

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AI 6082 ALAŞIMINDA KONTROL NOKTALARI İLE BELİRLENMİŞ
SERBEST ŞEKİLLİ YÜZEYİN CNC FREZE TEZGAHINDA İMALATININ
ARAŞTIRILMASI

SEFA AKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

MALATYA
OCAK 2015

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AI 6082 ALAŞIMINDA KONTROL NOKTALARI İLE BELİRLENMİŞ SERBEST
ŞEKİLLİ YÜZEYİN CNC FREZE TEZGAHINDA İMALATININ ARAŞTIRILMASI**

SEFA AKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

MALATYA
OCAK 2015

Tezin Başlığı : Al 6082 Alaşımında Kontrol Noktaları ile Belirlenmiş Serbest Şekilli
Yüzeyin CNC Freze Tezgaahında İmalatının Araştırılması

Tezi Hazırlayan : Sefa AKTAŞ

Sınav Tarihi : 30.01.2015

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Erkan BAHÇE (Danışman)
İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Abdulmuttalip ŞAHİNASLAN
İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ERDEM
İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Alaattin ESEN
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Al 6082 Alaşımında Kontrol Noktaları ile Belirlenmiş Serbest Şekilli Yüzeyin CNC Freze Tezgahında İmalatının Araştırılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yönetimine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Sefa AKTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AI 6082 ALAŞIMINDA KONTROL NOKTALARI İLE BELİRLENMİŞ SERBEST ŞEKİLLİ YÜZEYİN CNC FREZE TEZGAHINDA İMALATININ ARAŞTIRILMASI

Sefa AKTAŞ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

150 + xiii sayfa

2015

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erkan BAHÇE

Günümüzde teknolojinin hızlı ilerlemesine bağlı olarak artan konfor şartları beraberinde serbest şekilli yüzeylerin kullanımı da artırmıştır. Serbest şekilli yüzeylerin İmalatı, ulaşım, elektronik ve havacılık sanayisinde oldukça önemli hale gelmiştir. Bu yüzeylerin imalatında işleme verimliliğinin artırılması ve ideal forma yaklaşılması işleme parametrelerinin optimizasyonu sayesinde elde edilir.

Bu çalışmada, B-Spline eğriler ile oluşturulan serbest şekilli bir yüzeyin imalatında işleme parametrelerinden ilerleme ile devir sayısının form hatalarına etkileri araştırıldı. B-spline eğrisi baz fonksiyonları kullanılarak elde edildi ve bu eğrilerin tensörel çarpımıyla yüzey oluşturuldu. Serbest şekilli forma sahip bu yüzey BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) ortamında katı hale getirildi ve BDİ (Bilgisayar Destekli İmalat) programından yararlanarak takım yolu oluşturuldu. Serbest şekilli yüzey kaba, ara kaba ve ince olmak üzere üç aşamada işlenmiştir. Kaba işleme 3 farklı hız (2500, 3000, 3500 dev/dk) ve ilerleme (500, 800, 1000 mm/dk), ara kabada 3 farklı hız (2500, 3000, 3500 dev/dk) ve ilerleme (800, 1000, 1200 mm/dk), finish işlemede ise 3 farklı hız (2500, 3000, 3500 dev/dk) ve ilerleme (1000, 1200, 1400 mm/dk) uygulanarak 9 adet numune işlendi.

İşlenen numuneler, 3B tarama yöntemi ile taranıp yüzey haritaları çıkarılmıştır. Yüzey 4 farklı bölgeye bölünerek her bölgeden genişliğine göre ortalama 18 noktadan koordinat (X,Y,Z) ölçümleri alınarak referans yüzeydeki ölçüler ile karşılaştırılmıştır. Yüzey form hatası bakımından en iyi ve en kötü sonucu veren numunelere ait işleme parametreleri belirlenmiştir. İlerlemenin ve devir sayısının artmasına bağlı olarak form hatalarının arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Serbest şekilli yüzey, B-Spline, Bezier, 3 boyutlu yüzey taraması

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF MANUFACTURING OF FREE-FORM SURFACE DEFINED BY CONTROL POINTS ON Al 6082 ALLOY USING CNC MILLING MACHINE

Sefa AKTAŞ

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

150 + xiii page

2015

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Erkan BAHÇE

Increased comfort conditions which depends on technology has been increased usage of the freeform surfaces nowadays. Production of freeform surfaces have been important at transportation, electronic and aviation industries. While producing these surfaces, increasing processing efficiency and coming ideal form supplies optimization of parameters.

In this study, production of a freeform surface with B-spline form curves from manipulation parameters has been searched. B-spline curves has been gained by using base functions and surface has been made tensor produced. The surfaces which includes free form has been made strict CAD (Computer Aided Design) surface of the tensor product of these curves. With free-form surface CAD (Computer Aided Design) and tool path was produced by using CAM (Computer Aided Manufacturing). There are three stages in freeform surface rough, middle rough and thin rough manipulating 3 different speeds (2500, 3000, 3500 rev/min) and progress (500,800,1000 mm/min), in middle rough 3 different speeds (2500, 3000, 3500 rev/min) and progress (800, 1000, 1200 mm/min), the finish processing the 3 different speeds (2500 3000, 3500 rev/min) and progress (1000, 1200, 1400 mm/min) of the 9 samples were processed.

Surface maps of manipulated samples were uncovered by scanning 3B scanning method. The surface was compared with dimensions of the referance surface by being divited into four different parts and by taking coordinate measurements (X, Y, Z) from 18 points of each region according to it' s width. The tool paths of the samples, which gives the best an worst results in terms of surfaces form error, were determined. Depending on the increase of progress and the number of cycle, the increase of form errors was identified.

Keywords: Free form surface, B-Spline, Bezier, form error, 3D surface scanning.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın her aőamasında yardım, öneri ve desteğini esirgemeden beni yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd. Do. Dr. Erkan BAHE' ye;

Yüzey oluşturma teknikleri ve bilgisayar destekli tasarım uygulamaları konusunda yardımlarda bulunan bölümümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Baőkanı Prof. Dr. Mehmet YILMAZ' a;

Tezde bana yardımcı olan sevgili arkadaőım, bölümümüzün Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans mezunu Raif USTA' ya;

Yüksek lisans süresince çalıőtıęım őirket olan ISITEK ISI SİSTEMLERİ yöneticim olarak bana eğitimim için izin veren Ali UÇAR' a;

Ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans çalıőmalarım süresince de benden desteklerini esirgemeyen değerli AİLEM' e ve özellikle abim Semih AKTAŞ ve ablam Sevim SAKİN' e;

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Konuyla İlgili Literatür Araştırması	3
1.2 Üç Boyutlu Modelleme.....	7
a) Tel Kafes Modelleme.....	7
b) Katı Modelleme.....	8
c) Yüzey Modelleme.....	8
1.3 Serbest Şekilli Yüzeylerin Tasarımında Kullanılan Eğriler.....	9
1.3.1. Bezier Eğriler.....	10
1.3.2. B-Spline Eğriler.....	13
1.3.3 B-Spline Eğrilerin Matematiksel Tanımı.....	29
1.4. NURBS Yüzey.....	40
1.5. Alüminyum ve Alaşımları.....	42
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
2.1. Deney Malzemesi.....	44
2.2. Yüzeyin Oluşturulması.....	45
2.3. Deney Parametreleri.....	48
2.4. Form Hatalarının Tespiti.....	52
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	54
3.1. 3 Boyutlu Yüzey Taramasına Ait Bulgular.....	54
3.2. Yüzeyin 3B Taranması ve Referans Yüzey ile Karşılaştırma.....	63
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	68

4.1.	İşleme Parametrelerine Göre İşleme Süresi	68
4.2.	İlerlemenin Form Hatalarına Etkilerinin Araştırılması	69
4.3.	Devir Sayısının Form Form Hatalarına Etkilerinin Araştırılması.....	76
5.	GENEL SONUÇLAR.....	82
6.	KAYNAKLAR	83
7.	EKLER.....	85
	ÖZGEÇMİŞ.....	150

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al	Alüminyum
Al 6082	Alüminyum 6082 alaşımı
$B_i(u)$	B-Spline eğride kontrol noktası
B	Bor
Be	Berilyum
BDT	Bilgisayar destekli tasarım
BDİ	Bilgisayar destekli imalat
Bi	Bizmut
C^k	B-Spline eğri temel fonksiyonun türevi
Ca	Kalsiyum
CAD	Bilgisayar destekli tasarım
CADG	Bilgisayar destekli geometrik tasarım
CAM	Bilgisayar destekli imalat
CNC	Bilgisayarlı sayısal kontrol
Cu	Bakır
Co	Kobalt
d	B-Spline eğrinin derecesi
Fe	Demir
Gpa	Giga pascal
Hg	Civa
HSSCo	Kobalt içeren çelik alaşımlı yüksek hızlı matkap ucu
I	İyot
k	B-Spline eğrinin mertebesi
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mpa	Mega pascal
n	B-Spline eğrinin kontrol noktası sayısının 1 eksiği
$N_{i,k}$	B-Spline eğrinin temel fonksiyonu
Na	Sodyum

Ni	Nikel
NURBS	Non-uniform Rational B-Spline
P_i	Bernstein polinomu kontrol noktası
Pb	Kurşun
Rm	Çekme mukavemeti
Rp	Elastiklik değeri
Si	Silisyum
Sn	Kalay
Sb	Antimon
Sr	Stronisyum
t	Knot (düğüm noktası)
Ti	Titanyum
u	B-Spline eğri yön vektörü
v	B-Spline eğri yön vektörü
V	Vanadyum
Zn	Çinko
Zr	Zirkonyum
X_i	B-Spline eğri düğüm vektörü elemanı
3B	3 boyut

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Serbest şekilli yüzeylerin imalat aşamaları.....	2
Şekil 1.2.	Dört kontrol noktasına sahip (n=3) Bezier eğrisine ait Bernstein polinomlarının grafikleri.....	11
Şekil 1.3.	Bir kübik bezier eğrisi ve onu tanımlamak için kullanılan dört kontrol noktası[3].....	12
Şekil 1.4.	16 kontrol noktası tanımlanmış bir yüzey poligonu.....	13
Şekil 1.5.	16 kontrol noktası ile tanımlanmış yüzey poligonundan tanımlanmış bir Bezier yüzeyi	13
Şekil 1.6.	Bir B-spline eğrisi ve kontrol poligonu.....	14
Şekil 1.7.	Bezier eğrisine eşdeğer bir B-spline eğrisi.....	14
Şekil 1.8.	B-spline eğrisinin 1.ve 2.segmentini etkileyen kontrol noktaları.....	15
Şekil 1.9.	Kontrol noktası ile eğri mertebesi arasındaki ilişki.....	15
Şekil 1.10.	Eğrinin kontrol noktası ve mertebesinin, segment sayısına etkisi.....	16
Şekil 1.11.	Her bir polinom segmentini etkileyen kontrol noktaları.....	16
Şekil 1.12.	$N_{i,k}$ temel fonksiyonunun hesabı için gereken diğer temel fonksiyonlar	18
Şekil 1.13.	B-spline eğrilerinin sınıflandırılması.....	19
Şekil 1.14.	Açık üniform B-spline eğrisine ait temel fonksiyonlar (k=3, n+1=4)...	20
Şekil 1.15.	Açık üniform B-spline eğrisine ait temel fonksiyonlar (k=3, n+1=5)...	21
Şekil 1.16.	Periyodik üniform B-spline eğrisinin temel fonksiyonları(k=3,n+1=4)	22
Şekil 1.17.	Periyodik (kapalı) bir B-spline eğrisi ve parametre değişimi.....	22
Şekil 1.18.	Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ temel fonksiyonları.....	25
Şekil 1.19.	Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ temel fonksiyonları.....	27
Şekil 1.20.	Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ temel fonksiyonları.....	29

Şekil 1.21.	Bir kübik B-spline eğrisi ($k=4$) tanımlayıcı kontrol poligonu.....	30
Şekil 1.22.	Örneğe göre B-spline eğrisi.....	32
Şekil 1.23.	Quadratik açık üniform ve non-üniform B-spline eğrilerinin karşılaştırılması.....	33
Şekil 1.24.	B-spline eğrisinin mertebesine göre değişimi.....	33
Şekil 1.25.	Tekrar edilen 4.kontrol noktasının B_4 , kübik B-spline eğrisine etkisi ($k=4$).....	34
Şekil 1.26.	Kontrol poligonunun konumunun değiştirilmesinin B-spline eğrisine etkisi.....	37
Şekil 1.27.	Farklı mertebeden B-spline segmentleri için çizilen konveks alanlar...	38
Şekil 1.28.	B-spline eğrisi ile doğru parçasının temsili.....	39
Şekil 1.29.	Doğrusal şekillerin NURBS gösterimi.....	41
Şekil 2.1.	Derece $k=1$ olduğunda knot aralıklarına göre baz fonksiyonlarının değişimi.....	46
Şekil 2.2.	Derecenin 2 olması durumunda baz fonksiyonlarının knot aralıklarına göre değişimi.....	47
Şekil 2.3.	Knot aralığı 2 ve 7 arası B-spline eğrisi.....	48
Şekil 2.4.	Solidworks programıyla oluşturulan yüzey formu	48
Şekil 2.5.	Kontür kaba takım yolu	49
Şekil 2.6.	Ara Kaba takım yolu.....	50
Şekil 2.7.	Yüzeye paralel takım yolu.....	50
Şekil 2.8.	Takım yollarının yüzey formu üzerindeki şekli.....	51
Şekil 2.9.	Deneylerde kullanılan kesici takımlar.....	51
Şekil 2.10.	Deney malzemesinin tezgaha bağlanması.....	52

Şekil 2.11.	Breuckmann Smart Scan R5.....	52
Şekil 2.12.	Bölgelere ayrılan yüzey formu.....	53
Şekil 3.1.	A numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	54
Şekil 3.2.	A numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	55
Şekil 3.3.	A numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	56
Şekil 3.4.	A numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	56
Şekil 3.5.	A numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	57
Şekil 3.6.	A numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	58
Şekil 3.7.	A numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	60
Şekil 3.8.	A numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	61
Şekil 7.1.	B numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	86
Şekil 7.2.	B numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	86
Şekil 7.3.	B numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	87
Şekil 7.4.	B numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	87
Şekil 7.5.	B numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	88
Şekil 7.6.	B numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	89
Şekil 7.7.	B numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	91
Şekil 7.8.	B numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	92
Şekil 7.9.	C numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	94
Şekil 7.10.	C numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	94
Şekil 7.11.	C numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	95

Şekil 7.12.	C numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	95
Şekil 7.13.	C numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	96
Şekil 7.14.	C numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	97
Şekil 7.15.	C numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	99
Şekil 7.16.	C numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	100
Şekil 7.17.	D numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	102
Şekil 7.18.	D numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	102
Şekil 7.19.	D numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	103
Şekil 7.20.	D numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	103
Şekil 7.21.	D numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	104
Şekil 7.22.	D numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	107
Şekil 7.23.	D numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	107
Şekil 7.24.	D numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	108
Şekil 7.25.	E numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	110
Şekil 7.26.	E numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	110
Şekil 7.27.	E numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	111
Şekil 7.28.	E numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	111
Şekil 7.29.	E numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	112
Şekil 7.30.	E numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	113
Şekil 7.31.	E numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	115
Şekil 7.32.	E numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	116

Şekil 7.33.	F numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	118
Şekil 7.34.	F numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	118
Şekil 7.35.	F numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	119
Şekil 7.36.	F numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	119
Şekil 7.37.	F numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	120
Şekil 7.38.	F numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	121
Şekil 7.39.	F numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	123
Şekil 7.40.	F numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	124
Şekil 7.41.	G numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	126
Şekil 7.42.	G numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	126
Şekil 7.43.	G numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	127
Şekil 7.44.	G numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	127
Şekil 7.45.	G numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	128
Şekil 7.46.	G numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	129
Şekil 7.47.	G numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	131
Şekil 7.48.	G numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	132
Şekil 7.49.	H numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	134
Şekil 7.50.	H numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	134
Şekil 7.51.	H numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	135
Şekil 7.52.	H numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	135
Şekil 7.53.	H numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	136

Şekil 7.54.	H numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	137
Şekil 7.55.	H numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	139
Şekil 7.56.	H numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	140
Şekil 7.57.	K numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler.....	142
Şekil 7.58.	K numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler.....	142
Şekil 7.59.	K numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalası görüntü.....	143
Şekil 7.60.	K numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları.....	143
Şekil 7.61.	K numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları	144
Şekil 7.62.	K numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları	145
Şekil 7.63.	K numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları	147
Şekil 7.64.	K numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları	148

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Numunelerin 1. Bölgesine ait sapma değerleri.....	64
Çizelge 3.2.	Numunelerin 2. Bölgesine ait sapma değerleri.....	65
Çizelge 3.3.	Numunelerin 3. Bölgesine ait sapma değerleri.....	66
Çizelge 3.4.	Numunelerin 4. Bölgesine ait sapma değerleri.....	67
Çizelge 4.1.	1. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	69
Çizelge 4.2.	1. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	69
Çizelge 4.3.	1. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	70
Çizelge 4.4.	2. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	71
Çizelge 4.5.	2. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	71
Çizelge 4.6.	2. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	71
Çizelge 4.7.	3. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	72
Çizelge 4.8.	3. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	73
Çizelge 4.9.	3. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	73
Çizelge4.10.	4. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	74
Çizelge 4.11	4. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	74
Çizelge 4.12	4. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası	74
Çizelge 4.13	1. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası	76
Çizelge 4.14	1. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası	76
Çizelge 4.15	1. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	76
Çizelge 4.16	2. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	77
Çizelge 4.17.	2. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	77
Çizelge 4.18	2. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	78
Çizelge 4.19.	3. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	78
Çizelge 4.20.	3. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	79
Çizelge 4.21.	3. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	79
Çizelge 4.22.	4. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	80
Çizelge 4.23.	4. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası.	80
Çizelge 4.24.	4. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası	80

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1.	Al 6082 alaşımının kimyasal bileşimi.....	44
Tablo 2.2.	Al 6082 alaşımının teknik özellikleri	45
Tablo 2.3.	Deney parametreleri.....	49
Tablo 3.1.	A numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	57
Tablo 3.2.	A numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	58
Tablo 3.3.	A numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	59
Tablo 3.4.	A numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	60
Tablo 3.5.	A numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	61
Tablo 4.1.	İşleme parametrelerine ait işleme zamanı ve G-kod satır sayısı.....	68
Tablo 7.1.	B numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	88
Tablo 7.2.	B numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	89
Tablo 7.3.	B numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	90
Tablo 7.4.	B numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	91
Tablo 7.5.	B numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	92
Tablo 7.6.	C numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	96
Tablo 7.7.	C numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	97
Tablo 7.8.	C numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	98
Tablo 7.9.	C numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	99
Tablo7.10.	C numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	100
Tablo7.11.	D numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	104
Tablo7.12.	D numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	105
Tablo7.13.	D numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	106
Tablo7.14.	D numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	107
Tablo7.15.	D numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	108
Tablo7.16.	E numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	112
Tablo 7.17.	E numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	113
Tablo 7.18.	E numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	114
Tablo 7.19.	E numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	115
Tablo 7.20.	E numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	116
Tablo 7.21.	F numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	120
Tablo 7.22.	F numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	121
Tablo 7.23.	F numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	122
Tablo 7.24.	F numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	123
Tablo 7.25.	F numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	124

Tablo 7.26	G numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	128
Tablo 7.27	G numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	129
Tablo 7.28	G numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	130
Tablo 7.29.	G numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	131
Tablo 7.30.	G numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	132
Tablo 7.31.	H numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	136
Tablo 7.32.	H numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	137
Tablo 7.33.	H numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	138
Tablo 7.34.	H numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	139
Tablo 7.35.	H numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	140
Tablo 7.36.	K numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	144
Tablo 7.37.	K numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	145
Tablo 7.38	K numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	146
Tablo 7.39.	K numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	147
Tablo 7.40.	K numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları	148

1. GİRİŞ

Bilgisayarlar ile geometrik modelleme yöntemlerinin kullanımı son yirmi yılda büyük bir hız ile ilerlemektedir[1]. Bilgisayar destekli olarak yapılan tasarım bize tasarımın görsel olarak sunulmasını, veri hazırlanmasını, analiz yazılımlarının kullanılmasından sonra sonuçların değerlendirilmesini ve bilgisayar destekli üretimde kullanılmasını sağlar [2]. Günümüzde bilgisayarlar vasıtasıyla yapılan geometrik modelleme ve benzetim, gerçek hayattaki prototip ve deneylerin yerini alacak bir seviyeye erişmiştir. BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım - Computer Aided Design) yöntemiyle uçaklar, taşıtlar ve her türlü sanayi ürünü daha hızlı ve daha kolay tasarlanabilmektedir. Bilgisayar ortamında yapılan geometrik modelleme bir nesnenin matematiksel ve kuramsal ilişkilerini tanımlar ve geometrinin verimli bir şekilde bilgisayarda görselleştirilmesine odaklanır. Konfor ve ekonomik şartlara bağlı olarak bilgisayar ortamında yapılan serbest şekilli yüzeyler ve imalatı gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

CAD/CAM ortamında parametrik eğriler ile oluşturulan serbest şekil yüzeyli parçalar aerodinamik, akışkanlar gibi sebeplerden dolayı kalıpcılık, otomobil ve medikal gibi alanlarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Serbest şekilli yüzeylerin imalatında klasik CNC tezgâhları sadece lineer ve dairesel enterpolasyon sağlamaktadır. CAM sistemler kullanılarak CNC tezgâhlarında serbest şekilli yüzeyler verilen toleranslar altında kontür geometriye yaklaşmak için birçok doğru ve daire yaratma zorunluluğu vardır. Fakat parça hassasiyeti artırıldıkça aşağıdaki sorunlarla karşılaşmaktadır.

Toleransların artırılması durumunda;

- Çizgi ve daireden oluşan değerlerin kısılmasına neden olmakta, buda CNC tezgâhına dönüşümü sağlayan NC kodların sayısının artmasına neden olmaktadır.

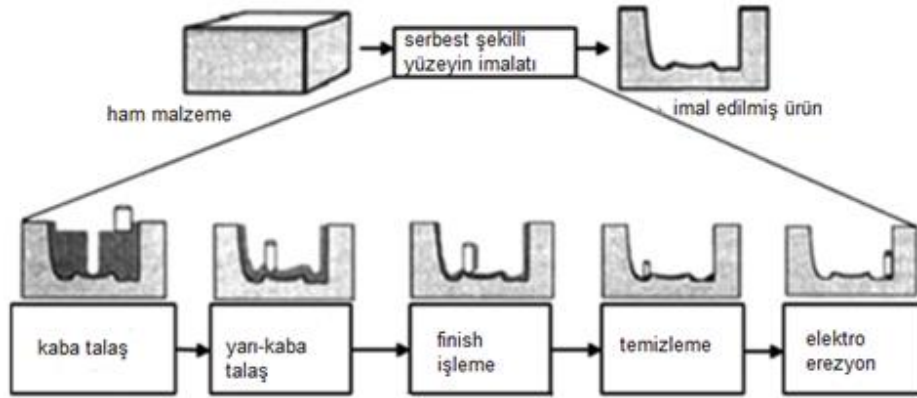
- CNC tezgâhlarda yüksek hızlı işlemede data iletiminde transfer edilen data miktarını yakalayamamakta.

- Birbirine bağlı iki çizginin birleşme noktasında süreksizlik ve ilerlemede hatalar oluşturmakta.

- Yüksek hızda işlemede meydana gelen ani hareketler ve ani hızlanmalar titreşime sebep olmakta ve işleme kalitesi düşmektedir.

Bu sakıncalar klasik CNC tezgâhlarda yüksek hızlarda yüksek hassasiyetle işlenmesinde geleneksel yaklaşımın zorluğunu göstermektedir.

Serbest şekilli yüzeylerin 3, 4 veya 5 eksenli freze tezgâhlarda üretilmesinde yüzey son şeklini almadan önce kaba, yarı kaba ve hassas işleme olmak üzere üç aşamada işleme yöntemi uygulanmaktadır. Ürün üzerinden gereksiz malzemenin büyük bir bölümünün çıkartılmasına kaba talaş adı verilir. Daha sonra finish işleminde talaşın düzgün olarak alınması için yarı kaba olarak adlandırılan bir işlem uygulanır. Dizayn edilmiş yüzeyi elde etmek için finish işlemi uygulanır. Genel olarak kaba işlemede düz uçlu freze çakısı kullanılırken, yarı kaba ve hassas işlemede ise radyuslu çakılar kullanılmaktadır. Halen talaş kalmışsa (özellikle eğrisel alanlarda ve kesici takımın ulaşamadığı yerlerde) temizleme işlemi uygulanır. Kesici takımla işlenemeyen alanlar ise elektro erezyon tezgâhlarında belirlenmiş toleranslar çerçevesinde işlenir (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Serbest şekilli yüzeyin imalat aşamaları.

Serbest şekilli yüzeylerin kalitesi ve imalat süresi sanayide rekabetin gereklerindedir. Ürünün belirtilen tolerans içerisinde üretimini gerçekleştirmek, maliyet ve zamanı azaltmak imalat endüstrisinde karşılaşılan sorunlardandır. Bu da işleme sürecinin uygun optimizasyonu ile yüksek kalitede ve uygun maliyette üretimi sağlamaktadır. Klasik işleme yöntemler düşük maliyetlerle üretimi sağlamayı amaçlamaktadır. Ancak serbest şekilli yüzeylerin

imalatında her zaman bunu sağlayamamaktadır. Bu nedenle bu yüzeylerin imalatında optimize edilmiş işleme yöntemleri geliştirmek oldukça önemlidir.

Talaşlı imalat önceden dizaynı ve konstrüksiyonu yapılan, imalat süreci belirlenen bir parçanın, imalat sürecine uygun talaşlı imalat tezgâhlarında, belirlenmiş kesici takımlar ile kesme işlemine tabi tutularak şekillendirilmesini sağlamaktadır. Talaşlı imalat, kesici takım veya iş parçasının birbirlerine göre izafi hareketi ile iş parçası üzerinde, gerilim oluşturarak gerçekleştirilmektedir.

Dövme, dökme, haddeleme vb. yöntemlerle üretilen metal parçaların % 80' ninden fazlası son biçim ve boyutlarına talaşlı üretim yöntemleriyle getirilmektedir.

Talaşlı üretim esnasında uygun seçilmeyen işleme parametreleri, kesici takımların kırılması, hızlı aşınması ve deformasyonu gibi sebeplerle kısa sürede kullanılamaz duruma gelmelerine neden olmaktadır. Bu durum; tezgâh boş zamanının artması, iş parçası boyutlarının bozulması veya işin yüzey kalitesinin ikinci bir işlem gerektirecek derecede yetersizliği gibi bir dizi ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Malzemenin işlenebilirlik özelliklerini önceden iyi tespit edilmemişse yukarıdaki kayıplar kaçınılmazdır.

Böyle bir çalışmanın daha sağlam bir zemine oturabilmesi ve daha iyi anlaşılabilmesi için, bu konuyla ilgili literatür araştırması, Bezier eğriler ve yüzeyleri, B-spline eğri ve yüzeyleri, serbest şekilli yüzeyler ve alüminyum malzemeler gibi kavramların bilinmesi gerekir. Bu çalışmada tüm bu kavramlar sırasıyla aşağıdaki bölümlerde sunuldu.

1.1. Konuyla İlgili Literatür Araştırması

Serbest şekilli yüzeyler biomedikal alanında, otomobil ve uçak sanayisinde, kalıpların dizaynında ve üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda serbest şekilli yüzeylerden yararlanılarak ürünlerin dizaynı ve üretiminde önemli araştırmalar yapılmaktadır. Serbest şekilli yüzeylerde geometrinin karmaşıklığına bağlı olarak üretim hassasiyeti de giderek artmaktadır. İmalat sanayisinde ürün kalitesi ve verimi rekabetçi ortamda oldukça önemlidir. Bu rekabette daha kısa sürede daha az maliyetle belirtilen sınırlar içerisinde parçanın imal edilmesi gerekmektedir.

Talaşlı imalatta bilimsel bilgiye dayalı olarak işleme yöntemlerinin optimizasyonu ile yüksek verimlilik elde edilmeye çalışılmaktadır ve gün geçtikçe önem kazanan bir kavram haline gelmektedir. Bu nedenle konular üzerine yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Haldar [1], Matlab programından yararlanarak kübik bezier yüzeyin üretim tekniğini ve modellenmesini araştırmıştır. Yapmış olduğu çalışmada matlab programını kullanarak bir yüzey oluşturmuş ve bu yüzeyin işlenmesi için yine matlab programından yararlanarak Iso-Scallop ve Iso-Parametric takım yolu algoritması geliştirmiştir. Bu algoritmaya göre elde edilen NC (Nümerik Kontrol) kodları CNC Fanuc simülasyon programında test etmiş ve işleme uzunluğunu hesaplamıştır.

Gökler [2], yapmış olduğu çalışmada bilgisayar destekli geometrik modelleme yöntemlerini açıklamıştır. Yapmış olduğu çalışmada ürünlerin modellenmesi yapılırken gerçeğe en yakın görüntüyü elde etmek için tonlama yöntemlerini incelemiştir.

İçaçan [3], Maya programını kullanarak insan yüzün modellenmesini yapmıştır. Yapmış olduğu bu çalışmada insan kafası modellemesinin B-spline eğrileriyle gerçekleştirmiş ve NURBS yüzeylerle bu eğrilerin arasını yüzeylerle doldurma aşamalarını vermiştir.

Abbas [4], serbest şekilli yüzeylerin işlenmesi için NC takım yolu algoritması geliştirmiştir. Bunun için belirlemiş olduğu kontrol noktalarına göre bir Bezier yüzey oluşturmuş ve bu yüzeyin imalatında Bezier eğrilerden yararlanmıştır. Yapmış olduğu algorithmada verilen tolerans içerisinde kesici takımın temas noktaları arasındaki (Cunter Contac-CC) maksimum mesafeyi belirleyen ileri adım fonksiyonunu tanımlamıştır. Ayrıca istenilen pürüzlülük yüksekliğinin elde edilmesi için kesici takımın yana kayma miktarını da fonksiyonel olarak tanımlamıştır. Bu algoritmaya göre oluşturduğu parametrik yüzeyi $\varnothing 14$ mm çapında radyuslu parmak freze çakı kullanarak 0.5 mm tolerans ile üretimini gerçekleştirip test etmiştir.

Ersoyoğlu ve Ünüvar [5], serbest şekilli yüzeylerin hassas ve düşük maliyetle üretilmesini sağlamak amacıyla, belirli takım yolu şablonlarından uygun olanını ve gerekli takımları seçebilen bir takım yolu oluşturma sistemi geliştirmişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışmada zigzag takım yolu şablonunun, kaydırma eğrileri şablonuna göre işleme performansının daha iyi olduğunu analiz etmişlerdir.

Özel ve Kılıçkap [6], yüzey oluşturma yöntemlerinden biri olan Bezier yaklaşımı kullanılarak C programlama ile bir yüzeyin CAD modelini oluşturmuşlardır. Yine geliştirilen bu C programı ile modellenen yüzey için CAM kodlarını türetmişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışmada, Bezier yaklaşımı ile bir yüzeyin CAD modeli ve CAM kodları oluşturulurken C programlama kullanılmış ve piyasalarda oldukça pahalı olan CAD-CAM programlarına ihtiyaç kalmadan üretimi gerçekleştirmişlerdir.

Ünal ve Karaca [7], Ti - 6Al - 4V alaşımı dik işlem merkezli bir CNC freze tezgahında farklı işleme koşulları altında işlemişlerdir. Deneplerinde, kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği gibi parametreleri değiştirerek parametrelerin yüzey pürüzlülüğü, talaş tipi ve yüzey mikrosertliğine olan etkilerini incelemişlerdir. Kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün de arttığını tespit etmişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışmada sürekli sıvanmalı ve testere diş kesitli talaşların oluştuğunu belirlemişlerdir.

Aydoğan [8], yapmış olduğu C++ ve OpenGL kullanarak üç boyutlu sentetik insan yüzü modelleme yazılımını gerçekleştirmiştir. Yüzey tanımlama yöntemi seçenekleri olarak Bézier Yüzeyleri, B-spline Yüzeyleri ve T-spline Yüzeyleri değerlendirmiştir. Yapmış olduğu bu çalışmada T-spline yüzeylerinin daha üstün olduğu sonucuna varmıştır.

Hulisioglu [9], bilgisayar ortamında kemik mikro yapısının modellenmesini ve incelenmesini gerçekleştirmiştir. Bunun için serbest yüzey modelleme tekniklerinden olan Bezier eğriler ve yüzeyleri, B-spline eğriler ve yüzeylerini kullanmıştır.

Çınar ve Arslan [10], yapmış oldukları çalışmada yüzey modellenmesinde kullanılan kontrol noktalarını bulanık mantık tekniği ile tespit etmesini sağlayan bir algoritma geliştirmişlerdir. Bezier ve B-spline eğrilerini kullanarak eğriler sahip olduğu düzlemde modellenmiş ve bu eğriler birleştirilerek üç boyutlu yüzey oluşturmuşlardır.

Ülker [11], üç boyutlu uzay veya iki boyutlu düzlem üzerinde düzensiz yerleşmiş geniş bir noktalar kümesi verildiğinde noktalara parametrik eğri ve yüzeyler uydurmak için çok amaçlı optimizasyon algoritmaları önermiştir. Yapmış olduğu bu çalışmada taranan noktalar kümesi ve uydurulan eğri arasındaki uydurma hatasının global optimizasyonu için algoritmalar geliştirmiştir. Geliştirmiş olduğu algoritma sayesinde,

- (i) Dügüm yerleşimleri ve sayılarını ayarlamak,
- (ii) Uygun kontrol noktaları belirlemek,
- (iii) Kontrol noktalarına atanan ağırlıkları tanımlamak,
- (iv) Dügüm ara değerlerini bulan bir parametrizasyon gerçekleştirmek veya dört amacının hepsini bir arada göz önüne alarak parametrik (Bezier, B-spline veya NURBS) yüzey/eğri modelini yeniden oluşturmuştur.

Rockwood ve Chambers [12], Bilgisayar Destekli Geometrik modelleme yöntemlerini, eğri ve yüzey oluşturmak için matematiksel ifadeleri ve bunların uygulanması için gerekli algoritmaları vermişlerdir. Yapmış oldukları bu çalışmada Bezier, B-spline eğrileri ve yüzeyleri CADG (Computer Aided Geometrik Dizayn) ile incelemişlerdir.

Lasemi vd. [13], serbest şekilli yüzeylerin 5 eksenli CNC freze tezgâhlarda işlenmesini araştırmışlardır. Yüzeylerin işlenmesinde takım yolu üretimi, takım oryantasyonu ve takım geometrisi seçimi üzerine odaklanmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada takım yolu seçimlerinin işleme zamanında önemli oranda etkili olduğunu, takım oryantasyonun kontrolü ile yüzey pürüzlülük kalitesini iyileştirdiği ve eğri şekline göre takım seçiminin işlemedeki hata oranını önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir.

Can ve Ünüvar [14], B-Spline eğriler ile oluşturdukları yüzeyleri 5 eksenli CNC freze tezgâhlarda işlenmesini incelemişlerdir. Yüzey eğriliği ve kesici takımın radyusu arasına algoritma oluşturarak yüzeylerin eşit pasoda takım yolu ile işleme verimliliğini artırmayı amaçlamışlardır. Yapmış oldukları çalışmada kesici takımın temas noktalarını analiz ederek takım yolu uzunluğunu %22-50 arasında azaltmayı başarmışlardır. Ayrıca takım oryantasyonunu da optimize ederek maksimum talaş kaldırılması sağlanarak işleme süresini azaltmayı başarmışlardır.

Özel ve Şanlıtürk [15], konik bir yüzeyin dik işleme merkezli CNC freze tezgâhlarında düz ve küresel uçlu çakılarla işlenmesi durumunda talaş kalıntılarının değişimleri incelemişlerdir. Çakıların talaş kesme adımları ve yüzey eğim açısındaki artma miktarlarına bağlı olarak talaş kalıntı miktarlarında artmaların olduğunu gözlemlemişlerdir. Talaş kalıntı miktarlarının düz uçlu parmak freze çakısında çok daha büyük değerlerde olduğu tespit etmişlerdir.

Yine çakı çapı ve yüzey eğim açılarındaki artımlara bağlı olarak talaş kalıntı miktarlarında belirli bir azalmanın olduğunu gözlemlemişlerdir.

Young-Keun Choi vd. [16], serbest şekilli yüzeylerin işlenmesinde istenilen toleransın elde edilmesini ve takım yolunu araştırmışlardır. İstenilen toleransa göre serbest şekilli yüzeyin üretilmesi için gerekli olan takım yolunu üreten algoritma geliştirmişleridir. Geliştirdikleri algoritmayı matematiksel eğriler ve yüzeyler ile temsil edilen parçaya uygulayıp işleme zamanını azaltmayı başarmışlardır.

Erdim vd. [17], serbest şekilli yüzeylerin parmak frezeleme ile işlenmesinde hem talaş kaldırma hacmi hem de ilerlemeye göre işleme kalitesini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Bunun için Al 7039 malzemesini farklı ilerleme miktarlarında ve güçlerinde işlemiş ve yüzey kalitesinde büyük farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. İlerleme miktarına bağlı olarak tanımladıkları işleme stratejisi ile üretim zamanını %45-65 arasında azaltmayı başarmışlardır.

Kurt vd. [18], grey relational yönteminden yararlanarak serbest şekilli yüzeylerin frezelenmesinde işleme parametrelerinin ve takım yollarının form hatasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada Al 7075 alüminyum alaşımını kullanmışlardır. Çalışmalarında takım çapının ve takım yolunun form hatası üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Yukarıda literatür çalışmalarından da görüldüğü üzere, yüzeylerin modellenmesinde özellikle Bezier eğri ve yüzeyleri, B-spline eğri ve yüzeyleri üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuların daha iyi anlaşılabilmesi için aşağıda bölümler halinde açıklamalar verildi.

1.2. Üç Boyutlu Modelleme

Üç boyutlu modelleme üç boyutlu bir yüzey veya nesnenin matematiksel temsil geliştirme sürecidir. Bu nesnelerin tanımlanması yapılırken eğri kontrollü farklı yöntemler geliştirilmiştir.

Üç Boyutlu Modelleme yöntemleri üç ana gruba ayrılır;

- a) Tel Kafes Modelleme
- b) Katı Modelleme

c) Yüzey Modelleme

a) Tel Kafes Modelleme

Bu yöntemde cismi oluşturan yüzeylerin sadece kenar çizgileri ve bunların kesişim noktaları tanımlanır. Tel kafes yöntemiyle cisimlerin modellenmesi oldukça kolaydır. Oluşturulan modelin bilgisayar ekranında öteleme, döndürme gibi işlemler hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Ayrıca kullanılan donanımda bellek gereksinimi azdır. Ancak gereken geometrik bilgiyi tam olarak taşımaması ve görüntüde yanılığlara neden olması endüstriyel uygulamalarda bu yöntemle modellemenin yetersiz kaldığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır [2].

b) Katı Modelleme

Cismi oluşturan kenarlar ile yüzler ve bunlar arasındaki ilişkiyi tanımlar. Katı modelleme diğer tekniklere kıyasla önemli üstünlük sağlar. Modelin tasarlanmasında ve sunulmasında yanılığ ve karışıklığı önler. Ağırlık, ağırlık merkezi, hacim gibi kütle özellikler de kolaylıkla hesaplanır. Katı modelleme paketlerinde modellerin oluşturulmasında temel elemanlar veya süpürme yöntemi ile oluşturulan elemanlar kullanılır[2].

c) Yüzey Modelleme

Bu yöntemde cismi oluşturan yüzeylerin matematiksel ifadelerinden yararlanır. Tasarlanan modelin yüzeylerinin, kenarlarının ve karakteristik eğrilerinin tanımlanması gerekir. Yüzeylerin tasarlanmasında kontrol noktalarının belirlenmesi ile Bezier, B-spline gibi eğri yaklaşımları kullanılır. Uçakların, otomobillerin tasarımlarında, sayısal denetimli tezgâhlarda işlenmesinde, karmaşık yüzeyler içeren parçalar için takım yolunun belirlenmesinde ve parça programlarının hazırlanmasında yoğun bir şekilde kullanılır. Karmaşık yüzeyler içeren ürünler için çoğu zaman tek yöntemdir[2].

Bilgisayar destekli tasarım paketlerinde geometrik şekillerin gösterilmesinde parametrik temsiller kullanılmaktadır. Parametrik temsiller; Bezier eğriler, Bezier yüzeyler, B-spline eğriler, B-spline yüzeyler ve Tekdüze olmayan Rasyonel B-spline (Non-Uniform Rational B-Spline-NURBS) eğri ve yüzeyleri içermektedir.

Bu yöntemlerin kullanılmasının temel amacı nesnelerin ve serbest şekilli yüzeylerin rahatça ifade edilebilmesidir. Bu bölüm yapılan çalışmanın çıkış noktasını oluşturduğundan dolayı aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak ele alınmıştır.

1.3.Serbest Şekilli Yüzeylerin Tasarımında Kullanılan Eğriler

Yüzey, iki ya da üç boyutlu olarak sınırlandırılmış ve kalınlığı olmayan ve matematik eşitliklerle tanımlanmış parça yüzeylerden oluşan temsili bir şekildir. Normalde bir yüzey biçimlendirilmesi yapılırken, yüzeyde birçok kısım ve parçalar oluşturularak gerçekleştirilir.

Genel olarak iki boyutlu (2B) geometrik eğri modelleme ve üç boyutlu (3B) geometrik yüzey modelleme, bilgisayar grafikleri, bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojileri alanlarının hızlı bir şekilde gelişmesinde temel etkindir. Bu konu hakkında çalışmalar 1960'lı yıllarda başlamış ve günümüze kadar birçok yöntem geliştirilmiştir.

Günümüzde bilgisayar teknikleri ve CAD/CAM tekniklerindeki gelişmelere bağlı olarak pek çok karmaşık parçaların modellenmesi oldukça kolay yapılabilmektedir. Ayrıca karmaşık parçaların birçoğunda bulunan yüzey parçaları, kullanılarak tek bir yüzey oluşturup NC takım yolu üretmek için birlikte düşünülebilir.

Yüzeyler ve yüzeylerin modellenmesi tasarımda ve üretimde önemli rol oynar. Otomobil yapıları, gemi gövdeleri, uçak gövdeleri ve kanatları, türbin ve fan kanatları, züccaciye, mobilya üretimi ve tasarımı en belirgin örnekleridir. Yüzeyin şekli ve geometrisi için hem estetik hem de fonksiyonel dizayn gereklidir. Yüzey tanımlama aynı zamanda tıp, jeoloji, fizik ve diğer dallarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Tasarım ve mühendislikte bir yüzeyi tanımlamanın klasik yolu çoklu ortogonal projeksiyonlar kullanmaktır. Üç boyutlu çizgilerin çoklu ortogonal projeksiyonlara ek olarak yüzey kesitinde yer alan ortogonal yüzey eğrilerinin bir ağ şeklinde gösterilmesiyle oluşur.

Bilgisayar grafiklerinde ve bilgisayar destekli tasarımda yüzeyin gerçek üç boyutlu matematiksel modelini oluşturmak avantajlıdır. Böyle bir model atalet momenti, yüzey alanı, hacim gibi, yüzeye bağlı fiziksel büyüklüklerin veya yüzey

eğrilik yarıçapı, yüzey karakteristiklerini ifade eden özelliklerin daha kolay ve çabuk analizine imkan verir. Ayrıca tasarım ve tasarımın gerçekleştirilmesi açısından yüzeyin işlenmesi kolaylaşır. Dahası, yüzeyin matematiksel olarak ifade edilmesi tasarımda ve üretimde çoklu ortogonal projeksiyonlar yöntemine göre çok daha kolaylıklar sağlamaktadır. Bezier, Sabin ve Peter'in ilk çalışmalarında bu yaklaşımın kullanılabilirliğini ve uygulanabilirliğini ispatlamışlardır. Bir yüzeyi oluşturmak için kullanılan tasarım parametrelerinin bilinmesi imalatın verimliliğini artıran en önemli unsurlardır. Son zamanlarda yeni gelişen yüzey modelleme teknikleri, klasik çizgi ağı yöntemini kullanılmayacak noktaya getirmiştir.

Yüzey modelleme teknikleri iki temel felsefeden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi ki yaygın olarak Coons adı ile anılır. Bilinen datalardan yararlanılarak bir model oluşturması şeklinde açıklanabilir. Daha çok Bezier olarak bilinen ikinci yöntem ise matematiksel yüzeyin oluşturması şeklinde tanımlanır.

1.3.1. Bezier Eğriler

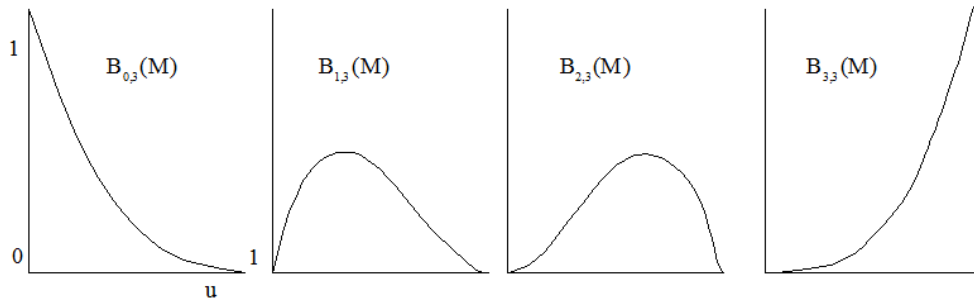
Bezier eğriler ilk olarak 1959 da Paul de Casteljaou tarafından ileri sürülmüştür. Ama 1970'lerde Renault'daki Fransız mühendis Pierre Bezier (1974) tarafından otomobillerin tasarımında kullanılmalarıyla tanınmış bir hal almıştır. Bezier eğrilerinin sahip olduğu özellikler, onları eğri ve yüzey tasarımında bir hayli kullanışlı ve uygun hale getirmektedir. Ayrıca, Bezier eğrilerin programlanması oldukça kolaydır. Bu tür özelliklerinden dolayı Bezier eğrileri öncelikle bilgisayar grafikleri olmak üzere şimdilerde endüstriyel ve bilgisayar destekli tasarım, vektör temelli çizim, font tasarımı (özellikle PostScript fontta) ve 3B modelleme gibi çok sayıdaki alanda geniş oranda kullanılmaktadır. Pierre Bezier, $n+1$ adet p_i kontrol noktası tarafından kontrol edilen $p(u)$ eğrisini aşağıdaki gibi tanımlamıştır [3].

$$p(u) = \sum_{i=0}^n P_i B_{i,n}(u) \quad (1.3.1)$$

Denklemden bulunan $B_{i,n}(u)$ fonksiyonu Bernstein polinomları olarak adlandırılmaktadır.[3]

$$B_{i,n}(u) = \frac{n!}{i!(n-i)!} u^i (1-u)^{n-i} \quad (1.3.2)$$

Bernstein polinomları Bezier eğrilerinin temelini oluşturur. Şekil 1.2.'de dört kontrol noktasına sahip Bezier eğrisinin dört Bernstein polinomu gösterilmektedir. Bernstein polinomları, u parametresinin değişik değerleri için, kontrol noktalarının Bezier eğrisi üzerindeki etkilerini belirtir. İlk kontrol noktasının (P_0) Bezier eğrisine olan etkisi $u=0$ olduğu zaman en üst düzeydedir. Bunun yanında, diğer kontrol noktalarının (P_1, P_2, P_3) $u=0$ olduğu zaman eğri üzerinde bir etkisi yoktur çünkü o kontrol noktalarına ait Bernstein polinomlarının ($B_{1,3}, B_{2,3}, B_{3,3}$) değeri sıfırdır.

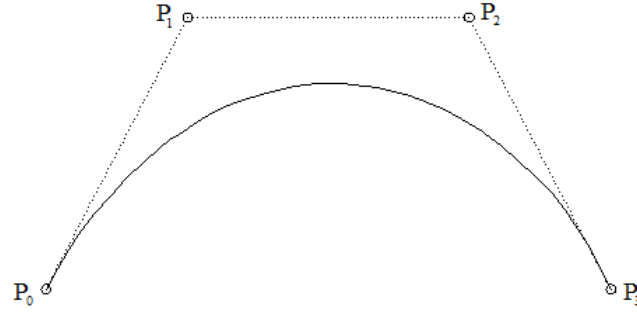


Şekil 1.2. Dört kontrol noktasına sahip ($n=3$) Bezier eğrisine ait Bernstein polinomlarının grafikleri

Bezier eğrileri, Paul de Casteljau ve Pierre Bezier tarafından birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilmiştir. Paul de Casteljau, geliştirdiği yöntemle ilgili teknik raporunu Pierre Bezier' den önce yazmış olmasına rağmen, Pierre Bezier konuyla ilgili çalışmalarını daha önce halka açık hale getirdiği için bu yöntem Bezier eğrileri olarak adlandırılmıştır.

Tüm kontrol noktalarının az veya çok eğri üzerinde bir etkisi vardır. Çünkü Bernstein polinomlarının değeri sadece $u=0$ ve $u=1$ dışında sıfırdan farklıdır. Kontrol noktalarının sayısı ne olursa olsun bu durum değişmez. Kontrolün geniş çaplı olup, kontrol noktalarının tüm eğri üzerinde etkili olması Bezier eğrilerinin dezavantajlarından birisi olarak kabul edilebilir. Ayrıntılı Bezier eğrilerini tanımlamak için birçok kontrol noktası kullanmak mümkündür. Fakat Bezier eğrilerinde kontrolün geniş çaplı olması ve polinomun derecesi arttıkça matematiksel hesaplamalarının karmaşıklaşması yüzünden kontrol noktalarının sayısının fazla olması tercih edilmez. Bunun yerine dört kontrol noktasına sahip Bezier eğrilerinin arka arkaya birleştirilmesiyle daha ayrıntılı eğriler oluşturulur.

Bu nedenden dolayı, kübik Bezier eğrileri (4 kontrol noktasına sahip Bezier eğrileri) diğer dereceden Bezier eğrilerine göre daha yaygın olarak kullanılır.



