TREĆI DAN MJERENJA 19072017					
BROJ POLOŽAJA	6				
	PROMJER				
REDNI BROJ MJERENJA					
BROJ PROVRTA	V1	V2	V3	V4	V5
3	19,1554	19,1599	19,1337	19,149	19,1335

$$s = 0,012224$$

U tom primjeru će se upotrijebiti 3s test da bi se provjerilo da li došlo do eventualne grube pogreške.

Uvjet koji vrijednosti iz tablice moraju ispuniti je:

$$\bar{x} - 3s < x_i < \bar{x} + 3s$$

x_i ...rezultati mjerenja

\bar{x} ...aritmetička sredina rezultata mjerenja

s...procjenjeno standardno odstupanje

Iznos aritmetičke sredine vrijednosti iz tablice iznosi:

$$\bar{x} = 19,1463$$

Vrijednosti unutar kojih se rezultati iz tablice trebaju nalaziti kako ne bi bili definirani kao gruba pogreška su:

$$19,109628 < x_i < 19,182972$$

Vidi se kako su svi brojevi iz tablice unutar granica.

Stoga može se zaključiti kako su i sve ostale vrijednosti u tablici dobre, odnosno da nema grubih pogrešaka.

8. ZAKLJUČAK

Gom Inspect program pokazao se kao koristan alat u kontroli kvalitete, jer nudi širok spektar mogućnosti analiza i mjerenja.

Velika prednost programa je da mjerenje je moguće s i bez CAD modela, te da je rezultate moguće prikazati na više načina, od klasičnog labela na kojemu se nalaze brojučane vrijednosti izmjenog djela, nominalne vrijednosti, te odstupanje, preko grafičkog prikaza odstupanja i problematičnih dijelova na samom modelu, pa da mogućnosti eksportiranja excel tablice ili mjernog izvješća u obliku pdf-a.

Svakim danom tehnologija sve više i više napreduje, nude se mogućnosti proizvodnje sve kompliciranijih i složenijih proizvoda s visokim zahtjevima za kvalitetu, funkcionalnost i samu estetiku. Da bi ti uvjeti bili zadovoljeni paralelno s njom nastavit će se razvijati metode kontrole kvalitete, a samim time i programi poput GOM Inspect pomoću kojih će analize proizvoda biti lakše, a do dobivenih rezultata mjerenja dolaziti će se brže.

PRILOZI

- I. CD-R disk

LITERATURA

- [1] Breuckmann, B. (2014). 25 years of high definition 3D scanning. Njemačka: Breuckmann GmbH
- [2] N. Drvar, „Usporedba metoda za određivanje oblika i deformacija mehaničkih konstrukcija“ Magistarski rad, FSB Zagreb, 2004.
- [3] <http://www.gom-inspect.com/hr/overview.php>
- [4] <http://www.topomatika.hr/inspect.html>
- [5] M. Opalić, M. Kljajin, S. Sebastijanović, "Tehničko crtanje", Zrinski d.d., Čakovec, 2007.
- [6] Korisnički priručnik GOM Inspect Direct Help, V7 SR2
- [7] Korisnički priručnik Inspection Basic, GOM Software 2016
- [8] <http://racunala.ttf.unizg.hr/files/Statistika.pdf>
- [9] B. Runje, "Predavanja iz kolegija teorija i tehnika mjerenja", FSB Zagreb, 2014.