Şekil 1.3. Bir kübik bezier eğrisi ve onu tanımlamak için kullanılan dört kontrol noktası [3]

Aşağıda kübik Bezier eğrilerine ait Bernstein polinomlarının denklemi gösterilmektedir.

$$B_{0,3} = (1-u)^3 \quad (1.3.3)$$

$$B_{1,3} = 3u(1-u)^2 \quad (1.3.4)$$

$$B_{2,3} = 3u^2(1-u) \quad (1.3.5)$$

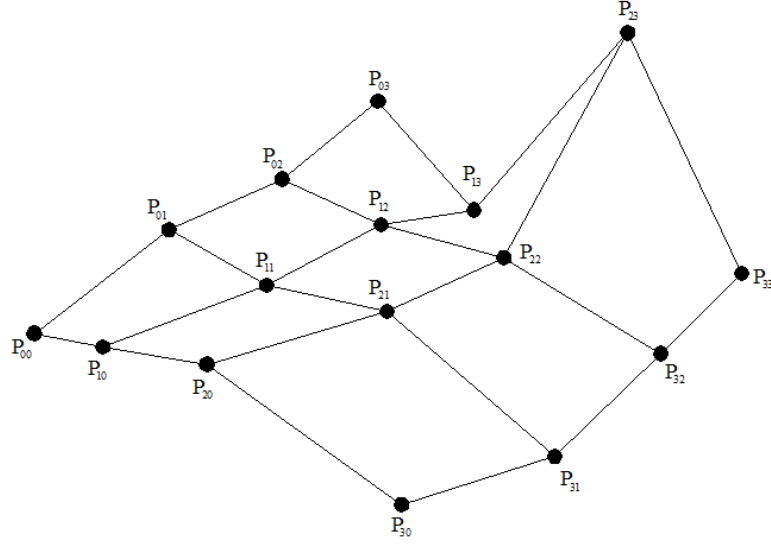
$$B_{3,3} = u^3 \quad (1.3.6)$$

Buna göre, kübik Bezier eğrisinin denklemi aşağıdaki gibi olacaktır.

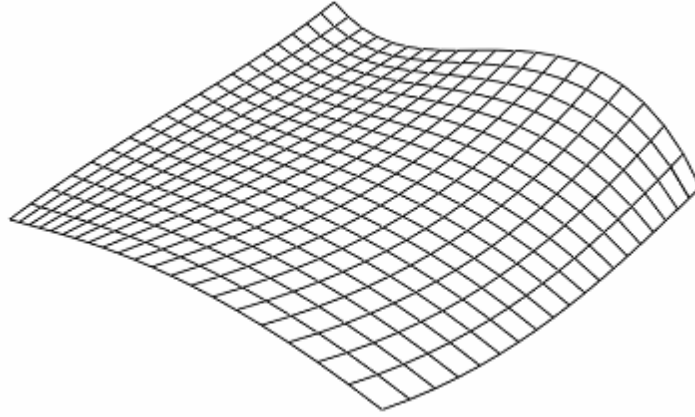
$$P(u) = P_0(1-u)^3 + P_1 3u(1-u)^2 + P_2 3u^2(1-u) + P_3 u^3 \quad (1.3.7)$$

Dört kontrol noktasına sahip Bezier eğrilerinin gösterimi üçüncü dereceden (kübik) bir polinom olmaktadır. Polinomun derecesi her zaman kontrol noktalarının sayısından bir eksiktir. Üç boyutlu Bezier yüzeylerinin (diğer adıyla Bezier yamalarının) tanımlanması için Bezier eğrilerinin gösteriminin genelleştirilmesi mümkündür. Matematiksel olarak, üç boyutlu yüzeyler iki eğrinin Kartezyen çarpımından elde edilebilir. Dolayısıyla, $(m+1)(n+1)$ kontrol noktası tarafından belirtilen Bezier yüzeyinin gösterimi şöyle olacaktır [3].

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} B_{i,n}(u) B_{j,m}(v) \quad (1.3.8)$$



Şekil 1.4. 16 kontrol noktası ile tanımlanmış bir yüzey poligonu [3]



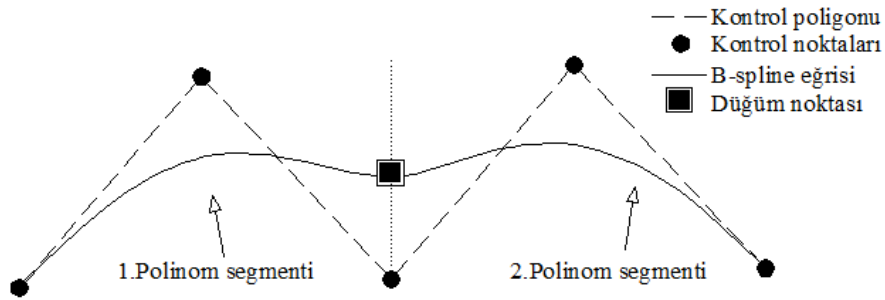
Şekil 1.5. 16 kontrol noktası ile tanımlanmış yüzey poligonundan tanımlanmış bir Bezier yüzeyi [3]

Bezier eğrileri dışında yaygın olarak kullanılan diğer yöntemler arasında B-Spline, Cardinal, Hermite, Kochanek-Bartels ve Catmull-Rom eğrileri sayılabilir. Ayrıca Loop, Doo-Sabin ve $\sqrt{3}$ gibi yaygın olarak kullanılan yüzey bölümlendirme yöntemleri de vardır.

1.3.2. B-spline Eğriler

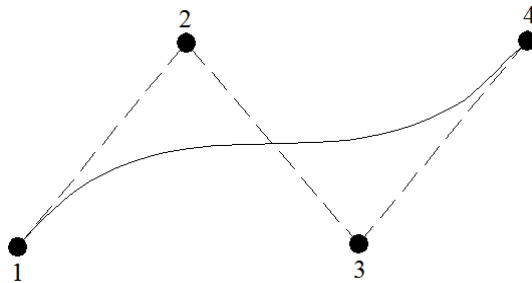
B-spline eğrilerinin teorisi ilk olarak Schoenberg (1946) tarafından önerilmiş olmasına rağmen, Bilgisayar Destekli Geometrik Dizayn alanında ilk uygulamalar Gordon ve Riesenfeld (1974) tarafından yapılmıştır. B-spline eğri ve yüzeyleri

kontrol noktaları adı verilen köşe noktaları ile tanımlanırlar. Bu noktalar kullanılarak elde edilen eğri ve yüzeyler, kontrol noktalarından geçmemekle birlikte, eğri ve yüzeyin formu tamamen bu noktaların konumlarına göre şekillenmektedir. Bu kontrol noktalarının oluşturduğu poligona kontrol poligonu denilmektedir. Bu noktalar bir mıknatıs gibi davranarak eğrinin kontrol poligonunun şeklini takip etmesini sağlar ve sonuçta kontrol poligonunun sınırları içerisinde kalan karakteristik ve düzgün bir eğri elde edilir [3].



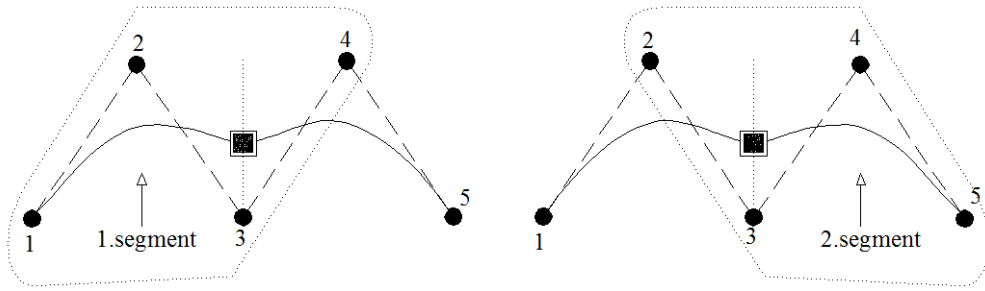
Şekil 1.6. Bir B-spline eğrisi ve kontrol poligonu[3]

B-spline eğrilerinin genel olarak Bezier eğrilerinin geliştirilmesi sonucu ortaya çıkmış eğriler olduğunu söyleyebiliriz. Yalnız B-spline eğrileri genelde Bezier eğrisi gibi tek parça bir eğri değildir. B-spline en az bir yada daha çok polinom segmentinin birleşmesinden oluşmaktadır. B-spline eğrisinin tek bir segmentten oluşması durumunda bu eğri aynı zamanda Bezier eğrisidir. Bu durumun gerçekleşebilmesi için, eğrinin kontrol noktası sayısı ile mertebesinin birbirine eşit olması gerekmektedir. Şekil 1.7.'da görülen eğrinin dört kontrol noktası vardır ve eğrinin mertebesi de dört olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla bu eğri, hem B-spline eğrisi hem de Bezier eğrisidir ve tek parça bir eğridir [3].

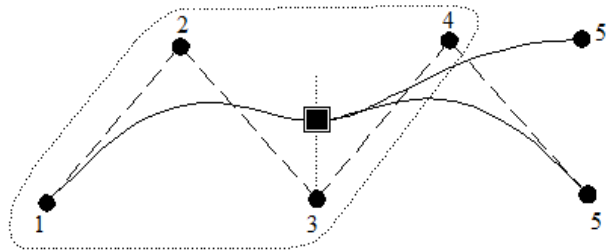


Şekil 1.7. Bezier eğrisine eşdeğer bir B-spline eğrisi [3]

B-spline eğrisinin derecesi Bezier eğrilerinde olduğu gibi kontrol noktasına bağlı olmayıp, kontrolü mümkündür. B-spline eğrisinin derecesi mertebesinin bir eksiğidir ($k-1$). B-spline eğrisinin mertebesi, polinom segmentlerini etkileyen kontrol noktası sayısını göstermektedir. Şekil 1.8.' de, beş kontrol noktası ile çizilmiş 4.mertebeden (3.derece) bir B-spline eğrisi görülmektedir. Bu iki eğri segmentten oluşmakta ve segmentlerin birleştikleri noktalarda düğüm noktaları bulunmaktadır. Şekil 1.9.' de B-spline eğrisinin 1. segmentini etkileyen kontrol noktaları ve 2. Segmenti etkileyen kontrol noktaları noktalı alanlar içerisinde görülmektedir. Çizilen mertebeden bir eğri olduğundan, her polinom segmentini sadece dört kontrol noktası etkilemektedir. Yani, 1.segment üzerinde 5. Kontrol noktasına hiçbir etkisi yoktur. 5. nokta konumu kasti olarak değiştirilip 5' konumuna getirilirse, bu değişimin 1. segment üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı Şekil 1.9.' den açıkça görülmektedir.

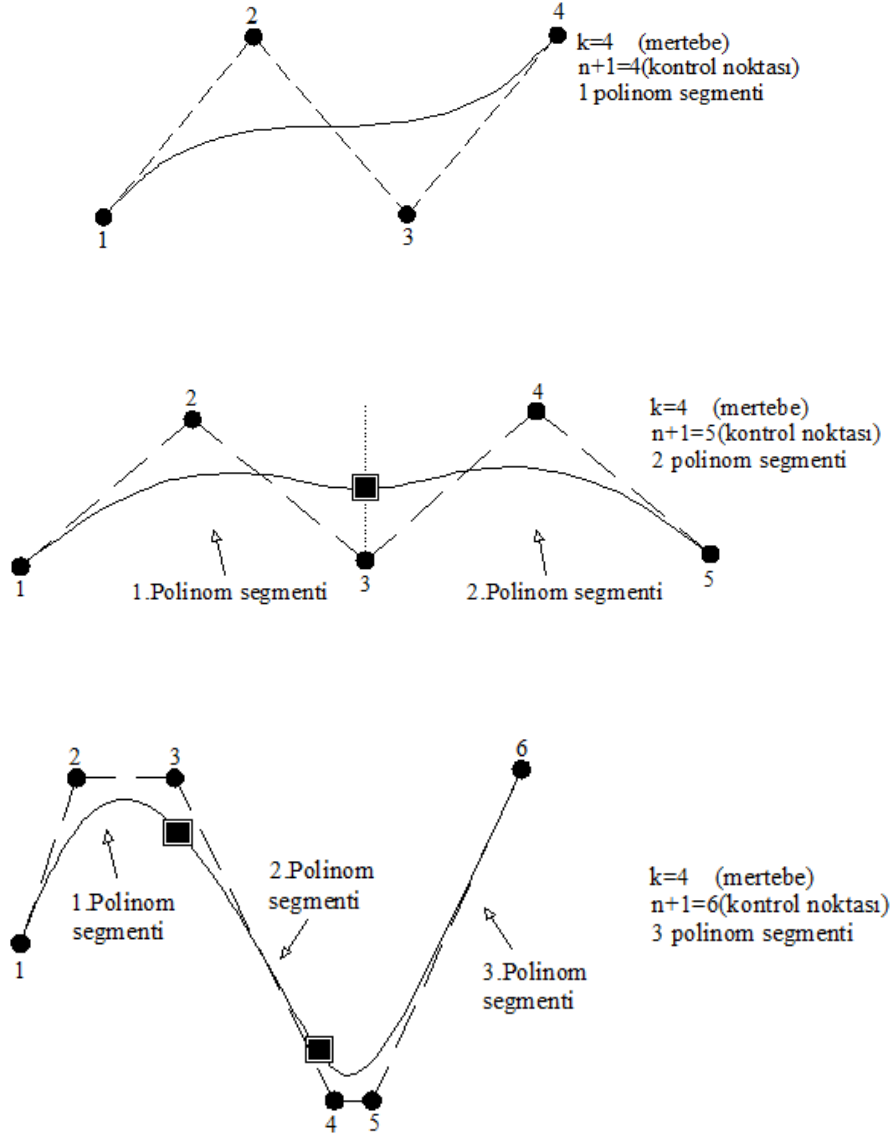


Şekil 1.8. B-spline eğrisinin 1.ve 2.segmentini etkileyen kontrol noktaları



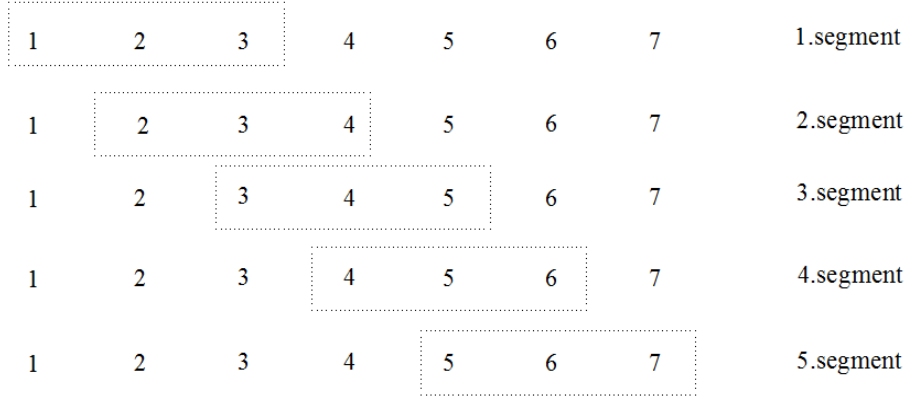
Şekil 1.9. Kontrol noktası ile eğri mertebesi arasındaki ilişki

Kontrol noktası sayısı ile eğrinin mertebesi arasındaki ilişki eğrinin kaç polinom segmentinden oluşacağını belirler. B-spline eğrisinin mertebe sayısından fazla kontrol noktası ile tanımlanması eğride segment sayısının artmasına yol açmaktadır. Her yeni kontrol noktası eğriye fazladan bir segment kazandıracaktır. B-spline eğrilerinin bu özelliği Şekil 1.10.' dan görülmektedir.



Şekil 1.10. Eğrinin kontrol noktası ve mertebesinin, segment sayısına etkisi

Konuya açıklık kazandırmak için yedi tane kontrol noktası ile tanımlanmış 3.mertebeden (2.derece) bir B-spline eğrisini örnek alalım. Şekil 1.11.' de her bir polinom segmentini etkileyen kontrol noktaları çerçeve içine alınmıştır. Eğrinin mertebesi 3 olduğundan üçüncü kontrol noktasından sonraki her kontrol noktası için eğriye bir segment daha eklenecektir. Dolayısıyla bu örnekteki B-spline eğrisi beş polinom segmentinden oluşacaktır.



Şekil 1.11. Her bir polinom segmentini etkileyen kontrol noktaları

B-spline eğrilerinin formunu etkileyen önemli bir faktör de düğüm vektörleridir. B-spline eğrisinin parametre değişimini gösteren düğüm vektörü B-spline eğrisinin kaç polinom segmentinden oluşacağını belirler. Düğüm vektörünün elemanları olan parametre değerlerine düğüm noktaları denir ve her polinom segmentinin uç noktalarında bulunur. Düğüm vektörlerine diğer bölümlerde ayrıntılı olarak değinilecektir. B-spline eğrilerinde her kontrol noktasının (B_i) bir temel fonksiyonu ($N_{i,k}$) vardır. Böylece, bir kontrol noktası (B_i) eğriyi ancak temel fonksiyonunun sıfır olduğu yere kadar etkileyebilmektedir. B-spline eğrisinin denklemi bu temel fonksiyonlarının ve kontrol noktalarının lineer kombinasyonu ile elde edilmektedir:

$$P(t) = \sum_{i=1}^{n+1} B_i N_{i,k}(t) \quad t_{\min} \leq t \leq t_{\max} \quad 2 \leq k \leq n+1 \quad (1.3.9)$$

B-spline temel fonksiyonlarının nümerik hesaplama açısından en uygun matematiksel ifadesini Cox (1971) ve de Boor (1972) vermiştir. Her kontrol noktası için tanımlanan k. mertebeden i. Normalleştirilmiş B-spline temel fonksiyonunun ifadesi aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$N_{i,1}(u) = \begin{cases} 1 & , x_i \leq t \leq x_{i+1} \\ 0 & \end{cases} \quad (1.3.10)$$

aksi takdirde;

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t - x_i)}{x_{i+k-1} - x_i} N_{i,k-1}(t) + \frac{(x_{i+k} - t)}{x_{i+k} - x_{i+1}} N_{i+1,k-1}(t), \quad 1 \leq i \leq n+1 \quad (1.3.11)$$

Nümerik hesaplama açısından, bu matematiksel ifade için $0/0 \equiv 0$ kabulü yapılmaktadır.

Bu ifadede;

$N_{i,k}$: mertebesi (k) olan (i). temel fonksiyonu,

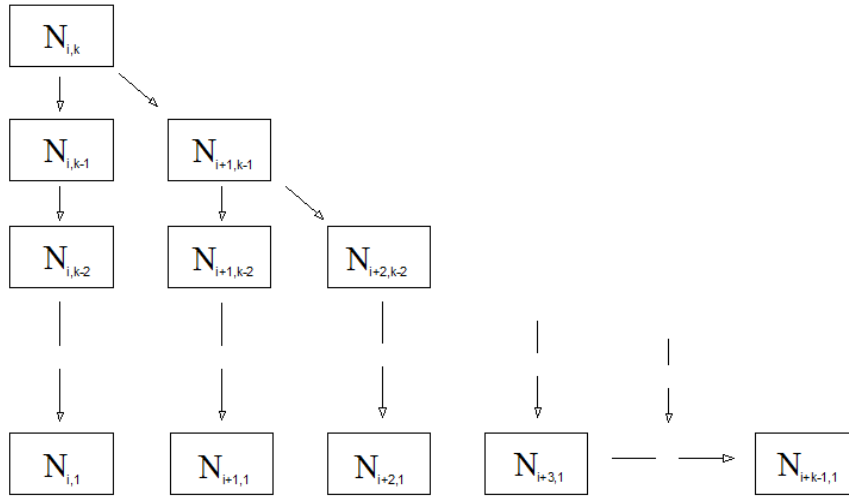
t : eğrinin parametresini,

k : eğrinin mertebesini,

x_i : düğüm vektörünün elemanlarını

n+1 : kontrol noktalarının sayısını göstermektedir.

Cox-de Boor formülasyonundan da görüleceği gibi k. mertebeden bir temel fonksiyonun hesabı için 1. mertebe dahil olmak üzere k' dan düşük mertebede tüm temel fonksiyonların hesaplanması gerekmektedir. B-Spline temel fonksiyonlarının birbirleriyle olan ilişkisi Şekil 1.12.' de görülmektedir.



Şekil 1.12. $N_{i,k}$ temel fonksiyonunun hesabı için gereken diğer temel fonksiyonlar

Normalleştirilmiş B-spline temel fonksiyonlarının bazı özellikleri aşağıda verilmektedir:

$$N_{i,k}(t) > 0 \quad ; \quad x_i \leq t \leq x_{i+k} \quad (\text{her parametre değeri için pozitif bir sayıdır})$$

$$N_{i,k}(t) = 0 \quad ; \quad x_1 \leq t \leq x_i, \quad x_{i+k} \leq t \leq x_{n+k+1}$$

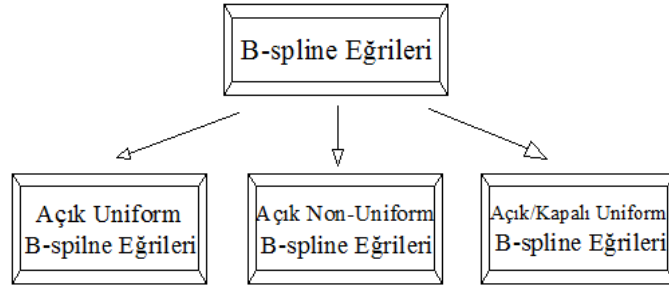
$$\sum_{i=0}^{n+1} N_{i,k}(t) = 1 \quad (\text{herhangi bir t parametresi için temel fonksiyonların toplamı birdir})$$

$N_{i,k}(t)$ düğüm noktalarında $(k-2)$. mertebeden sürekliliğe sahiptir $(C)^{k-2}$

Her B-spline eğrisi için bir düğüm vektörü tanımlanmıştır. Bu vektör, B-spline eğrisinin parametre aralığını göstermektedir. B-spline temel fonksiyonlarının (1.3.11) denkleminde görülen x_i değerleri, eğri boyunca değişen t parametresini gösteren düğüm vektörünün elemanlarıdır. Monoton olarak artan reel sayılardan $x_i \leq x_{i+1}$ oluşan düğüm vektörünün B-spline fonksiyonlarının şekillenmesinde büyük önemi vardır. B-spline eğrisi bu düğüm vektörünün elemanlarının belirlediği sayıda ve şekilde parçalara ayrılır. Yani bir B-spline eğrisinin kaç polinom segmentinden oluşacağı düğüm vektörü tarafından belirlenir. Düğüm vektörünün elemanları, t_{\min} 'den t_{\max} 'a doğru monoton olarak t parametre değerleridir.

$$[X] = [t_{\min} = t_1 \quad (t_2) \dots (t_{n+k}) \quad t_{\max} = t_{n+1+k}]$$

B-spline eğrisinin üniform, non-üniform veya açık, kapalı bir eğri olup olmadığı düğüm vektörü ile belirlenir. Bir başka deyişle B-spline eğrileri kullanılan düğüm vektörünün tipine göre sınıflandırılır.



Şekil 1.13. B-spline eğrilerinin sınıflandırılması

- a) Bir B-spline eğrisinin üniform veya non-üniform bir eğri olup olmadığı düğüm vektörünü oluşturan parametre değerlerinin eşit aralıklı olup olmamasına bağlıdır.
- b) Periyodik düğüm vektörleri kullanılarak, kapalı B-spline eğrileri oluşturulabilir.

Üniform bir düğüm vektörü eşit aralıklı artan parametre değerlerine sahiptir. Bu vektörün elemanları sıfırdan başlayıp maksimum parametre değerine kadar eşit aralıklı olarak artmaktadır. Eğer, normalleştirilmiş parametre aralığı söz konusu ise

parametre değerleri 0 ve 1 arasında değişecektir. Bu tip düğüm vektörlerinin kullanılmasıyla genellikle açık üniform B-spline eğileri oluşturulmaktadır. Açık üniform düğüm vektörlerinin başında ve sonundaki parametre değerleri eğrinin mertebesi (k) kadar tekrar edilmesi gerekmektedir. Bu oluşturulacak eğrinin ilk son kontrol noktalarından geçmesini sağlayacaktır. Örneğin,

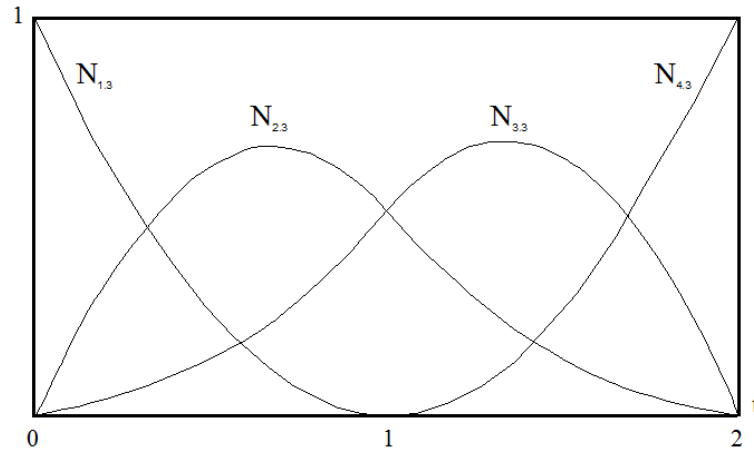
$$k=3 \text{ için } X=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3]$$

Açık üniform düğüm vektörleri aşağıdaki denklem takımı kullanılarak elde edilmektedir:

$$\begin{aligned} x_i &= 0 & 1 \leq i \leq k \\ x_i &= i - k & k+1 \leq i \leq n+1 \\ x_i &= n - k + 2 & n+2 \leq i \leq n+k+1 \end{aligned} \quad (1.3.12)$$

Şekil 1.14.' de dört kontrol noktası (n+1=4) ile tanımlanmış 3. Mertebeden (k=3) bir B-spline eğrisine ait temel fonksiyonlar görülmektedir. Eğriye ait açık üniform düğüm vektörü (1.3.12) denkleminden aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$X=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2]$$



Şekil 1.14. Açık üniform B-spline eğrisine ait temel fonksiyonlar (k=3, n+1=4)

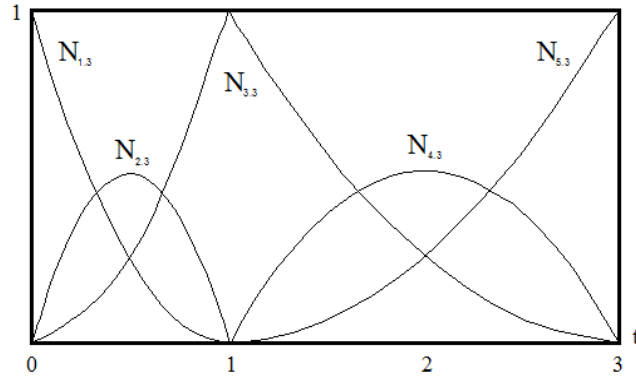
Eğer kontrol poligonuna ait nokta sayısı (n+1) ve eğrinin mertebesi (k) eşitse, açık üniform B-spline temel fonksiyonları Bernstein temel fonksiyonlarına indirgenir. (Bezier eğrileri) Örneğin, dört poligon noktası ile dördüncü mertebeden (k=4) bir eğrinin çizilmesiyle bir kübik Bezier/B-spline eğrisi oluşturulmuş olacaktır. Bu eğriye ait düğüm vektörü;

$$X=[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$$

Diğer bir düğüm vektörü de tipi de non-üniform düğüm vektörüdür. (non-üniform knot vektör) Bu vektör eşit aralıklı olarak artmayan ve tekrar edilebilen parametre değerlerine sahiptir. Örneğin,

$$X=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2]$$

Şekil 1.15.'de non-üniform B-spline temel fonksiyonlarına ait bir örnek görülmektedir. Eğri beş poligon noktası ($n+1=5$) ile tanımlanmış üçüncü mertebeden ($k=3$) bir eğridir. Bir ara parametre değeri tekrarlanan non üniform düğüm vektörü aşağıdaki gibi verilmektedir.



Şekil 1.15. Açık üniform B-spline eğrisine ait temel fonksiyonlar ($k=3, n+1=5$)

$$X=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 3 \ 3 \ 3]$$

Açık non-üniform düğüm vektörünün elemanları, poligon noktaları arasındaki yay uzunluğu ile orantılı olacak şekilde aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$x_i = 0 \quad 1 \leq i \leq k$$

$$x_{i+k} = \frac{\left[\frac{i}{n-k+2} \right] c_{i+1} + \sum_{j=1}^i c_j}{\sum_{i=1}^n c_i} (n-k+2); \quad 1 \leq i \leq n-k+1 \quad (1.3.13)$$

$$x_i = n-k+2 \quad ; \quad n+2 \leq i \leq n+k+1$$

(1.3.13) denkleminde $c_i = |B_{i+1} - B_i|$ ' dir. Eşit aralıklı olarak verilmiş kontrol poligonu noktaları için non-üniform düğüm vektörü, üniform düğüm vektörüne dönüşmektedir. Periyodik düğüm vektörlerinin elemanları, 0 ile maksimum parametre değeri olan $t_{\max} = n+k$ arasında değişecektir ve eleman sayısı da $n+k+1$

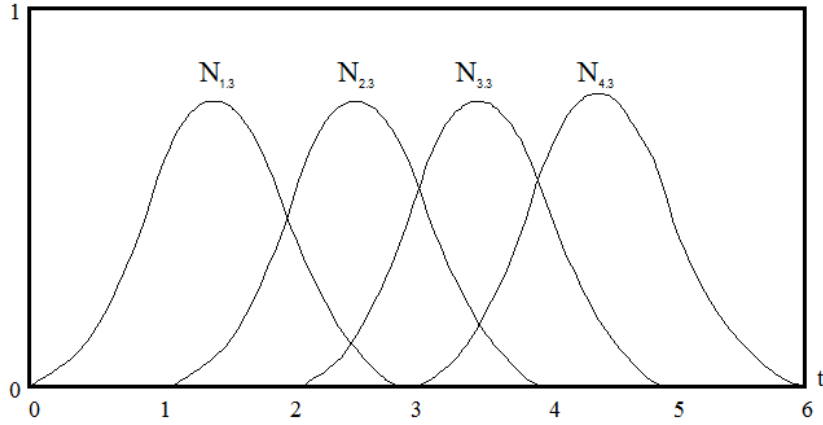
olacaktır. Örneğin, ikinci derece ($k=3$) ve dört poligon noktası ($n+1=4$) olan bir eğri için, periyodik üniform düğüm vektörü;

$$X=[0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6]$$

Eğrinin mertebesi (k) ne olursa olsun periyodik üniform düğüm vektörleri kullanılarak oluşturulan eğrinin temel fonksiyonları aşağıdaki koşulu her zaman sağlamaktadır:

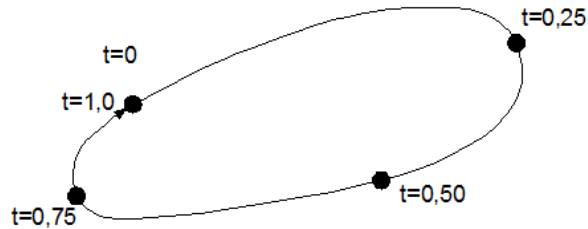
$$N_{i,k}(t) = N_{i-1,k}(t-1) = N_{i+1,k}(t+1) \quad (1.3.14)$$

Periyodik temel fonksiyonların bu özelliği Şekil 1.16.'de görülmektedir.



Şekil 1.16. Periyodik üniform B-spline eğrisinin temel fonksiyonları($k=3$, $n+1=4$)

Periyodik düğüm vektörleri kapalı eğriler oluşturmak için de kullanılabilir. Şekil 1.17.'de kapalı periyodik B-spline eğrilerine ait bir örnek görülmektedir:



Şekil 1.17. Periyodik (kapalı) bir B-spline eğrisi ve parametre değişimi

Bu kavramların daha açıklayıcı olması için aşağıda örnekler verilerek izah edilemeye çalışıldı.

Örneğin, Üç kontrol noktası ile tanımlanmış ($n+1=3$), quadratik bir B-spline eğrisinin ($k=3$) periyodik temel fonksiyonlarını $N_{i,3}(t), i=1, 2, 3$ hesaplayıp, çizelim.

Bunun için sırasıyla bu eğrinin parametre aralığı düğüm vektörü ile belirlenir.

Düğüm vektörünün eleman sayısı: $n+k+1=6$

Periyodik eğriler için max. Parametre değeri (t_{\max}) : $n+k=5$

Düğüm vektörü: $[X]=[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6]=[0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5]$

Bu eğrinin parametre aralığı $0 \leq t \leq 5$ arasında değişmektedir.

2.mertebeden bir temel fonksiyonun hesabı için (1.3.14) denkleminde de görülebileceği gibi tüm 1 ve 2. Mertebeden temel fonksiyonların hesabı gereklidir.

Son parametre aralığı x_5 ve x_6 arasında değiştiği için en fazla $N_{5,1}$ 'in hesabı mümkündür.

$$\begin{array}{ccccc} N_{1,1} & N_{2,1} & N_{3,1} & N_{4,1} & N_{5,1} \\ N_{1,2} & N_{2,2} & N_{3,2} & N_{4,2} & \\ N_{1,3} & N_{2,3} & N_{3,3} & & \end{array}$$

Dolayısıyla $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ 'ün hesabı için gerekli temel fonksiyonlar yukarıdaki şemadan görülmektedir. B-spline temel fonksiyonları her parametre aralığında hesaplanırsa;

$$x_1 \leq t \leq x_2 ; 0 \leq t \leq 1$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,1}(t) = 1 \quad ; \quad N_{i,1} = 0, i \neq 1$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,2}(t) = \frac{(t-0)}{(1-0)} N_{1,1} + \frac{(2-t)}{(2-1)} N_{2,1} = t + 0 = t \quad ; \quad N_{i,2} = 0, i \neq 1$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = \frac{(t-0)}{(2-0)} N_{1,2} + \frac{(3-t)}{(3-1)} N_{2,2} = \frac{t}{2}t + 0 = \frac{t^2}{2} \quad ; \quad N_{i,3} = 0, i \neq 1$$

$$x_2 \leq t < x_3 ; 1 \leq t < 2$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0 , i \neq 2$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,2}(t) = \frac{(t-0)}{(1-0)} N_{1,1} + \frac{(2-t)}{(2-1)} N_{2,1} = 0 + (2-t) = (2-t)$$

$$N_{2,2}(t) = \frac{(t-1)}{(2-1)} N_{2,1} + \frac{(3-t)}{(3-2)} N_{3,1} = (t-1) + 0 = (t-1) \quad ; N_{i,2} = 0 , i \neq 1, 2$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = \frac{(t-0)}{(2-0)} N_{1,2} + \frac{(3-t)}{(3-1)} N_{2,2} = \frac{t}{2}(2-t) + \frac{(3-t)}{2}(t-1)$$

$$N_{2,3}(t) = \frac{(t-1)}{(3-1)} N_{2,2} + \frac{(4-t)}{(4-2)} N_{3,2} = \frac{(t-1)}{2}(t-1) + 0 = \frac{(t-1)^2}{2}$$

$$; N_{i,3} = 0 , i \neq 1, 2$$

$$x_3 \leq t < x_4 ; 2 \leq t < 3$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0 , i \neq 3$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,2}(t) = (3-t)$$

$$N_{3,2}(t) = (t-2) \quad ; N_{i,2} = 0 , i \neq 2,3$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = \frac{(3-t)}{2}(3-t)$$

$$N_{2,3}(t) = \frac{(t-1)}{2}(3-t) + \frac{(4-t)}{2}(t-2)$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{(t-2)}{2}(t-2) \quad ; N_{i,3} = 0 , i \neq 1, 2,3$$

$$x_4 \leq t < x_5 ; 3 \leq t < 4$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{4,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0, i \neq 4$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,2}(t) = (4-t)$$

$$N_{4,2}(t) = (t-3) \quad ; N_{i,2} = 0, i \neq 3,4$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,3}(t) = \frac{(4-t)^2}{2}$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{(t-2)}{2}(4-t) + \frac{(5-t)}{2}(t-3) \quad ; N_{i,3} = 0, i \neq 2,3$$

$$x_5 \leq t < x_6 ; 4 \leq t < 5$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{5,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0, i \neq 5$$

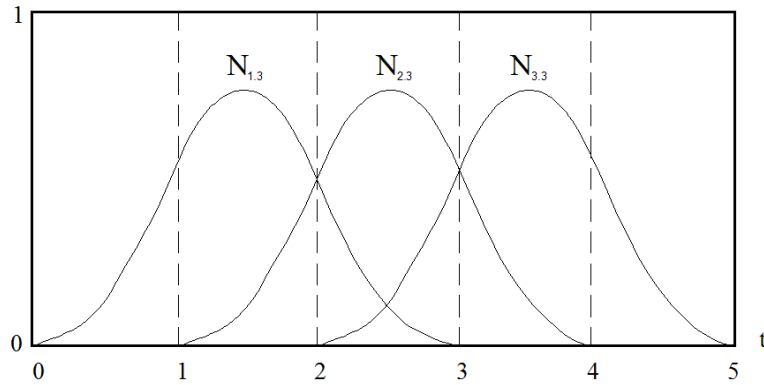
2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{4,2}(t) = (5-t) \quad ; N_{i,2} = 0, i \neq 4$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,3}(t) = \frac{(5-t)^2}{2} \quad ; N_{i,3} = 0, i \neq 3$$

Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ temel fonksiyonlarını Şekil 1.18.' de görülmektedir.



Şekil 1.18. Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ temel fonksiyonları

Yine bir başka örnek ile açıklayacak olursak, üç kontrol noktası ile tanımlanmış ($n+1=3$), quadratik bir B-spline eğrisinin ($k=3$) açık üniform temel fonksiyonlarını $N_{i,3}(t)$, $i \neq 1, 2, 3$ hesaplayıp, çizdirirsek;

Öncelikle açık üniform düğüm vektörleri (1.3.14) denkleminde belirlenirler:

$$[X] = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6] = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]$$

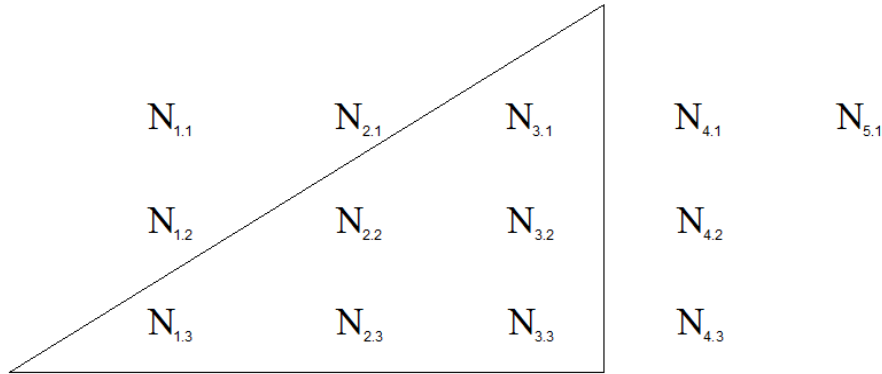
Düğüm vektörünün eleman sayısı: $n+k+1=6$

Periyodik eğriler için max. Parametre değeri (t_{\max}): $n-k+2=1$

Bu eğrinin parametre aralığı $0 \leq t < 1$ arasında değişmektedir.

Açık üniform düğüm vektörlerinin özelliği, uç parametre değerlerinin (k) kere yinelenmesidir. Bu değerlerin tekrarlanmasının amacı B-spline eğrisinin kontrol poligonunun uç noktalarından geçmesini sağlamaktır.

$0 \leq t < 1$ aralığı $x_3 \leq t < x_4$ aralığında denk geldiğinden, aşağıdaki şemada üçgen alan içinde kalan temel fonksiyonlar hesaplanacaktır:



$$x_3 \leq t < x_4 \ ; \ 0 \leq t < 1$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,1}(t) = 1 \ ; \ N_{i,1} = 0 \ , \ i \neq 3$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,2}(t) = \frac{(t-0)}{(0-0)} N_{2,1} + \frac{(1-t)}{(1-0)} N_{3,1} = 0 + (1-t) = (1-t)$$

$$N_{3,2}(t) = \frac{(t-0)}{(1-0)} N_{3,1} + \frac{(1-t)}{(1-1)} N_{4,1} = t + 0 = t \ ; \ N_{i,2} = 0 \ , \ i \neq 2, 3$$

3.mertebe fonksiyonlar:

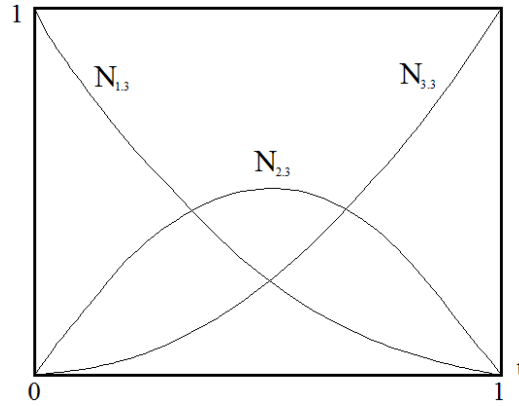
$$N_{1,3}(t) = \frac{(t-0)}{(0-0)} N_{1,2} + \frac{(1-t)}{(1-0)} N_{2,2} = 0 + (1-t)(1-t) = (1-t)^2$$

$$N_{2,3}(t) = \frac{(t-0)}{(1-0)} N_{2,2} + \frac{(1-t)}{(1-0)} N_{3,2} = t(1-t) + (1-t)t = 2t(1-t)$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{(t-0)}{(1-0)} N_{3,2} + \frac{(4-t)}{(4-2)} N_{3,2} = \frac{(1-t)}{(1-1)} N_{4,2} = t^2 + 0 = t^2$$

$$N_{i,3} = 0, \quad i \neq 1, 2, 3$$

Quadratik eğriler olan $N_{1,3}$, $N_{2,3}$, $N_{3,3}$ temel fonksiyonlarını Şekil 1.19.' de görülmektedir. Nokta sayısı ($n+1=3$) ve mertebe sayısı ($k=3$) eşit olduğundan, elde edilen B-spline temel fonksiyonları aynı zamanda Bezier eğrilerinin temel fonksiyonu olan Bernstein fonksiyonlarıdır. Bu temel fonksiyonlar kullanılarak elde edilen eğri hem B-spline hem Bezier eğrisidir.



Şekil 1.19. Quadratik eğriler olan $N_{1,3}$, $N_{2,3}$, $N_{3,3}$ temel fonksiyonları

Aynı örnek için farklı düğüm vektörleri kullanılmasıyla çok farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Periyodik üniform vektörleri için parametre aralığı $0 \leq t < 5$ arasında değişirken, açık üniform vektörler için $0 \leq t < 1$ arasında değişmektedir. Açık üniform düğüm vektörlerinin kullanılması parametre aralığını oldukça azaltmaktadır. Bu kavramların daha açıklayıcı olması için aşağıda örnekler veriler izah edilemeye çalışıldı.

Yine başka bir örnek ile açıklarsak beş kontrol noktası ile tanımlanmış ($n+1=5$), quadratik bir B-spline eğrisinin ($k=3$) açık non-üniform temel fonksiyonlarını $N_{i,3}(t)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$ hesaplayıp çizelim. Eğrinin non-üniform düğüm vektörü $[x]$

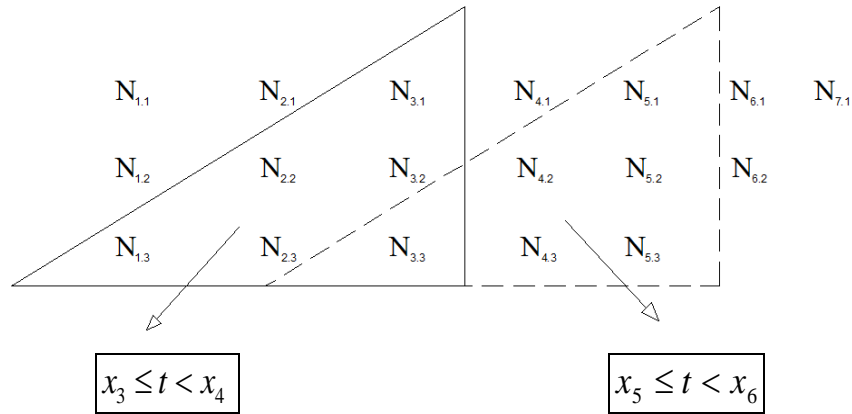
$= [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2]$ olarak verilmiş olsun. (Düğüm vektörünün $t=1$ değeri iki kere tekrar edilmektedir, dolayısıyla bu vektör non-üniform bir vektördür.)

$$[\mathbf{x}] = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6 \ x_7 \ x_8] = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2]$$

Düğüm vektörünün eleman sayısı: $n+k+1=8$

Bu eğrinin parametre aralığı $0 \leq t < 2$ arasında değişmektedir.

Bu düğüm vektörüne göre B-spline eğrisi iki parametre aralığında ($0 \leq t < 1$ ve $1 \leq t < 2$) hesaplanacaktır. Aşağıdaki şemada her parametre aralığı için hesaplanacak temel fonksiyonlar üçgen alanlar içinde görülmektedir:



$$x_3 \leq t < x_4$$

$$; 0 \leq t < 1$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,1}(t) = 1$$

$$; N_{i,1} = 0, i \neq 3$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,2}(t) = 1 - t$$

$$N_{3,2}(t) = t$$

$$; N_{i,2} = 0, i \neq 2, 3$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = (1 - t)^2$$

$$N_{2,3}(t) = t(1 - t) + (1 - t) = 2t(1 - t)$$

$$N_{3,3}(t) = t^2$$

$$; N_{i,3} = 0, i \neq 1, 2, 3$$

$$x_5 \leq t < x_6$$

$$; 1 \leq t < 2$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{5,1}(t) = 1$$

$$; N_{i,1} = 0, i \neq 5$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{4,2}(t) = 2 - t$$

$$N_{5,2}(t) = t - 1 \quad ; \quad N_{i,2} = 0, \quad i \neq 4, 5$$

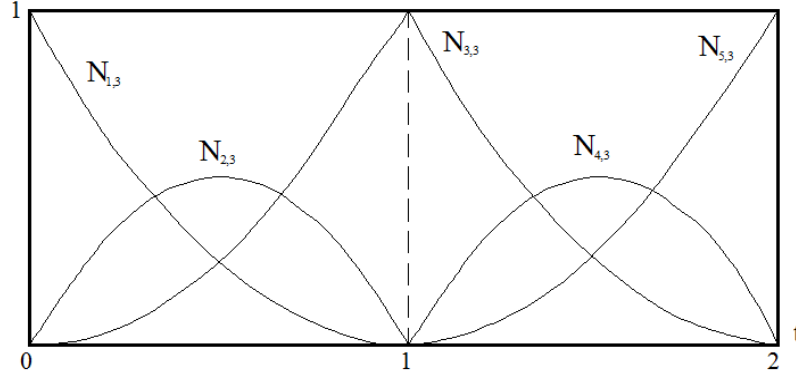
3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,3}(t) = (2 - t)^2$$

$$N_{4,3}(t) = (t - 1)(2 - t) + (2 - t)(t - 1) = 2(t - 1)(2 - t)$$

$$N_{5,3}(t) = (t - 1)^2 \quad ; \quad N_{i,3} = 0, \quad i \neq 3, 4, 5$$

Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}, N_{4,3}, N_{5,3}$ temel fonksiyonlarını Şekil 1.20.' de görülmektedir. $t=1$ noktası düğüm vektörü içinde iki kere tekrar edildiği için o noktada bir köşe noktası oluşmaktadır. (Non-üniform düğüm vektörlerinin bir özelliği)



Şekil 1.20. Quadratik eğriler olan $N_{1,3}, N_{2,3}, N_{3,3}$ temel fonksiyonları

1.3.3. B-Spline Eğrilerinin Matematiksel Tanımı

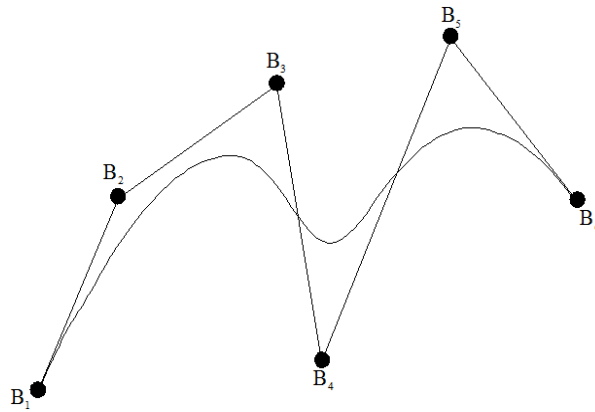
B-spline eğrilerinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$P(u, v) = \sum_{i=1}^{n+1} B_i N_{i,k}(t) \quad t_{\min} \leq t < t_{\max}, \quad 2 \leq k < n+1 \quad (1.3.15)$$

Bu ifade (B_i) kontrol noktalarını, (t) eğri boyunca değişen eğri parametresini, (k) eğrinin mertebesini ($n+1$) de kontrol noktası sayısını göstermektedir. $N_{i,k}(t)$ fonksiyonları ise (1.3.13) denklemi ile verilmiş olan k . mertebeden B-spline temel fonksiyonlarıdır. (1.3.14) denkleminde de görüldüğü gibi B-spline eğrisi tüm

kontrol noktalarının ve temel fonksiyonlarının lineer kombinasyonu sonucu oluşan bir eğridir. Genel olarak Bilgisayar Destekli Geometrik Dizayn alanında en sık kullanılan eğri tipi üniform B-spline eğrileri olduğundan, burada daha çok bu eğrilere ağırlık verilecektir. Bir açık üniform B-spline eğrisi ve tanımlayıcı kontrol poligonu Şekil 1.21.'de görülmektedir. B-spline eğrilerinin diğer matematiksel fonksiyonlardan üstünlüğü, eğrinin formunu kontrol etmeye yarayan bazı özelliklerinin olmasıdır. Bu kontrol özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Düğüm vektörleri ve B-spline temel fonksiyonlarının tipi,
- Temel fonksiyonunun mertebesi,
- Kontrol noktalarının sayısı ve konumu,
- Tekrarlayan kontrol noktaları,
- Tekrarlayan parametre değerleri,



Şekil 1.21. Bir kübik B-spline eğrisi ($k=4$) tanımlayıcı kontrol poligonu

Yine bu kavramların daha açıklayıcı olması için aşağıda örnek verilerek izah edilmeye çalışıldı.

Örneğin, dört kontrol noktası ile tanımlanmış ($n+1=4$), açık üniform quadratik B-spline eğrisinin ($k=3$) denklemini oluşturmak istersek;

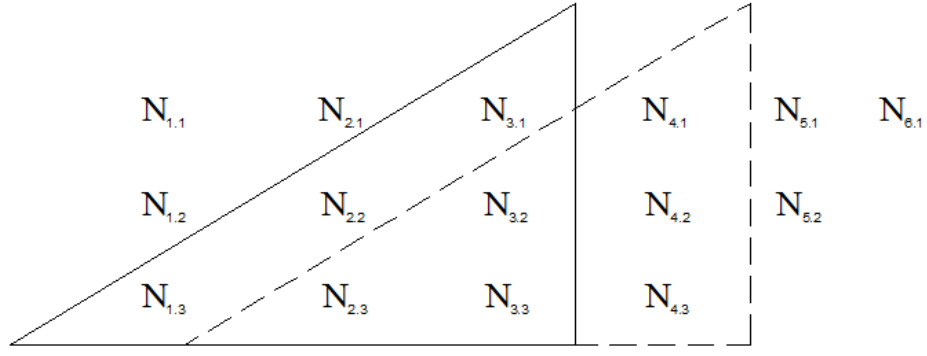
Eğrinin kontrol noktalarını $B_1[1,1]$, $B_2[3,2]$, $B_3[5,1]$, $B_4[7,2]$ seçersek;

Bu problemin açık üniform düğüm vektörünün eleman sayısı: $n+1+k=7$

Düğüm vektörü: $[X]=[x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5 \ x_6]=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2]$

Bu eğrinin parametre aralığı $0 \leq t < 2$ arasında değişmektedir.

Bu düğüm vektörüne göre B-spline eğrisi iki parametre aralığında ($0 \leq t < 1$ ve $1 \leq t < 2$) tanımlıdır.



$0 \leq t < 1$ aralığında ($x_3 \leq t < x_4$) tanımlı temel fonksiyonlar düz çizgili üçgen alan içinde, $1 \leq t < 2$ ($x_4 \leq t < x_5$) aralığında tanımlı temel fonksiyonlar ise kesikli alan içinde görülmektedir.

Öncelikle her parametre aralığında temel fonksiyonlar hesaplanırsa;

$$x_3 \leq t < x_4 \quad ; \quad 0 \leq t < 1$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,1}(t) = 1 \quad ; \quad N_{i,1} = 0, \quad i \neq 3$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,2}(t) = 1 - t$$

$$N_{3,2}(t) = t \quad ; \quad N_{i,2} = 0, \quad i \neq 2, 3$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = (1 - t)^2$$

$$N_{2,3}(t) = t(1 - t) + \frac{(2 - t)}{2}t = \frac{4t - 3t^2}{2}$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{t^2}{2} \quad ; \quad N_{i,3} = 0, \quad i \neq 1, 2, 3$$

$$x_4 \leq t < x_5 \quad ; \quad 1 \leq t < 2$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{4,1}(t) = 1 \quad ; \quad N_{i,1} = 0, \quad i \neq 4$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,2}(t) = 2 - t$$

$$N_{4,2}(t) = t - 1 \quad ; N_{i,2} = 0, i \neq 3, 4$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,3}(t) = \frac{(2-t)^2}{2}$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{t}{2}(2-t) + (2-t)(t-1) = \frac{(2-t)(3t-2)}{2}$$

$$N_{4,3}(t) = (t-1)^2 \quad ; N_{i,3} = 0, i \neq 2, 3, 4$$

(1.3.13) denkleminden yararlanılarak B-spline eğrisinin denklemi;

$$P(t) = B_1 N_{1,3}(t) + B_2 N_{2,3}(t) + B_3 N_{3,3}(t) + B_4 N_{4,3}(t) \quad (1.3.16)$$

Bu B-spline eğrisi iki polinom segmentinin birleşmesinden oluşmaktadır.

1. Polinom segmentinin denklemi $0 \leq t < 1$ aralığında;

$$P(t) = B_1 N_{1,3}(t) + B_2 N_{2,3}(t) + B_3 N_{3,3}(t) = B_1 (1-t)^2 + B_2 \frac{4t-3t^2}{2} + B_3 \frac{t^2}{2}$$

2. Polinom segmentinin denklemi $1 \leq t < 2$ aralığında;

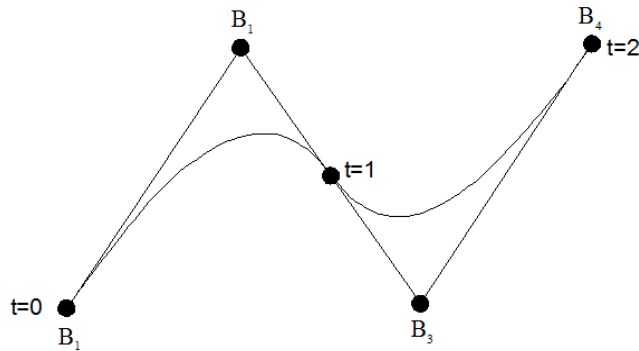
$$P(t) = B_2 N_{2,3}(t) + B_3 N_{3,3}(t) + B_4 N_{4,3}(t) = B_2 \frac{(2-t)^2}{2} + B_3 \frac{(2-t) - (3t-2)}{2} + B_4 (t-1)^2$$

$t=0$ için 1. polinom denkleminde; $P(0) = B_1$ olduğu,

$t=2$ için 2. polinom denkleminde; $P(2) = B_4$ olduğu, yani B-spline eğrisinin kontrol poligonun uç noktalarından geçtiği görülmektedir.

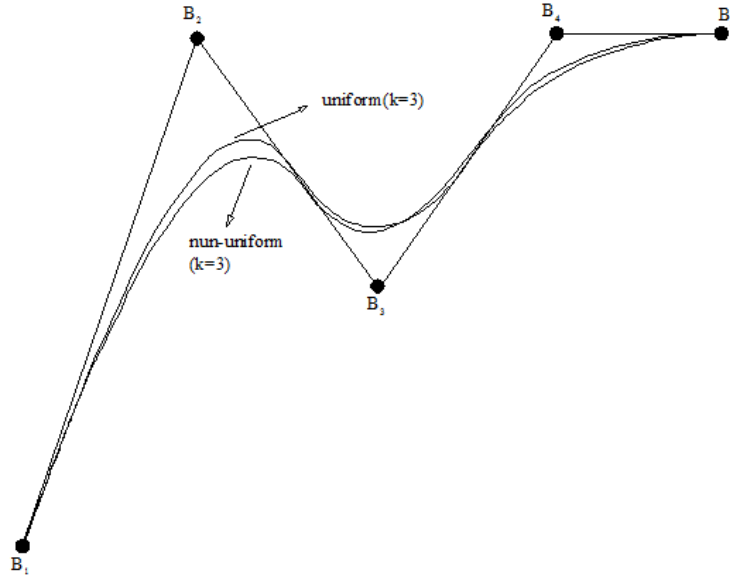
$t=1$ değeri için ise her iki polinom denkleminin vereceği değer aynıdır.

$$P(1) = B_2 \frac{1}{2} + B_3 \frac{1}{2}$$



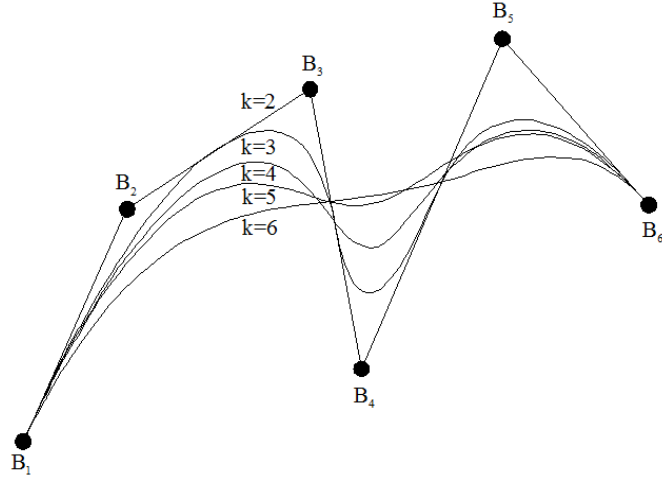
Şekil 1.22. Örneğe göre B-spline eğrisi

Değişik tipte düğüm vektörlerinin kullanılması sonucu elde edilen B-spline eğrileri Şekil 1.22.'de karşılaştırılmaktadır. Şekilde açık üniform B-spline eğrisinin düğüm vektörü (1.3.12) denklemi, non-üniform B-spline eğrisinin düğüm vektörü ise (1.3.13) denklemi kullanılarak elde edilmiştir. Kontrol noktaları arasında mesafe olarak radikal farklar yok ise, elde edilen üniform ve non-üniform B-spline eğrileri birbirlerine yakın eğriler olacaktır.



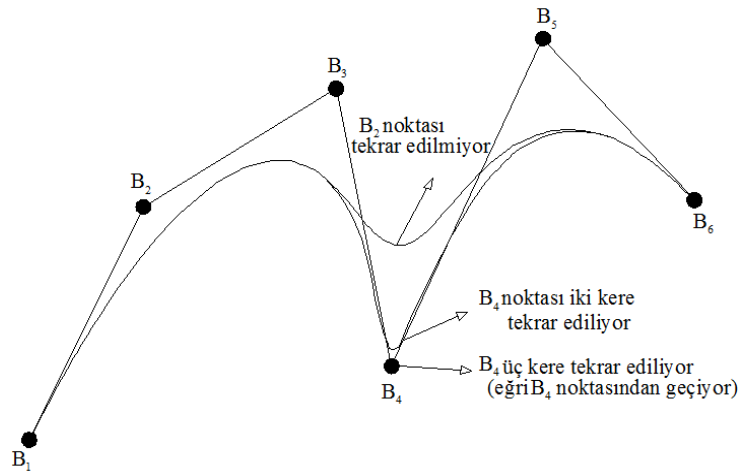
Şekil 1.23. Quadratik açık üniform ve non-üniform B-spline eğrilerinin karşılaştırılması

B-spline eğrilerinde mertebe değişiminin etkileri Şekil 1.24.'de görülmektedir. Temelde, eğrinin mertebesi, eğrinin kontrol poligonunu ne kadar yakından takip edeceğini belirler. Eğrinin mertebesi düştükçe, oluşturulan eğri poligonuna daha yakın geçmekte, arttığı durumda ise giderek uzaklaşmaktadır. İkinci mertebeden bir eğri ($k=2$), kontrol poligonuna eşdeğer birinci dereceden bir eğridir. Eğrinin alacağı mertebe değeri minimum ise kontrol noktası sayısı ($k=n+1$) kadar olabilmektedir.



Şekil 1.24. B-spline eğrisinin mertebesine göre değişimi

Şekil 1.25.'de kontrol noktalarının tekrarlanması sonucu, eğrinin istenilen kontrol noktasına yaklaştırılabileceği hatta noktadan geçirilebileceği görülmektedir. Bu B-spline eğrilerinin en önemli özelliklerinden biridir. Bir poligon noktasının $(k-1)$ kere tekrar edilmesi B-spline eğrisinin o poligon noktasından geçmesini sağlayacaktır. Şekil 1.25.'de B_4 kontrol noktasının çeşitli kereler tekrar edilmesiyle oluşan eğriler çizilmiştir. Bu noktanın iki kere tekrar edilmesiyle eğri B_4 noktasına yaklaşmakta, üç kere tekrar edilmesiyle ise B_4 noktasından geçmektedir.



Şekil 1.25. Tekrar edilen 4.kontrol noktasının B_4 , kübik B-spline eğrisine etkisi ($k=4$)

Bu kavramların daha açıklayıcı olması için aşağıda örnek verilerek izah edilemeye çalışıldı.

Yine başka bir örnekle açıklayacak olursak beş kontrol noktası ile tanımlanmış ($n+1=5$), quadratik bir açık üniform B-spline eğrisinin ($k=3$) denklemini çıkartarak $t=0.5$ için değerini bulmak istersek;

Kontrol noktalarını $B_1(0,0)$, $B_2(2,6)$, $B_3(4,3)$, $B_4(6,6)$, $B_5(8,6)$ şeklinde seçersek;

Bu problemin, açık non-üniform düğüm vektörünün eleman sayısı: $n+1+k=8$ Düğüm vektörünün hesabı için öncelikle kontrol noktaları arasındaki yay uzunluklarının hesaplanması gerekir:

$$c_1\sqrt{(2-0)^2+(6-0)^2} = \sqrt{40} = 6.33$$

$$c_2\sqrt{(4-2)^2+(3-6)^2} = \sqrt{13} = 3.61$$

$$c_3\sqrt{(6-4)^2+(6-3)^2} = \sqrt{13} = 3.61$$

$$c_4\sqrt{(8-6)^2+(6-6)^2} = \sqrt{4} = 2$$

Toplam yay uzunluğu: $\sum_{i=1}^4 c_i = 15.54$ (1.3.12) denkleminde düğüm vektörünün

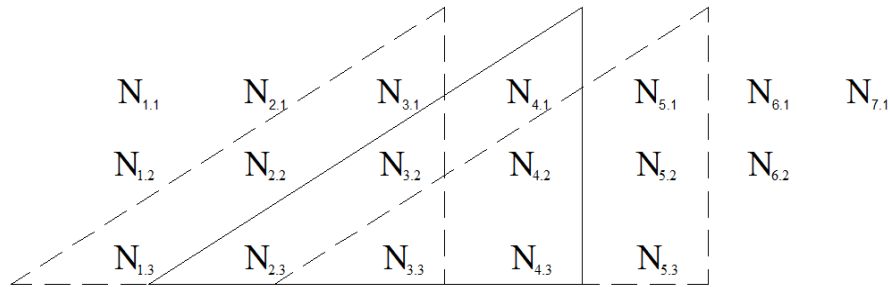
elemanları:

$$x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = \left(\frac{c_2/3+c_1}{15.54}\right)3 = 1.45, x_6 = 3, x_7 = 3, x_8 = 3$$

$$[\mathbf{X}] = [0 \ 0 \ 0 \ 1.45 \ 2.38 \ 3 \ 3 \ 3]$$

Bu eğrinin parametre aralığı $0 \leq t < 3$ arasında değişmektedir. Bu düğüm vektörüne göre B-spline eğrisi üç parametre aralığında ($0 \leq t < 1.45$, $1.45 \leq t < 2.38$, $2.38 \leq t < 3$) tanımlıdır.

$$x_5 = \left(\frac{2c_3 + c_1 + c_2}{15.54}\right)3 = 2.38$$



$$x_3 \leq t < x_4$$

$$; 0 \leq t < 1.45$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0, i \neq 3$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = (1-t)^2$$

$$N_{2,2}(t) = \frac{(1.45-t)}{1.45}, \quad N_{3,3}(t) = \frac{t}{1.45} \quad ; N_{i,2} = 0, i \neq 2, 3$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{1,3}(t) = \frac{(1.45-t)^2}{1.45^2},$$

$$N_{3,2}(t) = \frac{t(1.45-t)}{1.45^2} + \frac{(2.38-t)}{2.38(1.45)},$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{t^2}{(2.38)1.45} \quad ; N_{i,3} = 0 \quad i \neq 1, 2, 3$$

$$x_4 \leq t < x_5 \quad ; 1.45 \leq t < 2.38$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{4,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0, i \neq 4$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,2}(t) = \frac{(2.38-t)}{(2.38-1.45)}$$

$$N_{4,2}(t) = \frac{(t-1.45)}{(2.38)1.45} \quad ; N_{i,2} = 0, i \neq 3, 4$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{2,3}(t) = \frac{(2.38-t)^2}{2.38(2.38-1.45)}$$

$$N_{3,3}(t) = \frac{t}{2.38} \frac{(2.38-t)(3t-2)}{(2.38-1.45)} + \frac{(3-t)}{(3-1.45)} \frac{(t-1.45)}{(2.38-1.45)}$$

$$N_{4,3}(t) = \frac{(t-1.45)^2}{(3-1.45)(2.38-1.45)} \quad ; N_{i,3} = 0 \quad i \neq 2, 3, 4$$

$$x_5 \leq t < x_6 \quad ; 2.38 \leq t < 3$$

1.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{5,1}(t) = 1 \quad ; N_{i,1} = 0, i \neq 4$$

2.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{4,2}(t) = \frac{(3-t)}{(3-2.38)}$$

$$N_{5,2}(t) = \frac{(t-2.38)}{(3-2.38)} \quad ; N_{i,2} = 0, i \neq 4, 5$$

3.mertebe fonksiyonlar:

$$N_{3,3}(t) = \frac{(3-t)^2}{(3-1.45)(3-2.38)}$$

$$N_{4,3}(t) = \frac{(t-1.45)}{(3-1.45)} \frac{(3-t)}{(3-2.38)} + \frac{(3-t).8t-2.38}{(3-2.38)^2}$$

$$N_{4,3}(t) = \frac{(t-2.38)^2}{(3-2.38)} \quad ; N_{i,3} = 0 \quad i \neq 3, 4, 5$$

(1.3.16) denkleminde parametrik B-spline eğrisinin denklemi;

$$P(t) = B_1 N_{1,3}(t) + B_2 N_{2,3}(t) + B_3 N_{3,3}(t) + B_4 N_{4,3}(t) + B_5 N_{5,3}(t)$$

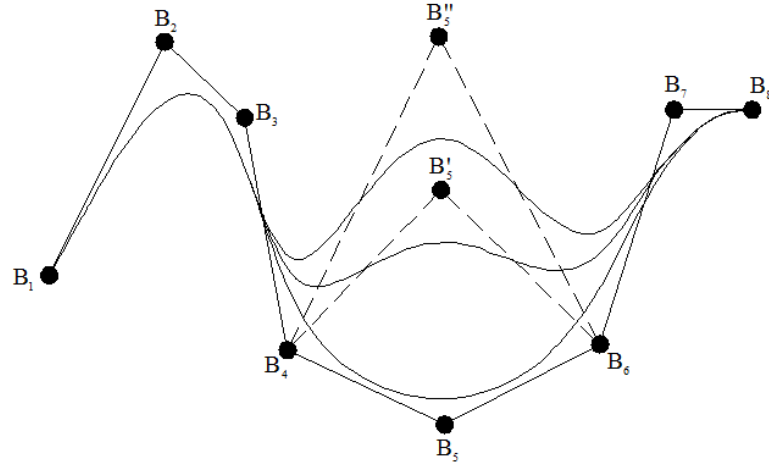
$t=0.5$ değeri $0 \leq t < 1.45$ aralığındaki 1. polinom segmentinin denkleminde bulunur.

$$P(0.5) = 0.43B_1 + 0.5B_2 + 0.072B_3 + (0)B_4 + (0)B_5 = (1.28, 3.20)$$

Bu örnekte hesaplanan non-üniform B-spline eğrisi Şekil 1.23.'de görülmektedir.

B-spline eğrilerinin en temel özellikleri aşağıda verilmektedir:

Her kontrol noktası için farklı bir temel fonksiyon tanımlandığından, eğride yapılması istenen değişiklikler eğriyi lokal olarak etkilemektedir. Eğrinin polinom segmentleri, mertbe sayısı kadar ardışık kontrol noktasından etkilenmektedir ve o segment üzerinde diğer kontrol noktalarının hiçbir etkisi bulunmamaktadır. B-spline eğrilerinin bu lokal özelliği Şekil 1.26.'daki kübik B-spline eğrisi ($k=4$) üzerinde görülmektedir. Beşinci kontrol poligonu noktası B_5 'in sırayla B_5' ve B_5'' konumlarına getirilmesinin eğrinin formunu sadece lokal olarak etkilediği görülmektedir.



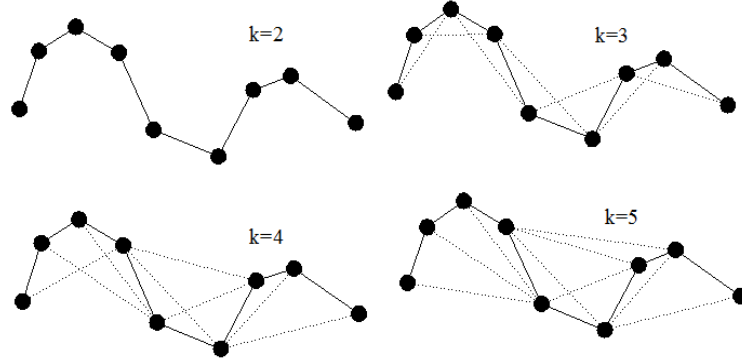
Şekil 1.26. Kontrol poligonunun konumunun değiştirilmesinin B-spline eğrisine etkisi

B-spline eğrisi $P(t)$ her bir $x_i \leq t < x_{i+k}$ aralığında $(k-1)$. Dereceden sürekli bir eğridir ve $1, 2, \dots, (k-2)$. türevleri de eğri boyunca sürekli. (C^{k-2}) B-spline eğrisinin düğüm vektörü, o eğrinin parametre aralığını ve polinom segmentlerinin sürekliliğini göstermektedir. Eğride bulunabilecek köşe ve dönüm noktalarının temsil edilebilmesi için düğüm vektörü elemanlarının tekrar edilmesi gerekmektedir. (ör. tekrar sayısı (r) ise $x_i = x_{i+k} = \dots = x_{i+r-1}, (r \leq k-1)$) Bu durumda temel fonksiyonunun sürekliliği o parametre değerinde azalacaktır (C^{k-r-1}) . B-spline eğrilerinin bu özelliği kontrol poligonunun uç noktalarının interpolasyonu için kullanılmaktadır. Düğüm vektörünün ilk ve son elemanları eğrinin mertebesi (k) kadar tekrar edilmesiyle B-spline eğrinin kontrol poligonunun ilk ve son noktalarından geçmesi sağlanır.(ör. $X=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 2]$, $k=3$) B-spline eğrilerinde eğrinin mertebesi, kontrol noktası sayısından bağımsızdır. Fakat eğrinin maksimum alabileceği mertebe değeri ile ilgili bir sınırlama vardır, o da kontrol noktası sayısı kadardır.

Kontrol poligonu kullanılarak elde edilen B-spline eğrisi, esas olarak poligonun şeklini andırmasına rağmen, poligonun tüm keskin hatlarından arındırılmış, düzgün bir eğri olacaktır.

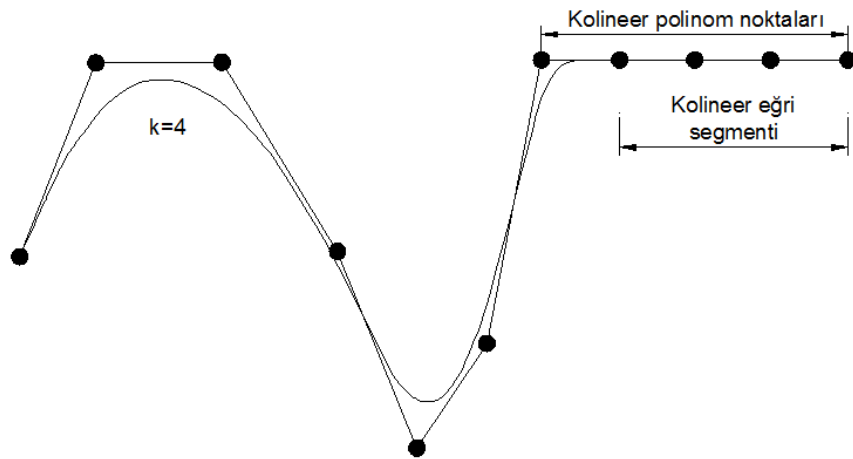
$(k-1)$. Dereceden bir B-spline eğrisi üzerindeki herhangi bir nokta, birbirine komşu k sayıda kontrol noktasının oluşturduğu konveks alanın içerisinde kalacaktır. Bir başka deyişle, her B-spline segmenti ardışık k kontrol noktasının

oluşturduğu konveks alan içerisinde yer alacaktır. B-spline eğrisi de tüm bu segmentlerin birleşmesiyle oluşan bir eğri olduğu için, bu konveks alanların içinde kalacaktır. Şekil 1.27.'de kontrol poligonu verilmiş ve farklı mertebeden eğriler için konveks alanlar çizilmiştir.



Şekil 1.27. Farklı mertebeden B-spline segmentleri için çizilen konveks alanlar

B-spline eğrilerinin tüm diğer yöntemlere göre üstünlüğü, bir eğrinin alabileceği olası tüm şekillerin tek bir matematiksel ifade ile temsil edebilmesidir. Örneğin, eğride süreksizliğe sahip kısımlar (düz kısımlar veya dönüm noktaları) bulunabilir. Şekil 1.28.'de bir bölümü doğru parçası şeklinde olan bir B-spline eğrisi görülmektedir.



Şekil 1.28. B-spline eğrisi ile doğru parçasının temsili

B-spline eğrisinin esnekliği ve düzgünlüğü B-spline temel fonksiyonlarının mertebesi artırılarak sağlanabilir. Fakat B-spline eğrisinin derecesinin artırılması eğrinin kontrol poligonundan giderek uzaklaşmasına yol açar.

1.4. NURBS Yüzey

NURBS terimi, Non-Uniform Rational B-spline' in baş harflerinden meydana gelmiştir. Rational yüzey, tanımlanmış her noktasının o noktayla birleştirilmiş bir ağırlığa sahip olduğu yüzeydir. Non-rational olmayan yüzey, matematik eşitlikleri rasyonel sayı olmayan yüzeydir. NURBS yüzeyler gerçektir. Bunlar, B-spline yüzey kabiliyetlerinin tümüne sahiptir. Ayrıca yüzey yapısı üzerinde kontrol noktalarının etkisini değiştirmek için ağırlık fonksiyonu sağlar. Ağırlık fonksiyonu birinin sabir bir değere sahip olduğunda NURBS yüzey, B-spline yüzeye eşdeğer olur.

Temsil kabiliyeti açısından en başarılı yöntemlerden biri olan B-spline eğrilerinin tek dezavantajı daire, çember gibi konik şekillerin temsilindeki yetersizlikleridir. Versprille (1975) bu yetersizlikleri gidermek üzere non-üniform rasyonel B-spline eğrilerini (NURBS) önermiştir ve Bilgisayar Destekli Geometrik Dizayn uygulamalarında kullanmaya başlamıştır. NURBS eğrilerinin diğer B-spline eğrilerine göre avantajı, bilgisayar destekli dizayn ortamında karşılaşılabilecek tüm analitik şekilleri (çember, elips, yay) temsil edebilme kabiliyetidir. Dolayısıyla yakın zamanda tekne form dizaynında en çok tercih edilen ve en fazla uygulama alanı bulan matematiksel eğriler olmuşlardır.

NURBS eğrileri, standart B-spline eğrileri gibi kontrol noktaları (B_i) ve kontrol poligonu ile tanımlanır. NURBS eğrilerinde farklı olarak her kontrol noktasında bir ağırlık fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu ağırlık fonksiyonu eğrinin formunu etkileyen yeni bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağırlık fonksiyonu ait olduğu kontrol noktasının B-spline eğrisini ne kadar etkileyeceğini belirlemektedir. Ağırlık fonksiyonunun değerinin artması B-spline eğrisini o kontrol noktasına yaklaştırmakta, düşmesi ise uzaklaştırmaktadır.

Rasyonel B-spline eğrileri standart B-spline eğrilerinin geliştirilmiş halidir ve ifadesi aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$P(t) = \sum_{i=1}^{n+1} B_i R_{i,k}(t) = \sum_{i=1}^{n+1} B_i \frac{h_i N_{i,k}(t)}{\sum_{i=1}^{n+1} N_{i,k}(t)} \quad (1.4.1)$$

Bu ifadede, h_i her kontrol noktası için tanımlanmış ağırlık fonksiyonunu, $R_{i,k}(t)$ rasyonel temel fonksiyonu göstermektedir. Eğer tüm ağırlık

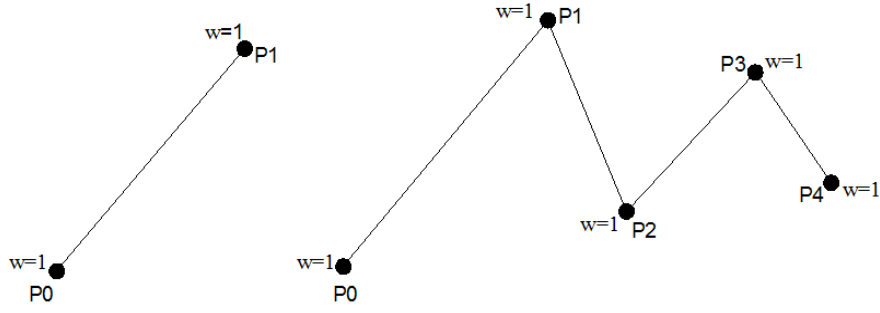
fonksiyonlarının bire eşit olduğu kabul edilirse ($h_i = 1$), rasyonel B-spline eğrileri standart B-spline eğrilerine dönüşecektir. NURBS eğrileri B-spline eğrilerinin genelleştirilmiş hali olduğundan, B-spline eğrileri için geçerli olan tüm özellikler NURBS eğrileri için de geçerlidir. NURBS eğrileri farklı olarak aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Araba, gemi vs. gibi endüstriye ürünlerde rastlanabilecek her türlü şekil ve formda (Doğru parçalarından, çember, yay gibi analitik şekillere kadar) eğri ve yüzeylerin temsil imkânı.
- Herhangi bir kompleks şekli, az sayıda nokta ile tanımlayarak temsil edebilme imkanı.
- NURBS eğrilerin ağırlık fonksiyonları, eğrinin lokal kontrol kabiliyetini artırmaktadır. Ağırlık fonksiyonu değerleri kullanıcı tarafından değiştirilerek, eğri istenildiği kadar kontrol noktalarına yaklaştırılıp uzaklaştırılabilmektedir. (ör. ağırlık fonksiyonu değerinin sıfır olması, o kontrol noktasının eğri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını göstermektedir.)
- Bir NURBS eğrisi tek parça bir eğri ise o eğri aynı zamanda rasyonel bir Bezier eğrisidir. Dolayısıyla NURBS eğrileri hem Bezier eğrilerini hem de B-spline eğrilerini bünyesinde barındıran eğrilerdir.
- NURBS eğrilerinin temel kontrol araçları olarak kontrol noktaları, eğrinin derecesi, düğüm vektörü ve ağırlık fonksiyonları sayılabilir [3].

NURBS eğrileri, B-spline da Bezier eğrilerinin genelleştirilmiş halidir. Bir Bezier eğrisinin derecesi, kontrol noktasının bir eksiğidir. Yani kontrol noktası sayısı artarsa derece yükselir; Buda hesaplamaları zorlaştırır. Ayrıca bir kontrol noktasının değişmesi tüm eğriyi değiştirir, yani bölgesel kontrole izin vermez.

NURBS eğrileri, tasarımda ve geometrik şekillere ait verilerin dönüştürülmesinde endüstri standardı olmuştur. Birçok ulusal ve uluslararası standartlarda (IGES, STEP, PHIGS, vb.) NURBS tanımlanmıştır.

NURBS algoritmaları hızlı ve sayısal olarak kararlıdır. Birleştirici matematiksel temeli, hem analitik şekilleri (doğru, konik kesitler, 2. derece yüzeyler, vb) hem de serbest şekilli (yapay) eğri ve yüzeyleri (Araba gövdeleri, uçak gövde ve kanatları, gemi gövdeleri, vb) tanımlayabilmektedir. NURBS; B-spline ve Bezier eğri yüzeylerini kapsamaktadır.



Şekil 1.29. Doğrusal şekillerin NURBS gösterimi

1.5. Alüminyum Malzemeler ve Alaşımlar

Alüminyum tabiatta en çok bulunan elementlerden biridir ve mühendislik yapılarında çelikten sonra en çok kullanılan metaldir. Alüminyumun yoğunluğu ($2,71 \text{ g/cm}^3$), çeliğin yoğunluğunun ($7,83 \text{ g/cm}^3$) üçte biri kadardır. Bazı alüminyum alaşımlarının akma sınırı değerleri 500 MPa değerini geçmektedir ki bu değer pek çok çelik türünün akma sınırı değerlerinin üzerindedir. Alüminyum alaşımları bu özelliklerinden dolayı, özellikle hafiflik istenen uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Alüminyumun elektrik ve ısı iletkenliği, bakıra göre daha azdır. Fakat elektrik iletkenliği (elektrik iletkenliği/yoğunluk) ve ısı iletkenliği (ısı iletkenliği/yoğunluk) değerleri karşılaştırıldığında bakırdan daha iyi olduğu görülür. Bundan dolayı, hava elektrik hatlarında alüminyum alaşımları kullanılır. Korozif ortamlarda alüminyumun yüzeyi bir oksit tabakası ile kaplanarak, alüminyumun korozyona dayanıklılığını sağlar. Alüminyum alaşımlarının içindeki diğer elementler alüminyum ile galvanik pil oluşturmaya uygun olduklarından dolayı, korozyon açısından alüminyumun mümkün olduğu kadar saf olarak kullanılması tavsiye edilir. Alüminyumun, sıcak ve soğuk şekillendirilebilme kabiliyeti iyidir. Ekstrüzyon yöntemiyle çok karışık geometrik yapıya sahip alüminyum profiller üretilebilir. Gıda endüstrisinde kullanılan paketleme folyaları saf alüminyumdan yapılır. Alüminyum, elektrolitik olarak oksitlendirilerek değişik renklerde üretilebilir. Eloksal denilen bu işlem ile hem korozyona dayanıklı, hem de değişik renklerde mimaride kullanılan profiller üretilerek pencere, kapı vb. yapımında kullanılabilir. Bazı durumlarda sertliği ve dayanımı yüksek alüminyum alaşımlarının üstü saf alüminyum ile kaplanarak korozyon özellikleri iyileştirilebilmektedir. Alüminyum alaşımlarının mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri alaşım elementlerine ve mikro yapısına bağlı olarak değişir.

Alüminyuma katılan en önemli alaşım elementleri bakır, mangan, silisyum, magnezyum ve çinkodur. Alüminyum alaşımları dövme ve döküm alaşımları olarak iki gruba ayrılır. Dövme alaşımlarının, plastik deformasyon kabiliyeti iyi olup kolayca şekillendirilebilirler. Alüminyum dövme ve döküm alaşımlarının büyük bir kısmına ısıtma işlemi uygulanabilmektedir.

Amerikan alüminyum birliğine göre, alüminyum dövme alaşımları dört harfle sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma şu şekildedir:

- 1XXX: Saf alüminyum. Genellikle elektrik ve kimya endüstrisinde kullanılmaktadır.
- 2XXX: Al-Cu alaşımları. Esas alaşım elementi bakırdır. Başta magnezyum olmak üzere diğer alaşım elementleri de bulunabilir, yüksek mukavemet istenen havacılık sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- 3XXX: Al-Mn alaşımları. Esas alaşım elementi mangandır. Boru, sıvı tankları ve mimari uygulamalarda kullanılmaktadır.
- 4XXX: Al-Si alaşımları. Esas alaşım elementi silisyumdur. Termal genleşme katsayısı düşük, aşınma direnci ve korozyon dayanımı yüksek alaşımlardır. Kaynaklı yapılarda, levha üretiminde, otomobil parçaları üretiminde kullanılmaktadır.
- 5XXX: Al-Mg alaşımları. Esas alaşım elementi magnezyumdur. Magnezyum oranı arttıkça sertlik ve mukavemet artar fakat süneklik azalır. Denizel korozyona karşı direnci yüksek olduğundan, bu ortamda çalışacak yapıların imalatında kullanılmaktadır.
- 6XXX: Al-Mg-Si alaşımları. Esas alaşım elementleri magnezyum ve silisyumdur. Şekillendirilme kabiliyeti yüksek olan bu alaşımlar özellikle ekstrüzyon ile üretilen parçaların imalatında sıklıkla kullanılmaktadır.
- 7XXX: Al-Zn alaşımlar. Bakır esas alaşım elementi olup, magnezyum, krom ve zirkonyum ilave alaşım elementleridir. 7XXX serisi, alüminyum alaşımlarının en yüksek mukavemete sahip olanıdır. Uçak parçaları yapımı ve diğer yüksek dayanım istenen yerlerde kullanılmaktadır.
- 8XXX: Al-Li alaşımları: Esas alaşım elementi lityum olup, kalay eklentisi de yapılabilmektedir. Özellikle uçak ve uzay yapılarında kullanılmaya başlanan bu malzeme, iyi yorulma direnci ve iyi tokluk özelliklerine sahiptir. Fakat diğer Al alaşımları ile karşılaştırıldığında üretim maliyetleri yüksektir [20].

2. MATERYAL YÖNTEM

Bu çalışmada B-spline eğriden yararlanarak oluşturulan serbest şekilli yüzeyin Al 6082 alaşımında imalatı işleme parametrelerinden devir sayısı ve ilerlemenin yüzey form hatasına etkisi araştırıldı. Serbest şekilli yüzeylerin imalatında meydana gelen form hatalarını belirlemek amacıyla 3B tarayıcı kullanıldı. Aşağıdaki bölümlerde deneylerin yapılması hakkında daha kapsamlı bilgiler verildi.

2.1. Deney Malzemesi

Deney malzemesi olarak uzay sanayisinden elektronik sanayisine kadar birçok alanda kullanılan Al 6082 malzemesi seçildi. Bu malzeme kolay işlenebilir olmasının yanı sıra, düşük yoğunluğa ve yüksek korozyon direncine sahiptir. Literatürde [4-7] bu malzemenin işlenmesi ile ilgili olarak yeterince çalışma yapılmamış olduğu dikkati çekmektedir. Bu çalışmada Al 6082 alaşımı Ø80 mm x 60 mm boyutlarında Malatya sanayii bölgesinden temin edildi. Bu malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 2.1.' de, malzemeye ait mekanik, elektriksel ve ısı özellikler ise Tablo 2.2.' de verildi.

Tablo 2.1. Al 6082 alaşımının kimyasal bileşimi

Al 6082	% miktarları
Mn	0.40-1.00
Fe	0.0-0.50
Mg	0.60-1.20
Si	0.70-1.30
Cu	0.0-0.10
Zn	0.0-0.20
Ti	0.0-0.10
Cr	0.0-0.25
Diğer Ürünler	0.0-0.15
Al	Geriye Kalan

Tablo 2.2. Al-6082 alaşımının teknik özellikleri

Özellik	Değer
Yoğunluk (kg/m ³)	2.70x10 ³
Erime Sıcaklığı (° C)	555
Termal genleşme (/K-20 °)	24 x10 ⁻⁶
Elastisite Modülü (GPa)	70
Isı iletkenliği (W/(m.K))	180
Elektriksel zdiren (Ohm.m)	0.038 x10 ⁻⁶
Çekme Dayanımı (MPa)	340
Akma Dayanımı (MPa)	290
Sertlik (HV)	95
Uzama (%)	6

2.2.Yüzeyin Oluşturulması

İşleme parametrelerinin yüzey formlarına etkilerini araştırmak için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlendi;

- Serbest şekilli yüzey oluşturmak için serbest şekil yüzey formunun sınırlarını belirten kontrol noktaları belirlendi. Bu noktalar yüzeyin serbest şekilde oluşmasını sağlamak amacıyla rastgele seçildi. Bu noktalar sırasıyla B₀(10,20), B₁(30,50), B₂(60,20), B₃(90,40) olarak belirlendi.
- Yüzey formunu oluşturmak için literatürde yaygın olarak kullanılan B-spline eğrisi seçildi. Bu eğrinin en önemli özelliği lokal yapılan değişikliklerden eğrinin tamamının etkilenmemesidir.
- Eğrinin birleşme noktalarında sürekliliğini sağlayan knot vektörleri sırasıyla t₀=2, t₁=4, t₂=5, t₃=7, t₄=8, t₅=10, t₆=11 olarak belirlendi. Bu noktalarda literatürde [22] yapılan çalışmalar dikkate alınarak tespit edildi.
- B-spline eğrisinin temel formülleri kullanılarak baz fonksiyonları aşağıdaki şekilde belirlendi.

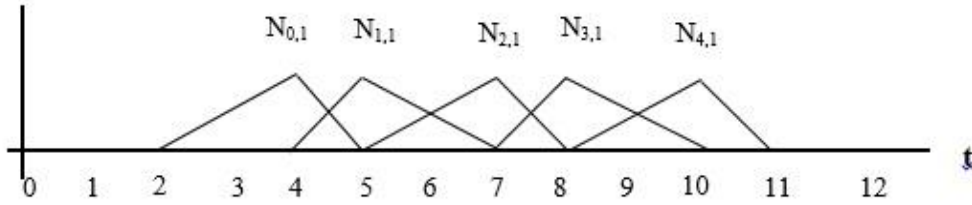
Derece k = 0 olduğunda knot aralıklarına göre baz fonksiyonları;

$$\begin{aligned} N_{0,0}(t) &= \begin{cases} 1, & \text{ise } t \in [2,4) \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} & N_{1,0}(t) &= \begin{cases} 1, & \text{ise } t \in [4,5) \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \\ N_{2,0}(t) &= \begin{cases} 1, & \text{ise } t \in [5,7) \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} & N_{3,0}(t) &= \begin{cases} 1, & \text{ise } t \in [7,8) \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \\ N_{4,0}(t) &= \begin{cases} 1, & \text{ise } t \in [8,10) \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} & N_{5,0}(t) &= \begin{cases} 1, & \text{if } t \in [10,11) \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \end{aligned} \quad (2.2.1)$$

Derece $k = 1$ olduğunda knot aralıklarına göre baz fonksiyonları;

$$\begin{aligned}
 N_{0,1}(t) &= \frac{(t-2)}{2} N_{0,0}(t) + (5-t) N_{1,0}(t) \\
 N_{1,1}(t) &= (t-4) N_{0,0}(t) + \frac{1}{2} (7-t) N_{2,0}(t) \\
 N_{2,1}(t) &= \frac{1}{2} (t-5) N_{2,0}(t) + (8-t) N_{3,0}(t) \\
 N_{3,1}(t) &= (t-7) N_{3,0}(t) + \frac{1}{2} (10-t) N_{4,0}(t) \\
 N_{4,1}(t) &= \frac{1}{2} (t-8) N_{4,0}(t) + (11-t) N_{5,0}(t)
 \end{aligned} \tag{2.2.2}$$

Şeklinde elde edilir. Şekil 2.1.' de ise knot aralıklarına bağlı olarak 1. Dereceden baz fonksiyonlarının grafiksel değişimi verildi.



Şekil 2.1. Derece $k = 1$ olduğunda knot aralıklarına göre baz fonksiyonlarının değişimi

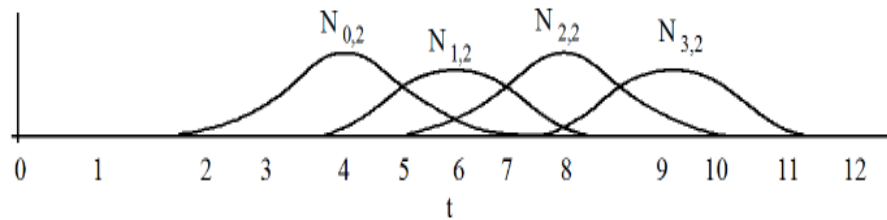
Derece $k = 2$ olduğunda knot aralıklarına göre baz fonksiyonları;

$$\begin{aligned}
 N_{0,2}(t) &= \frac{1}{6} (t-2)^2 N_{0,0}(t) + \frac{1}{3} (-2t^2 + 18t - 38) N_{1,0}(t) + \frac{1}{6} (7-t)^2 N_{2,0}(t) \\
 N_{1,2}(t) &= \frac{1}{3} (t-4)^2 N_{1,0}(t) + \frac{1}{3} (-t^2 + 12t - 34) N_{2,0}(t) + \frac{1}{3} (8-t)^2 N_{3,0}(t) \\
 N_{2,2}(t) &= \frac{1}{6} (t-5)^2 N_{2,0}(t) + \frac{1}{3} (-2t^2 + 30t - 1104) N_{3,0}(t) + \frac{1}{6} (10-t)^2 N_{4,0}(t) \\
 N_{3,2}(t) &= \frac{1}{3} (t-7)^2 N_{3,0}(t) + \frac{1}{3} (-t^2 + 18t - 79) N_{4,0}(t) + \frac{1}{3} (11-t)^2 N_{5,0}(t)
 \end{aligned} \tag{2.2.3}$$

Denklem (2.2.1) ve (2.2.2) deki baz fonksiyonları denklem (2.2.3) de yerine yerleştirilirse aşağıdaki şekilde elde edilir;

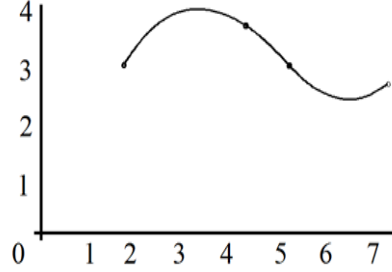
$$\begin{aligned}
N_{0,2}(t) &= \begin{cases} 0, & t < 2 \\ \frac{1}{6}(t-2) & 2 \leq t < 4 \\ \frac{1}{3}(-2t^2 + 18t - 38) & 4 \leq t < 5 \\ \frac{1}{6}(7-t) & 5 \leq t < 7 \\ 0, & 7 \leq t \end{cases} \\
N_{1,2}(t) &= \begin{cases} 0, & t < 4 \\ \frac{1}{3}(t-4)^2 & 4 \leq t < 5 \\ \frac{1}{3}(-t^2 + 12t - 34) & 5 \leq t < 7 \\ \frac{1}{3}(8-t)^2 & 7 \leq t < 8 \\ 0, & 8 \leq t \end{cases} \\
N_{2,2}(t) &= \begin{cases} 0, & t < 5 \\ \frac{1}{6}(t-5)^2 & 5 \leq t < 7 \\ \frac{1}{3}(-2t^2 + 30t - 110) & 7 \leq t < 8 \\ \frac{1}{3}(8-t)^2 & 8 \leq t < 10 \\ 0, & 10 \leq t \end{cases} \\
N_{3,2}(t) &= \begin{cases} 0, & t < 7 \\ \frac{1}{3}(t-2)^2 & 7 \leq t < 8 \\ \frac{1}{3}(-t^2 + 18t - 79) & 8 \leq t < 10 \\ \frac{1}{3}(11-t)^2 & 10 \leq t < 11 \\ 0, & 11 \leq t \end{cases} \quad (2.2.4)
\end{aligned}$$

Şekil 2.2.' de knot aralıklarına bağlı olarak 2. Dereceden baz fonksiyonlarının grafiksel değişimi verildi.



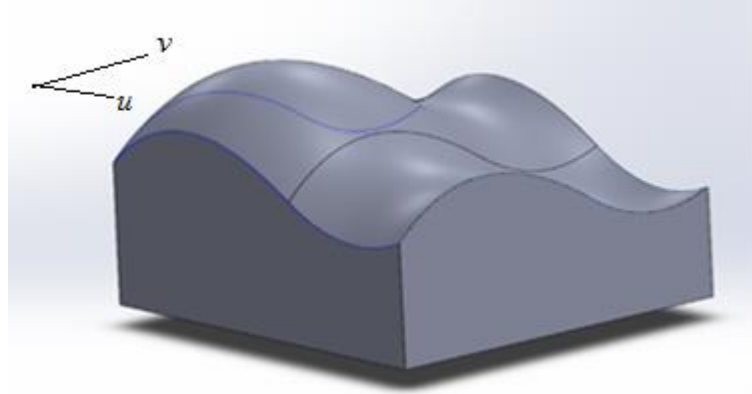
Şekil 2.2. Derecenin 2 olması durumunda baz fonksiyonlarının knot aralıklarına göre değişimi

- Elde edilen baz fonksiyonları kontrol noktaları ile çarpılarak knot aralığı 2 ve 7 arası için B-spline eğri elde edildi ve daha sonra MATLAB R2012a programı kullanılarak çizdirildi. (Şekil 2.3.)



Şekil 2.3.Knot aralığı 2 ve 7 arası B-spline eğrisi

- Eğriden yüzey oluşturmak amacıyla u ve v bileşeni aynı eğriden oluşturulup tensör çarpımıyla yüzey formu elde edildi. Yüzeyin oluşturulması için SOLİDWORKS 2013 programı kullanıldı.



Şekil 2.4. Solidworks programıyla oluşturulan yüzey formu

2.3. Deney Parametreleri

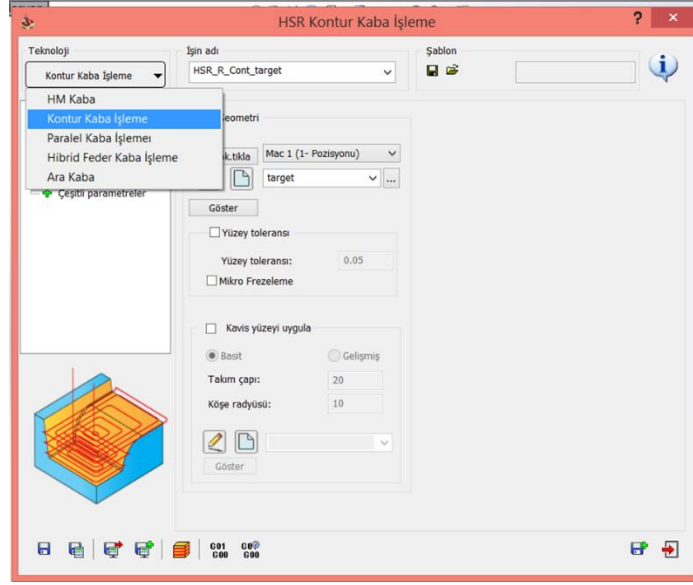
B-spline eğriden yararlanarak oluşturulan serbest şekilli yüzeyin CNC dik işlem freze tezgâhında imalatında devir sayısı ve ilerlemenin form hatasına etkilerini tespit etmek amacıyla literatür [17,18] çalışmaları dikkate alınarak Tablo 2.3.' deki gibi belirlendi.

Tablo 2.3. Deney Parametreleri

	A		B		C	
	İlerleme	Devir Sayısı	İlerleme	Devir Sayısı	İlerleme	Devir Sayısı
	mm/dk	dev/dk	mm/dk	dev/dk	mm/dk	dev/dk
KABA	500	2500	500	3000	500	3500
ARA KABA	800	2500	800	3000	800	3500
FİNİŞ	1000	2500	1000	3000	1000	3500
	D		E		F	
KABA	800	2500	1100	2500	800	3000
ARA KABA	1000	2500	1200	2500	1000	3000
FİNİŞ	1200	2500	1400	2500	1200	3000
	G		H		K	
KABA	1100	3000	800	3500	1100	3500
ARA KABA	1200	3000	1000	3500	1200	3500
FİNİŞ	1400	3000	1200	3500	1400	3500

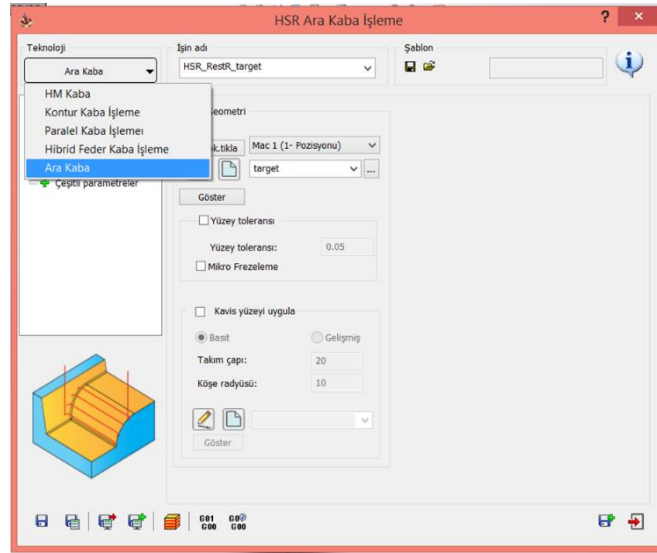
Serbest şekilli yüzeyin imalatında SOLİDCAM 2013 programı kullanılarak kaba, ara kaba ve finish işleme olmak üzere üç aşamada üretim gerçekleştirildi. Kaba işlemede kontür kaba takım yolu, ara kaba işlemede ara kaba takım yolu ve finish işlemede yüzeye paralel takım yolu kullanılarak gerçekleştirildi. Bu takım yolları yine literatürde ve sanayide yaygın olarak kullanılan takım yolları dikkate alınarak belirlendi. Bu takım yollarının izlediği yollar sırasıyla aşağıdaki şekilde verildi.

a)Kaba işlemede kontür kaba takım yolu (Şekil 2.5.)



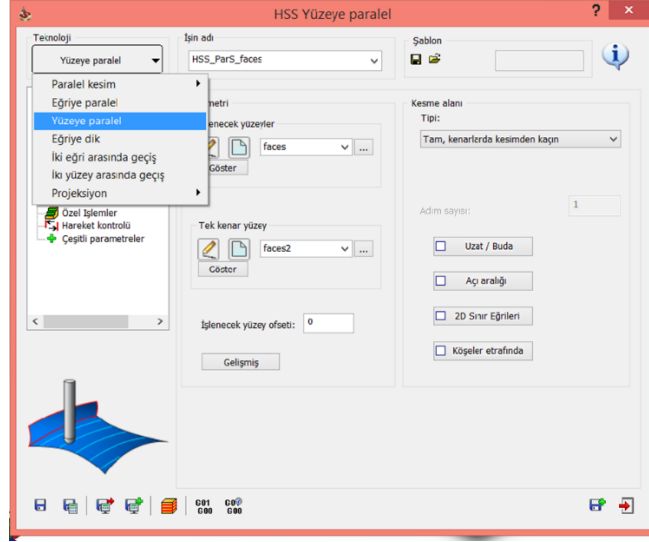
Şekil 2.5. Kontür kaba takım yolu

b)Ara kaba işlemede ara kaba takım yolu için (Şekil 2.6.)



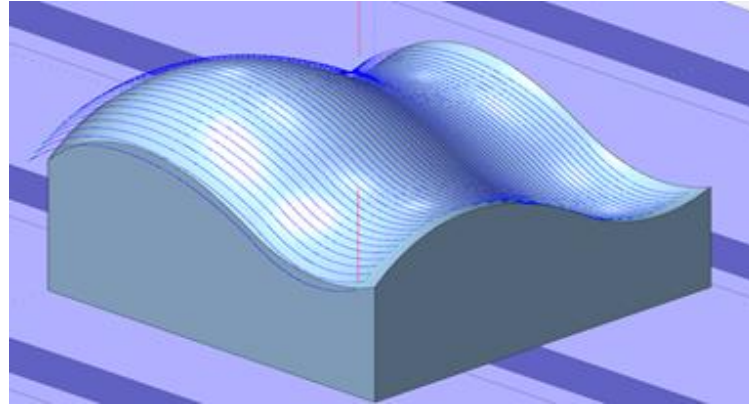
Şekil 2.6. Ara kaba takım yolu

c)Finish işleme yüzeye paralel takım yolu için (Şekil 2.7.)



Şekil 2.7. Yüzeye paralel takım yolu

Şekil 2.8.' de ise takım yolunun yüzey formu üzerindeki şekli görülmektedir.



Şekil 2.8. Takım yollarının yüzey formu üzerindeki şekli

Yüzeylerin işlenmesinde kaba işleme için çapı $\varnothing 10$ mm 4 ağızlı karbürlü DIN 6528 düz parmak freze kesici takım kullanıldı, ara kaba ve finish işleme için çapı

Ø10 mm 4 ağızlı DIN 1889/B standardında radyuslu parmak freze kesici takım kullanıldı. Bunlara ait geometrik şekiller Şekil 2.9.' da verildi.

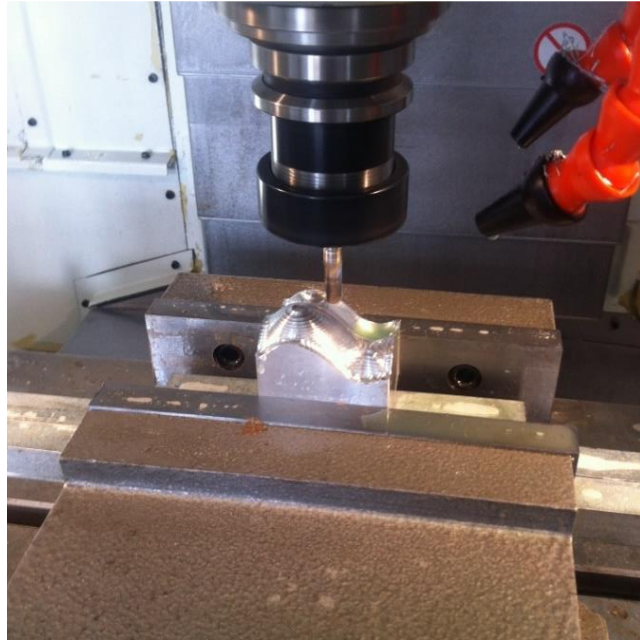


a) Karbürlü freze çakısı

b) Radyuslu freze çakısı

Şekil 2.9. Deneylerde kullanılan kesici takımlar

Deney malzemesi 80x60x10 mm boyutlarında 9 adet imal edildikten sonra şekil 2.10.'da görüldüğü gibi mengene kullanarak tezgaha bağlanmıştır. Numunelerin tezgaha bağlanmasında bağlama kalıbı yapılarak aynı standartta bağlanmasına özen gösterildi. Ayrıca deneylerde soğutma sıvı olarak bor yağı kullanıldı.



Şekil 2.10.Deney malzemesinin tezgaha bağlanması

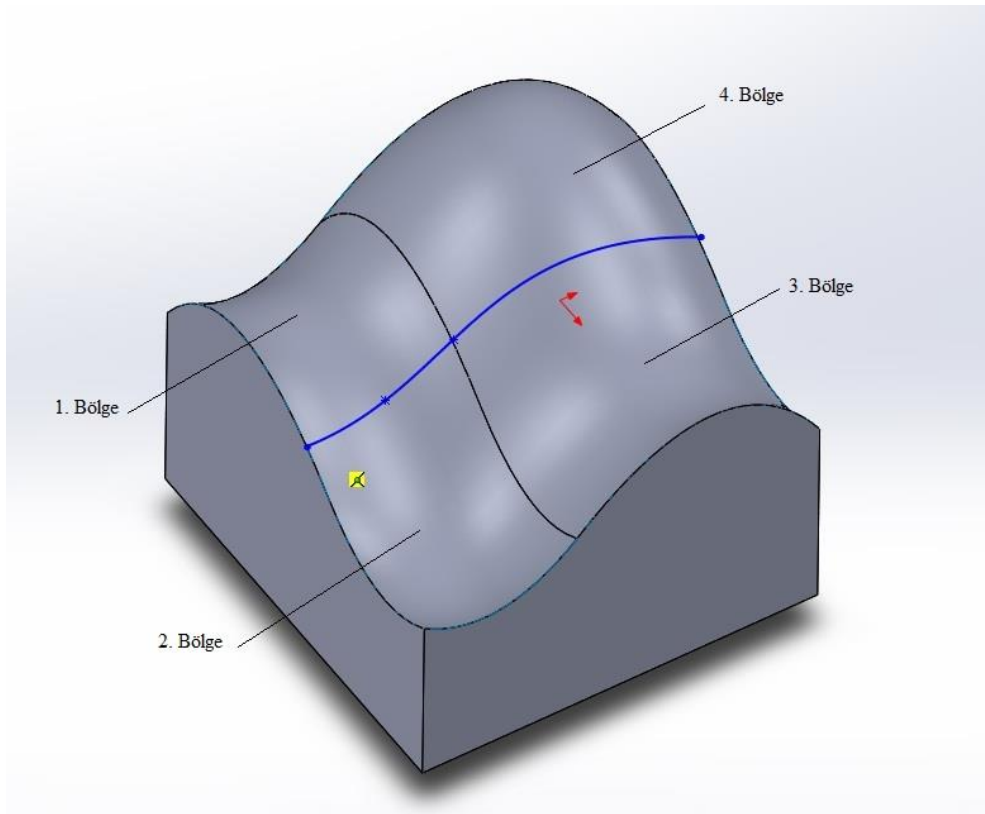
2.4. Form Hatalarının Tespiti

Orijinal BDT verisi ile bu veriye bağlı olarak imal edilmiş parçada meydana gelen form hatalarının tespiti için 3B tarama cihazı kullanıldı. Bu cihaz ‘Breuckmann Smart Scan R5’ markalı olup Şekil 2.11.’ de resmi verildi.



Şekil 2.11. Breuckmann Smart Scan R5

Serbest Şekilli yzey dđrt bđlgeye ayrıldıktan sonra her bir bđlgeden olęum yapılarak meydana gelen form hataları sayısal değer olarak da tespit edildi (Şekil 2.12)



Şekil 2.12.Bölgelere ayrılan yüzey formu

Yukarıda gerçekleştirilen işlemlerden sonra ölçüm sonuçları ve değerlendirmeleri aşağıdaki bölümlerde daha detaylı olarak alındı.

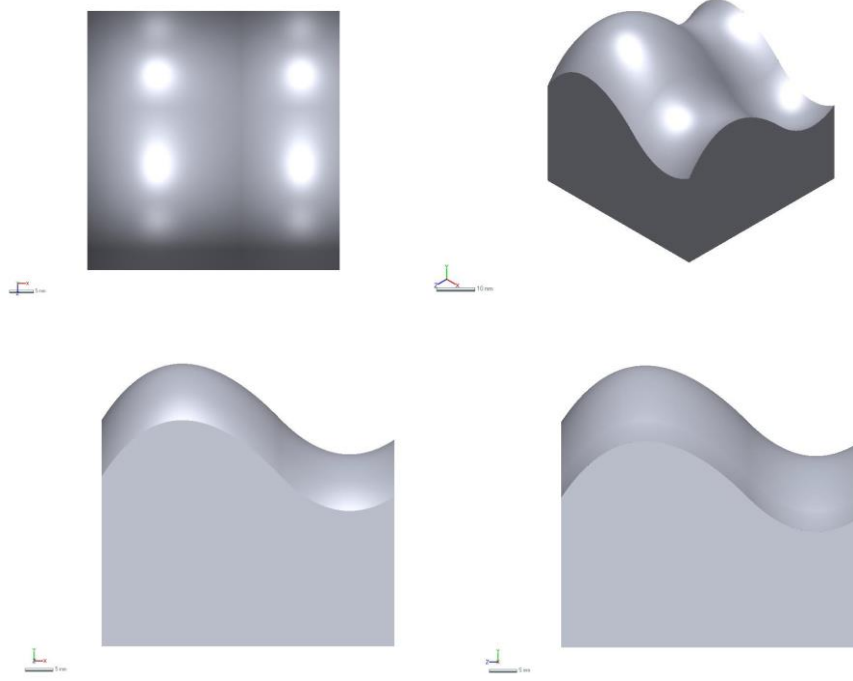
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan bu tez çalışmasında, işleme parametrelerinden devir sayısı ve ilerlemenin yüzey formuna etkilerini daha iyi gözlemleyebilmek için yüzey 4 parçaya bölünerek ölçümler yapıldı ve aşağıda ayrı ayrı incelendi.

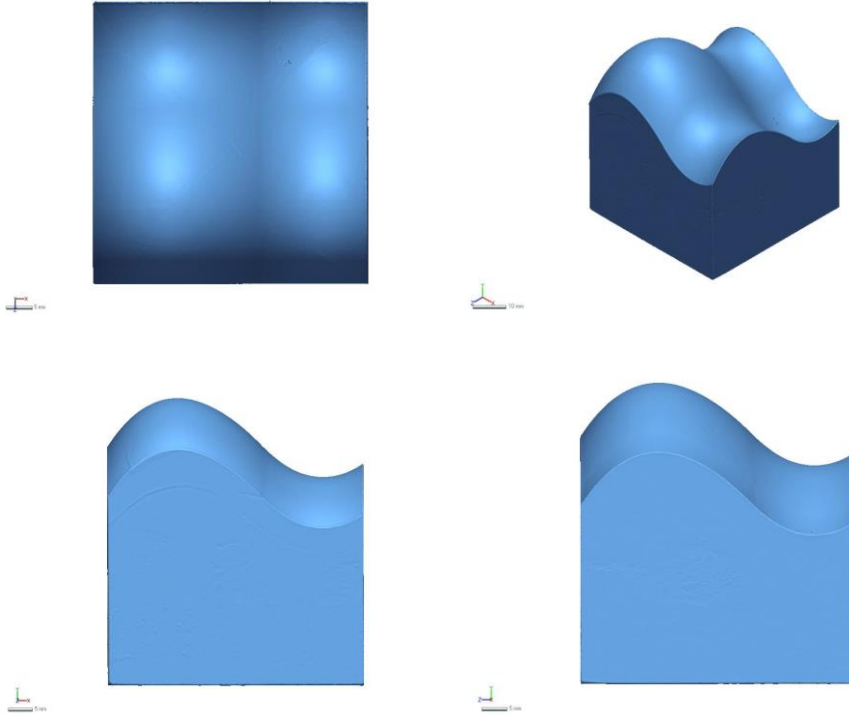
3.1 3-Boyutlu Yüzey Taramasına Ait Bulgular

Numunelerin yüzeyleri 4 bölgeye ayrıldı ve 3 boyutlu yüzey tarayıcı ile her bir bölge üzerinde ortalama 16 ile 25 adet noktanın koordinat değerleri (X,Y,Z) çıkarılmıştır. Bölge ve kontrol noktası sayısı yüzeyin genişliğine göre belirlendi. Elde edilen veriler referans yüzeye ait koordinat verileri ile karşılaştırılarak artı veya eksi yöndeki form hata sapma değerleri belirlendi. Bir sonraki aşamada ise bu değerler incelenerek, işleme parametrelerinin yöntemlerinin form hatalarına etkileri araştırıldı.

Aşağıda, Şekil 3.1.' de referans yüzeyin CAD görüntüsü ve Şekil 3.2.' de tarama görüntüsü bu bölümde verildi. Diğer numunelere ait ölçüm sonuçları ve ilgili resimler sırasıyla sonuçları Ek-1'de verildi.

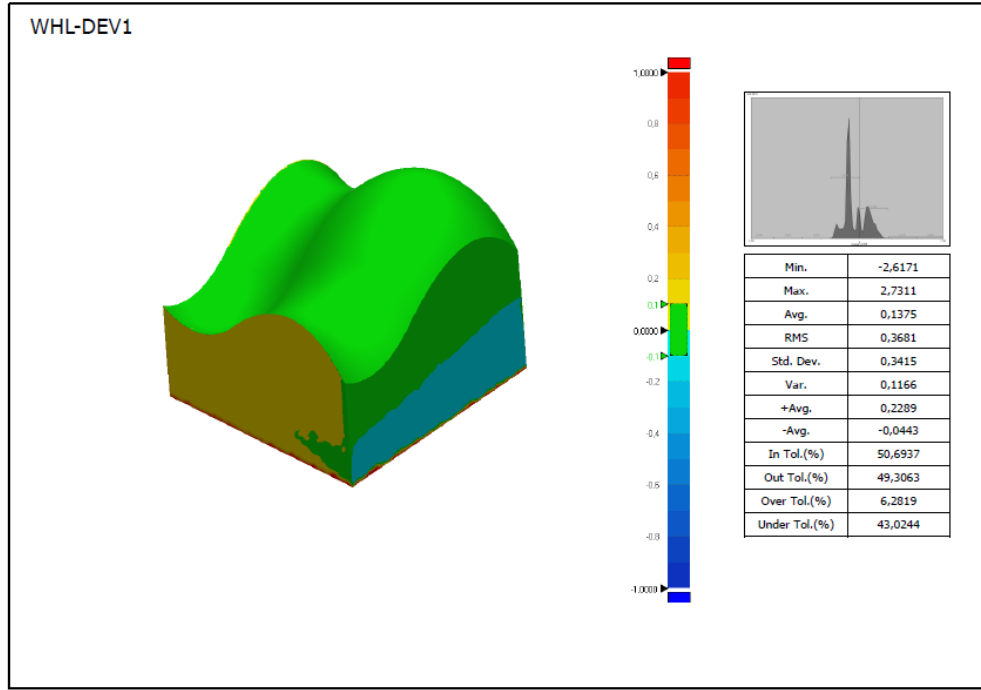


Şekil 3.1. A numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler

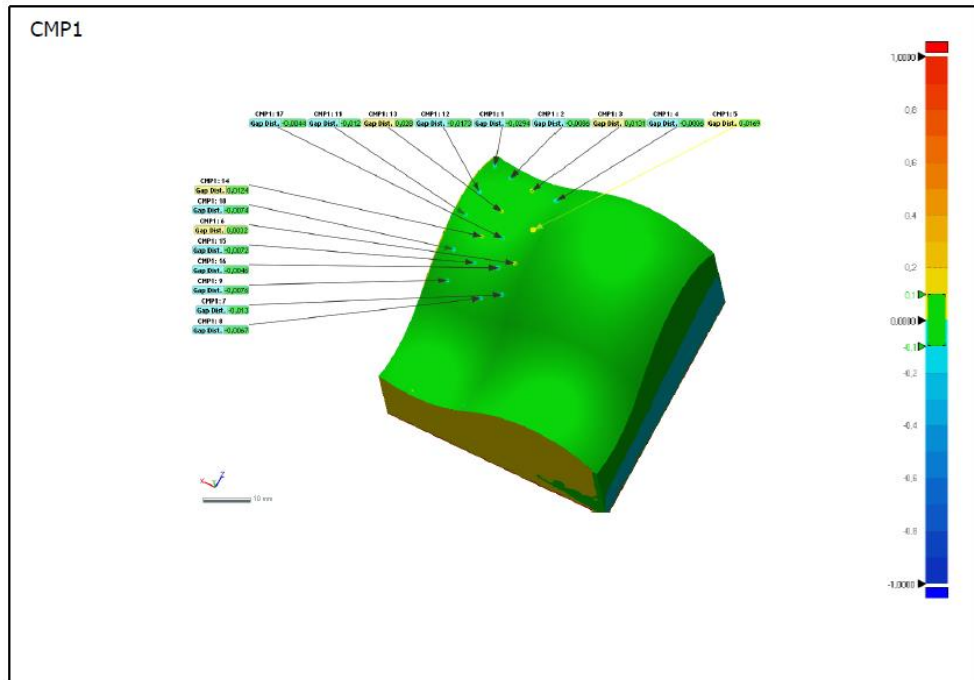


Şekil 3.2. A numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler

Karşılaştırma sonuçlarında $\pm 0,01$ mm kabul edilebilir tolerans baz alınarak renk diyagramı oluşturuldu. Yapılan bu çalışmada, işleme parametreleri arasındaki farkları daha hassas görebilmek için $\pm 0,01$ mm kabul edilebilir tolerans kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Bu işlem diğer 9 numuneye de aynı şekilde uygulanarak değerler elde edildi. Çizelge 3.1.'de A numunesine ait $\pm 0,01$ mm tolerans aralığında elde edilen sonuçlar verildi. Diğer numunelere ait sonuçlar Ek.1.'de özet tablolarda verildi.



Şekil 3.3. A numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler

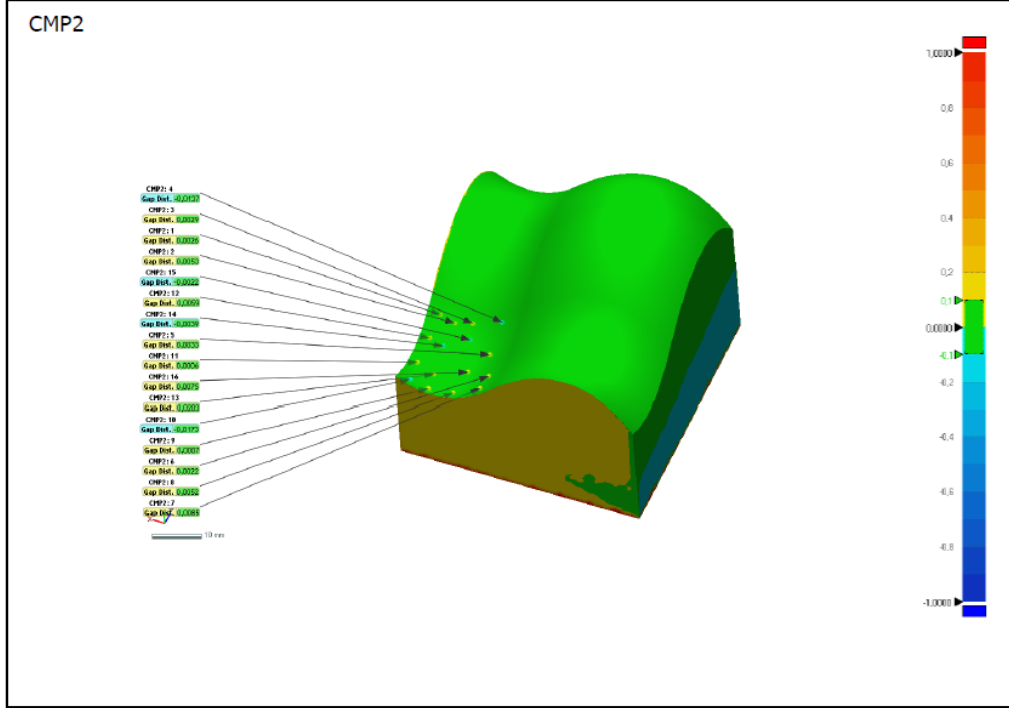


Şekil 3.4. A numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

A numunesi 1. bölgeye ait CAD ortamında katı model olarak elde edilen parça ile işlenmiş parçanın 3B taraması sonucu ulaşılmak istenen hedef yüzey arasındaki farkların analizi Tablo 3.1.' de verildi.

Tablo 3.1. A numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

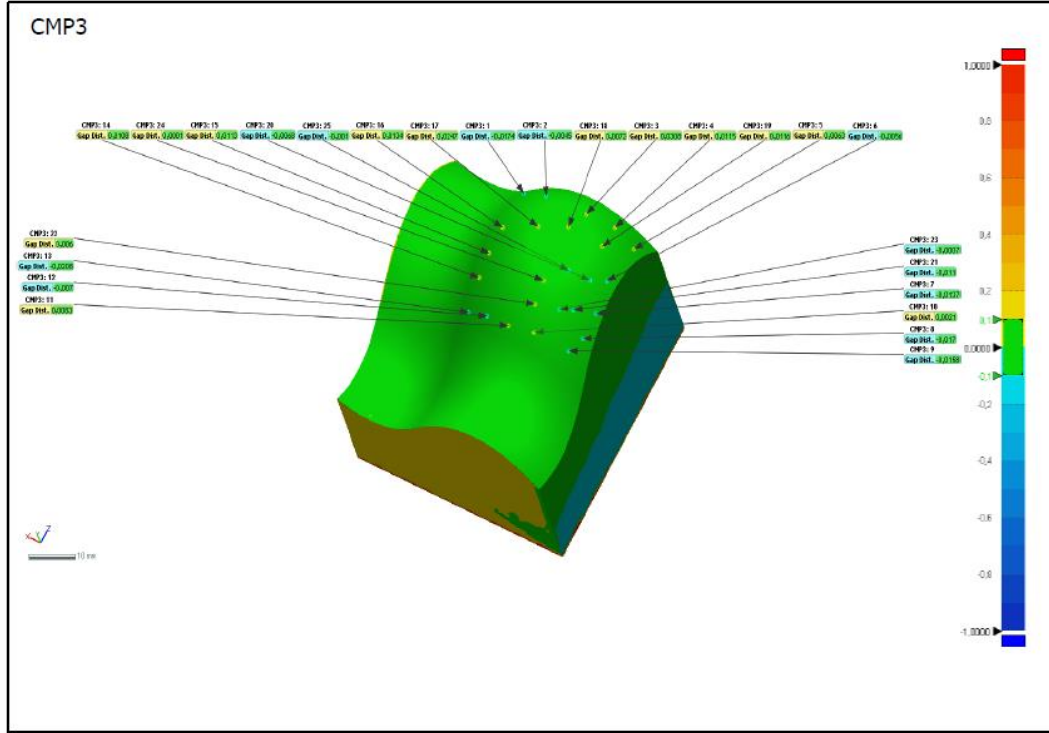
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1959	-0,2472	-3,2422	-0,0294	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1415	-0,8749	-4,0053	-0,0086	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,59	-0,0707	-4,5707	0,0131	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0358	4,4557	-5,6905	-0,0006	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4453	7,6376	-14,2508	0,0169	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8192	5,6961	-21,9569	0,0032	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9078	1,744	-28,1689	-0,013	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4253	-2,0495	-29,7441	-0,0067	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6278	-1,9809	-29,3915	-0,0076	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,651	2,232	-23,9248	-0,0074	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3538	5,0517	-16,8828	-0,012	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2519	4,556	-11,0419	-0,0173	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1648	3,7829	-12,557	0,028	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4159	3,3711	-19,097	0,0124	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,651	1,0712	-24,2861	-0,0072	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1777	2,8195	-23,5764	-0,0046	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0113	4,2683	-17,7926	-0,0044	±0,01



Şekil 3.5. A numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 3.2. A numunesinde 2.bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2016	-6,8587	-35,3662	0,0026	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0593	-7,9937	-35,5549	0,0053	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4099	-7,4868	-34,8079	0,0029	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0312	-4,7873	-34,5126	-0,0137	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6277	-8,829	-40,1055	0,0033	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5884	-8,5228	-45,5289	0,0022	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8374	-7,9672	-49,4575	0,0085	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4066	-10,4565	-50,4943	0,0052	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5514	-10,5011	-51,2114	0,0007	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,4521	-9,3995	-51,0926	-0,0173	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,142	-10,453	-45,7102	0,0006	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8691	-9,3813	-39,8347	0,0059	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,318	-11,7772	-46,4429	0,0203	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8975	-10,5461	-39,9117	-0,0039	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9773	-9,4323	-37,4394	-0,0022	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9817	-11,3955	-43,8804	0,0075	±0,01

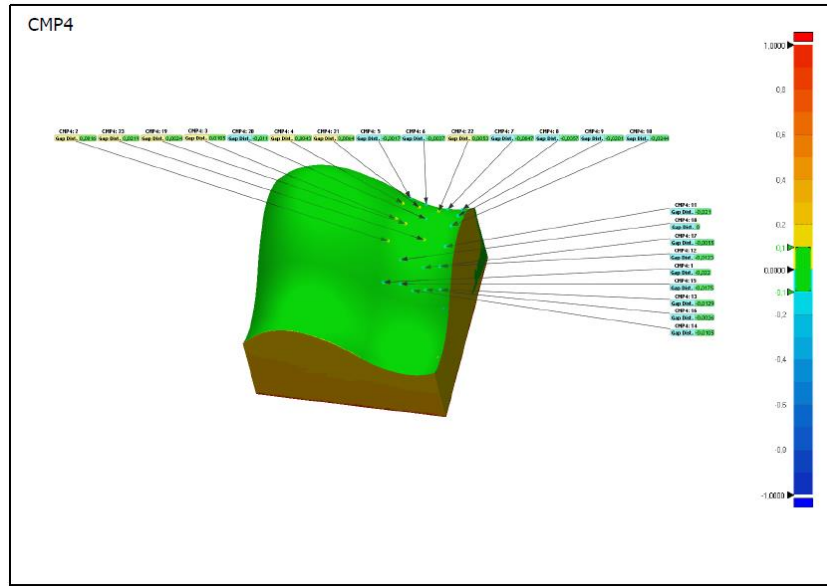


Şekil 3.6. A numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 3.3. A numunesinde 3.bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7735	7,095	-4,1304	-0,0174	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8459	14,2023	-5,4189	-0,0045	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9445	16,1789	-5,8313	0,0308	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7559	11,8342	-4,0985	0,0115	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4637	7,9096	-4,8299	0,0063	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5198	12,2044	-14,7791	-0,0056	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,1127	10,3683	-21,0316	-0,0137	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,8675	8,634	-26,1045	-0,017	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,5903	8,141	-29,4427	-0,0158	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7127	11,9299	-30,582	0,0021	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7591	11,4496	-31,4516	0,0083	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9538	9,5372	-30,8494	-0,007	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8489	5,5672	-30,2979	-0,0208	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3265	10,2096	-24,7757	0,0108	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7409	12,8535	-20,3952	0,0113	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0787	14,4257	-15,1093	0,0134	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7248	19,5265	-13,7428	0,0247	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7707	19,1569	-11,02	0,0072	±0,01

CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9091	15,0685	-9,9317	0,0116	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7658	14,7229	-17,1004	-0,0068	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6529	13,3239	-23,5349	-0,011	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9426	15,4125	-26,6144	0,006	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,073	14,3672	-25,0846	-0,0007	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6848	17,8168	-22,4784	0,0001	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,739	17,7306	-18,3326	-0,001	±0,01

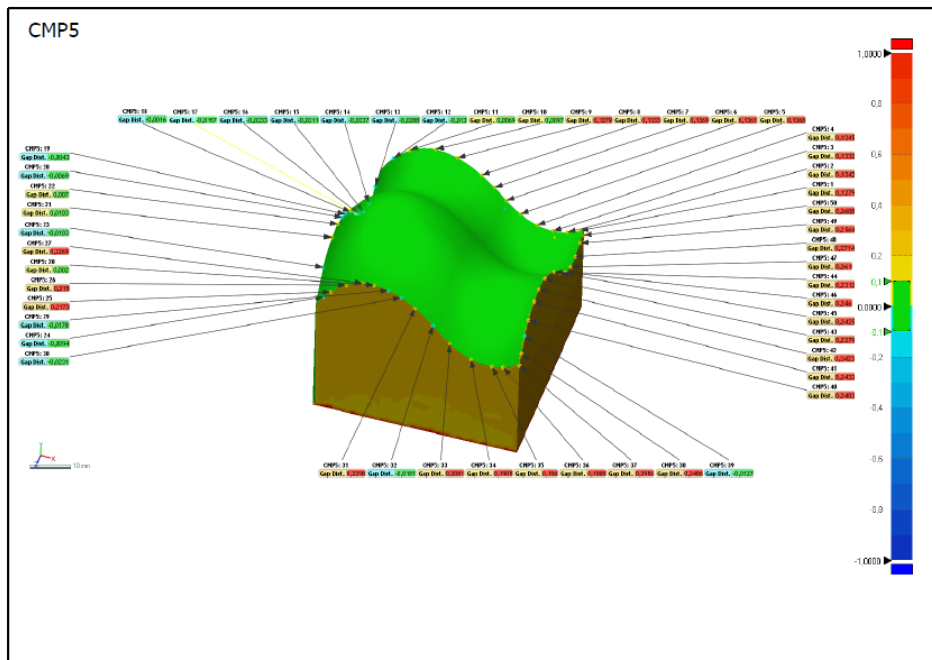


Şekil 3.7. A numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 3.4. A numunesinde 4.bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5262	0,7385	-34,7646	-0,022	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0443	7,2199	-34,8528	0,0016	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0499	7,7673	-35,6073	0,0185	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4162	5,0523	-35,634	0,0043	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3271	-0,4219	-35,8385	-0,0017	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1567	-3,1238	-39,8296	-0,0037	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3805	-4,0206	-45,7924	-0,0047	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8583	-2,3999	-50,2552	-0,0357	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0901	3,0702	-51,0842	-0,0201	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4981	4,7029	-50,3984	-0,0244	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9902	4,4462	-50,2357	-0,021	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9915	2,0135	-49,5684	-0,0123	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2743	-1,596	-50,3265	-0,0129	±0,01

CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,851	-2,8472	-42,3909	-0,0105	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2821	-1,0507	-38,9661	-0,0175	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2605	-2,6319	-45,8977	-0,0026	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4647	0,9592	-44,8423	-0,0055	±0,01
CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1367	3,1019	-38,4054	0	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2801	6,0238	-38,1092	0,0024	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3737	3,2081	-42,5499	-0,011	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8878	1,3744	-39,4092	0,0064	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3778	-0,5	-44,4748	0,0053	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3821	3,888	-43,7668	0,0219	±0,01



Şekil 3.8. A numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 3.5. A numunesinde 5.bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,3079	0,1279	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,3142	0,1342	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,3132	0,1332	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,3145	0,1345	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,3168	0,1368	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,3161	0,1361	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,3169	0,1369	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,3133	0,1333	±0,01

CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,3079	0,1279	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8525	6,5695	-53,1747	0,0097	±0,01
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,351	4,477	-53,1767	0,0069	±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2537	0,903	-53,1852	-0,013	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	0,0288	-5,344	-49,3743	-0,0288	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	0,0337	-5,9982	-44,0572	-0,0337	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	0,0311	-4,668	-39,4653	-0,0311	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	0,0233	-2,2165	-35,6369	-0,0233	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	0,0157	0,1143	-33,0659	-0,0157	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	0,0016	4,2484	-28,4662	-0,0016	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0041	7,3029	-23,9876	-0,0043	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0061	8,6497	-21,2383	-0,0069	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	-0,0103	9,7941	-12,587	0,0103	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	-0,007	9,7661	-17,5012	0,007	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,008	6,5174	-5,7287	-0,0103	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9726	2,8042	-0,0063	-0,0094	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,2173	0,2173	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,215	0,215	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,2269	0,2269	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6196	9,9965	0,0008	0,002	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2634	9,3973	-0,0146	-0,0178	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4855	8,1082	-0,0192	-0,0231	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,2298	0,2298	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7139	2,0659	-0,0135	-0,0181	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,2081	0,2081	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,1905	0,1905	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,186	0,186	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,1888	0,1888	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	52,0956	-3,819	0	0,2956	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	52,0486	-1,3314	-1,4944	0,2486	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,8053	1,6697	-4,1473	-0,0127	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	52,0403	4,0219	-6,9809	0,2403	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	52,0433	6,0821	-11,3491	0,2433	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	52,0423	6,5656	-15,1883	0,2423	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	52,0279	5,6308	-20,1686	0,2279	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	52,0312	1,1864	-27,9959	0,2312	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	52,0425	-3,4436	-33,1935	0,2425	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	52,046	-7,5154	-38,3594	0,246	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	52,061	-9,1465	-42,3809	0,261	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	52,0714	-9,431	-46,3924	0,2714	±0,01

CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	52,0564	-8,4472	-50,2341	0,2564	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	52,0608	-8,4376	-52,9355	0,2608	±0,01

Benzer şekilde diğ er işleme parametrelerine göre elde edilen veriler değ erlendirme bölümünde ortak bir çizelgede verileceğ i için bu bölümde gösterilmedi. Numunelere ait 3 boyutlu tarama sonucunda elde edilen renk diyagramı görselleri Ek-1’de verildi.

3.2. Yüzeyin 3B Taranması ve Referans Yüzey ile Karşılaştırma

BDÜ ortamında tasarlanan serbest şekilli yüzeyin farklı işleme parametrelerine göre üretimi BDİ ortamında gerçekleştirildi. Elde edilen veriler 3B tarayıcı ile taranarak BDÜ ortamındaki referans yüzey ile karşılaştırıldı.

Bu bölümde, elde ettiğ imiz yüzey form hataları her bir numune için ve bölgesel olarak değ erlendirildi. Değ erlendirmede, sapma miktarlarının ortalaması, kümülatif toplamı ve görölme sıklığ ı (tarama ölçüm değ erinin referans yüzey ölçüsünden $\pm 0,01$ mm sapması ve bu durumun tekrarlama sayısı) baz alınarak, kullanılan işleme parametrelerinin etkileri araştırıldı. Bölgeler ve numunelere göre sıralama yapılarak en iyi ve en kötü sonucu veren durumlar değ erlendirildi.

Bu değ erlendirme dikkate alınarak Çizelge 3.1.’ den, Çizelge 3.4.’ e kadar her bir bölge için tarama ölçüm sonuçları $\pm 0,01$ mm toleransı aş an ölçümler kırmızı gösterilerek verildi. Bu çizelgelerdeki bütün numunelerde aynı sayıda ve aynı koordinatta ölçüm alınmasına dikkat edildi.

ÖLÇÜM NOKTASI	A	B	C	D	E	F	G	H	K
1	-0,0294	-0,0105	-0,0099	-0,0046	-0,0184	-0,0107	-0,0235	-0,0021	-0,0208
2	-0,0086	-0,004	-0,0031	0,0004	-0,0052	0,0041	-0,0029	0,0013	-0,0021
3	0,0131	0,0101	0,0089	0,0133	0,0187	0,0189	0,0184	0,0125	0,0256
4	-0,0006	0,0028	-0,0047	0,0015	0,01	0,0002	0,0019	-0,0009	0,0089
5	0,0169	0,0134	0,0098	0,0108	0,0219	0,0215	0,0228	0,0126	0,021
6	0,0032	-0,0029	-0,0075	-0,0125	-0,0043	-0,0034	-0,0085	-0,0036	-0,0064
7	-0,013	-0,0035	-0,0143	-0,0099	-0,0094	-0,0072	-0,0148	-0,0031	-0,0062
8	-0,0067	-0,0075	-0,0161	-0,0091	-0,0177	-0,0113	-0,0149	-0,0108	-0,0095
9	-0,0076	-0,0044	-0,0231	-0,011	-0,0155	-0,0156	-0,0236	-0,0137	-0,0048
10	-0,0074	-0,0023	-0,0172	-0,0138	-0,0092	-0,012	-0,0207	-0,0195	-0,0168
11	-0,012	-0,004	-0,0067	-0,0071	-0,0113	-0,012	-0,0054	-0,0165	-0,0135
12	-0,0173	-0,0127	-0,0108	-0,0152	-0,0224	-0,0169	-0,0121	-0,0206	-0,0205
13	0,028	-0,0073	0,0055	-0,0109	-0,0135	0,0046	0,0113	-0,0176	-0,0066
14	0,0124	-0,002	-0,0042	-0,0091	-0,01	-0,0036	0,0064	-0,0182	-0,0083
15	-0,0072	-0,0083	-0,0165	-0,0141	-0,0159	-0,0123	-0,0121	-0,0172	-0,0118
16	-0,0046	-0,0074	-0,0081	-0,0102	-0,0115	-0,0037	-0,0101	-0,0084	-0,0171
Tolerans Dışı Değer Sayısı	7	4	6	9	10	9	11	10	8

*Tablodaki değerlerin birimi mm'dir.

Çizelge 3.1. Numunelerin 1. Bölgesine ait sapma değerleri

ÖLÇÜM NOKTASI	A	B	C	D	E	F	G	H	K
1	0,0026	0,0033	-0,01	0,0023	0,0005	-0,005	-0,0084	0,0041	0,0124
2	0,0053	-0,0007	-0,0073	0,0013	-0,0021	-0,0021	0,0008	0,0013	0,0102
3	0,0029	-0,001	-0,0053	0,0021	-0,005	-0,0019	-0,0002	-0,002	0,0078
4	-0,0137	-0,0063	-0,0127	-0,0057	-0,0085	-0,0069	-0,0109	0,0024	-0,0011
5	0,0033	-0,0018	-0,0008	-0,0005	-0,0013	0,0091	0,0045	0,0088	-0,0005
6	0,0022	0,0008	-0,0082	-0,001	0,0011	0,0014	0,0002	-0,0031	-0,0035
7	0,0085	0,0083	-0,0053	-0,0001	0,0054	0,0011	-0,0087	-0,0049	-0,0005
8	0,0052	0,0198	0,016	0,0215	0,03	0,0241	0,0246	0,0196	0,0135
9	0,0007	0,0176	0,0189	0,0183	0,0203	0,0194	0,0285	0,0181	0,0129
10	-0,0173	-0,0143	-0,0068	-0,0053	-0,0127	-0,007	-0,0104	-0,0016	-0,0285
11	0,0006	0,0109	0,0171	0,025	0,0258	0,0152	0,0268	0,0261	0,0178
12	0,0059	0,0065	0,0062	0,0184	0,0139	0,0054	0,0063	0,0184	0,0044
13	0,0203	0,0036	0,0207	0,0129	0,0068	0,0189	0,031	0,0149	0,0105
14	-0,0039	0,0056	0,0085	0,0153	0,0133	0,0095	0,0142	0,0176	0,0199
15	-0,0022	0,0004	0,003	0,0046	-0,0005	0,007	0,0077	0,0058	0,0125
16	0,0075	0,0011	0,0136	0,0046	0,0023	0,0116	0,0175	0,0049	0,0101
Tolerans Dışı Değer Sayısı	3	4	6	6	6	5	9	6	10

*Tablodaki değerlerin birimi mm'dir.

Çizelge 3.2. Numunelerin 2. Bölgesine ait sapma değerleri

ÖLÇÜM NOKTASI	A	B	C	D	E	F	G	H	K
1	-0,0174	0,0013	-0,0085	-0,0044	-0,0002	-0,0085	-0,0135	-0,0076	0,0028
2	-0,0045	0,0004	-0,0028	-0,0027	-0,0009	-0,0081	-0,0154	-0,0053	-0,0038
3	0,0308	-0,0003	0,0002	0,0007	-0,014	-0,0067	-0,0103	-0,0058	-0,0073
4	0,0115	-0,0014	-0,0008	-0,0017	-0,003	-0,0119	-0,0097	-0,0021	-0,0051
5	0,0063	0,0008	0,0005	0,0161	-0,0117	-0,0168	-0,0134	0,0046	-0,0062
6	-0,0056	0,0066	0,0029	0,0123	-0,01	-0,0094	-0,0143	0,002	-0,001
7	-0,0137	0,0036	0,0041	0,0138	-0,0124	-0,0142	-0,0177	0,0006	0,0004
8	-0,017	0,0064	0,0027	0,015	-0,0066	-0,0134	-0,0185	-0,0094	0
9	-0,0158	0,0032	0,0021	0,0127	-0,0052	-0,0112	-0,0181	-0,0062	0,0001
10	0,0021	0,0028	0,0064	0,0079	0,005	-0,0056	-0,0016	-0,0007	0,0016
11	0,0083	0,0008	0,0035	0,0083	0,0111	0,0006	0,0078	0,0104	0,003
12	-0,007	-0,0031	-0,008	-0,0026	0,0005	0,0001	-0,0055	0,012	-0,0034
13	-0,0208	-0,0068	-0,0188	-0,0125	-0,008	-0,0076	-0,0127	0,0066	-0,0124
14	0,0108	0,0166	0,0039	0,0131	0,0209	0,0143	0,0144	0,0252	0,0185
15	0,0113	0,0073	0,0007	0,0006	0,0085	0,0094	0,0021	0,0131	0,0082
16	0,0134	0,0048	0,0023	0,0008	0,0082	0,0048	0,0042	0,0031	0,0048
Tolerans Dışı Değer Sayısı	10	1	1	7	5	6	10	4	2

*Tablodaki değerlerin birimi mm'dir.

Çizelge 3.3. Numunelerin 3. Bölgesine ait sapma değerleri

ÖLÇÜM NOKTASI	A	B	C	D	E	F	G	H	K
1	-0,022	-0,0099	-0,0231	-0,0081	-0,0232	-0,016	-0,0255	-0,0052	-0,0171
2	0,0016	-0,0113	-0,007	-0,0039	-0,0051	-0,0085	-0,0079	0,0026	-0,0068
3	0,0185	0,0058	0,0207	0,0198	0,0215	0,0149	0,0185	0,0185	0,0185
4	0,0043	0,0125	0,0153	0,0262	0,0126	0,0101	0,0055	0,0101	0,0177
5	-0,0017	0,0127	0,0133	0,0275	0,0094	0,0049	-0,0032	0,0088	0,0134
6	-0,0037	0,0164	0,0156	0,034	0,0161	0,0157	0,007	0,0225	0,0212
7	-0,0047	0,0183	0,0169	0,0308	0,0211	0,0172	0,0175	0,0259	0,0183
8	-0,0357	-0,0048	-0,0102	-0,0028	-0,0082	-0,0117	-0,0184	-0,0067	-0,0225
9	-0,0201	-0,0055	-0,0016	-0,0078	-0,0133	-0,0065	-0,0147	-0,009	-0,0267
10	-0,0244	-0,0055	0,0011	-0,0087	-0,007	-0,01	-0,0006	-0,0046	-0,0153
11	-0,021	-0,011	-0,0095	-0,0162	-0,0134	-0,0202	-0,0122	-0,0156	-0,0243
12	-0,0123	-0,0087	-0,0141	-0,0148	-0,0168	-0,0154	-0,0148	-0,018	-0,0295
13	-0,0129	0,003	-0,0192	-0,0134	-0,0144	-0,0196	-0,0265	-0,0205	-0,0209
14	-0,0105	-0,0123	-0,0212	-0,0159	-0,0214	-0,0208	-0,025	-0,0179	-0,0196
15	-0,0175	-0,0107	-0,0194	-0,0101	-0,0193	-0,0157	-0,0218	-0,0093	-0,0156
16	-0,0026	-0,0079	-0,0214	-0,0121	-0,0187	-0,0201	-0,0254	-0,0199	-0,0199
Tolerans Dışı Değer Sayısı	10	8	12	11	12	12	11	9	15

*Tablodaki değerlerin birimi mm'dir.

Çizelge 3.4. Numunelerin 4. Bölgesine ait sapma değerleri

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Serbest şekilli yüzeylerde işleme parametrelerinin form hatalarının değerlendirilmesinde ölçüm sonuçlarının fazla olması nedeni ile sırasıyla;

- İşleme parametrelerine göre işleme süresi
 - İlerlemenin form hatalarına etkilerinin araştırılması
 - Devir sayısının form hatalarına etkilerinin araştırılması
- başlıkları altında inceleme yapıldı.

4.1. İşleme Parametrelerine Göre İşleme Süresi

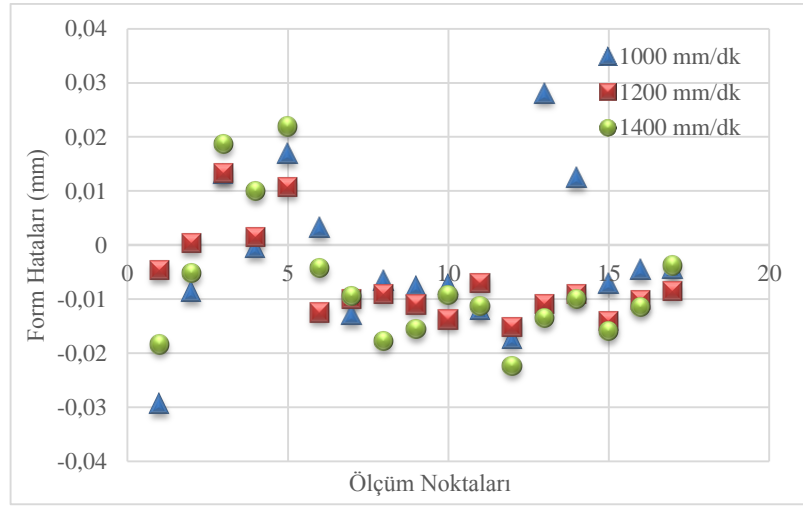
Çalışma kapsamında numune ve bölgelerin karşılaştırılmasında kullanacağımız diğer veri, serbest şekilli yüzey işlemede kullanılan işleme parametrelerine ait işleme süresidir. Tablo 4.1’ de kaba, ara kaba ve finish işlemede kullanılan takım yollarına ait işleme sürelerini görmekteyiz.

Tablo 4.1. İşleme parametrelerine ait işleme zamanı

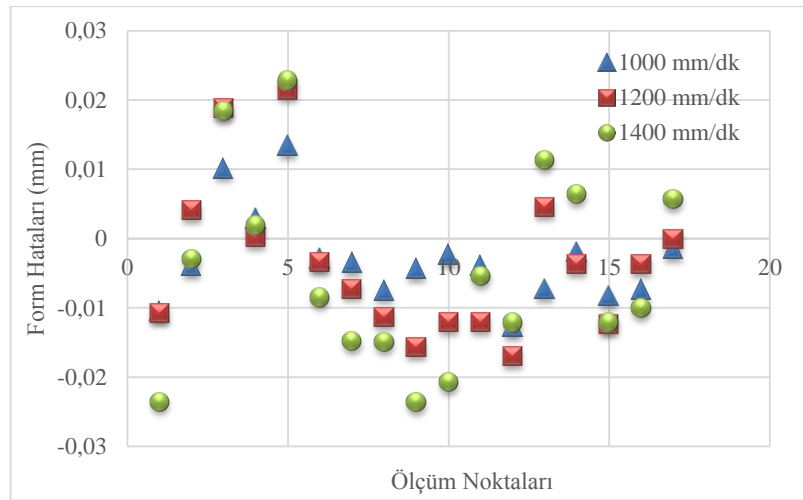
	A		B		C	
	İlerleme mm/dk	Devir Sayısı dev/dk	İlerleme mm/dk	Devir Sayısı dev/dk	İlerleme mm/dk	Devir Sayısı dev/dk
KABA	500	2500	500	3000	500	3500
ARA KABA	800	2500	800	3000	800	3500
FİNİŞ	1000	2500	1000	3000	1000	3500
Toplam İşleme süresi (dak:sn)	Kaba: 42:34 Ara kaba: 33:18 Finish: 50:16		Kaba: 42:34 Ara kaba: 33:18 Finish: 50:16		Kaba: 42:34 Ara kaba: 33:18 Finish: 50:16	
	D		E		F	
KABA	800	2500	1100	2500	800	3000
ARA KABA	1000	2500	1200	2500	1000	3000
FİNİŞ	1200	2500	1400	2500	1200	3000
Toplam İşleme süresi (dak:sn)	Kaba: 33:28 Ara kaba: 28:22 Finish: 47:49		Kaba: 24:46 Ara kaba: 22:26 Finish: 43:19		Kaba: 33:28 Ara kaba: 28:22 Finish: 47:49	
	G		H		K	
KABA	1100	3000	800	3500	1100	3500
ARA KABA	1200	3000	1000	3500	1200	3500
FİNİŞ	1400	3000	1200	3500	1400	3500
	Kaba: 24:46 Ara kaba: 22:26		Kaba: 33:28 Ara kaba: 28:22		Kaba: 24:46 Ara kaba: 22:26	

4.2. İlerlemenin Form Hatalarına Etkilerinin Araştırılması

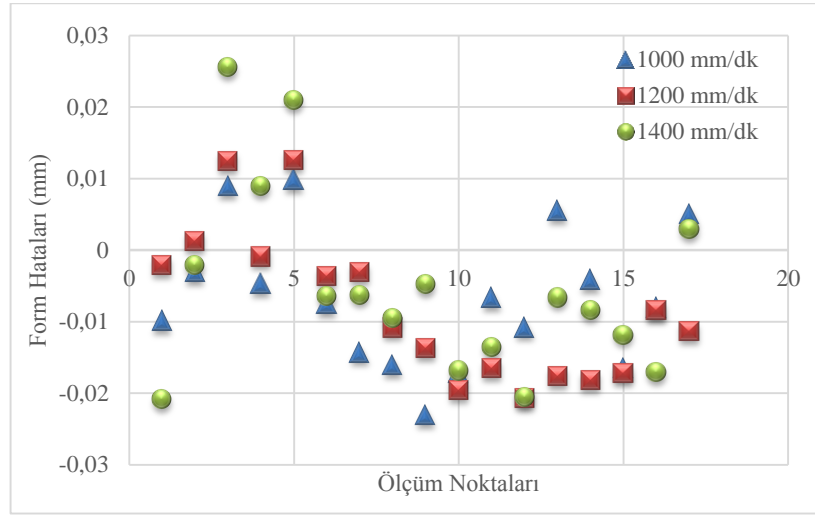
Bu bölümde işleme parametrelerine göre ilerlemenin form hatalarına etkisi incelendi. Ölçüm noktalarının fazla olması nedeniyle işleme parametrelerinin form hatalarına etkilerini net olarak görebilmek amacıyla grafiksel gösterim tercih edildi. Bunun için Tablo 4.1' den faydalanarak aşağıdaki grafikler çizildi. . Aşağıda Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de 1. bölgede ilerleme değerlerinin değişiminin form hatalarına etkileri aşağıda grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.1. 1. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



Çizelge 4.2. 1. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası

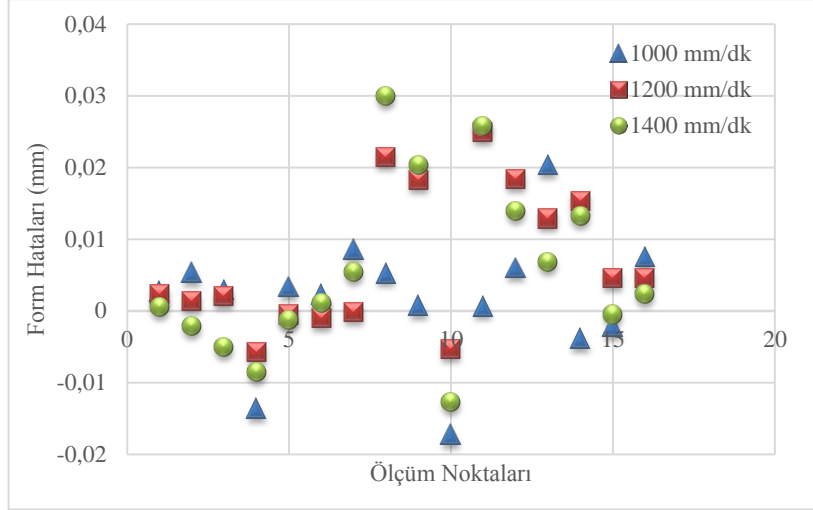


Çizelge 4.3. 1. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası

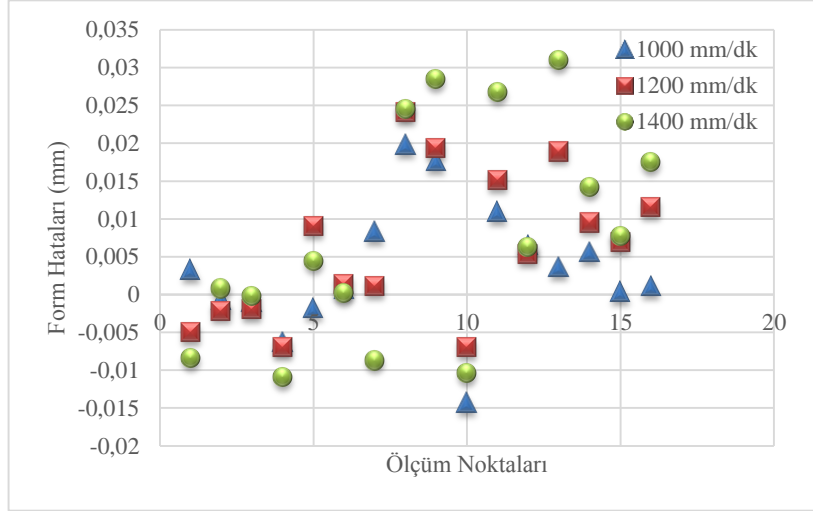
Grafiklerden de görüldüğü üzere genel olarak, ilerleme miktarının artmasıyla form hatalarının miktarı da artmaktadır. Artan ilerleme miktarına bağlı olarak devir başına kesilen talaş kalınlığı artacaktır. Bu artış işlenen yüzeylerde daha fazla gerilme uygulaması anlamına gelir. Benzer şekilde de literatürde [18], yoğun plastik deformasyon sonucunda deformasyon sertleşmesi ile yüzeyde sert bir katmanın meydana geldiği ifade edilmektedir. Bu durumda form hatalarının artmasına neden olmuştur.

Yine form hata değerlerinin işleme yüzeyinde oluşum yerleri incelendiğinde, genel olarak takımın tırmanma ve inme yaptığı bölgelerde form hatalarının yoğun olarak meydana geldiği dikkati çekmektedir. Bu sonuç yapılan diğer çalışmalarla [16-17-8] benzerlik göstermektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda takımın tırmanma ve inme yaptığı bölgelerde maksimum takım sehim değerlerinin oluştuğu bu durumda form hatalarını meydana getireceğini bahsetmektedir. Şekil 2.12.'deki 1. Bölge incelendiğinde yüzey formunda hem konveks hem konkav eğrilik olduğundan ilerleme artmasına bağlı olarak form hatalarının arttığı görüldü, nitekim bu durum yapılan diğer literatür sonuçlarıyla örtüşmektedir [23].

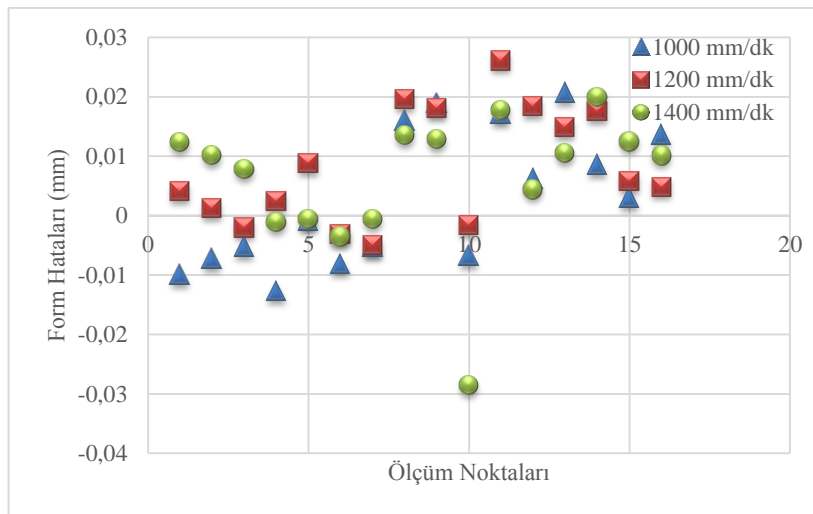
Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'de 2. bölgelerde ilerleme değerlerinin form hatalarına etkileri yine grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.4. 2. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



Çizelge 4.5. 2. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



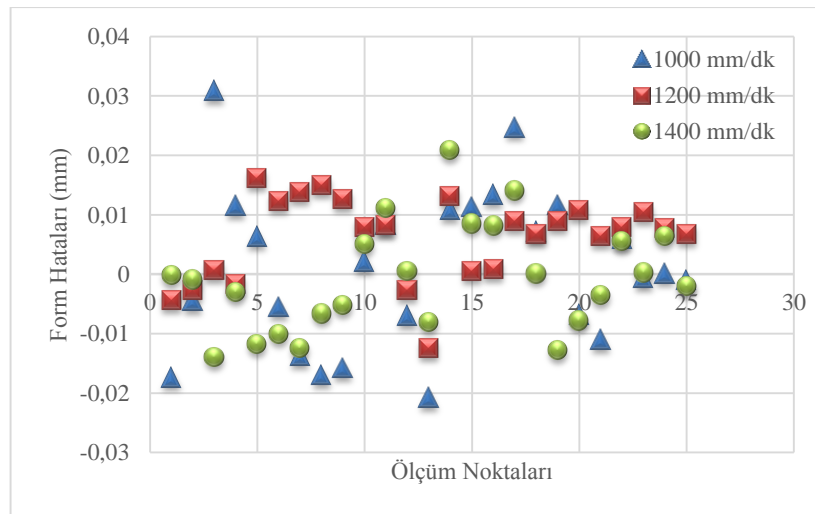
Çizelge 4.6. 2. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası

2. Bölge için ilerlemenin artmasının form hatalarına etkileri incelendiğinde 1. Bölgedeki gibi ilerlemenin artmasına bağlı olarak form hatalarının da arttığı görülmektedir. Bu bölgede yer yer hataların diğer bölgelere göre fazla çıkmasının sebebi eğrilik yarıçapının ani değişmesi form hatalarının diğer bölgelere göre daha fazla olmasına neden olmuştur.

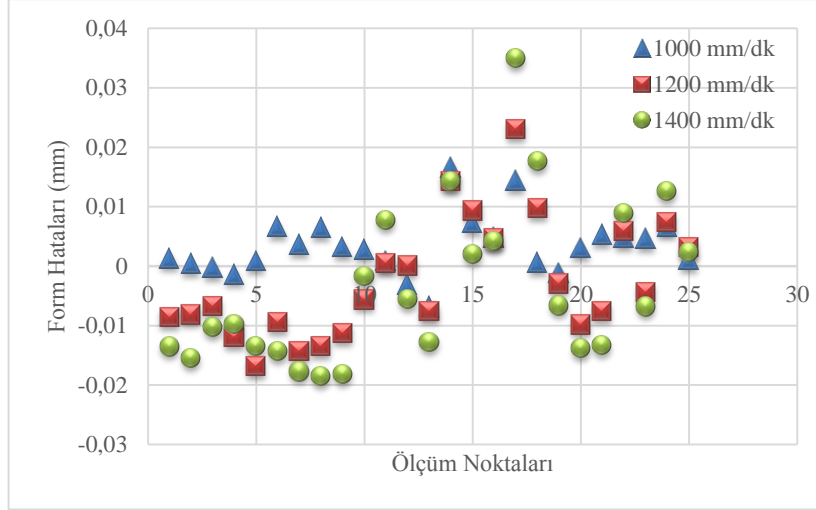
Ayrıca dışbükey ve içbükey yüzeyler için meydana gelen takım sehimi ve buna bağlı form hata değerlerinin işleme yüzeyinde oluşum yerleri incelendiğinde, genel olarak takımın tırmanma ve inme yaptığı bölgelerde yüzeyden gelen tepki kuvvetleri sonucunda meydana gelen takım sehimleri sonucu form hatalarının artmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların ise literatürle [23] uyduğu görüldü.

Efektif çapın takım temas uzunluğunu doğrudan etkilemesinden dolayı talaş kesitini büyüttüğü, dolayısı ile kuvvetleri ve takım sehmini etkilediği bilinmektedir [23]. Efektif çap, küresel takma uçlu frezelerin talaş kaldırma esnasında; talaş derinliğine bağlı olarak lineer olmayan bir şekilde artan ya da azalan gerçek takım çapıdır. Bu çalışmada da küresel efektif çapının azaldığı bölgelerde ise sehimi ve form hata değerlerinin azaldığı görülmektedir.

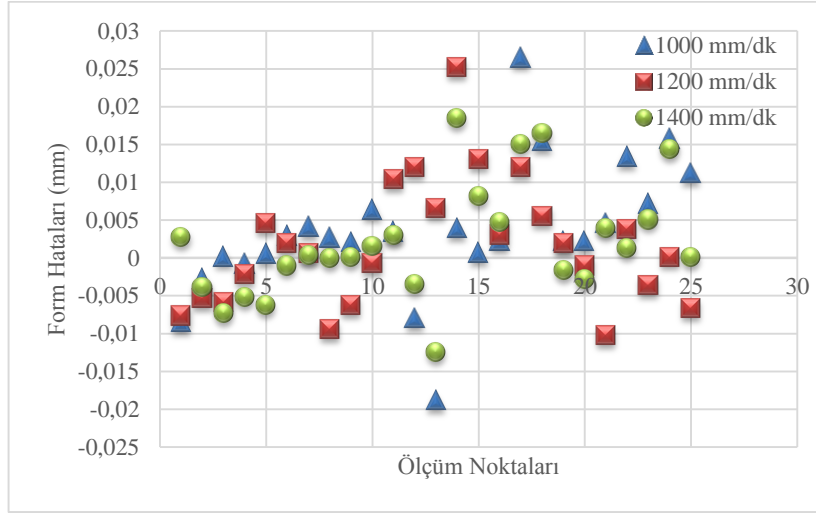
Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9.' da 3. bölgelerde ilerleme değerlerinin değişiminin form hatalarına etkileri yine grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.7. 3. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



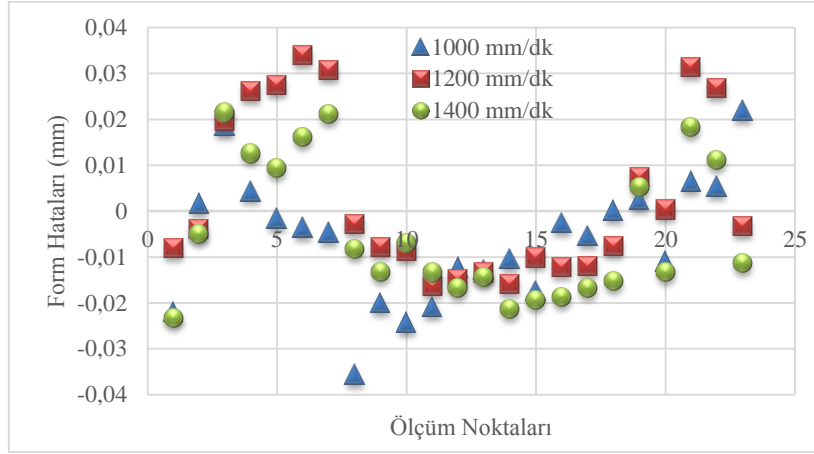
Çizelge 4.8. 3. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



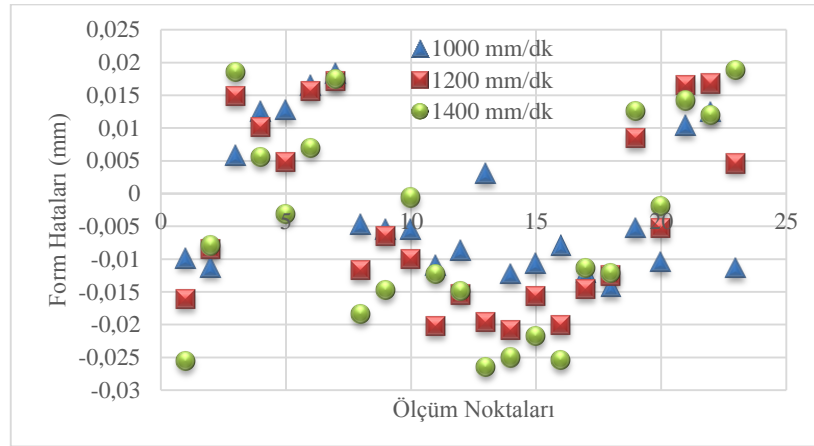
Çizelge 4.9. 3. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası

3. bölge için ilerlemenin artmasının form hatalarına etkileri incelendiğinde 1. ve 2. Bölgedeki gibi ilerlemenin artmasına bağlı olarak form hatalarının da arttığı görülmektedir. Ancak bu bölgedeki form hatalarının birbirine yakın değerlerde çıktığı grafiklerde dikkati çekmektedir. Bunun sebebi takımın tırmanma ve inme yaptığı kısımlar diğer bölgelere göre daha az olması nedeniyle bu bölümdeki farklı ilerleme değerlerinin form hataları üzerindeki etkileri birbirine yakın olduğu görüldü. Ayrıca kesme bölgesinden talaşın diğer bölgelere göre kolay uzaklaştırılması ilerlemenin bu bölgede form hatası üzerindeki etkisinin fazla olmadığı görüldü.

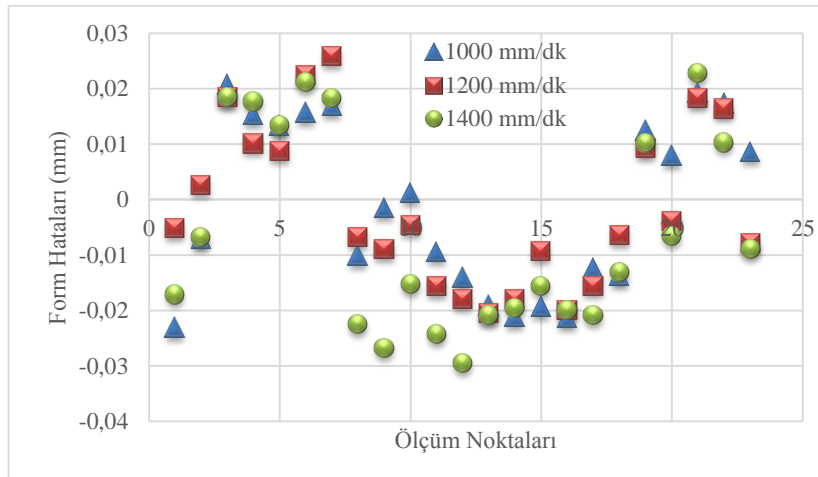
Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12’de 4. bölgelerde ilerleme değerlerinin değişiminin form hatalarına etkileri yine grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.10. 4. Bölge 2500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



Çizelge 4.11. 4. Bölge 3000 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası



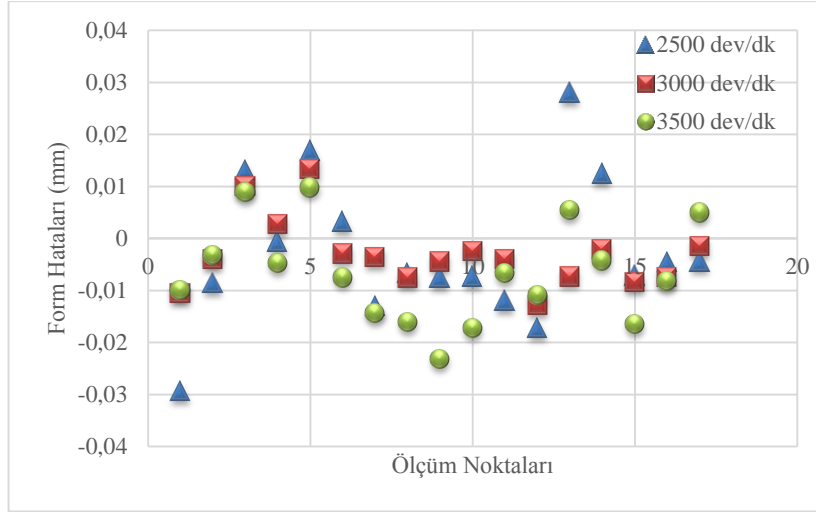
Çizelge 4.12. 4. Bölge 3500 dev/dk devir sayısında ilerlemeye göre form hatası

4. bölge için ilerlemenin artmasının form hatalarına etkileri incelendiğinde 1. 2. ve 3. bölgedeki gibi ilerlemenin artmasına bağlı olarak form hatalarının da arttığı görülmektedir. Bu bölgede eğrilik yarıçapının diğer bölgelere göre büyük olması bu bölgedeki form hatalarının artmasına neden olmuştur. Benzer şekilde yukarıda bahsedilen sebeplerin bu bölgede de etkili olduğu ve form hatalarının artmasına neden olduğu görüldü.

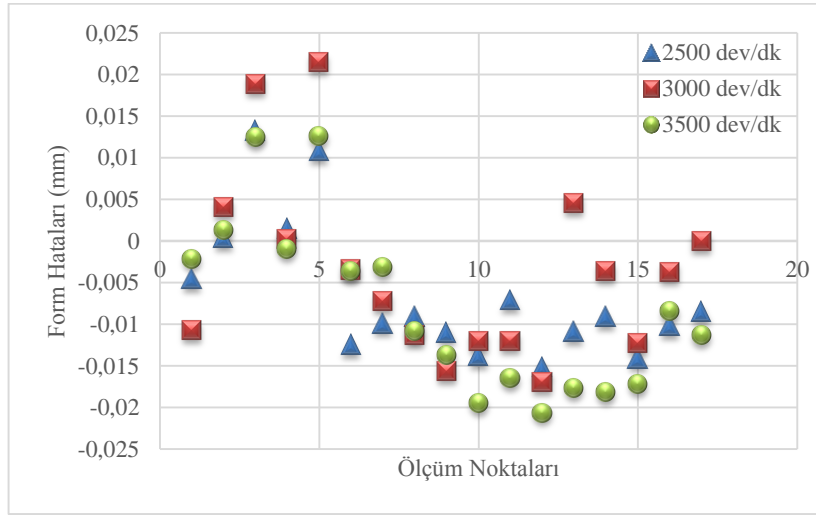
Ayrıca, ilerleme ve kesme kuvvetlerinin artmasına bağlı olarak meydana gelen adhesif aşınmanın neden olduğu kararsız talaş yığılması (Built Up Edge-BUE), takım ve malzeme üzerindeki tesirini artırdığı düşünülmektedir. Literatürde belirtildiği gibi, yapılarında birden fazla faz bulunduran pek çok alaşımın işlenmesinde, malzemelerde deformasyon sertleşmesi nedeniyle kesici uç etrafına ve takım yüzeyine talaş yapışarak BUE oluştuğu söylenmektedir [18]. Genel olarak sünek malzemelerin işlenmesinde, orta kesme hızlarında BUE, aşırı düşük hızlarda kaynaklama ve yüksek hızlarda akma bölgesi oluşmaktadır [18]. Alüminyum ve alaşımları da, birden fazla faz ihtiva ettiğinden, özellikle düşük kesme hızlarında meydana gelen BUE form hatasını olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. Çünkü Kesici ağızlarında oluşan BUE kesici takımın geometrik yapısını da bozduğundan, kesme işleminin kararlı ve ideal yapısını etkilemektedir. Burada talaşın kolay atıldığı bölgelerde ve BUE nin oluşmadığı durumlarda form hatalarının azaldığı görüldü.

4.3. Devir Sayısının Form Hatalarına Etkilerinin Araştırılması

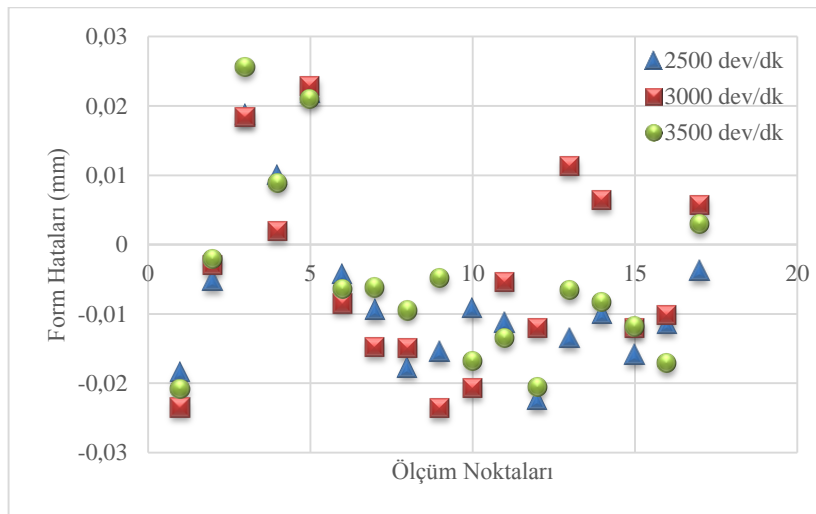
Bu bölümde işleme parametrelerine göre devir sayısının form hatalarına etkisi incelendi. Yine Ölçüm noktalarının fazla olması nedeniyle işleme parametrelerinin form hatalarına etkilerini net olarak görebilmek amacıyla grafiksel gösterim tercih edildi. Bunun için Tablo 4.1' den faydalanarak aşağıdaki grafikler çizildi. Aşağıda Çizelge 4.13, 4.14 ve 4.15'de 1. bölgede devir sayısının değişiminin form hatalarına etkileri aşağıda grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.13. 1. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



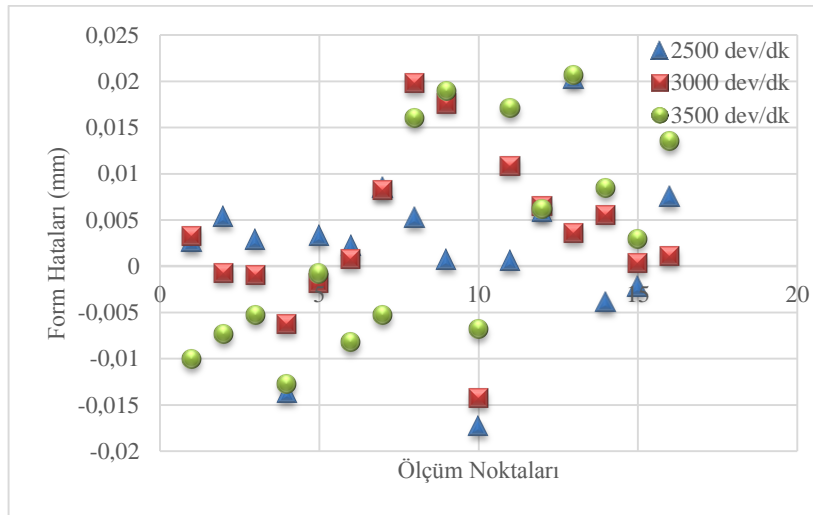
Çizelge 4.14. 1. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



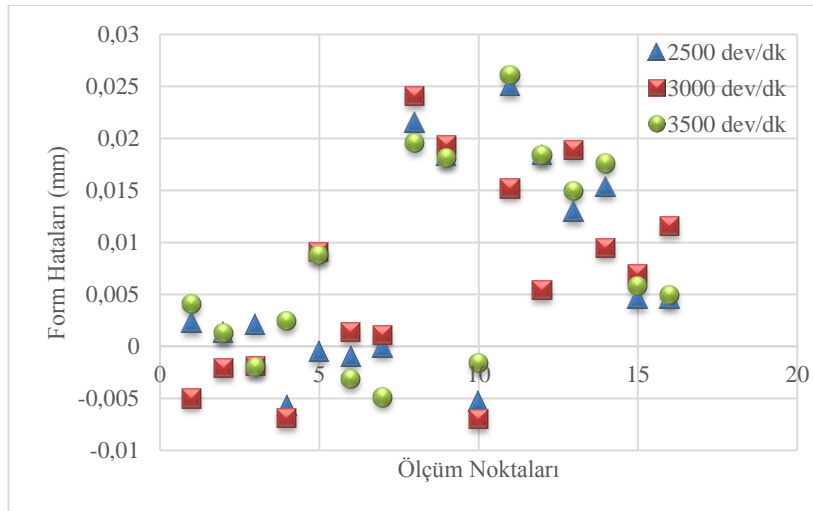
Çizelge 4.15. 1. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası

1.bölge için grafikler incelendiğinde devir sayısının değişiminin form hatalarına etkisi net olarak belirgin değildir. Bunun sebebi eğrilik yarıçapına bağlı olarak takımın kesme ve ilerleme kuvvetlerindeki değişimleridir. Kuvvetlerdeki bu değişim kesici takımın yüzeyle temas alanını değiştirmekte bu durumda yüzeydeki form hatalarının değişmesine neden olmaktadır. Yine kesme hızına bağlı olarak artan takım-iş parçası sıcaklığının, kesme bölgesinde kayma dayanımını azaltmasının da form hatalarının bu bölge için değişiklik göstermesine neden olduğu söylenebilir.

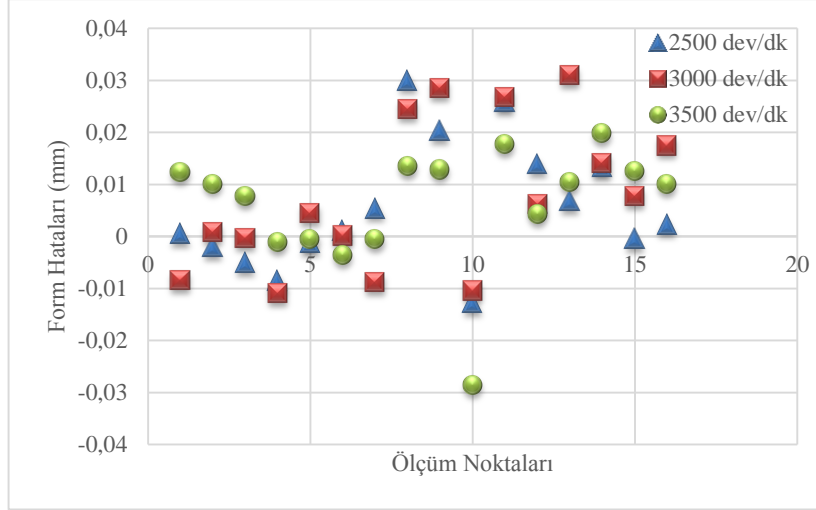
Çizelge 4.16, 4.17 ve 4.18’ de 2. bölgede devir sayısının değişiminin form hatalarına etkileri grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.16. 2. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



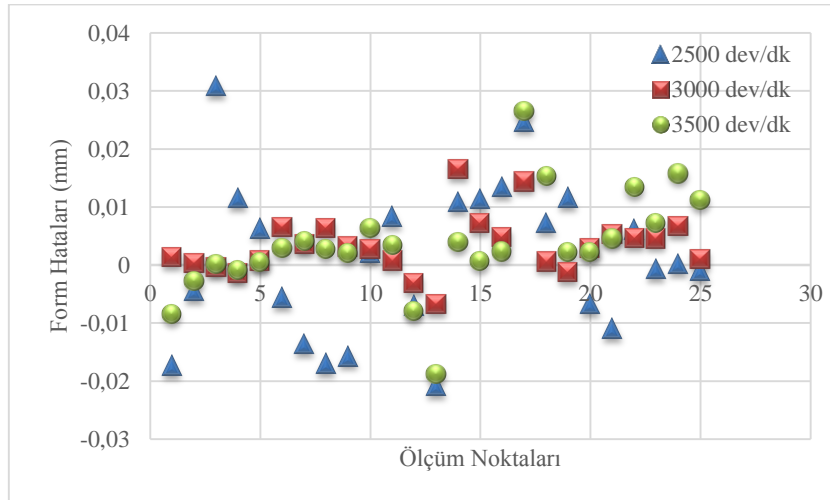
Çizelge 4.17. 2. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



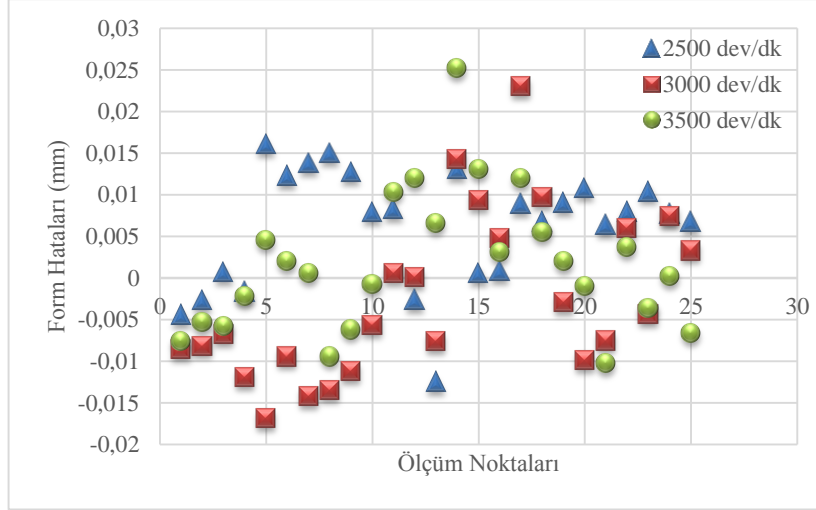
Çizelge 4.18. 2. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası

2.bölge için grafikler incelendiğinde devir sayısının artmasının form hatalarına olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. 2. Bölgedeki işleme yönü incelendiğinde eğrinin konveks olmasına bağlı olarak takımın iniş hareketi yapmasının form hatasını artırdığını bununla devir sayısının artmasıyla genel olarak daha da artırdığı görülmektedir. Bunun sebebi ise kesme hızının artmasıyla takım sehim büyüklüğünün artmasıyla açıklanabilir. Ayrıca efektif çapın takım aniden değişmesi ve devir sayının artmasıyla bu değişimin daha da artması form hatalarının oluşmasına neden olmuştur.

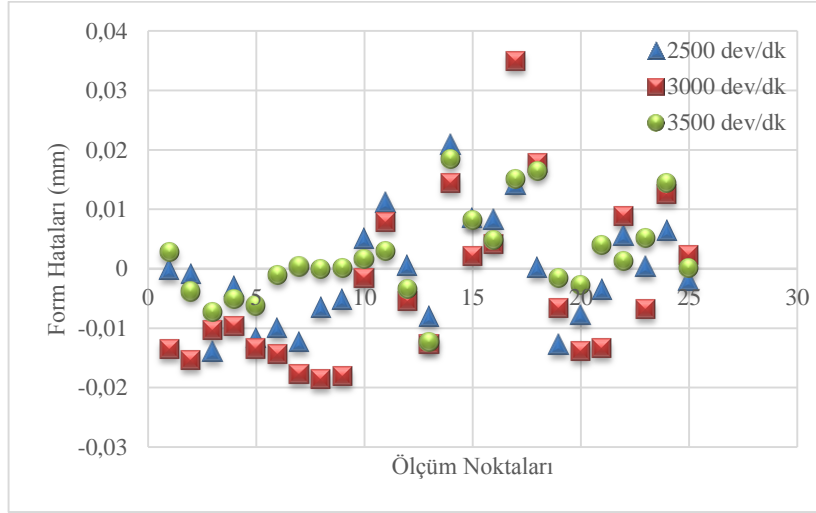
Çizelge 4.19, 4.20 ve 4.21’ de 3. bölgede devir sayısının değişiminin form hatalarına etkileri grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.19. 3. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



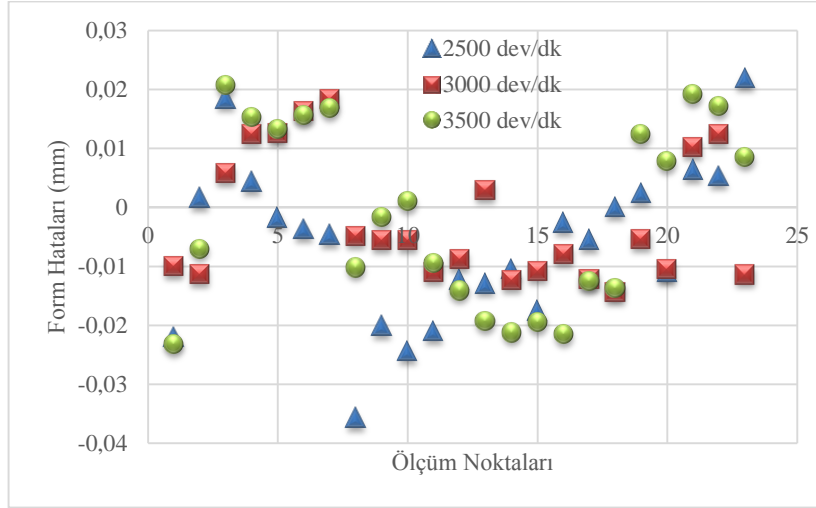
Çizelge 4.20. 3. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



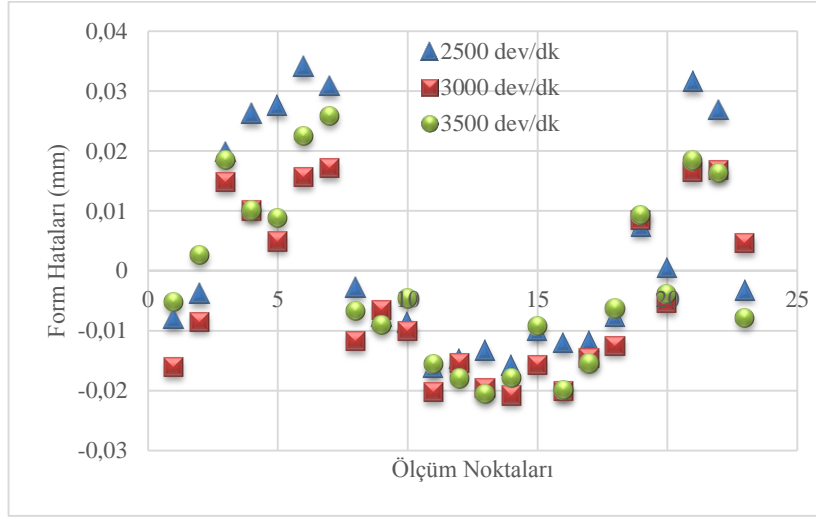
Çizelge 4.21. 3. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası

3.bölge için grafikler incelendiğinde devir sayısının değişiminin form hataları üzerinde büyük bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Bu bölgede ise 1 ve 2. Bölgenin aksine çok düşük oranda da olsa devir sayısının artmasının form hatasını azalttığı görülmektedir. Bunun sebebi daha öncede bahsedildiği gibi 3. Bölgede takımın tırmanma ve inme yaptığı kısımların diğer bölgelere göre daha az olmasıdır. Yine 3. Bölgede devir sayısının artmasıyla yüzeyde meydana gelen kuvvet azalması ve temas alanının azalması form hatalarının azalmasına neden olmuştur.

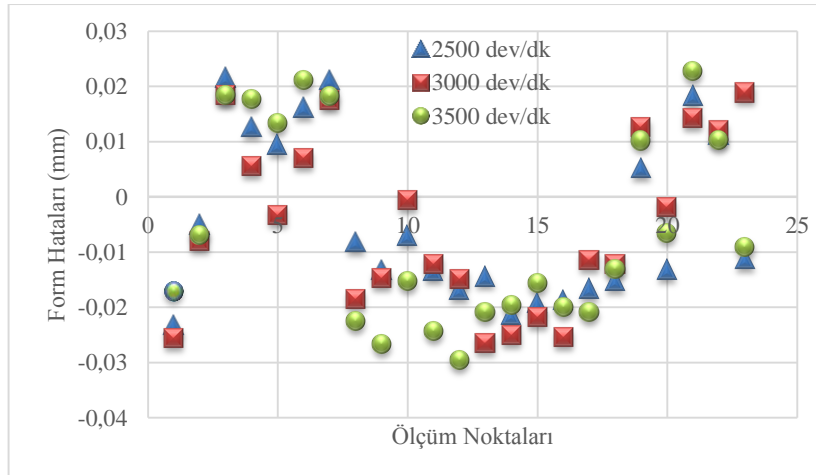
Çizelge 4.22, 4.23 ve 4.24' de 4. bölgede devir sayısının değişiminin form hatalarına etkileri grafiksel olarak verildi.



Çizelge 4.22. 4. Bölge 1000 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



Çizelge 4.23. 4. Bölge 1200 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası



Çizelge 4.24. 4. Bölge 1400 mm/dk ilerlemede devir sayısına göre form hatası

4.bölge için de grafikler incelendiğinde devir sayısının değişiminin form hataları üzerinde büyük bir fark oluşturmadığı görülmektedir. Bu bölgede de yine 1 ve 2. Bölgenin aksine çok düşük oranda da olsa devir sayısının artmasının form hatasını azalttığı görülmektedir. Bunun sebebi de takımın tırmanma yaptığı durumlarda efektif çapın aniden değişmemesinin kesme hızının artmasının form hatalarının azalmasına neden olduğu görüldü. Ayrıca talaşın kesme bölgesinden kolay atılmasının da devir sayısının form hataları üzerinde olumlu etkisi olduğu görüldü.

4. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, Al 6082 alaşım kullanılarak serbest şekilli yüzeyin farklı işleme parametreleri ile işlenmesinde form hatalarının etkileri deneysel olarak incelendi. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edildi;

- İlerleme miktarının artması ile form hatalarının artmaktadır.
- 1. Bölgede ilerleme miktarının artmasıyla form hatalarının miktarının arttığı görüldü.
- 2. Bölgede ilerlemenin artmasına bağlı olarak form hatalarının da arttığı görüldü. Bu bölgede yer yer hataların diğer bölgelere göre fazla çıkmasının sebebi eğrilik yarıçapının ani değişmesi form hatalarının diğer bölgelere göre daha fazla olmasına neden olduğu tespit edildi.
- 3. Bölgede ilerlemenin artmasına bağlı olarak form hatalarının da arttığı görüldü. Ancak bu bölgedeki form hatalarının birbirine yakın değerlerde çıktığı grafiklerde dikkati çekmektedir. Bunun sebebi takımın tırmanma ve inme yaptığı kısımlar diğer bölgelere göre daha az olması nedeniyle bu bölümdeki farklı ilerleme değerlerinin form hataları üzerindeki etkileri birbirine yakın olduğu görüldü.
- 4. Bölgede ilerlemenin artmasına bağlı olarak form hatalarının da arttığı görüldü. Bu bölgede eğrilik yarıçapının diğer bölgelere göre büyük olması bu bölgedeki form hatalarının artmasına neden olduğu görüldü.
- 1. Bölgede devir sayısının değişiminin form hatalarına etkisinin net olarak belirgin olmadığı görüldü. Eğrilik yarıçapına bağlı olarak takımın kesme ve ilerleme kuvvetlerindeki değişimlerinden olduğu tespit edildi.
- 2. Bölgede devir sayısının artmasının form hatalarına olumsuz yönde etkilediği görüldü. 2. Bölgedeki işleme yönü incelendiğinde eğrinin konveks olmasına bağlı olarak takımın iniş hareketi yapmasının form hatasını artırdığını bununda devir sayısının artmasıyla genel olarak daha da artırdığı tespit edildi.
- 3. Bölge devir sayısının değişiminin form hataları üzerinde büyük bir fark oluşturmadığı görüldü. Bu bölgede 1 ve 2. Bölgenin aksine çok düşük oranda da olsa devir sayısının artmasının form hatasını azalttığı görüldü.
- 4. Bölgede devir sayısının değişiminin form hataları üzerinde büyük bir fark oluşturmadığı görüldü. Bu bölgede de yine 1 ve 2. Bölgenin aksine çok

düşük oranda da olsa devir sayısının artmasının form hatasını azalttığı görüldü. Bunun sebebi de takımın tırmanma yaptığı durumlarda efektif çapın aniden değişmemesinin kesme hızının artmasının form hatalarının azalmasına neden olduğu görüldü.

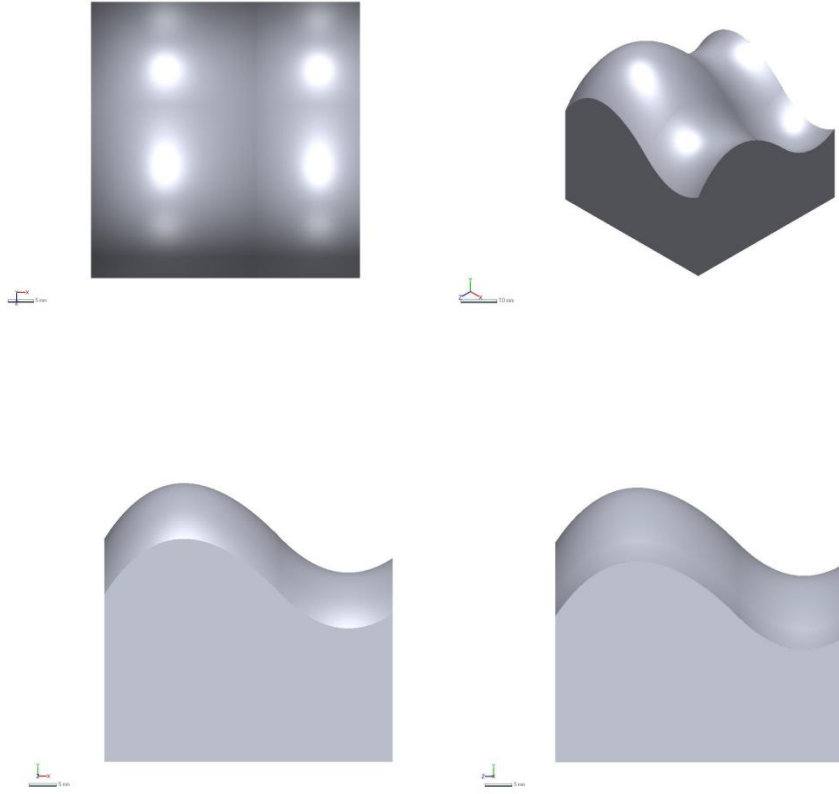
- Devir sayısının 3000 dev/dak 'ya kadar olumlu etkisi olduğu bu devirden sonra form hatalarının artmasına neden olduğu görüldü.
- Form hataları üzerinde işleme parametrelerinden ilerleme değerlerinin devir sayısına göre daha etkili olduğu görüldü.
- Form hataları, genel olarak takımın tırmanma ve inme yaptığı bölgelerde yoğun olarak meydana geldiği tespit edildi.
- Kesici takımın iniş yaptığı bölgelerde meydana gelen form hataları, takımın tırmanma yaptığı bölgelere göre daha az olduğu görüldü.
- Kesme esnasında meydana gelen BUE kesici takımın geometrik yapısını da bozduğundan, kesme işleminin kararlı ve ideal yapısını etkilediği bu durumda form hatalarının oluşmasına neden olduğu görüldü.
- Zıt yönlü frezelemede takım form hatası arttı. Eş yönlü işlemede ise azaldı.
- En az sapma miktarı B numunesinde en fazla sapma miktarı G numunesinde tespit edildi.
- En iyi işleme parametreleri olarak 3000 dev/dak ve 1000 mm/dak değerlerinde ve B numunesi olduğu görüldü.
- En fazla sapma 3000 dev/dak ve 1400 mm/dak değerlerinde ve G numunesinde olduğu görüldü.
- En kötü işleme parametreleri olarak 3500 dev/dak ve 1000 mm/dak değerlerinde ve K numunesi olduğu görüldü.
- Numuneler en iyi sonuç verenden en kötü sonuç verene göre sıralanırsa B, C, H, A, F, D, E, G, K olduğu tespit edildi.

5. KAYNAKLAR

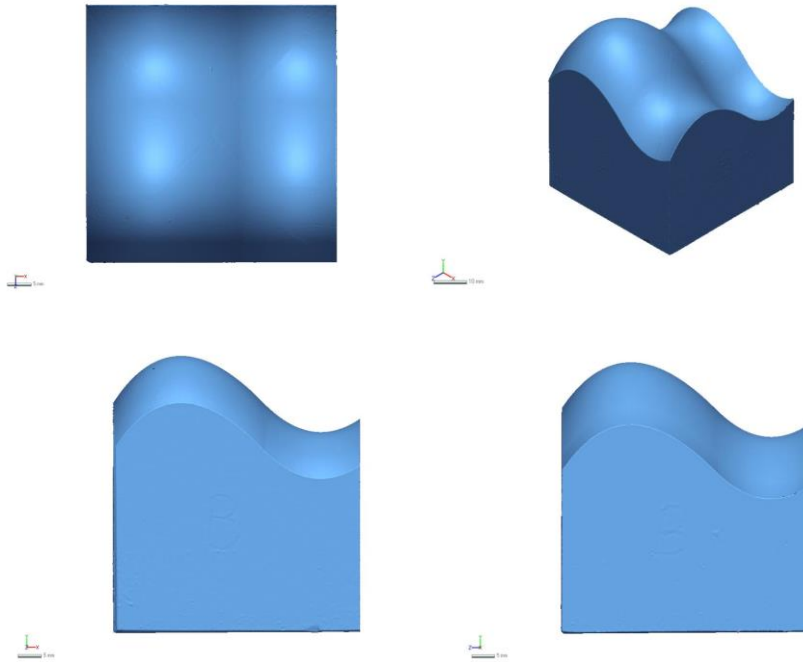
- [1] Haldar B.K. (2008). CNC tool path generation for free-form surface machining. Yüksek lisans tezi, Jadavpur University, Kalyani.
- [2] İçaçan M.S. (2007). Maya‘ da insan yüzünün modellenmesi ve animasyonu. Bitirme tezi, KATÜ, Trabzon.
- [3] Gökler M.İ. Bilgisayarlarda geometrik modelleme. ODTÜ, Ankara
- [4] Abbas T.F. (2008). Automatic tool path generation for parametric surfaces in terms of bezier patches.Eng. & tech. Journal, vol.27-4, 2009
- [5] Ersoyoğlu A.S., Ünüvar A. (2008). Serbest şekilli yüzeylerin işlenmesi için takım yolu oluşturulması. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [6] Özel C., Kılıçkap E. (2006). Tasarım İmalat analiz kongresi. Bezier yaklaşımı ile bir yüzeyin oluşturulması ve C programlama ile CAM kodlarının türetilmesi. Nisan , Balıkesir.
- [7] Karaca F., Ünal E. (2007). Ti-6Al-4V alaşımının dik işlem merkezli CNC tezgahında işlenebilirliğinin araştırılması. Fırat üniversitesi, Elazığ.
- [8] Aydoğan A. (2007). 3D syntetic human face modelling tool based on t-spline surfaces. Yüksek lisans tezi, ODTÜ, Ankara
- [9] Hulusioğlu B. (2006). Bilgisayar ortamında kemik mikro yapısının modellenmesi ve analizi. Yüksek lisans tezi, Uludağ üniversitesi, Bursa.
- [10] Arslan A., Çınar A. Bulanık mantık tabanlı yüzey modelleme. Fırat üniversitesi, Elazığ.
- [11] Ülker E. (2007). Yapay zeka teknikleri kullanarak yüzey modelleme. Doktora tezi, Selçuk üniversitesi, Konya.
- [12] Chambers P., Rockwood A.P. (1996). İntroduction to curves and surfaces. SIGGRAPH
- [13] Lasemi A. (2014). An integrated approach for precision machining of free form surfaces. Doktora tezi, University of Calgary, Calgary
- [14] Can A., Ünüvar A.(2010). Five-axis tool path generation for 3D curves created by projection on B-spline surfaces. Int J Adv Manuf Technol. 49:1047–1057.
- [15] Özel C., Şanlıtürk İ.H. (2011). 3 eksenli CNC freze tezgahında işlenen konik yüzeyler için optimum eğim açısının belirlenmesi. 6th international advanced technologies symposium. Fırat üniversitesi, Mayıs 16-18, Elazığ.

- [16] Choi Y.K. (2004). Tool path generation an 3D tolerance analysis for free-form surfaces. Doktora tezi, A&M Universty, Texas.
- [17] Erdim H., Lazoğlu I., Ozturk B. (2006). Feedrate scheduling strategies for free-form surfaces. International journal of machine tools & manufacture 46 (2006) 747-757.
- [18] Kurt M., Hartomacıoğlu S., Mutlu B., K okl  U.(2012) Minimization of the Surface Roughness and Form Error on the Milling of Free-Formsurfaces Using a Grey Relational Analıysis. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- [19] <http://www.seykoc.com.tr/alasimli-aluminyum/alasimlar/6082.html> (sayfa ziyareti, 20.04.2014).
- [20]<http://uotechnology.edu.iq/teachers/UploadFolder/Studying%20Curve%20Interpolator%20for%20CNC%20System.pdf> (sayfa ziyareti, 20.4.2014)
- [21]http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/malzeme2/Aluminyum_ve_Aluminyum_Alasimlari.pdf (sayfa ziyareti 20.12.2014)
- [22]Marsh D. (2005). *Applied Geometry for Computer Graphics and CAD*. Springer-Verlag London Limited USA. Cambridgeshire.
- [23] Gök, A., G loğlu, C., Demirci, H.İ. (2014). Dışbükey ve içbükey yüzeylerin küresel parmak frezelendirilmesinde takım sehimine bağlı form hatalarının belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 29, No 2, Amasya
- [24] Hartomacıoğlu S.(2011). Serbest Şekilli yüzeyleri işlenmesinde kesici takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve Şekil hatasına etkisi. Marmara Üniversitesi, İstanbul.

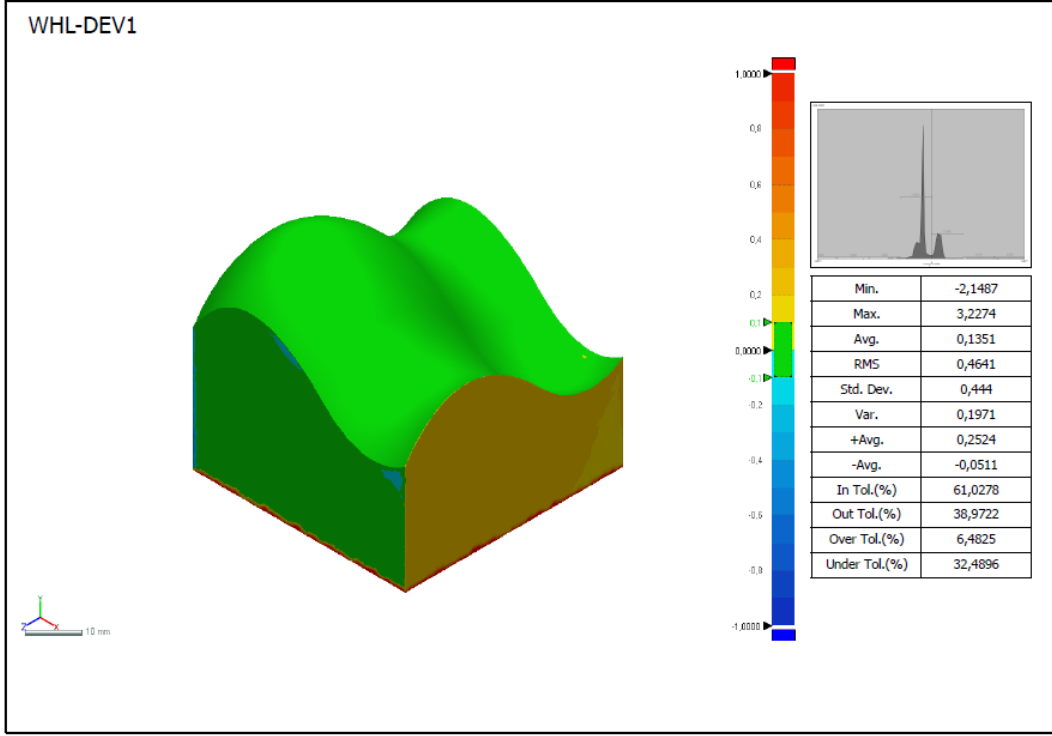
EK-1



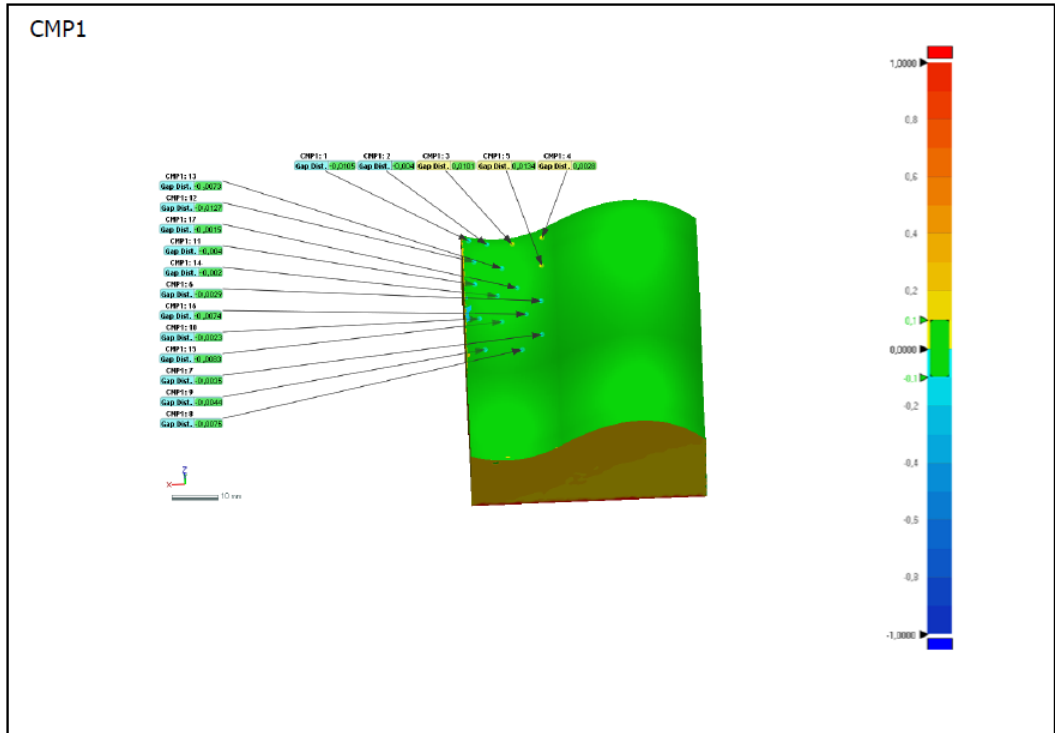
Şekil 7.1. B numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.2. B numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



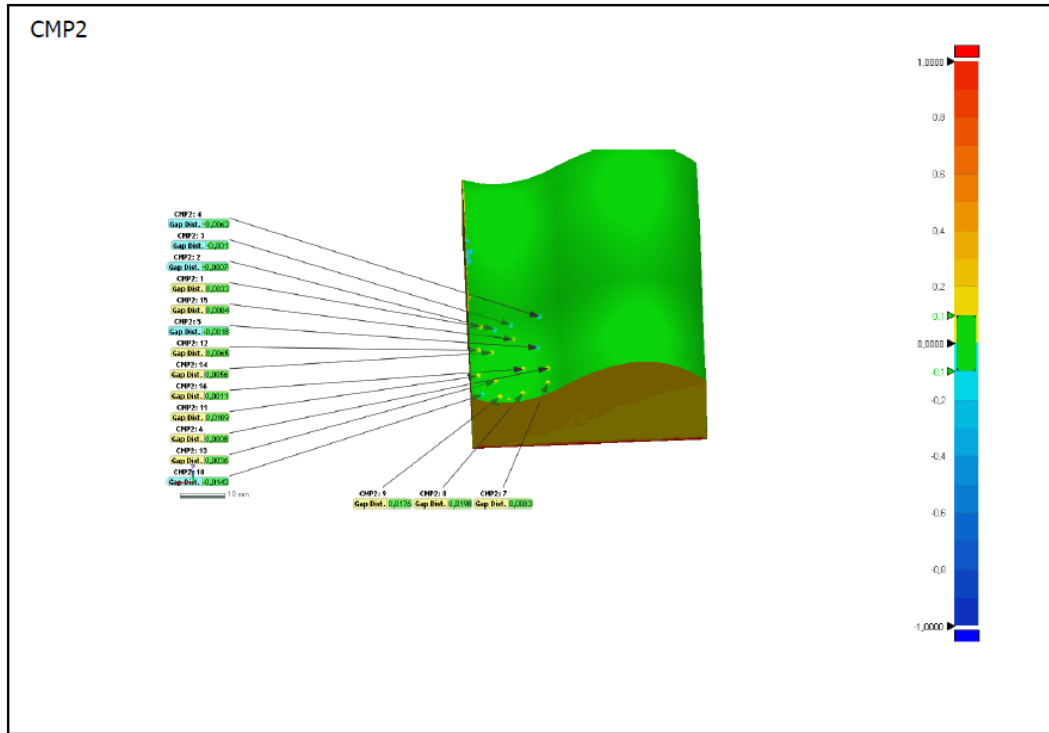
Şekil 7.3. B numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.4. B numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.1. B numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

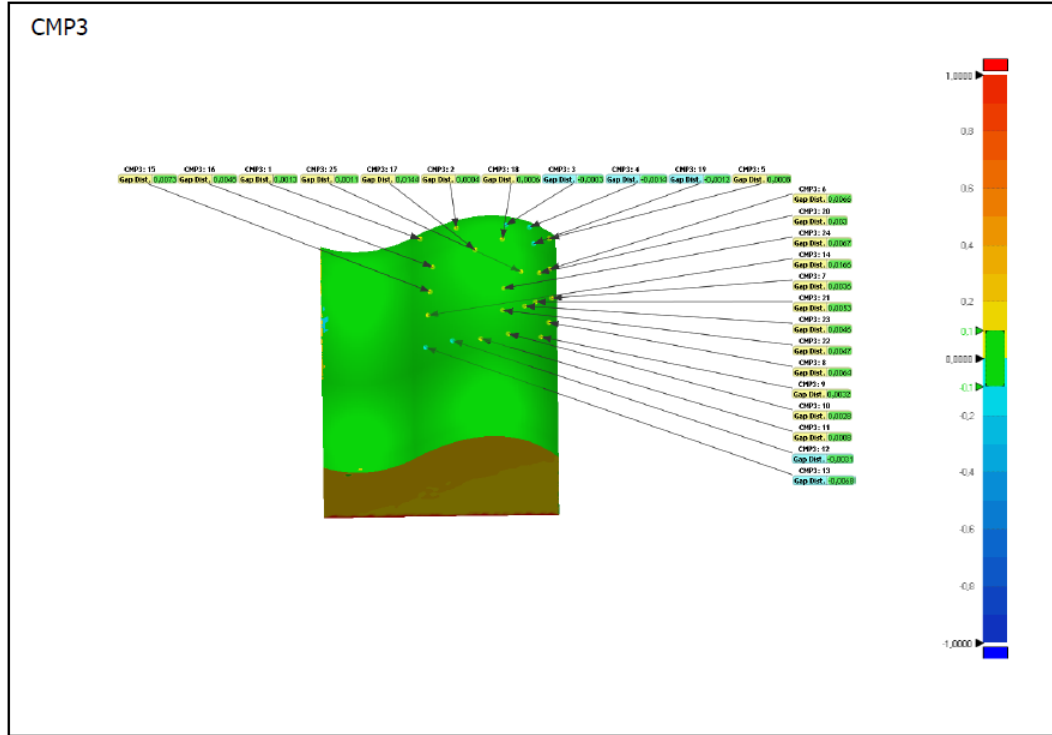
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1896	-0,2352	-3,229	-0,0105	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1409	-0,8716	-4,0021	-0,004	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5894	-0,0729	-4,5727	0,0101	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0376	4,4579	-5,6887	0,0028	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4431	7,6349	-14,2509	0,0134	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8157	5,6915	-21,9549	-0,0029	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9127	1,7504	-28,1739	-0,0035	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4251	-2,05	-29,7436	-0,0075	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,627	-1,9785	-29,3935	-0,0044	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6494	2,2362	-23,9272	-0,0023	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3504	5,0589	-16,8839	-0,004	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2501	4,5601	-11,0407	-0,0127	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1633	3,7484	-12,564	-0,0073	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4166	3,3572	-19,0933	-0,002	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,651	1,0702	-24,2856	-0,0083	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1766	2,8173	-23,5752	-0,0074	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0121	4,271	-17,7931	-0,0015	±0,01



Şekil 7.5. B numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.2. B numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

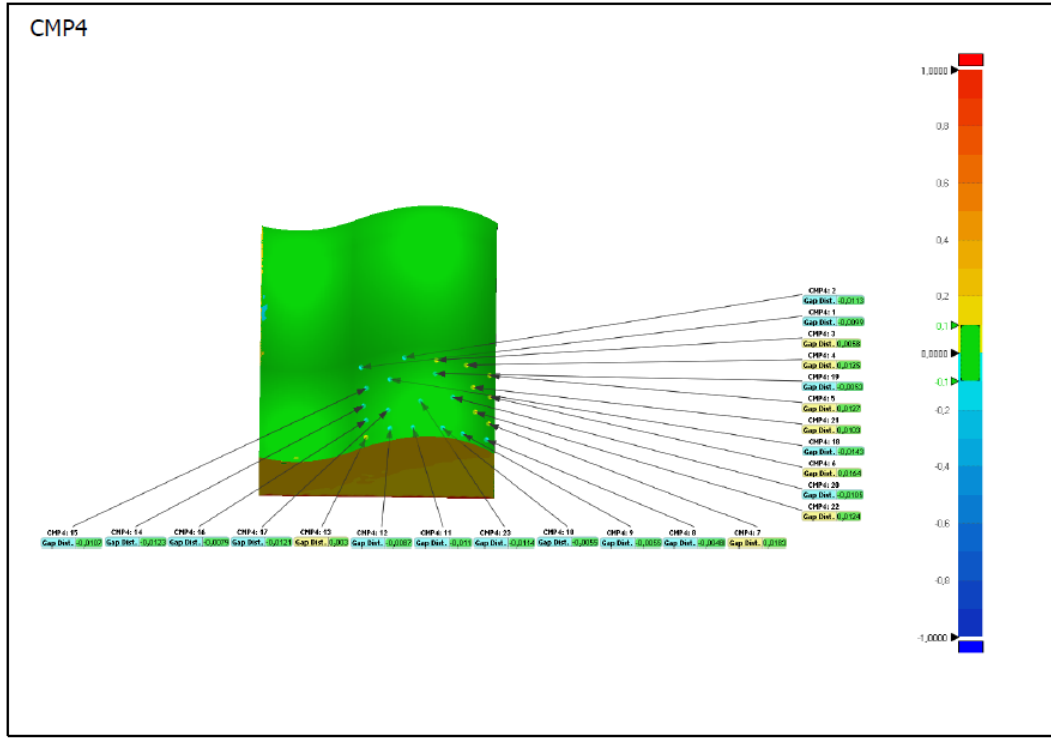
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2014	-6,8582	-35,3667	0,0033	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0601	-7,9983	-35,5512	-0,0007	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4095	-7,4897	-34,8053	-0,001	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0344	-4,7822	-34,517	-0,0063	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6252	-8,833	-40,1036	-0,0018	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5876	-8,5239	-45,5289	0,0008	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8373	-7,9674	-49,4576	0,0083	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4102	-10,4437	-50,4884	0,0198	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5493	-10,4862	-51,2039	0,0176	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,451	-9,397	-51,0914	-0,0143	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1373	-10,4439	-45,7099	0,0109	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8688	-9,3808	-39,835	0,0065	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3213	-11,7934	-46,4443	0,0036	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8955	-10,5375	-39,9154	0,0056	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9776	-9,4301	-37,4408	0,0004	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9797	-11,4016	-43,8798	0,0011	±0,01



Şekil 7.6. B numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.3. B numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7839	7,106	-4,1194	0,0013	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8477	14,2058	-5,416	0,0004	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9516	16,1552	-5,8502	-0,0003	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7624	11,8264	-4,1064	-0,0014	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4676	7,9067	-4,8325	0,0008	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,51	12,2116	-14,779	0,0066	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,0989	10,3782	-21,0356	0,0036	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,8504	8,6473	-26,1134	0,0064	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,578	8,1522	-29,4521	0,0032	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7126	11,9304	-30,5824	0,0028	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,758	11,4442	-31,4465	0,0008	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9553	9,5399	-30,8518	-0,0031	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8567	5,5759	-30,3056	-0,0068	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3299	10,2136	-24,7781	0,0166	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7384	12,8506	-20,3941	0,0073	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0732	14,419	-15,1092	0,0048	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7224	19,5166	-13,7439	0,0144	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7719	19,1506	-11,0218	0,0006	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9172	15,0593	-9,9353	-0,0012	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7587	14,7296	-17,1014	0,003	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6425	13,335	-23,5408	0,0053	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9428	15,4115	-26,6137	0,0047	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0704	14,3711	-25,087	0,0046	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6836	17,8227	-22,4812	0,0067	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7379	17,7323	-18,333	0,0011	±0,01

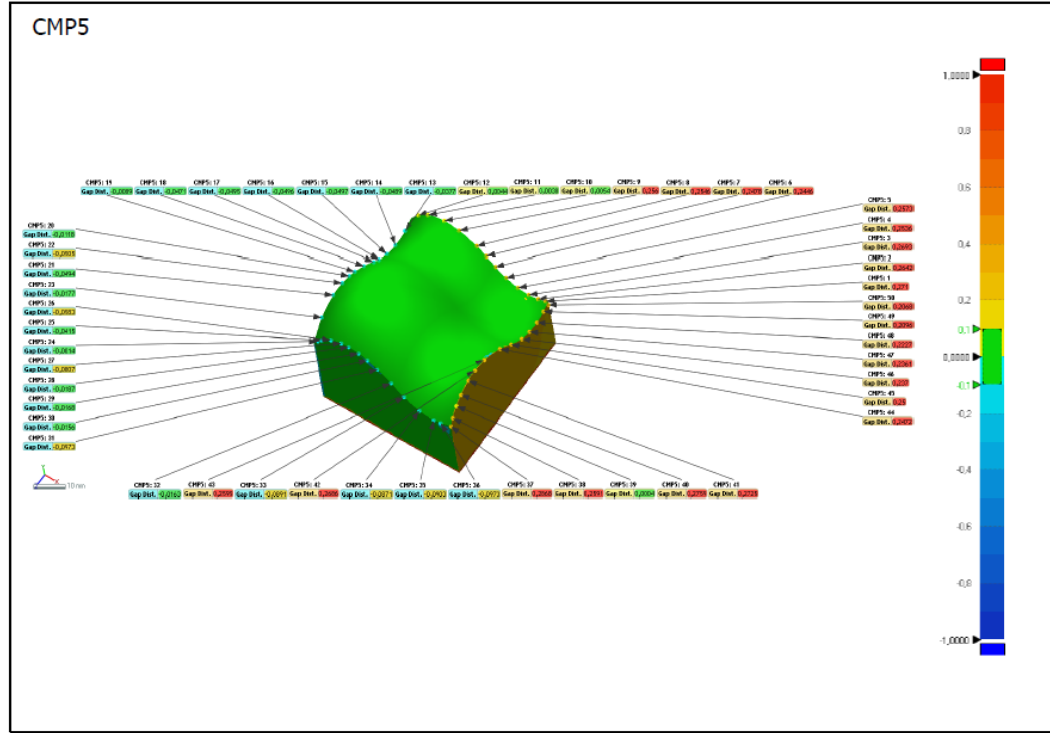


Şekil 7.7. B numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.4. B numunesinde 4.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5332	0,746	-34,7711	-0,0099	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0405	7,2105	-34,8446	-0,0113	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0509	7,7574	-35,5994	0,0058	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4121	5,0579	-35,6385	0,0125	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3165	-0,4143	-35,8446	0,0127	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1408	-3,1125	-39,8346	0,0164	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,362	-4,0068	-45,792	0,0183	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8346	-2,3816	-50,2477	-0,0048	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0826	3,0814	-51,0785	-0,0055	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4938	4,7199	-50,3914	-0,0055	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9927	4,4551	-50,2321	-0,011	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9932	2,0165	-49,5673	-0,0087	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2843	-1,5846	-50,3218	0,003	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,8499	-2,8485	-42,3906	-0,0123	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2863	-1,0459	-38,9686	-0,0107	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,257	-2,6359	-45,8978	-0,0079	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4612	0,9535	-44,8422	-0,0121	±0,01

CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1301	3,091	-38,399	-0,0143	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2805	6,0171	-38,1053	-0,0053	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3734	3,2086	-42,55	-0,0105	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8853	1,3771	-39,4105	0,0103	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3728	-0,4949	-44,4752	0,0124	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,377	3,8554	-43,7632	-0,0114	±0,01

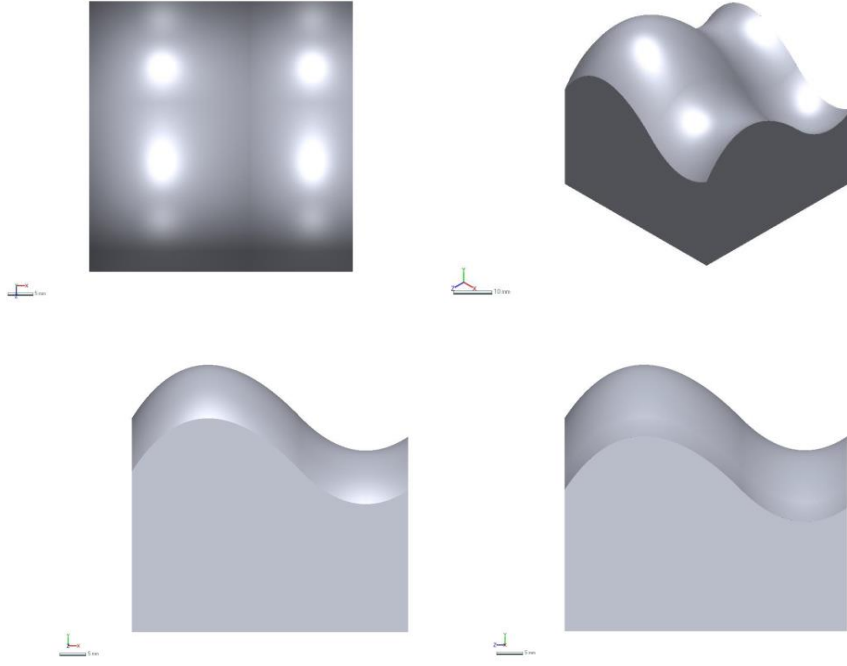


Şekil 7.8. B numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

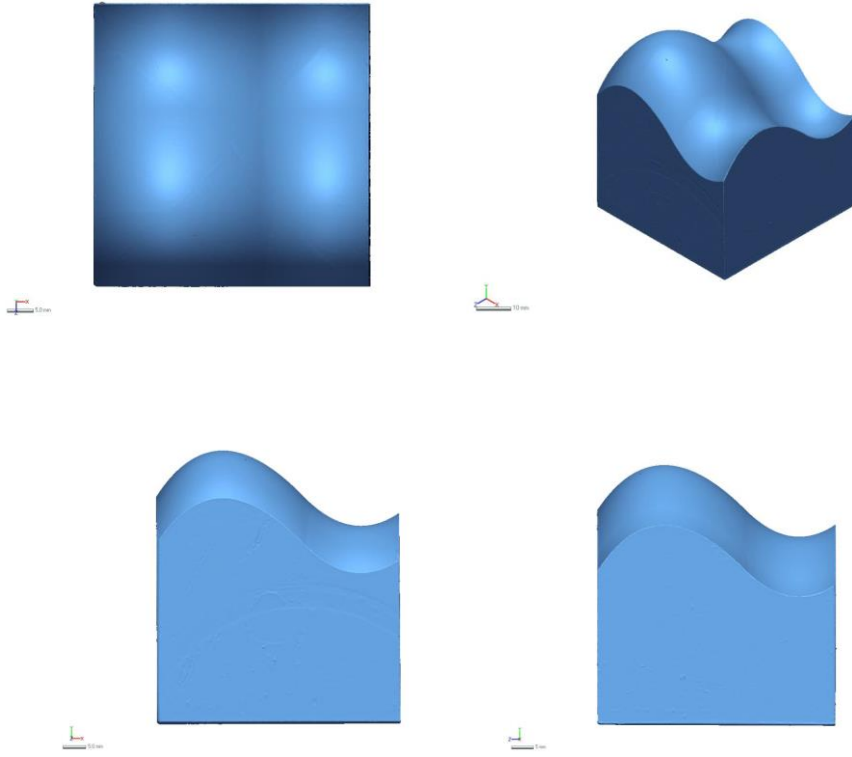
Tablo 7.5. B numunesinde 5.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,451	0,271	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,4442	0,2642	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,4493	0,2693	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,4336	0,2536	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,4373	0,2573	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,4246	0,2446	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,4278	0,2478	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,4346	0,2546	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,436	0,256	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8526	6,5659	-53,177	0,0054	±0,01
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,3525	4,4748	-53,1781	0,0038	±0,01

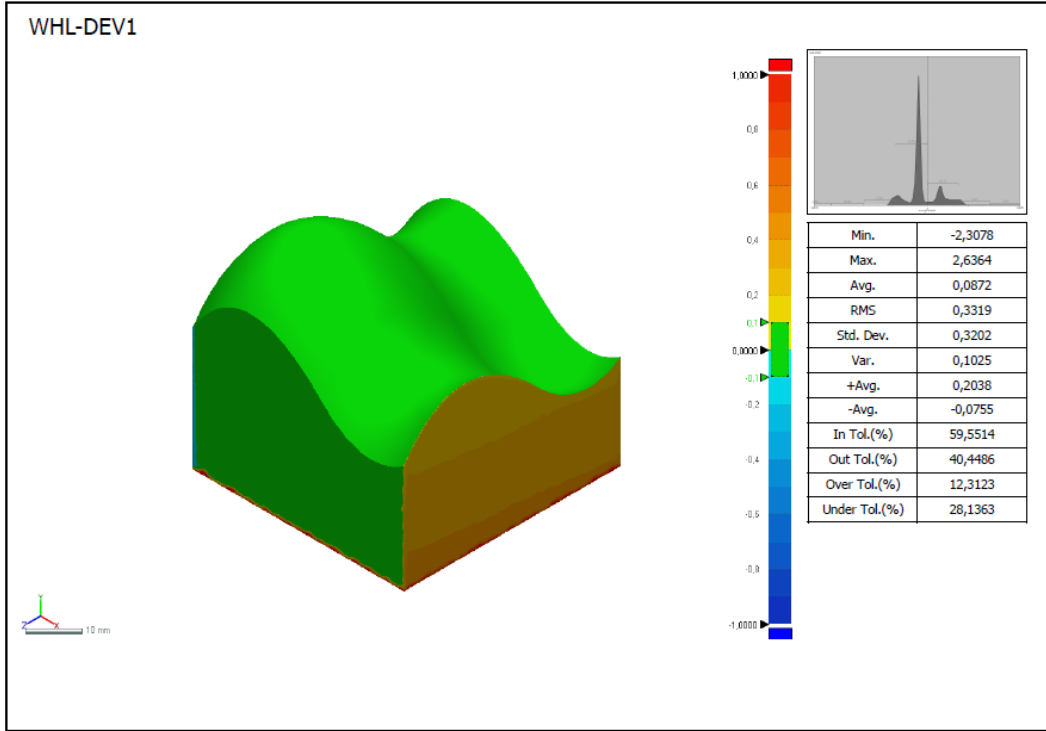
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,242	0,9138	-53,1782	0,0044	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	0,0377	-5,344	-49,3743	-0,0377	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	0,0489	-5,9982	-44,0572	-0,0489	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	0,0497	-4,668	-39,4653	-0,0497	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	0,0496	-2,2165	-35,6369	-0,0496	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	0,0495	0,1143	-33,0659	-0,0495	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	0,0471	4,2484	-28,4662	-0,0471	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0078	7,3006	-23,9862	-0,0089	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0101	8,6472	-21,2372	-0,0118	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	0,0494	9,7941	-12,587	-0,0494	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	0,0505	9,7661	-17,5012	-0,0505	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,0137	6,5137	-5,7317	-0,0177	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9679	2,8079	-0,0009	-0,0014	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	-0,0415	-0,0415	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	-0,0583	-0,0583	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	-0,0807	-0,0807	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6193	9,985	-0,0163	-0,0187	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2635	9,3978	-0,0138	-0,0168	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4876	8,1122	-0,0132	-0,0156	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	-0,0973	-0,0973	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7148	2,0669	-0,0122	-0,0163	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	-0,0891	-0,0891	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	-0,0871	-0,0871	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	-0,0903	-0,0903	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	-0,0973	-0,0973	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	52,0868	-3,819	0	0,2868	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	52,0591	-1,3314	-1,4944	0,2591	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,7998	1,6782	-4,1389	0,0004	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	52,0759	4,0219	-6,9809	0,2759	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	52,0725	6,0821	-11,3491	0,2725	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	52,0686	6,5656	-15,1883	0,2686	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	52,0595	5,6308	-20,1686	0,2595	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	52,0472	1,1864	-27,9959	0,2472	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	52,05	-3,4436	-33,1935	0,25	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	52,037	-7,5154	-38,3594	0,237	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	52,0361	-9,1465	-42,3809	0,2361	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	52,0227	-9,431	-46,3924	0,2227	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	52,0096	-8,4472	-50,2341	0,2096	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	52,0068	-8,4376	-52,9355	0,2068	±0,01



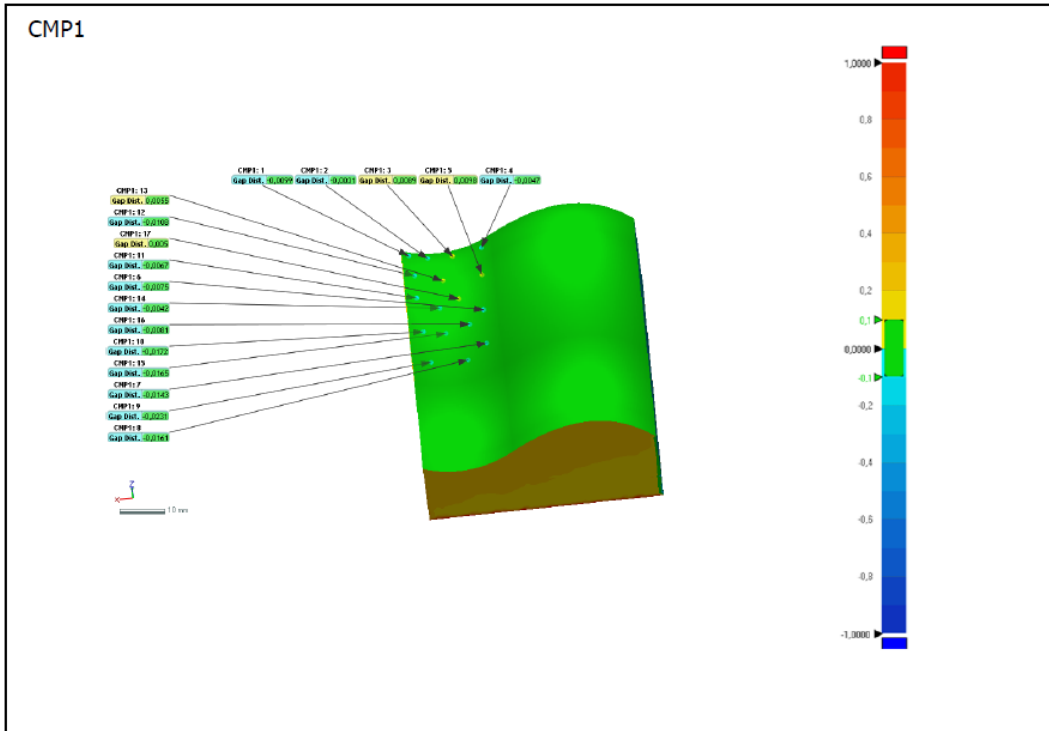
Şekil 7.9. C numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.10. C numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



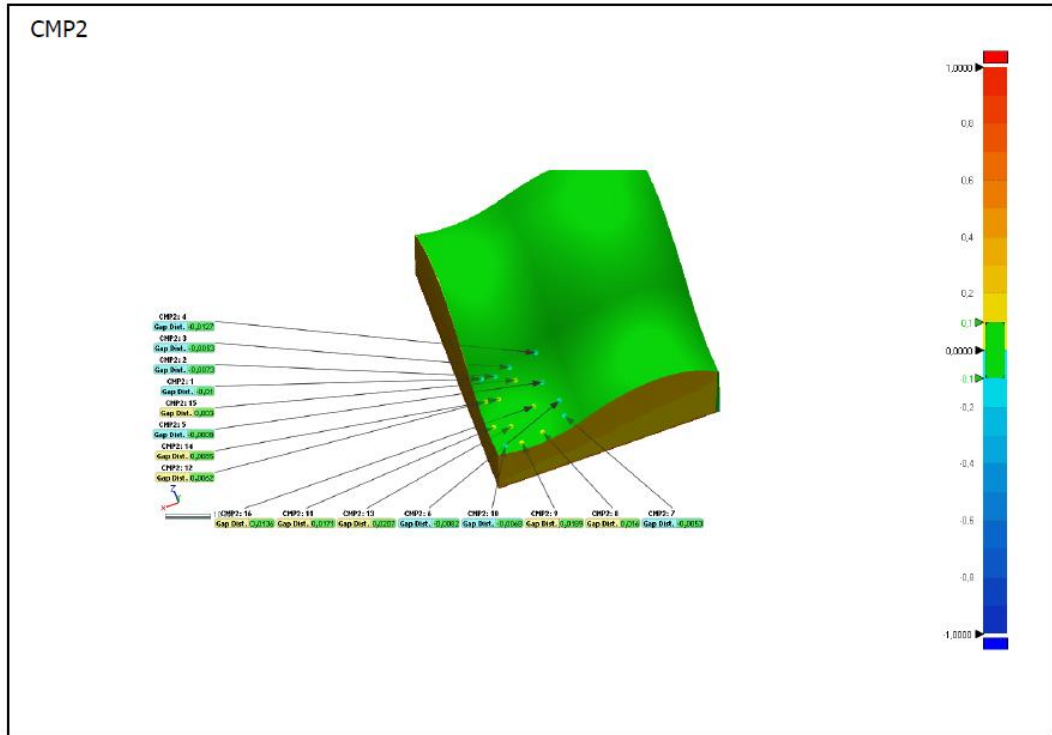
Şekil 7.11. C numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.12. C numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.6. C numunesinde 1.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

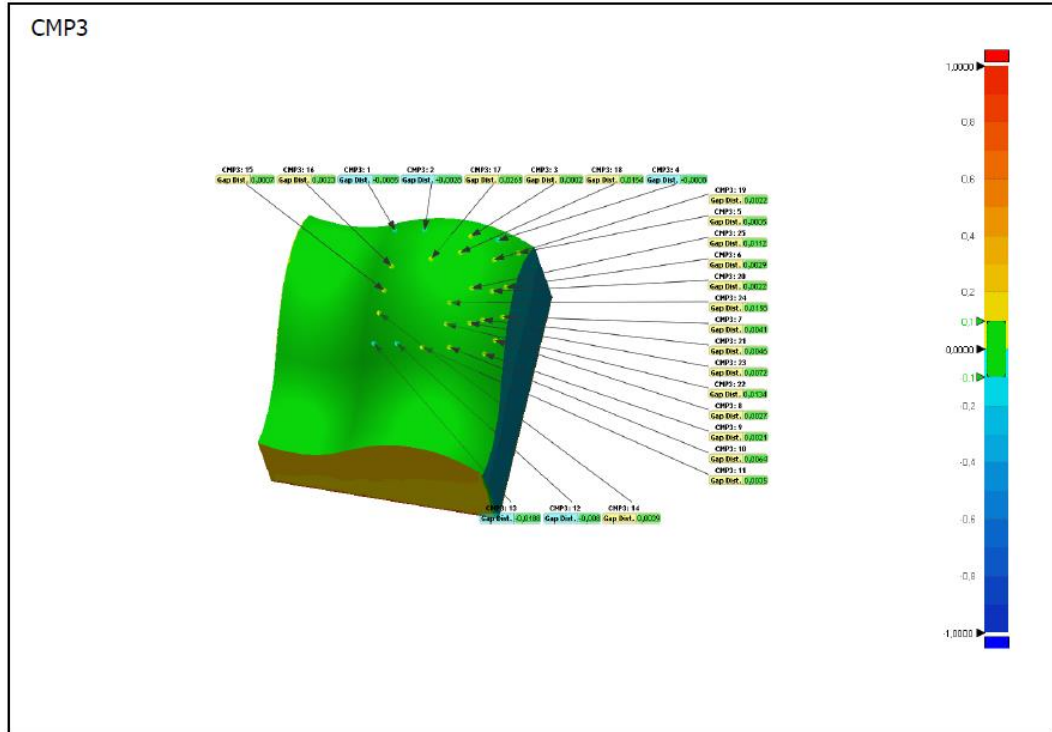
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1895	-0,2348	-3,2287	-0,0099	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1408	-0,8711	-4,0015	-0,0031	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5892	-0,0737	-4,5735	0,0089	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0336	4,4529	-5,6927	-0,0047	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4408	7,632	-14,2511	0,0098	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8131	5,6881	-21,9534	-0,0075	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9071	1,7431	-28,1682	-0,0143	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4227	-2,0563	-29,7383	-0,0161	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6316	-1,9924	-29,3818	-0,0231	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6541	2,2239	-23,9203	-0,0172	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3515	5,0565	-16,8835	-0,0067	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2494	4,5617	-11,0402	-0,0108	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1638	3,7609	-12,5614	0,0055	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4167	3,3551	-19,0928	-0,0042	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,6511	1,0631	-24,2814	-0,0165	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1764	2,8167	-23,5749	-0,0081	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0142	4,2771	-17,7942	0,005	±0,01



Şekil 7.13. C numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.7. C numunesinde 2.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

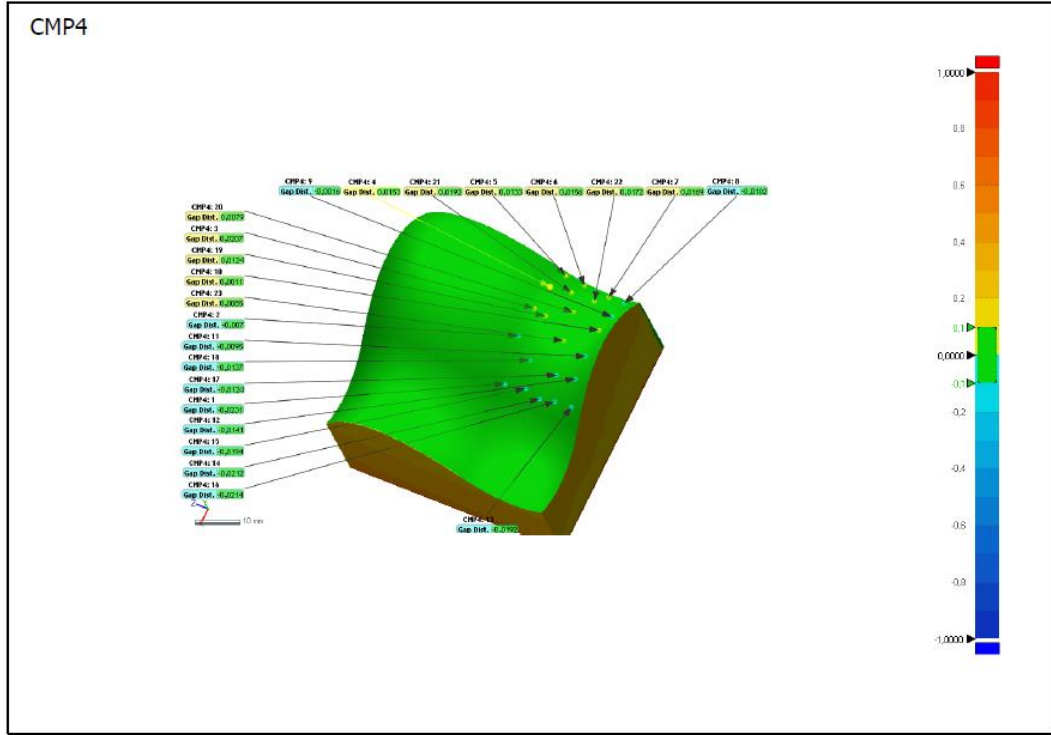
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2055	-6,8678	-35,3586	-0,01	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0611	-8,0034	-35,5471	-0,0073	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,409	-7,4929	-34,8026	-0,0053	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0316	-4,7866	-34,5132	-0,0127	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6257	-8,8322	-40,104	-0,0008	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5821	-8,5311	-45,5292	-0,0082	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8294	-7,9778	-49,4613	-0,0053	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4093	-10,447	-50,49	0,016	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5491	-10,4851	-51,2033	0,0189	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,448	-9,3909	-51,0883	-0,0068	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1344	-10,4384	-45,7098	0,0171	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8689	-9,3811	-39,8348	0,0062	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3179	-11,7767	-46,4429	0,0207	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8949	-10,5349	-39,9166	0,0085	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9779	-9,428	-37,4422	0,003	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9835	-11,3898	-43,881	0,0136	±0,01



Şekil 7.14. C numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.8. C numunesinde 3.Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7784	7,1003	-4,1251	-0,0085	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8465	14,2035	-5,4179	-0,0028	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9515	16,1556	-5,8499	0,0002	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7621	11,8267	-4,106	-0,0008	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4677	7,9066	-4,8326	0,0005	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5129	12,2094	-14,779	0,0029	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,0986	10,3784	-21,0357	0,0041	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,8531	8,6452	-26,112	0,0027	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,5787	8,1516	-29,4515	0,0021	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7118	11,933	-30,5848	0,0064	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7584	11,4461	-31,4483	0,0035	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9534	9,5365	-30,8488	-0,008	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,85	5,5685	-30,299	-0,0188	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3224	10,2049	-24,7727	0,0039	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7342	12,8458	-20,3923	0,0007	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0716	14,4171	-15,1092	0,0023	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7252	19,5283	-13,7426	0,0265	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7691	19,1646	-11,0177	0,0154	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9151	15,0618	-9,9344	0,0022	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7593	14,7291	-17,1013	0,0022	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,643	13,3345	-23,5406	0,0046	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9413	15,4185	-26,6186	0,0134	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0691	14,3731	-25,0882	0,0072	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6819	17,8308	-22,485	0,0158	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7327	17,7408	-18,3349	0,0112	±0,01

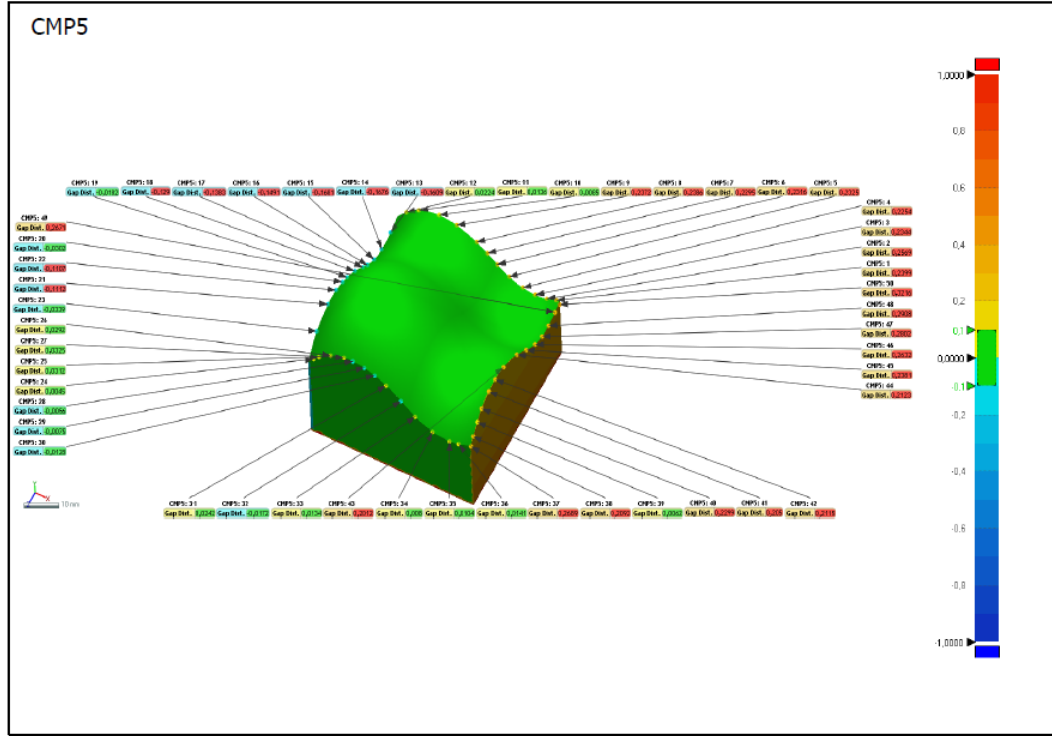


Şekil 7.15. C numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.9. C numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5255	0,7379	-34,764	-0,0231	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0418	7,2136	-34,8473	-0,007	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0497	7,769	-35,6086	0,0207	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4108	5,0598	-35,64	0,0153	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3161	-0,414	-35,8448	0,0133	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1414	-3,1129	-39,8344	0,0156	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3631	-4,0077	-45,792	0,0169	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8388	-2,3849	-50,249	-0,0102	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0806	3,0844	-51,077	-0,0016	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4923	4,7259	-50,389	0,0011	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9931	4,4565	-50,2315	-0,0095	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9905	2,012	-49,569	-0,0141	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2703	-1,6006	-50,3284	-0,0192	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,844	-2,8551	-42,3889	-0,0212	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,281	-1,0519	-38,9654	-0,0194	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2481	-2,6461	-45,8982	-0,0214	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4611	0,9533	-44,8422	-0,0124	±0,01

CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1304	3,0915	-38,3993	-0,0137	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2795	6,0324	-38,1143	0,0124	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3659	3,225	-42,5534	0,0079	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8795	1,3833	-39,4135	0,0192	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3694	-0,4915	-44,4754	0,0172	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3801	3,8749	-43,7654	0,0085	±0,01

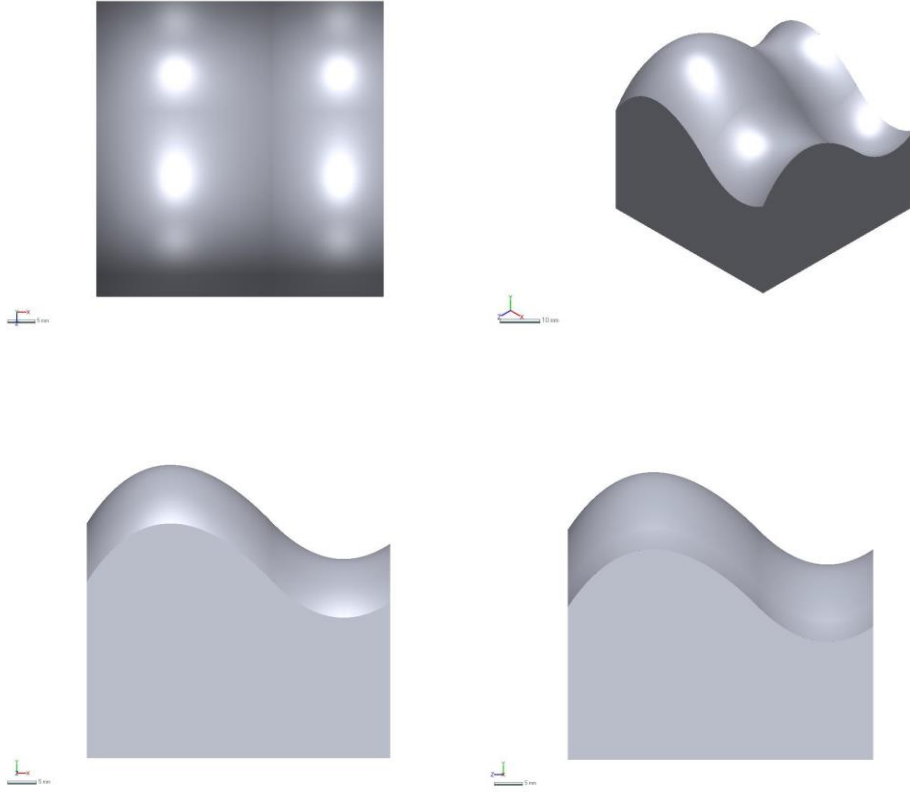


Şekil 7.16. C numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

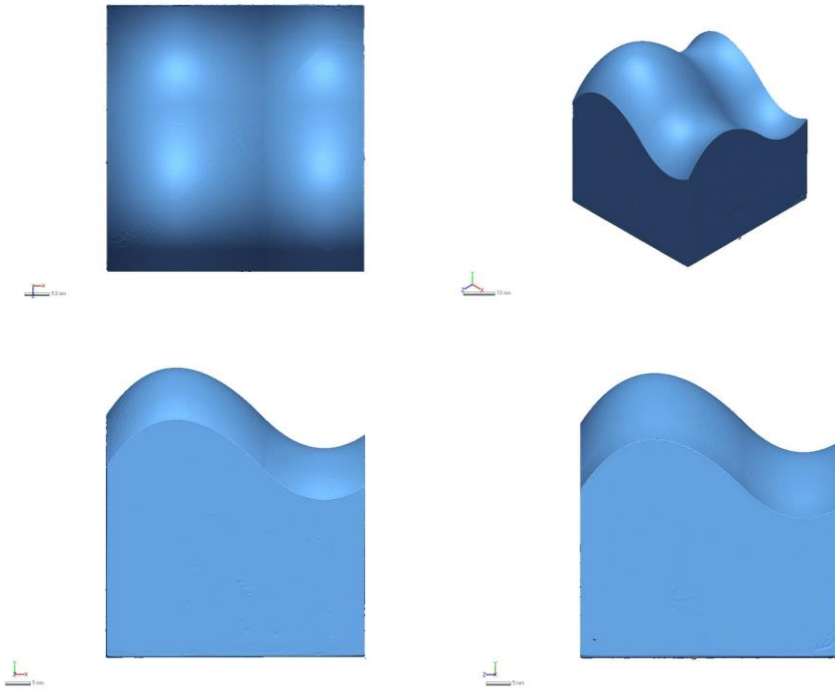
Tablo 7.10. C numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,4199	0,2399	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,4369	0,2569	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,4144	0,2344	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,4054	0,2254	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,4125	0,2325	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,4116	0,2316	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,4095	0,2295	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,4186	0,2386	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,4172	0,2372	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8525	6,5685	-53,1754	0,0085	±0,01

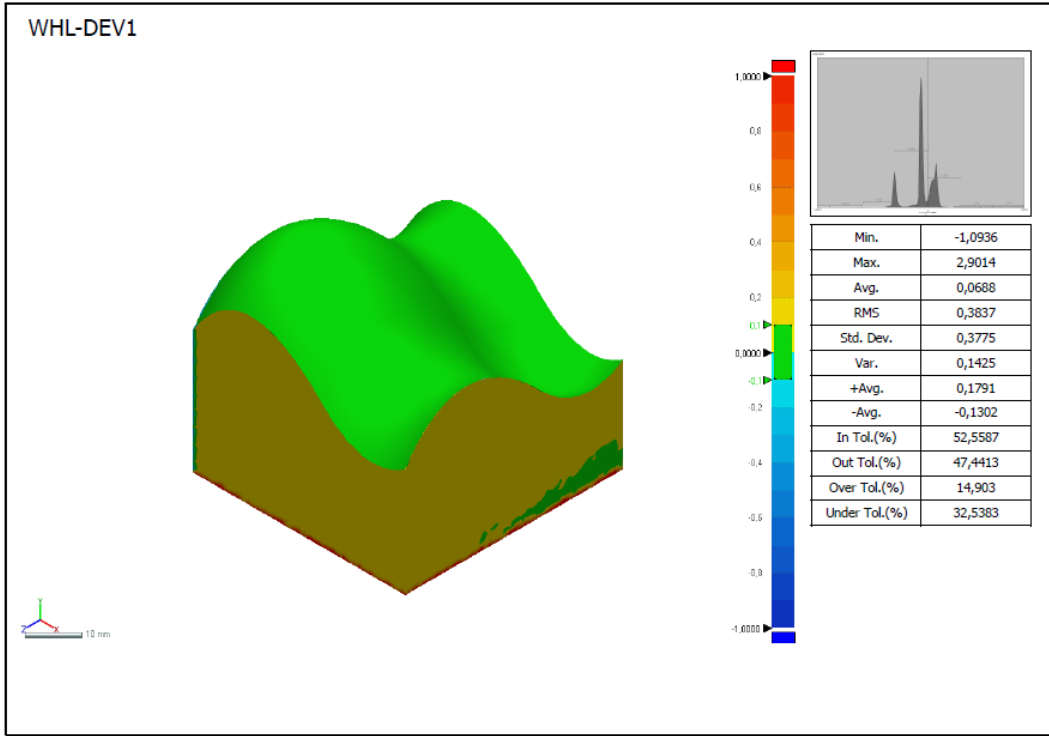
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,348	4,482	-53,1734	0,0136	±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2298	0,9249	-53,1709	0,0224	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	0,1609	-5,344	-49,3743	-0,1609	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	0,1676	-5,9982	-44,0572	-0,1676	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	0,1681	-4,668	-39,4653	-0,1681	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	0,1491	-2,2165	-35,6369	-0,1491	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	0,1383	0,1143	-33,0659	-0,1383	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	0,129	4,2484	-28,4662	-0,129	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0153	7,2957	-23,9835	-0,0182	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0252	8,6374	-21,2332	-0,0302	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	0,1112	9,7941	-12,587	-0,1112	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	0,1107	9,7661	-17,5012	-0,1107	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,0262	6,5056	-5,7382	-0,0339	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9644	2,8106	0,003	0,0045	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,0312	0,0312	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,0292	0,0292	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,0325	0,0325	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6195	9,9923	-0,0054	-0,0056	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,265	9,403	-0,0062	-0,0075	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4884	8,1137	-0,0109	-0,0128	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,0242	0,0242	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7143	2,0664	-0,0129	-0,0172	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,0134	0,0134	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,008	0,008	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,0104	0,0104	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,0141	0,0141	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	52,0689	-3,819	0	0,2689	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	52,0092	-1,3314	-1,4944	0,2092	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,7974	1,6819	-4,1352	0,0062	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	52,0299	4,0219	-6,9809	0,2299	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	52,005	6,0821	-11,3491	0,205	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	52,0115	6,5656	-15,1883	0,2115	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	52,0012	5,6308	-20,1686	0,2012	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	52,0123	1,1864	-27,9959	0,2123	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	52,0381	-3,4436	-33,1935	0,2381	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	52,0632	-7,5154	-38,3594	0,2632	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	52,0802	-9,1465	-42,3809	0,2802	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	52,0908	-9,431	-46,3924	0,2908	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	52,0671	-8,4472	-50,2341	0,2671	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	52,1216	-8,4376	-52,9355	0,3216	±0,01



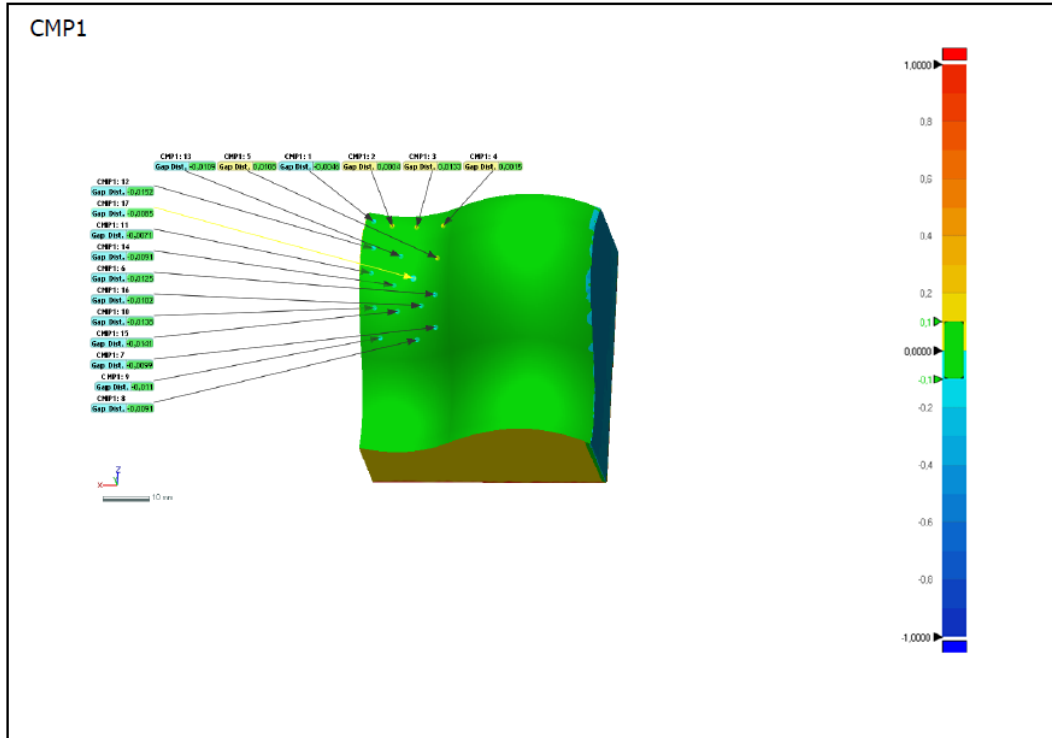
Şekil 7.17. D numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.18. D numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



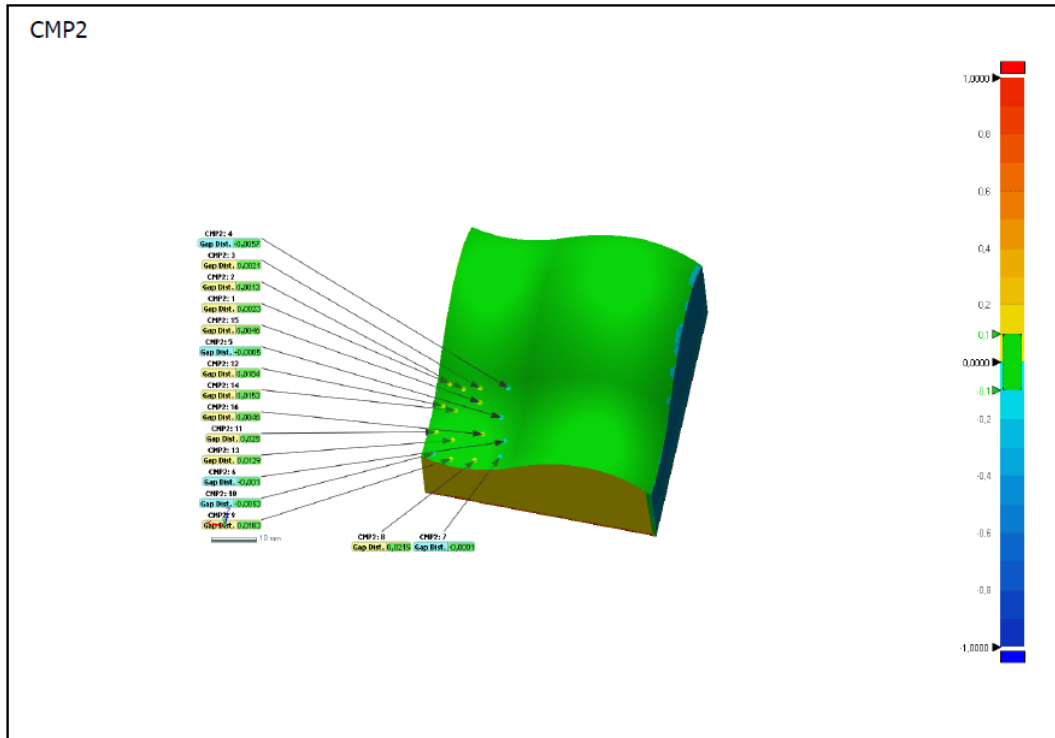
Şekil 7.19. D numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.20. D numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.11. D numunesinde 1. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

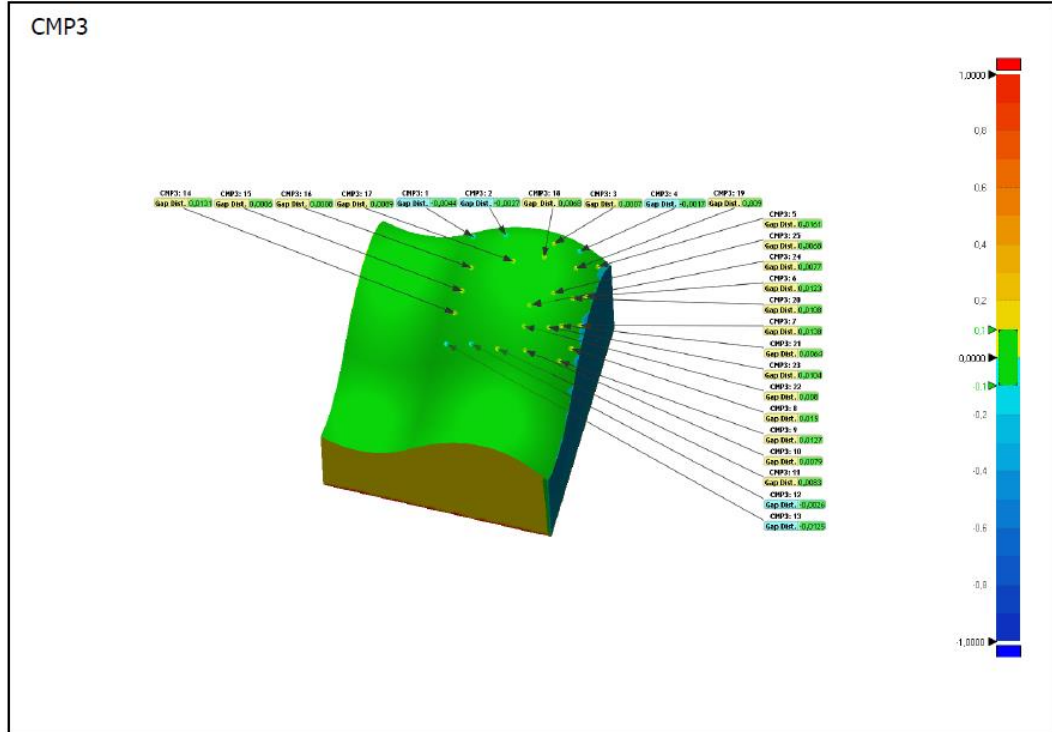
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1877	-0,2314	-3,2249	-0,0046	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1403	-0,8685	-3,999	0,0004	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5901	-0,0706	-4,5706	0,0133	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0369	4,4571	-5,6894	0,0015	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4414	7,6328	-14,2511	0,0108	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8102	5,6843	-21,9517	-0,0125	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9094	1,7461	-28,1705	-0,0099	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4246	-2,0512	-29,7426	-0,0091	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6286	-1,9834	-29,3894	-0,011	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,653	2,2268	-23,9219	-0,0138	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3517	5,0562	-16,8835	-0,0071	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2511	4,5578	-11,0413	-0,0152	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1631	3,7449	-12,5647	-0,0109	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4169	3,3503	-19,0915	-0,0091	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,651	1,0652	-24,2826	-0,0141	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1756	2,815	-23,574	-0,0102	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,01	4,2645	-17,7918	-0,0085	±0,01



Şekil 7.21. D numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.12. D numunesinde 2. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

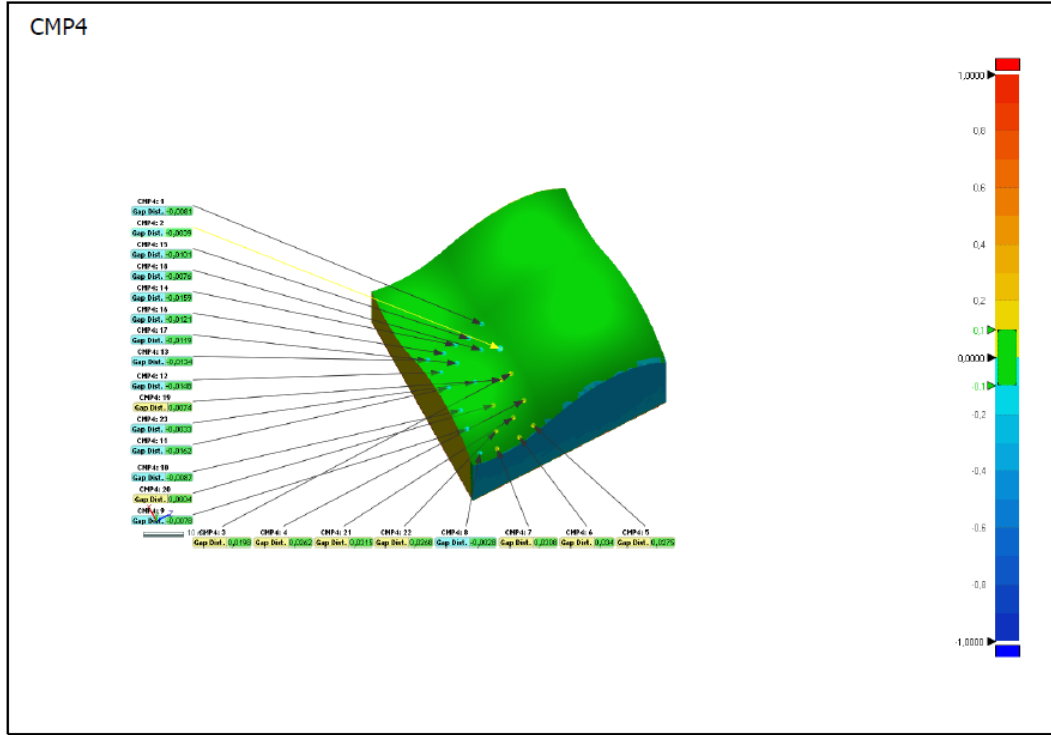
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2017	-6,8589	-35,3661	0,0023	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0598	-7,9968	-35,5524	0,0013	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4098	-7,4874	-34,8074	0,0021	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0346	-4,7819	-34,5173	-0,0057	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6258	-8,832	-40,1041	-0,0005	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5865	-8,5254	-45,529	-0,001	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8324	-7,9738	-49,4599	-0,0001	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4107	-10,4422	-50,4877	0,0215	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5492	-10,4855	-51,2035	0,0183	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,4474	-9,3896	-51,0876	-0,0053	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1308	-10,4313	-45,7095	0,025	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8637	-9,3709	-39,8393	0,0184	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3195	-11,7844	-46,4435	0,0129	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8934	-10,5289	-39,9193	0,0153	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9781	-9,4266	-37,443	0,0046	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9807	-11,3983	-43,8801	0,0046	±0,01



Şekil 7.22. D numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.13. D numunesinde 3. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7807	7,1027	-4,1228	-0,0044	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8466	14,2036	-5,4178	-0,0027	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9514	16,156	-5,8496	0,0007	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7626	11,8262	-4,1065	-0,0017	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4567	7,9148	-4,8253	0,0161	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5054	12,215	-14,7789	0,0123	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,0909	10,3839	-21,0379	0,0138	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,844	8,6521	-26,1166	0,015	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,572	8,1578	-29,4567	0,0127	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7114	11,9341	-30,5858	0,0079	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7591	11,4496	-31,4516	0,0083	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9555	9,5402	-30,8521	-0,0026	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8535	5,5724	-30,3025	-0,0125	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3279	10,2112	-24,7766	0,0131	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7342	12,8457	-20,3923	0,0006	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0707	14,416	-15,1091	0,0008	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7211	19,5112	-13,7445	0,0089	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7708	19,1565	-11,0201	0,0068	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9108	15,0666	-9,9325	0,009	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7532	14,735	-17,1022	0,0108	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6418	13,3357	-23,5412	0,0064	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9422	15,4142	-26,6156	0,008	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0675	14,3754	-25,0896	0,0104	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6834	17,8236	-22,4816	0,0077	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,735	17,7371	-18,3341	0,0068	±0,01

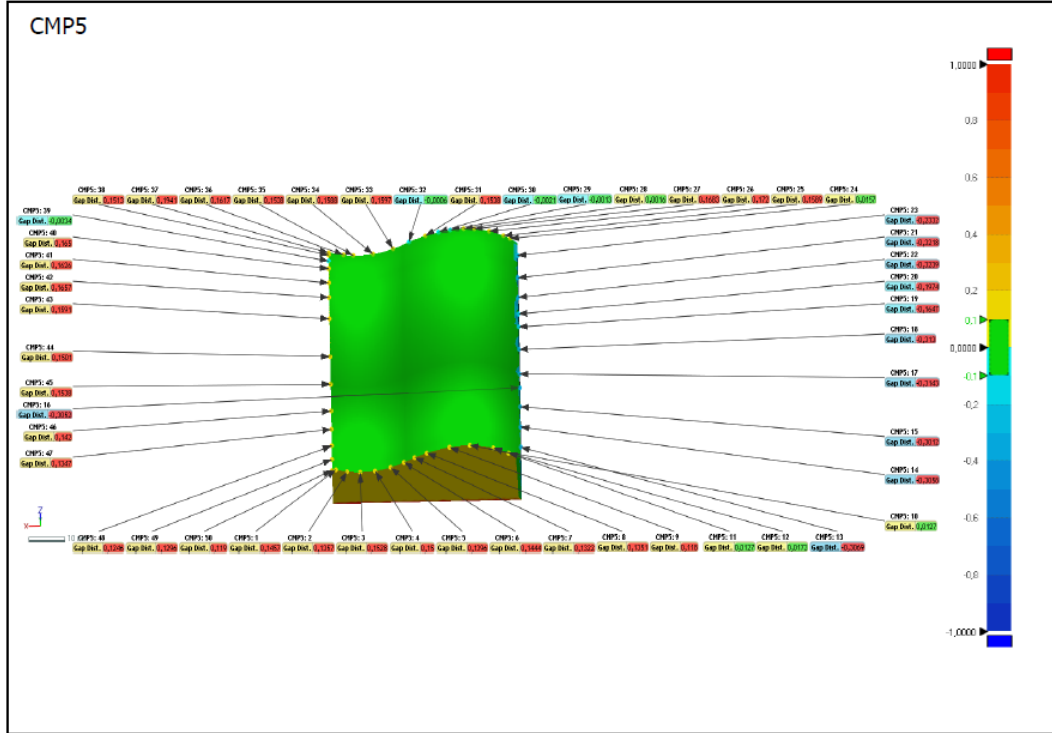


Şekil 7.23. D numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.14. D numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5343	0,7471	-34,7721	-0,0081	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0427	7,2159	-34,8493	-0,0039	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0498	7,7684	-35,6081	0,0198	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4054	5,0672	-35,6459	0,0262	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3056	-0,4065	-35,8508	0,0275	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1269	-3,1026	-39,839	0,034	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3519	-3,9994	-45,7917	0,0308	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8331	-2,3804	-50,2472	-0,0028	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0838	3,0797	-51,0794	-0,0078	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4945	4,717	-50,3926	-0,0087	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9914	4,4505	-50,234	-0,0162	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9902	2,0114	-49,5692	-0,0148	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,274	-1,5964	-50,3267	-0,0134	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,8475	-2,8512	-42,3899	-0,0159	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2866	-1,0455	-38,9688	-0,0101	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2542	-2,6391	-45,8979	-0,0121	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4613	0,9537	-44,8422	-0,0119	±0,01
CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1332	3,0961	-38,402	-0,0076	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2798	6,028	-38,1117	0,0074	±0,01

CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,369	3,2183	-42,552	0,0004	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8717	1,3917	-39,4176	0,0315	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3627	-0,4847	-44,4758	0,0268	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3782	3,8633	-43,7641	-0,0033	±0,01

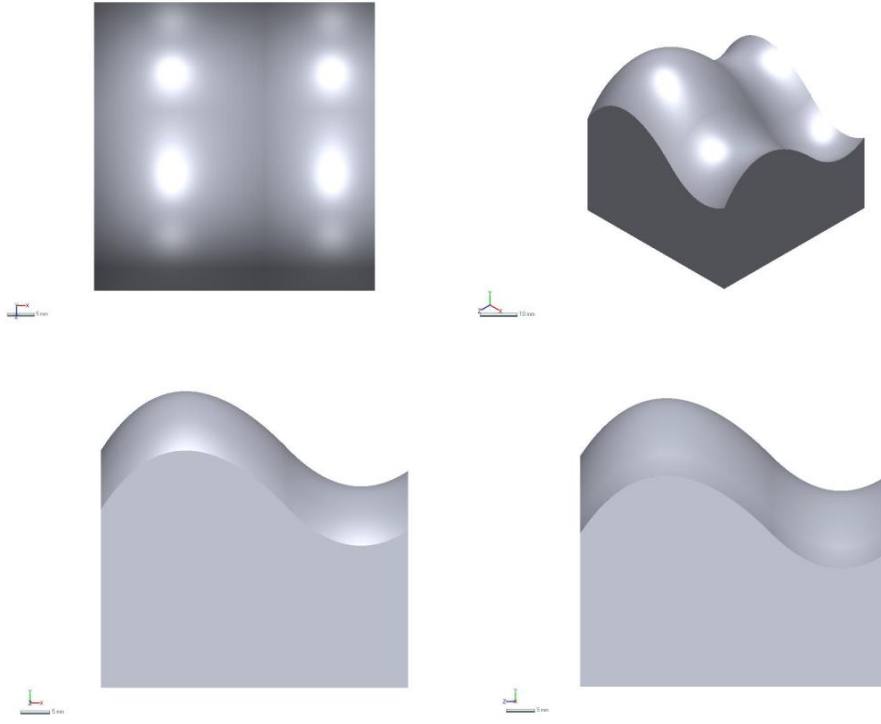


Şekil 7.24. D numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

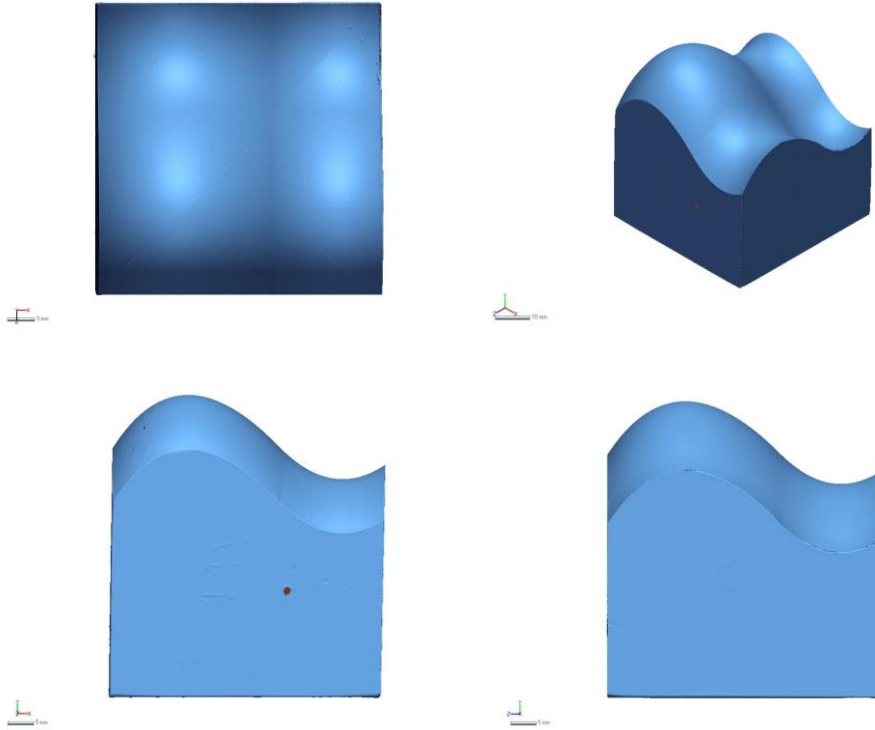
Tablo 7.15. D numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,3257	0,1457	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,3157	0,1357	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,3328	0,1528	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,33	0,15	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,3196	0,1396	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,3244	0,1444	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,3122	0,1322	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,3151	0,1351	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,298	0,118	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8524	6,5721	-53,1731	0,0127	±0,01
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,3484	4,4813	-53,1739	0,0127	±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2333	0,9217	-53,1731	0,0172	±0,01

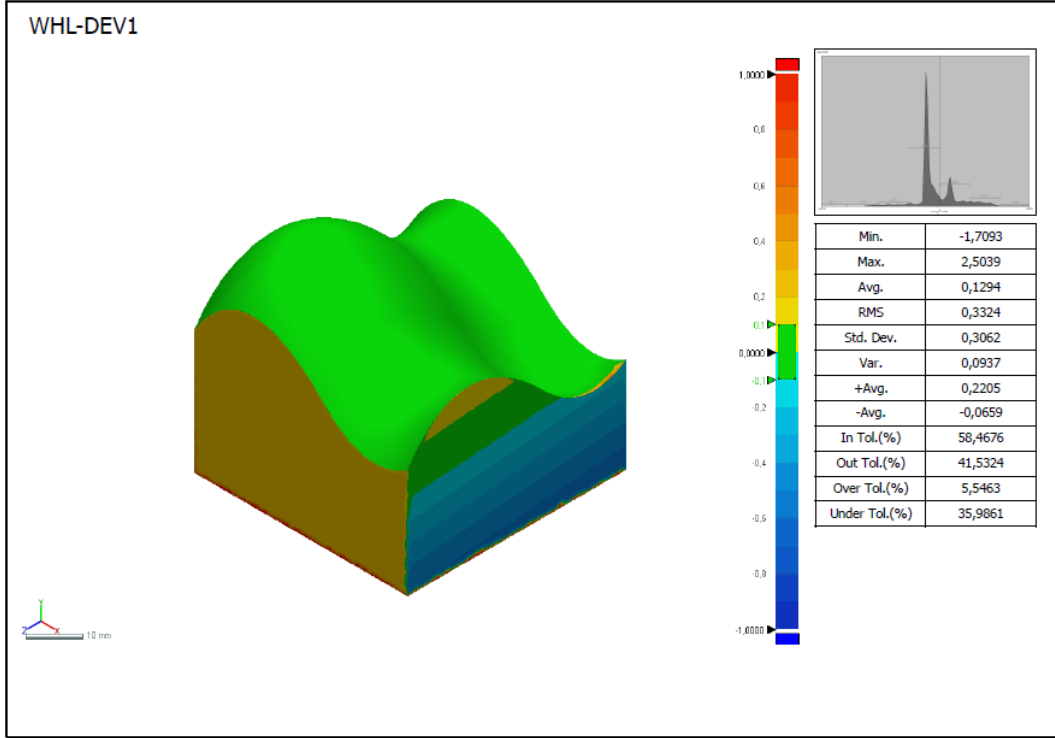
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	0,3069	-5,344	-49,3743	-0,3069	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	0,3058	-5,9982	-44,0572	-0,3058	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	0,3012	-4,668	-39,4653	-0,3012	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	0,3052	-2,2165	-35,6369	-0,3052	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	0,3143	0,1143	-33,0659	-0,3143	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	0,313	4,2484	-28,4662	-0,313	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,1331	7,2197	-23,9409	-0,1647	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,1623	8,5489	-21,1969	-0,1974	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	0,3218	9,7941	-12,587	-0,3218	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	0,3239	9,7661	-17,5012	-0,3239	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,1795	6,4067	-5,8182	-0,2332	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9579	2,8157	0,0105	0,0157	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,1589	0,1589	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,172	0,172	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,1683	0,1683	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6196	9,9963	0,0005	0,0016	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2661	9,4064	-0,0011	-0,0013	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4913	8,1195	-0,0024	-0,0021	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,1538	0,1538	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7221	2,0746	-0,0007	-0,0006	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,1597	0,1597	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,1588	0,1588	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,1538	0,1538	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,1617	0,1617	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	51,9941	-3,819	0	0,1941	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	51,9513	-1,3314	-1,4944	0,1513	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,8014	1,6757	-4,1413	-0,0034	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	51,965	4,0219	-6,9809	0,165	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	51,9626	6,0821	-11,3491	0,1626	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	51,9657	6,5656	-15,1883	0,1657	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	51,9591	5,6308	-20,1686	0,1591	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	51,9501	1,1864	-27,9959	0,1501	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	51,9538	-3,4436	-33,1935	0,1538	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	51,942	-7,5154	-38,3594	0,142	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	51,9347	-9,1465	-42,3809	0,1347	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	51,9246	-9,431	-46,3924	0,1246	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	51,9296	-8,4472	-50,2341	0,1296	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	51,919	-8,4376	-52,9355	0,119	±0,01



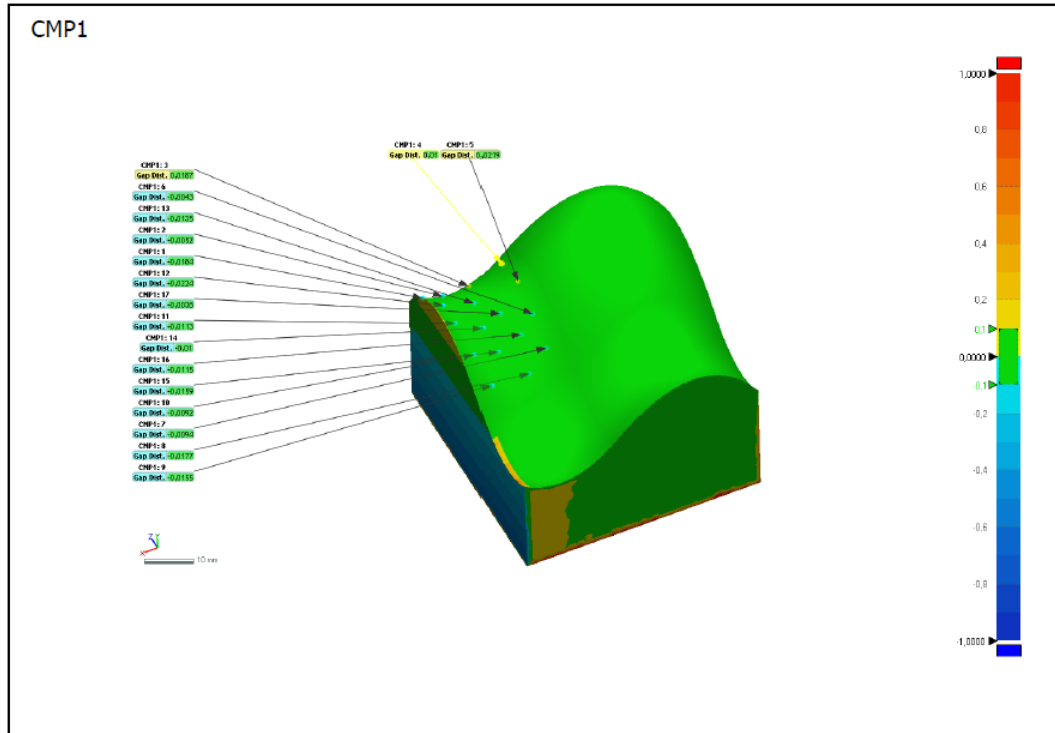
Şekil 7.25. E numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.26. E numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



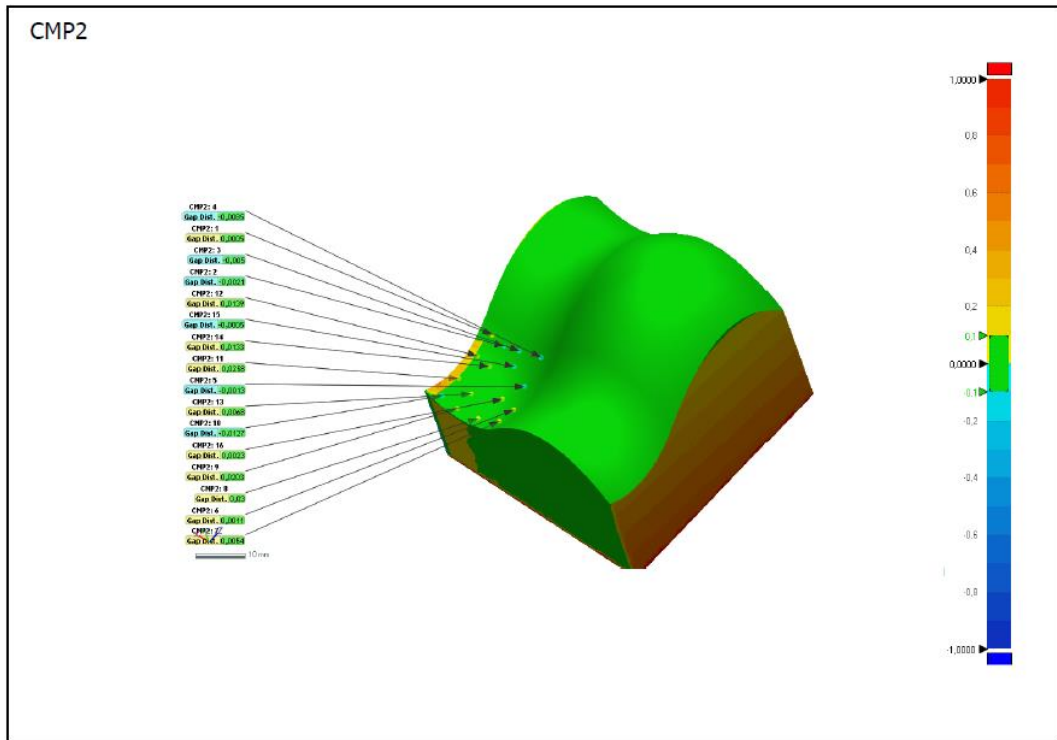
Şekil 7.27. E numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.28. E numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.16. E numunesinde 1. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

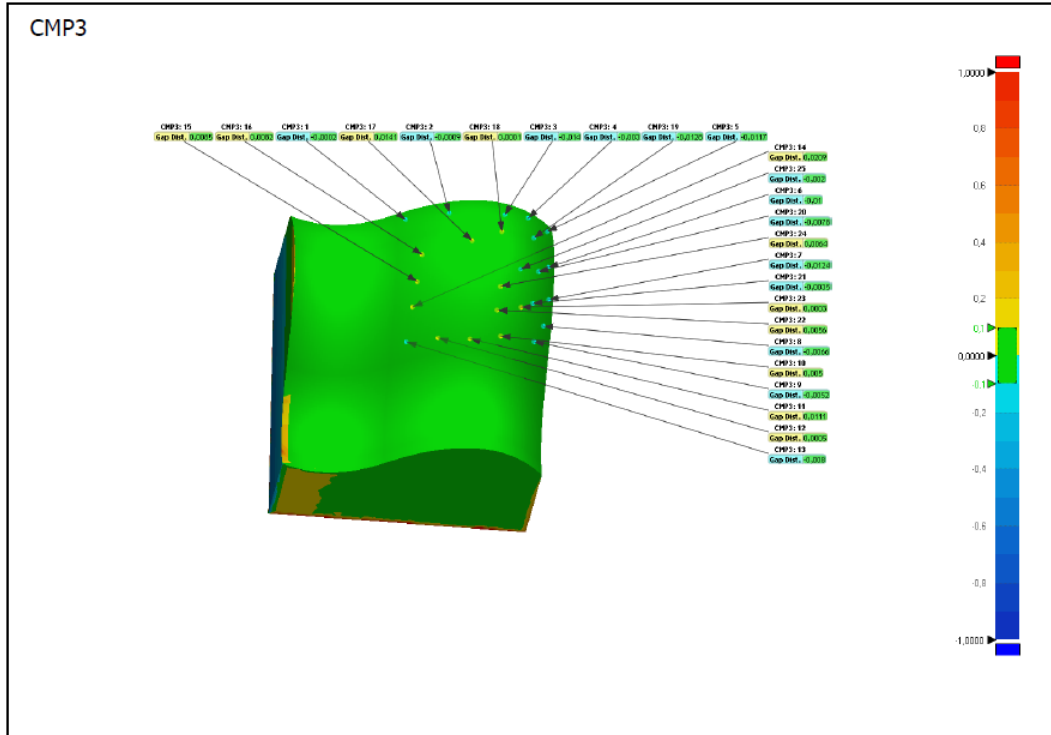
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1922	-0,2402	-3,2345	-0,0184	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1411	-0,8725	-4,0029	-0,0052	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5911	-0,0667	-4,5669	0,0187	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0414	4,4627	-5,6849	0,01	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4484	7,6415	-14,2505	0,0219	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,815	5,6905	-21,9544	-0,0043	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9097	1,7464	-28,1708	-0,0094	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4223	-2,0575	-29,7373	-0,0177	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6297	-1,9868	-29,3866	-0,0155	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6515	2,2305	-23,924	-0,0092	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3535	5,0524	-16,8829	-0,0113	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2538	4,5514	-11,0432	-0,0224	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,163	3,7423	-12,5652	-0,0135	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4169	3,3495	-19,0913	-0,01	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,6511	1,0637	-24,2817	-0,0159	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1751	2,8139	-23,5734	-0,0115	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0115	4,2689	-17,7927	-0,0038	±0,01



Şekil 7.29. E numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.17. E numunesinde 2. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

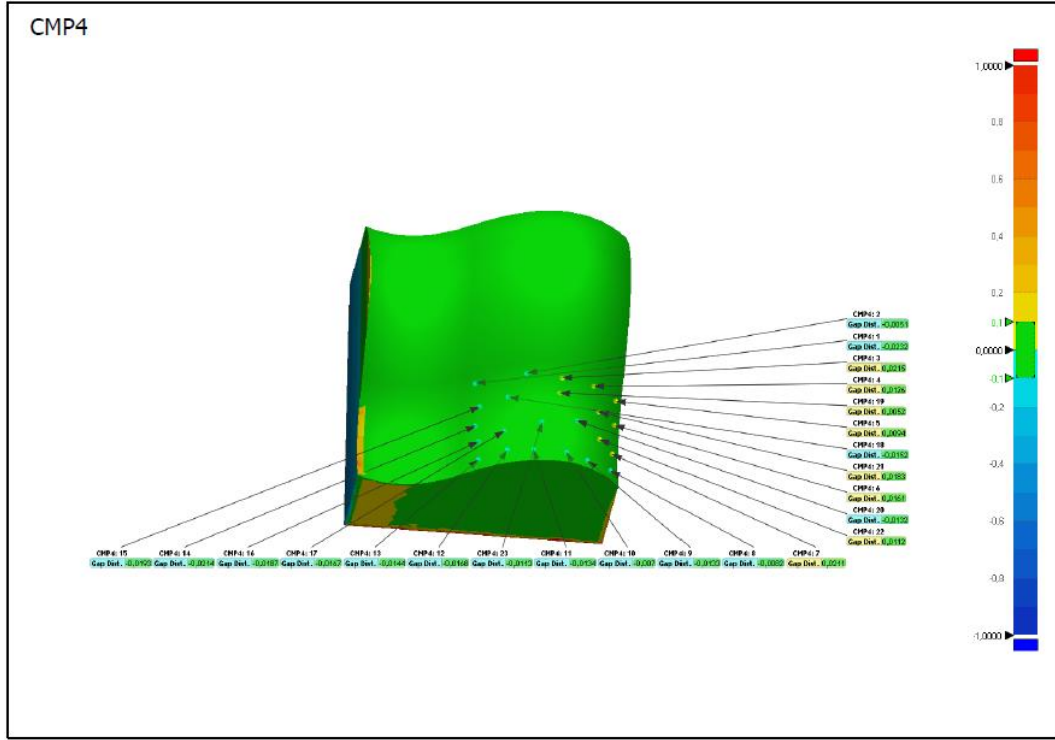
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2022	-6,8602	-35,365	0,0005	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0603	-7,9994	-35,5503	-0,0021	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4091	-7,4926	-34,8028	-0,005	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0335	-4,7837	-34,5157	-0,0085	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6255	-8,8326	-40,1038	-0,0013	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5877	-8,5237	-45,5289	0,0011	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8356	-7,9696	-49,4584	0,0054	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4128	-10,4347	-50,4843	0,03	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5489	-10,4838	-51,2027	0,0203	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,4503	-9,3957	-51,0907	-0,0127	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1304	-10,4307	-45,7095	0,0258	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8656	-9,3747	-39,8376	0,0139	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3207	-11,7903	-46,444	0,0068	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8939	-10,5306	-39,9185	0,0133	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9775	-9,4309	-37,4403	-0,0005	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,98	-11,4005	-43,8799	0,0023	±0,01



Şekil 7.30. E numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.18. E numunesinde 3. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,783	7,1052	-4,1203	-0,0002	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8472	14,2049	-5,4168	-0,0009	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9548	16,1448	-5,8585	-0,014	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7633	11,8254	-4,1073	-0,003	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4764	7,9002	-4,8384	-0,0117	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5234	12,2017	-14,7792	-0,01	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,1116	10,3691	-21,0319	-0,0124	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,8599	8,6399	-26,1085	-0,0066	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,5834	8,1473	-29,4479	-0,0052	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7121	11,932	-30,5839	0,005	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7595	11,4517	-31,4535	0,0111	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9567	9,5424	-30,854	0,0005	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,856	5,5752	-30,3049	-0,008	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3325	10,2165	-24,7799	0,0209	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7391	12,8515	-20,3944	0,0085	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0754	14,4217	-15,1092	0,0082	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7223	19,5162	-13,7439	0,0141	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,772	19,1502	-11,022	0,0001	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9246	15,051	-9,9386	-0,0128	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7665	14,7222	-17,1003	-0,0078	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6482	13,3289	-23,5376	-0,0035	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9426	15,4122	-26,6142	0,0056	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0725	14,368	-25,085	0,0003	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6836	17,8224	-22,4811	0,0064	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7395	17,7298	-18,3324	-0,002	±0,01

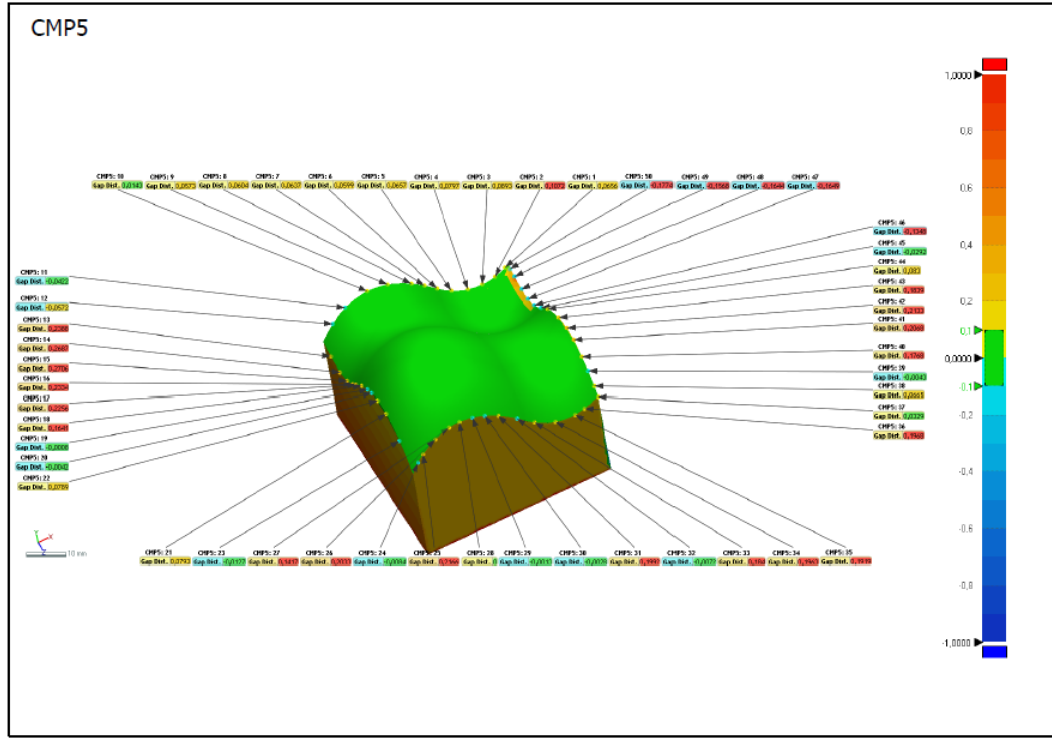


Şekil 7.31. E numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.19. E numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5255	0,7378	-34,764	-0,0232	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0423	7,215	-34,8485	-0,0051	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0496	7,7697	-35,6092	0,0215	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4121	5,058	-35,6385	0,0126	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3189	-0,416	-35,8432	0,0094	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1411	-3,1127	-39,8345	0,0161	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3597	-4,0052	-45,7919	0,0211	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8372	-2,3836	-50,2485	-0,0082	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0866	3,0755	-51,0815	-0,0133	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4941	4,7185	-50,392	-0,007	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9921	4,453	-50,233	-0,0134	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9892	2,0098	-49,5698	-0,0168	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2734	-1,5971	-50,327	-0,0144	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,8439	-2,8552	-42,3889	-0,0214	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,281	-1,0519	-38,9654	-0,0193	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2499	-2,644	-45,8981	-0,0187	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4588	0,9496	-44,8422	-0,0167	±0,01

CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1297	3,0903	-38,3986	-0,0152	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2799	6,0262	-38,1106	0,0052	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3746	3,2061	-42,5495	-0,0132	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8801	1,3826	-39,4132	0,0183	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3737	-0,4958	-44,4751	0,0112	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,377	3,8555	-43,7632	-0,0113	±0,01

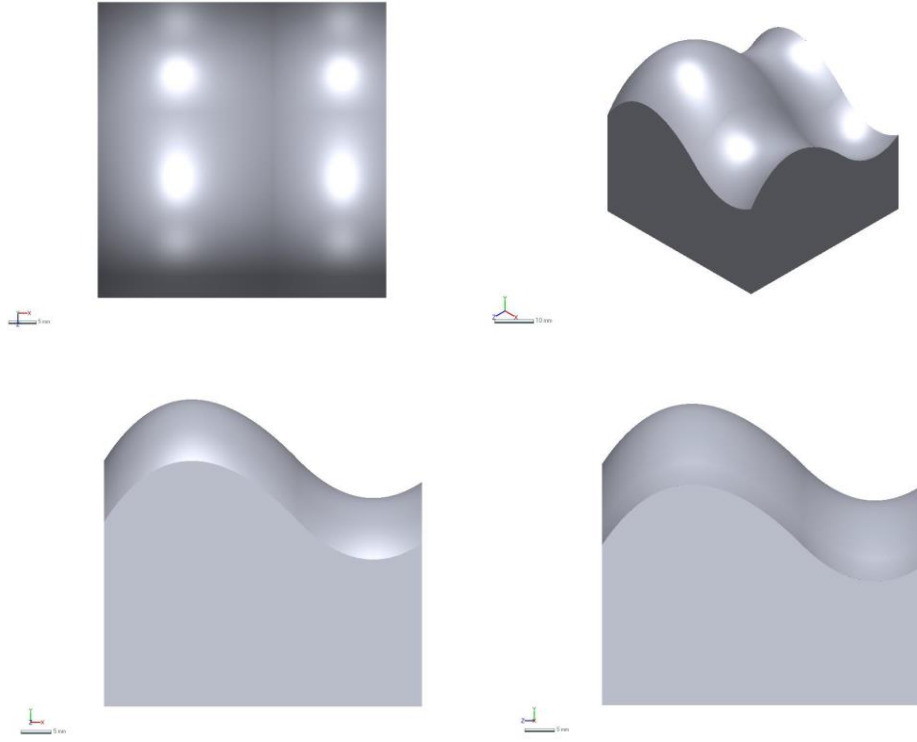


Şekil 7.32. E numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

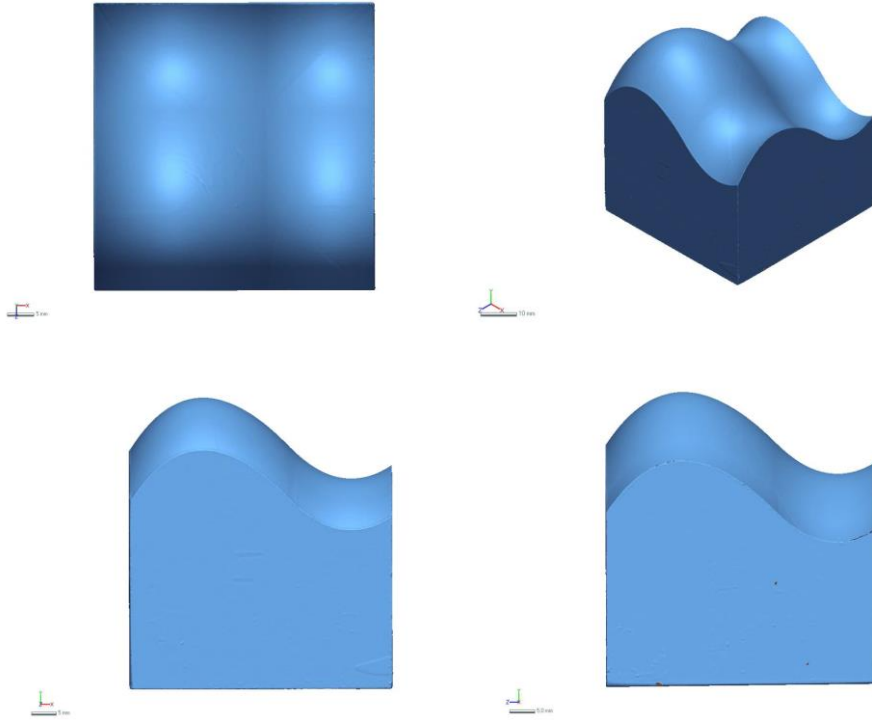
Tablo 7.20. E numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,2456	0,0656	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,2872	0,1072	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,2693	0,0893	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,2597	0,0797	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,2457	0,0657	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,2399	0,0599	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,2437	0,0637	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,2404	0,0604	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,2373	0,0573	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8524	6,5734	-53,1722	0,0143	±0,01

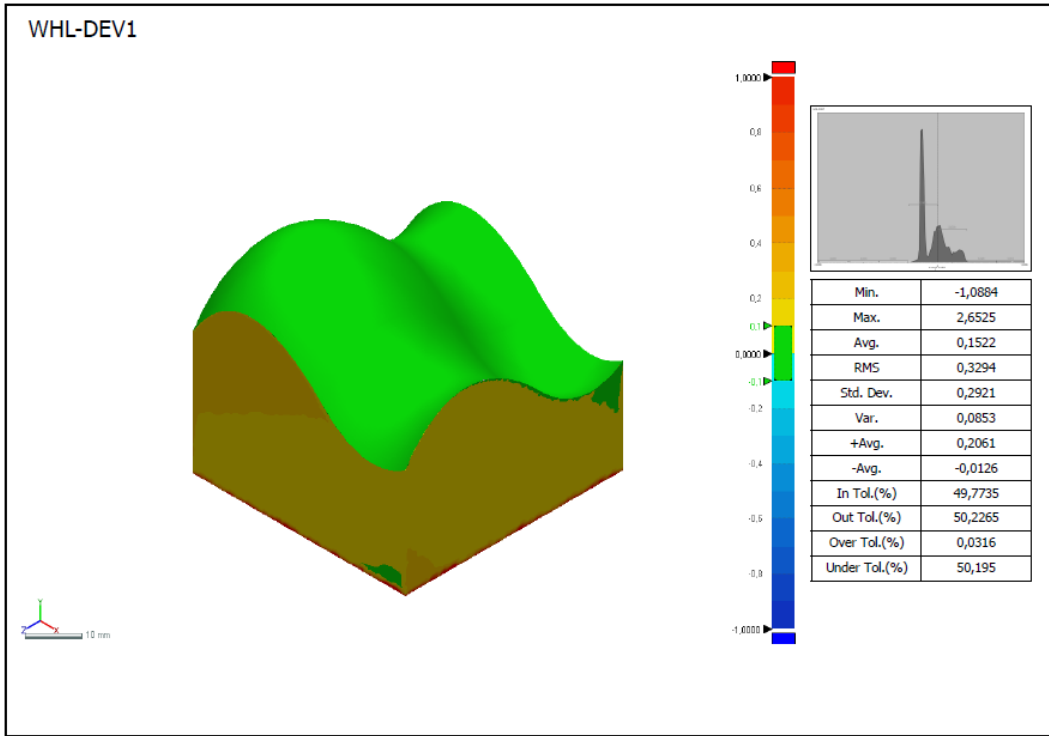
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,3736	4,4404	-53,2004	-0,0422	±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2836	0,8757	-53,2031	-0,0572	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	-0,2388	-5,344	-49,3743	0,2388	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	-0,2687	-5,9982	-44,0572	0,2687	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	-0,2706	-4,668	-39,4653	0,2706	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	-0,2334	-2,2165	-35,6369	0,2334	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	-0,2256	0,1143	-33,0659	0,2256	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	-0,1641	4,2484	-28,4662	0,1641	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0013	7,3048	-23,9886	-0,0008	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0039	8,6512	-21,2389	-0,0042	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	-0,0793	9,7941	-12,587	0,0793	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	-0,0789	9,7661	-17,5012	0,0789	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,0099	6,5161	-5,7297	-0,0127	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,972	2,8047	-0,0056	-0,0084	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,2166	0,2166	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,2033	0,2033	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,1417	0,1417	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6195	9,9955	-0,0008	0	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2661	9,4064	-0,0012	-0,0013	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4911	8,1191	-0,0029	-0,0028	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,1992	0,1992	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,719	2,0714	-0,0055	-0,0072	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,184	0,184	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,1963	0,1963	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,1919	0,1919	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,1968	0,1968	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	51,8329	-3,819	0	0,0329	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	51,8665	-1,3314	-1,4944	0,0665	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,8018	1,6751	-4,1419	-0,0043	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	51,9768	4,0219	-6,9809	0,1768	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	52,0068	6,0821	-11,3491	0,2068	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	52,0133	6,5656	-15,1883	0,2133	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	51,9839	5,6308	-20,1686	0,1839	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	51,883	1,1864	-27,9959	0,083	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	51,7708	-3,4436	-33,1935	-0,0292	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	51,6652	-7,5154	-38,3594	-0,1348	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	51,6351	-9,1465	-42,3809	-0,1649	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	51,6356	-9,431	-46,3924	-0,1644	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	51,6432	-8,4472	-50,2341	-0,1568	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	51,6226	-8,4376	-52,9355	-0,1774	±0,01



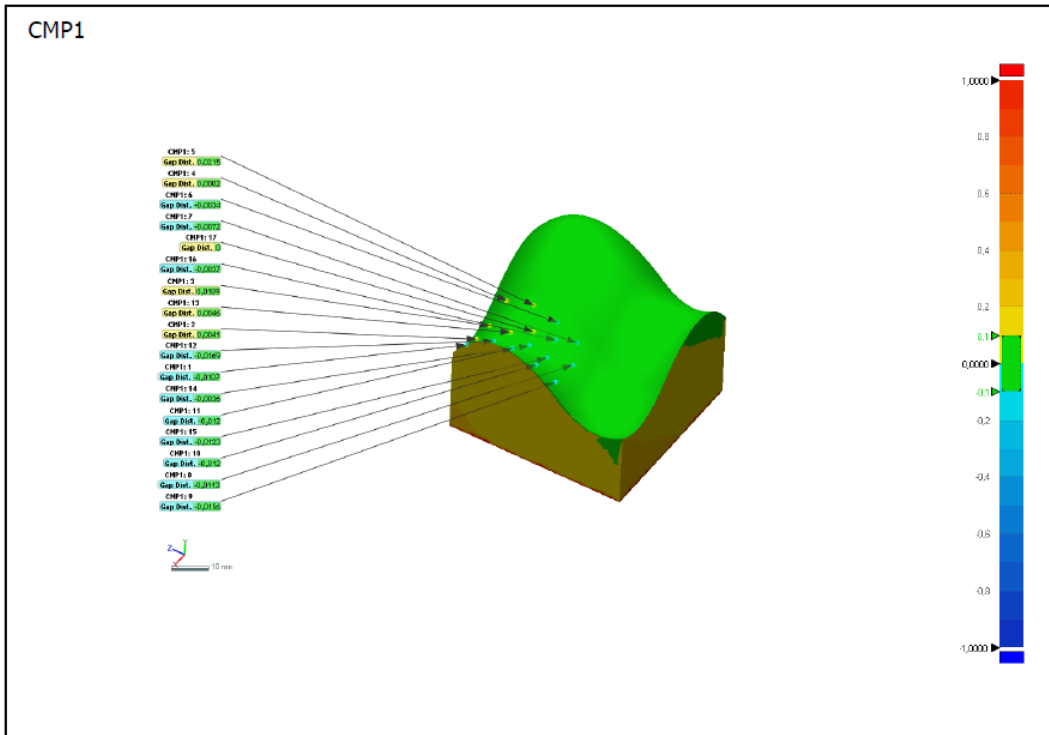
Şekil 7.33. F numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.34. F numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



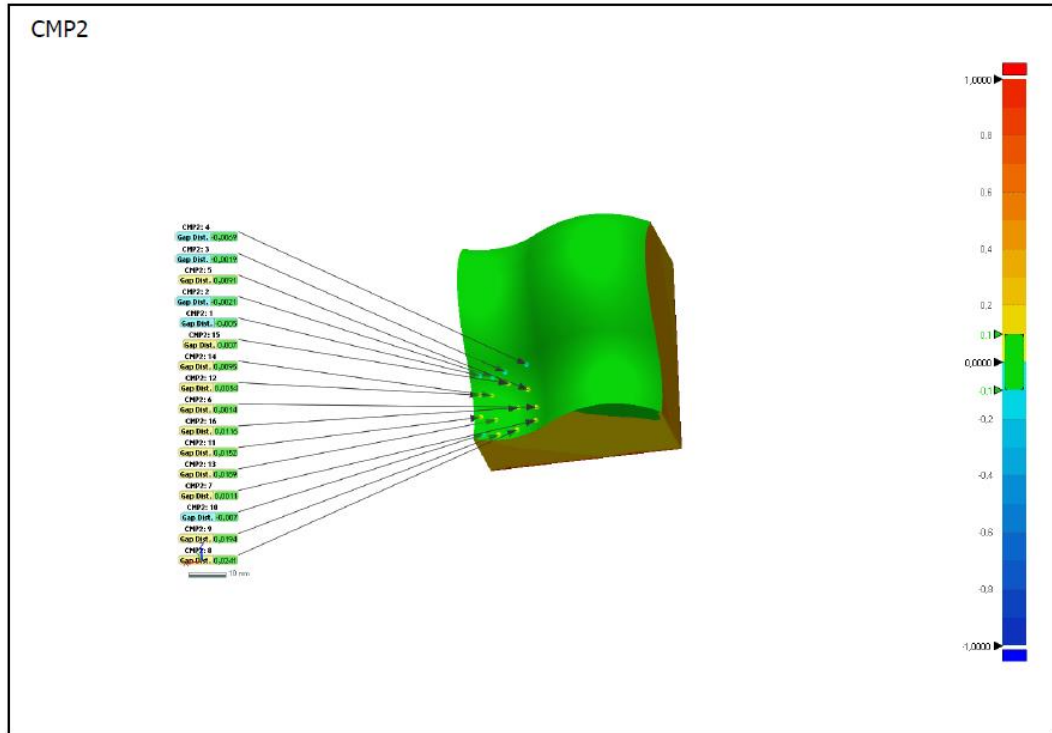
Şekil 7.35. F numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.36. F numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.21. F numunesinde 1. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

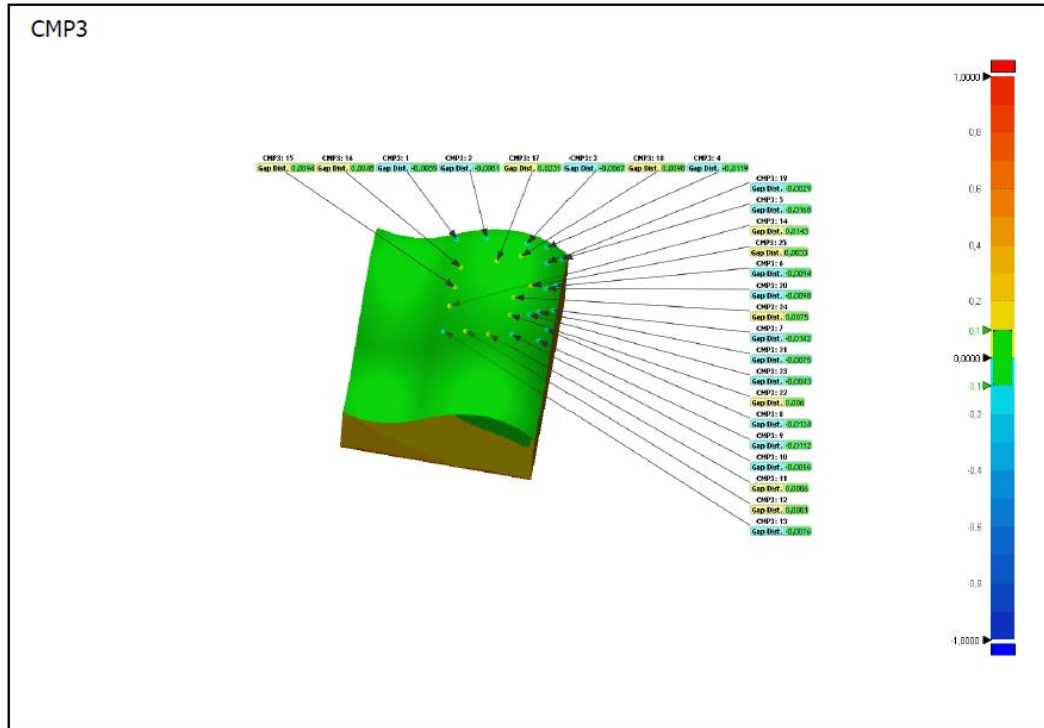
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1897	-0,2353	-3,2292	-0,0107	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1398	-0,866	-3,9965	0,0041	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5912	-0,0666	-4,5668	0,0189	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0362	4,4562	-5,6901	0,0002	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4481	7,6412	-14,2505	0,0215	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8155	5,6911	-21,9547	-0,0034	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9108	1,748	-28,172	-0,0072	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,424	-2,0529	-29,7412	-0,0113	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6298	-1,9868	-29,3865	-0,0156	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6524	2,2282	-23,9227	-0,012	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3538	5,0518	-16,8828	-0,012	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2517	4,5563	-11,0418	-0,0169	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1638	3,7601	-12,5616	0,0046	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4166	3,3557	-19,093	-0,0036	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,651	1,0668	-24,2835	-0,0123	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1781	2,8203	-23,5768	-0,0037	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0126	4,2725	-17,7934	0	±0,01



Şekil 7.37. F numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.22. F numunesinde 2. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

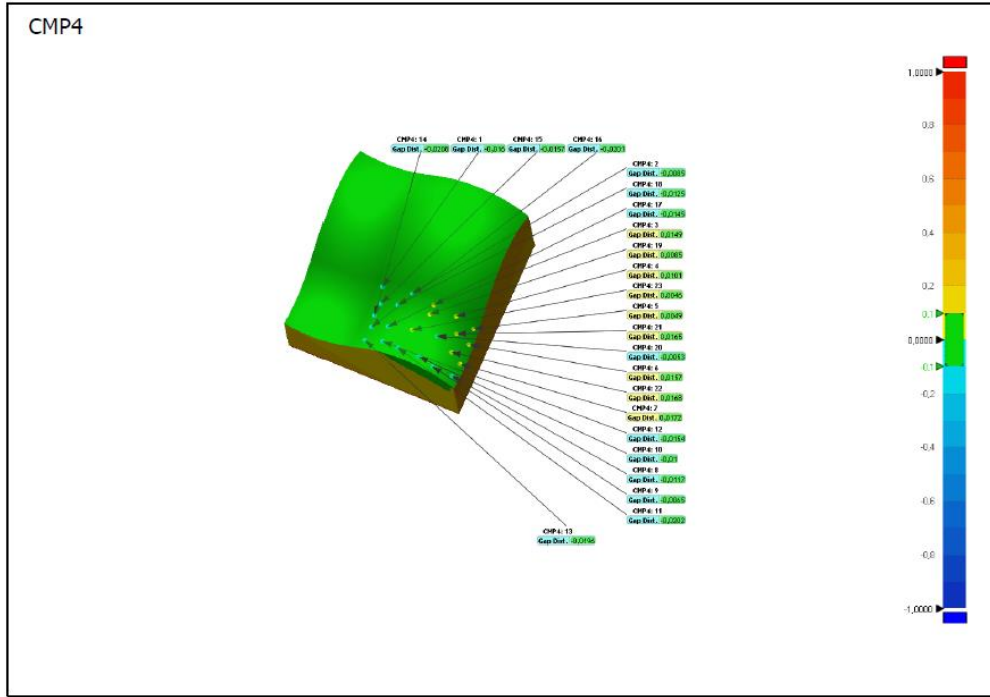
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2039	-6,8642	-35,3616	-0,005	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0603	-7,9994	-35,5503	-0,0021	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4094	-7,4903	-34,8048	-0,0019	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0341	-4,7827	-34,5166	-0,0069	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6304	-8,8243	-40,1075	0,0091	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5879	-8,5235	-45,5289	0,0014	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8331	-7,9729	-49,4596	0,0011	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4113	-10,4398	-50,4867	0,0241	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5491	-10,4846	-51,2031	0,0194	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,4481	-9,391	-51,0883	-0,007	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1353	-10,44	-45,7098	0,0152	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8692	-9,3816	-39,8346	0,0054	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3183	-11,7785	-46,443	0,0189	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8947	-10,5341	-39,917	0,0095	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9784	-9,4246	-37,4443	0,007	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9829	-11,3917	-43,8808	0,0116	±0,01



Şekil 7.38. F numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.23. F numunesinde 3. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7784	7,1003	-4,1251	-0,0085	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8446	14,1998	-5,421	-0,0081	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9531	16,1504	-5,854	-0,0067	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7677	11,82	-4,1127	-0,0119	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,48	7,8975	-4,8408	-0,0168	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5229	12,202	-14,7792	-0,0094	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,1131	10,3681	-21,0315	-0,0142	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,8649	8,6361	-26,1059	-0,0134	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,5873	8,1438	-29,445	-0,0112	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7144	11,9243	-30,577	-0,0056	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,758	11,4441	-31,4464	0,0006	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9565	9,542	-30,8537	0,0001	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8562	5,5754	-30,3051	-0,0076	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3286	10,212	-24,7771	0,0143	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7397	12,8522	-20,3947	0,0094	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0732	14,4191	-15,1092	0,0048	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7244	19,5249	-13,743	0,0231	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7702	19,1594	-11,0193	0,0098	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9183	15,0581	-9,9358	-0,0029	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7679	14,7208	-17,1001	-0,0098	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6507	13,3262	-23,5362	-0,0075	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9426	15,4126	-26,6145	0,006	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0748	14,3645	-25,0829	-0,0043	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6834	17,8234	-22,4815	0,0075	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7368	17,7342	-18,3334	0,0033	±0,01

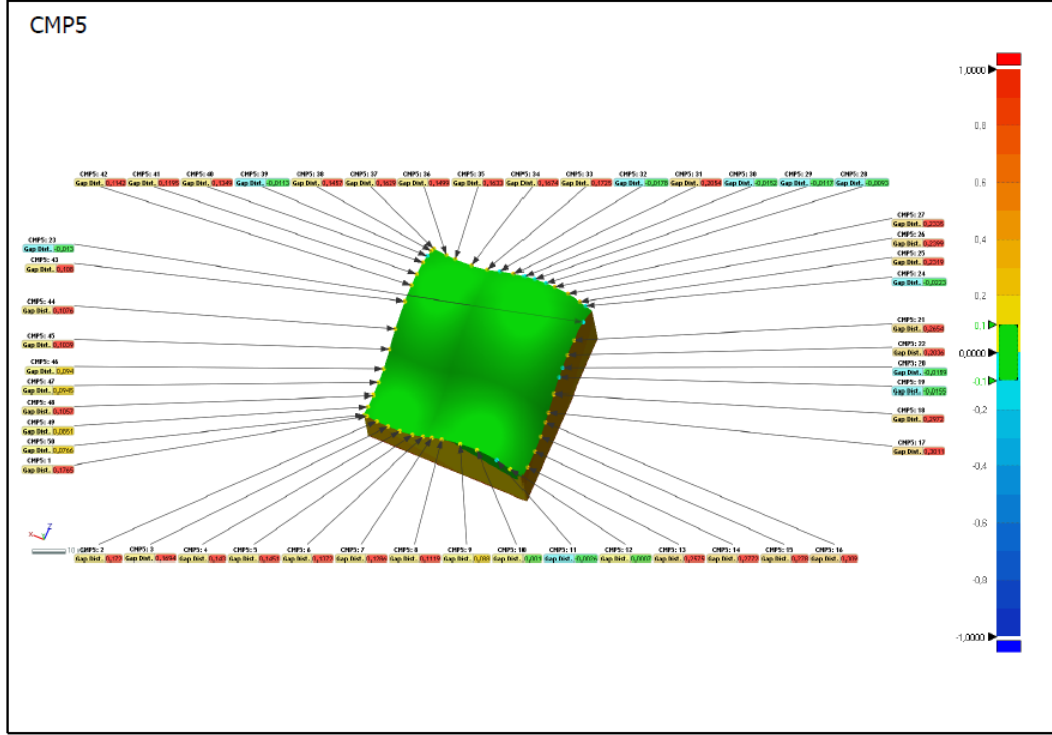


Şekil 7.39. F numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.24. F numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5296	0,7422	-34,7678	-0,016	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0413	7,2126	-34,8464	-0,0085	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0502	7,7646	-35,6051	0,0149	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4133	5,0563	-35,6372	0,0101	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3223	-0,4184	-35,8413	0,0049	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1414	-3,1129	-39,8344	0,0157	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3628	-4,0075	-45,792	0,0172	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8399	-2,3857	-50,2493	-0,0117	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0831	3,0807	-51,0789	-0,0065	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4948	4,7159	-50,3931	-0,01	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9904	4,4469	-50,2354	-0,0202	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9899	2,0109	-49,5694	-0,0154	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2701	-1,6009	-50,3285	-0,0196	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,8443	-2,8548	-42,389	-0,0208	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2832	-1,0494	-38,9667	-0,0157	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,249	-2,6451	-45,8981	-0,0201	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,46	0,9515	-44,8422	-0,0145	±0,01
CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1309	3,0924	-38,3998	-0,0125	±0,01

CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2797	6,029	-38,1123	0,0085	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3713	3,2132	-42,551	-0,0053	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8813	1,3813	-39,4126	0,0165	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3697	-0,4918	-44,4754	0,0168	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3795	3,871	-43,7649	0,0046	±0,01

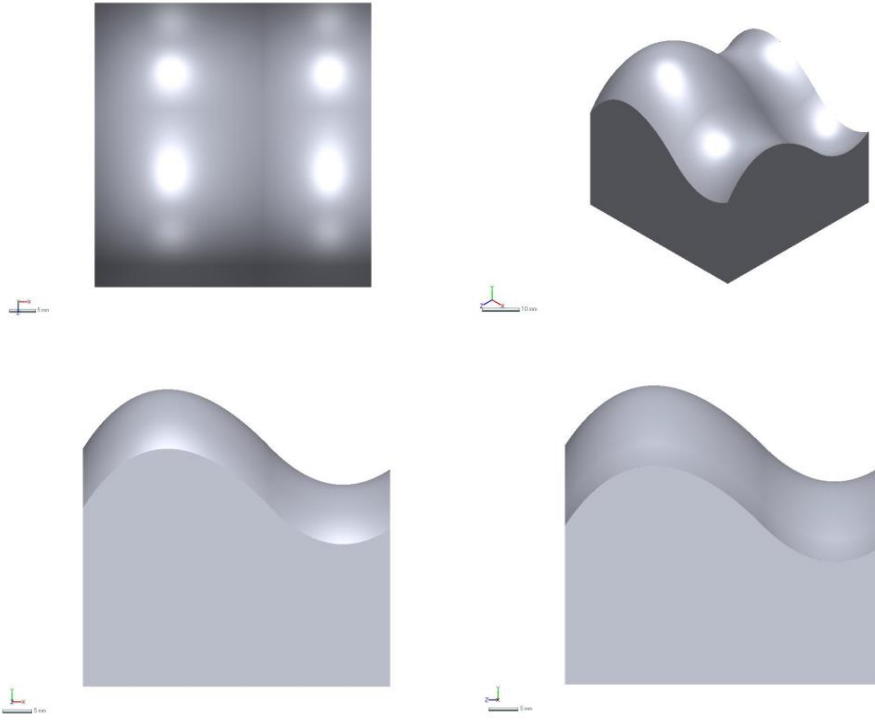


Şekil 7.40. F numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

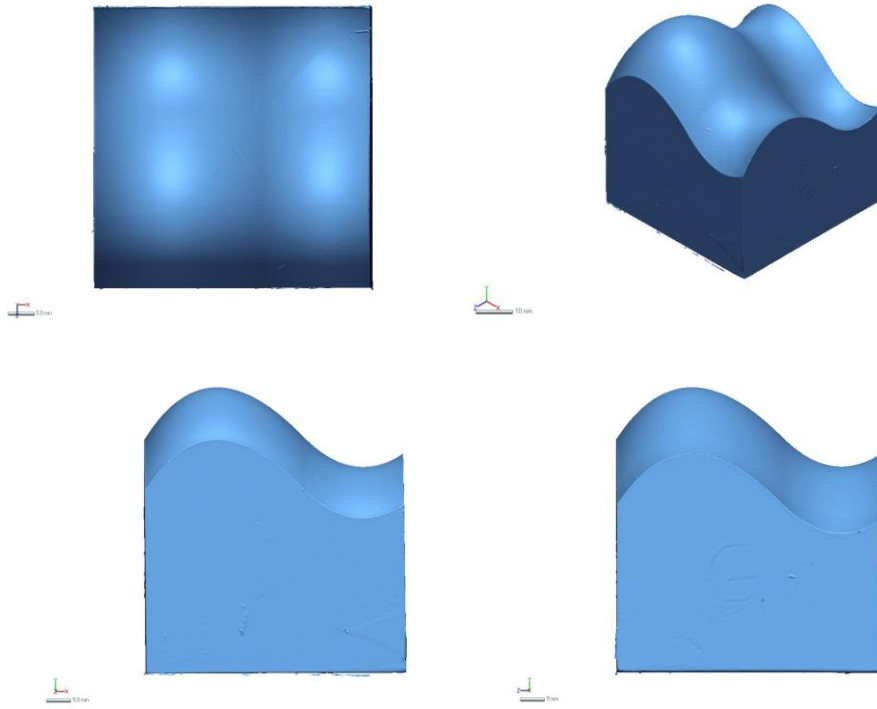
Tablo 7.25. F numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,3565	0,1765	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,352	0,172	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,3494	0,1694	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,323	0,143	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,3251	0,1451	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,3172	0,1372	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,3086	0,1286	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,2919	0,1119	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,268	0,088	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8526	6,5622	-53,1795	0,001	±0,01
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,3554	4,4699	-53,1813	-0,0026	±0,01

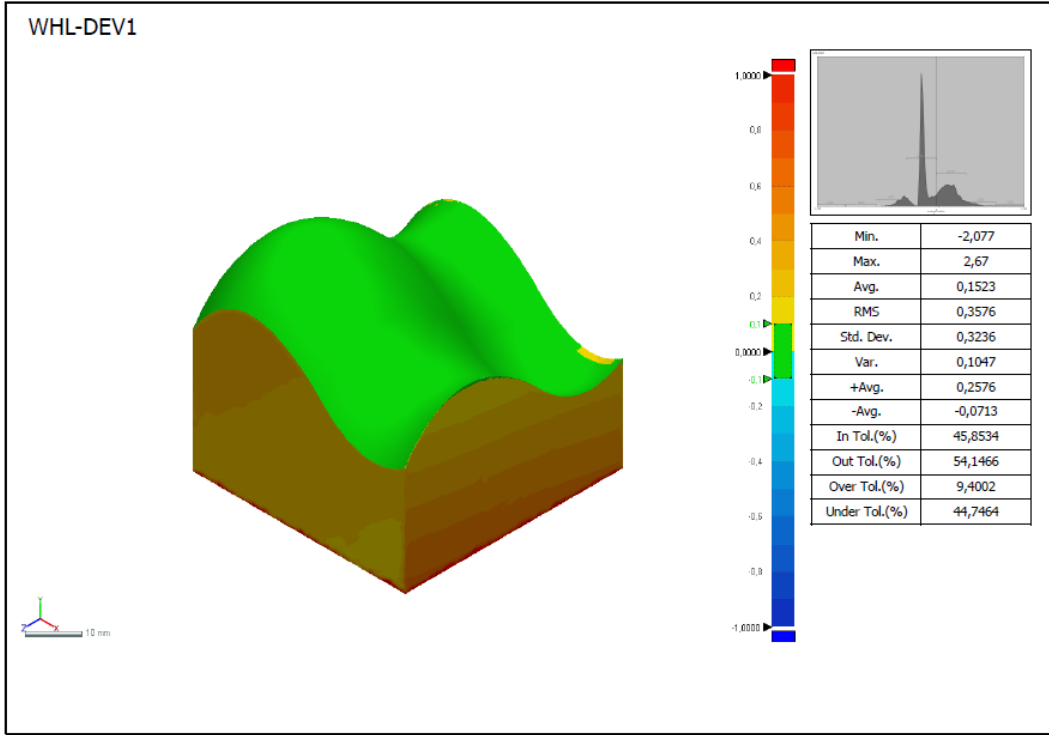
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2445	0,9115	-53,1797	0,0007	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	-0,2575	-5,344	-49,3743	0,2575	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	-0,2772	-5,9982	-44,0572	0,2772	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	-0,278	-4,668	-39,4653	0,278	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	-0,309	-2,2165	-35,6369	0,309	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	-0,3011	0,1143	-33,0659	0,3011	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	-0,2972	4,2484	-28,4662	0,2972	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0131	7,2972	-23,9843	-0,0155	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0135	8,645	-21,2363	-0,0159	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	-0,2654	9,7941	-12,587	0,2654	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	-0,2036	9,7661	-17,5012	0,2036	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,0101	6,516	-5,7298	-0,013	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9801	2,7983	-0,0149	-0,0223	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,2319	0,2319	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,2399	0,2399	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,2335	0,2335	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6194	9,9902	-0,0085	-0,0093	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2644	9,4006	-0,0096	-0,0117	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4877	8,1124	-0,0129	-0,0152	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,2054	0,2054	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,714	2,0661	-0,0133	-0,0178	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,1725	0,1725	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,1674	0,1674	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,1633	0,1633	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,1499	0,1499	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	51,9629	-3,819	0	0,1629	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	51,9457	-1,3314	-1,4944	0,1457	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,8047	1,6706	-4,1463	-0,0113	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	51,9349	4,0219	-6,9809	0,1349	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	51,9195	6,0821	-11,3491	0,1195	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	51,9142	6,5656	-15,1883	0,1142	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	51,908	5,6308	-20,1686	0,108	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	51,9076	1,1864	-27,9959	0,1076	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	51,9039	-3,4436	-33,1935	0,1039	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	51,894	-7,5154	-38,3594	0,094	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	51,8945	-9,1465	-42,3809	0,0945	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	51,9057	-9,431	-46,3924	0,1057	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	51,8851	-8,4472	-50,2341	0,0851	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	51,8766	-8,4376	-52,9355	0,0766	±0,01



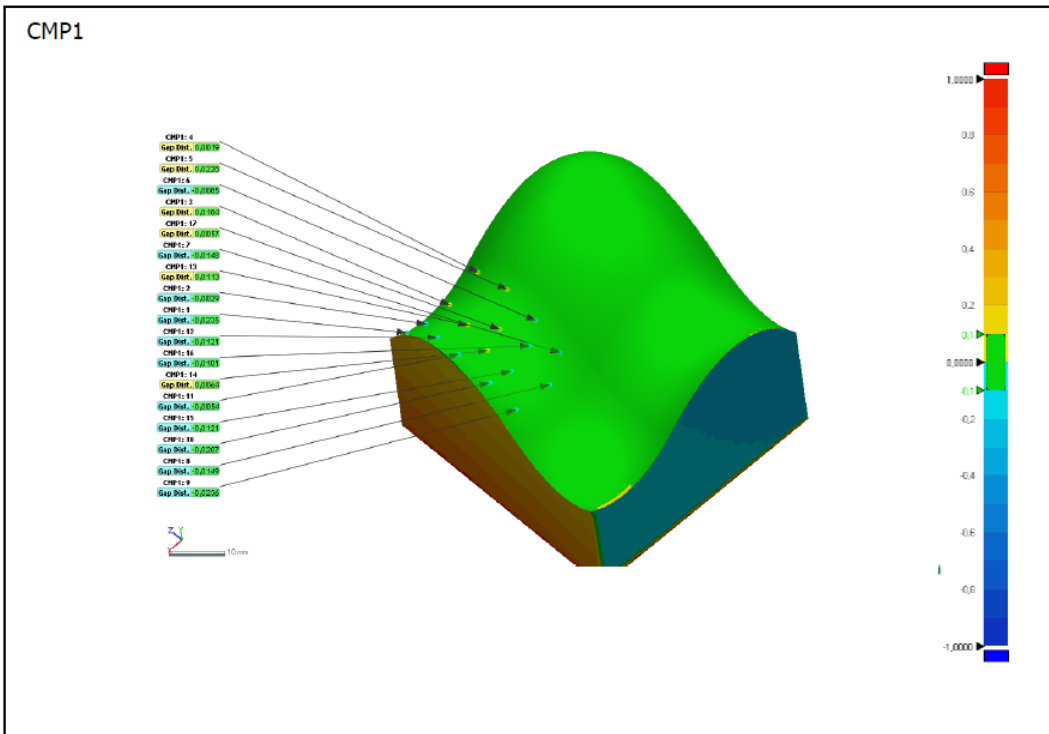
Şekil 7.41. G numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.42. G numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



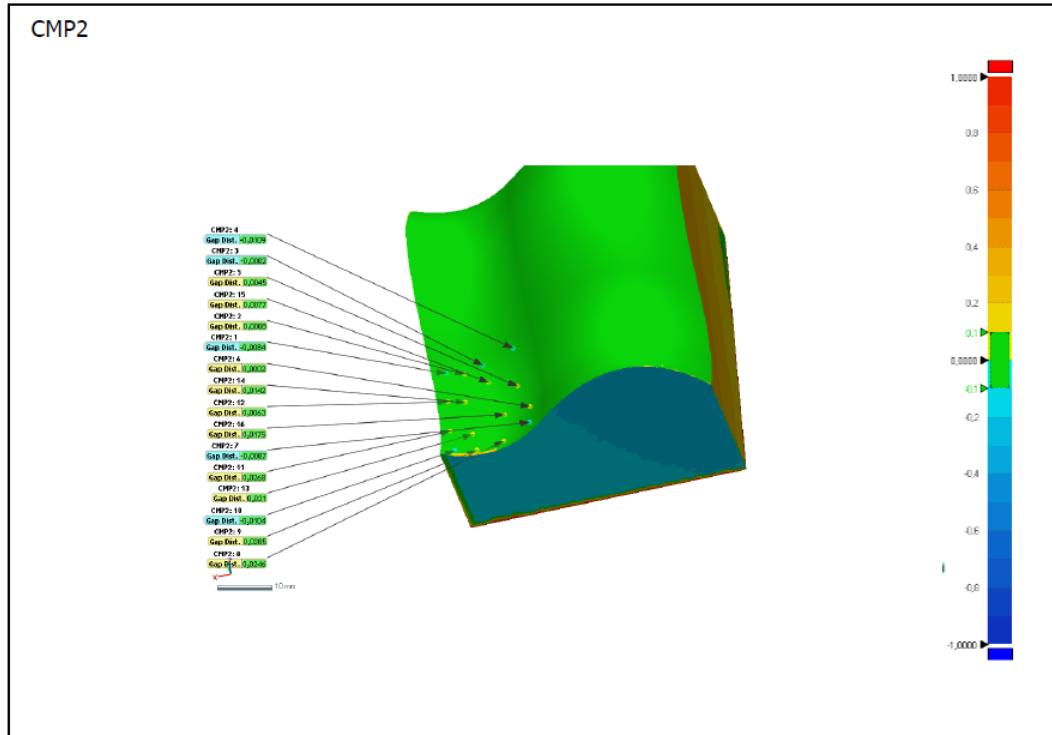
Şekil 7.43. G numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.44. G numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.26. G numunesinde 1. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

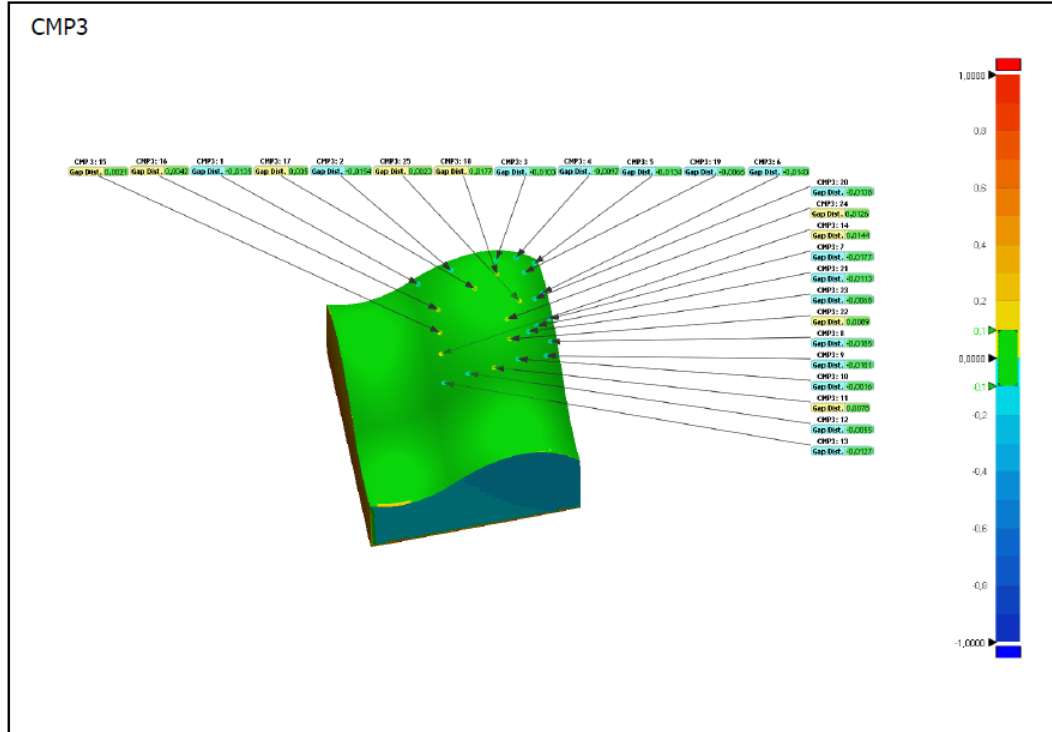
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1939	-0,2435	-3,2381	-0,0235	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1408	-0,8709	-4,0014	-0,0029	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5911	-0,0669	-4,5671	0,0184	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0371	4,4573	-5,6892	0,0019	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4489	7,6422	-14,2505	0,0228	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8126	5,6874	-21,9531	-0,0085	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9069	1,7428	-28,168	-0,0148	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,423	-2,0555	-29,739	-0,0149	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6317	-1,9927	-29,3816	-0,0236	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6551	2,221	-23,9186	-0,0207	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,351	5,0577	-16,8837	-0,0054	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2499	4,5606	-11,0405	-0,0121	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1641	3,7666	-12,5603	0,0113	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4162	3,3653	-19,0955	0,0064	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,651	1,0669	-24,2837	-0,0121	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1756	2,8151	-23,574	-0,0101	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0144	4,2777	-17,7943	0,0057	±0,01



Şekil 7.45. G numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.27. G numunesinde 2. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

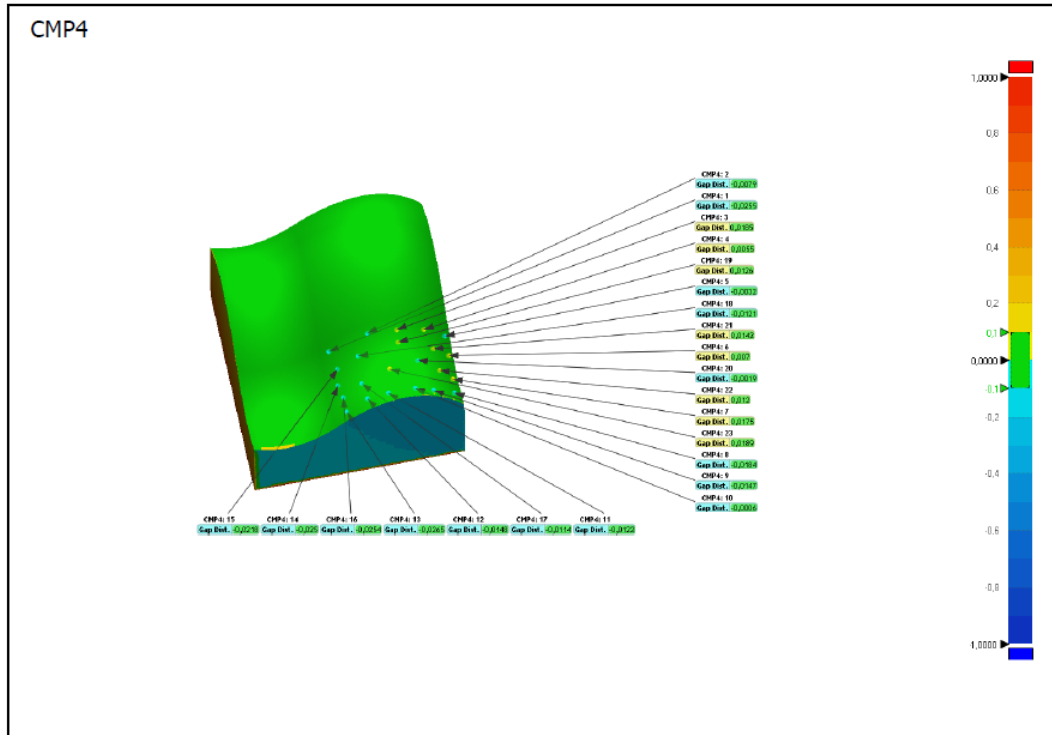
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,205	-6,8667	-35,3595	-0,0084	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0599	-7,9972	-35,5521	0,0008	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4096	-7,4891	-34,8059	-0,0002	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0324	-4,7854	-34,5142	-0,0109	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6282	-8,828	-40,1059	0,0045	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5872	-8,5244	-45,529	0,0002	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8274	-7,9804	-49,4623	-0,0087	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4114	-10,4394	-50,4865	0,0246	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5479	-10,4766	-51,199	0,0285	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,4495	-9,3938	-51,0898	-0,0104	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,13	-10,4298	-45,7095	0,0268	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8689	-9,3809	-39,8349	0,0063	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3159	-11,7666	-46,4421	0,031	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8937	-10,5298	-39,9188	0,0142	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9785	-9,424	-37,4447	0,0077	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9847	-11,3861	-43,8814	0,0175	±0,01



Şekil 7.46. G numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.28. G numunesinde 3. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7756	7,0973	-4,1281	-0,0135	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,842	14,1946	-5,4255	-0,0154	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9539	16,1476	-5,8563	-0,0103	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7666	11,8213	-4,1114	-0,0097	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4776	7,8993	-4,8392	-0,0134	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5268	12,1991	-14,7792	-0,0143	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,1158	10,3661	-21,0307	-0,0177	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,8686	8,6332	-26,104	-0,0185	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,5917	8,1397	-29,4416	-0,0181	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7135	11,9272	-30,5796	-0,0016	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7591	11,4493	-31,4513	0,0078	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9544	9,5382	-30,8503	-0,0055	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8534	5,5723	-30,3024	-0,0127	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3286	10,2121	-24,7772	0,0144	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7351	12,8468	-20,3927	0,0021	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0729	14,4186	-15,1092	0,0042	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7272	19,5364	-13,7417	0,035	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7687	19,1668	-11,0171	0,0177	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9206	15,0555	-9,9369	-0,0066	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7708	14,718	-17,0997	-0,0138	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6531	13,3237	-23,5348	-0,0113	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9421	15,4149	-26,6161	0,0089	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,076	14,3627	-25,0818	-0,0068	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6825	17,8279	-22,4837	0,0126	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7373	17,7333	-18,3332	0,0023	±0,01

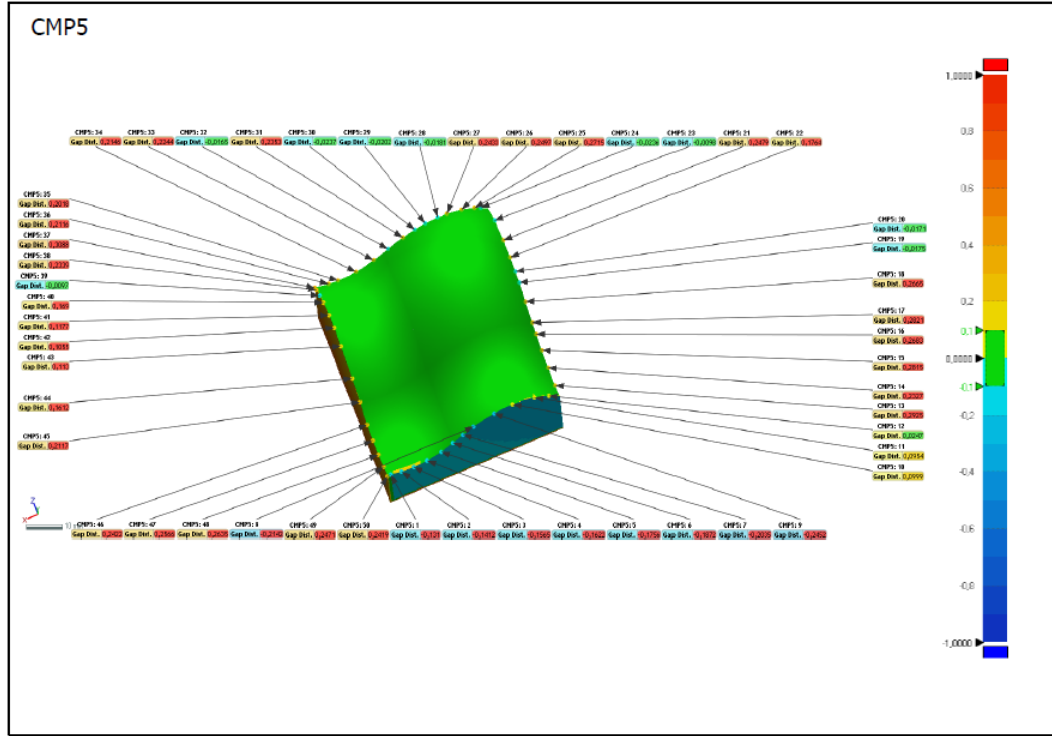


Şekil 7.47. G numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.29. G numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5242	0,7364	-34,7627	-0,0255	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0415	7,213	-34,8468	-0,0079	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0499	7,7673	-35,6073	0,0185	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4156	5,0531	-35,6347	0,0055	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3282	-0,4227	-35,8379	-0,0032	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,1482	-3,1178	-39,8323	0,007	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3626	-4,0073	-45,792	0,0175	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8451	-2,3897	-50,251	-0,0184	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0874	3,0744	-51,0821	-0,0147	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4926	4,7243	-50,3896	-0,0006	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9924	4,4541	-50,2325	-0,0122	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9902	2,0115	-49,5692	-0,0148	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2658	-1,6058	-50,3305	-0,0265	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,8415	-2,8579	-42,3883	-0,025	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2795	-1,0536	-38,9645	-0,0218	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2455	-2,6491	-45,8983	-0,0254	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4616	0,9542	-44,8423	-0,0114	±0,01

CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1311	3,0927	-38,4	-0,0121	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2795	6,0325	-38,1144	0,0126	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3699	3,2163	-42,5516	-0,0019	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8828	1,3798	-39,4118	0,0142	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3731	-0,4952	-44,4751	0,012	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3816	3,8851	-43,7665	0,0189	±0,01

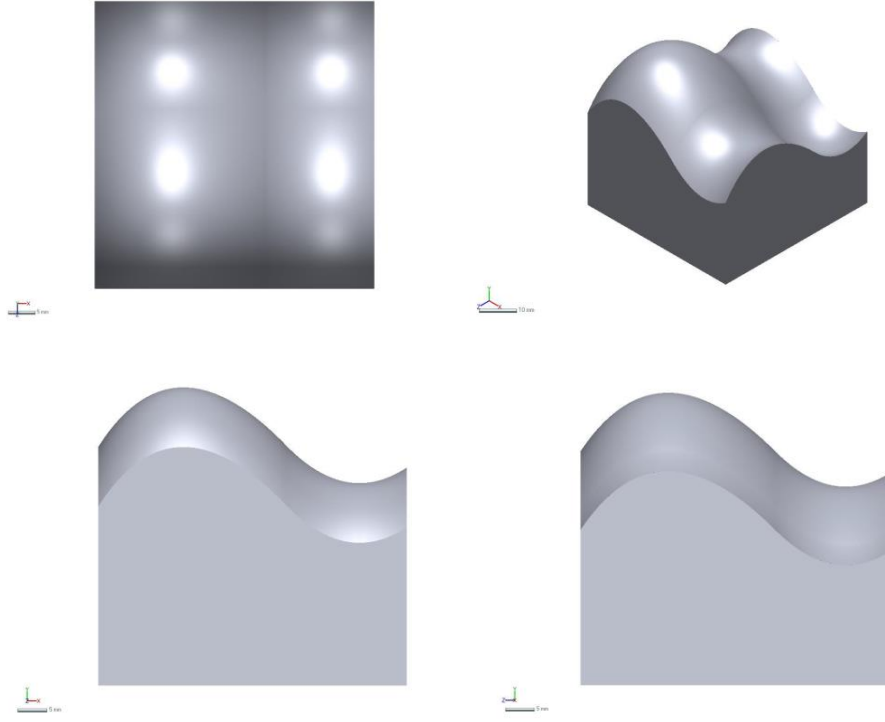


Şekil 7.48. G numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

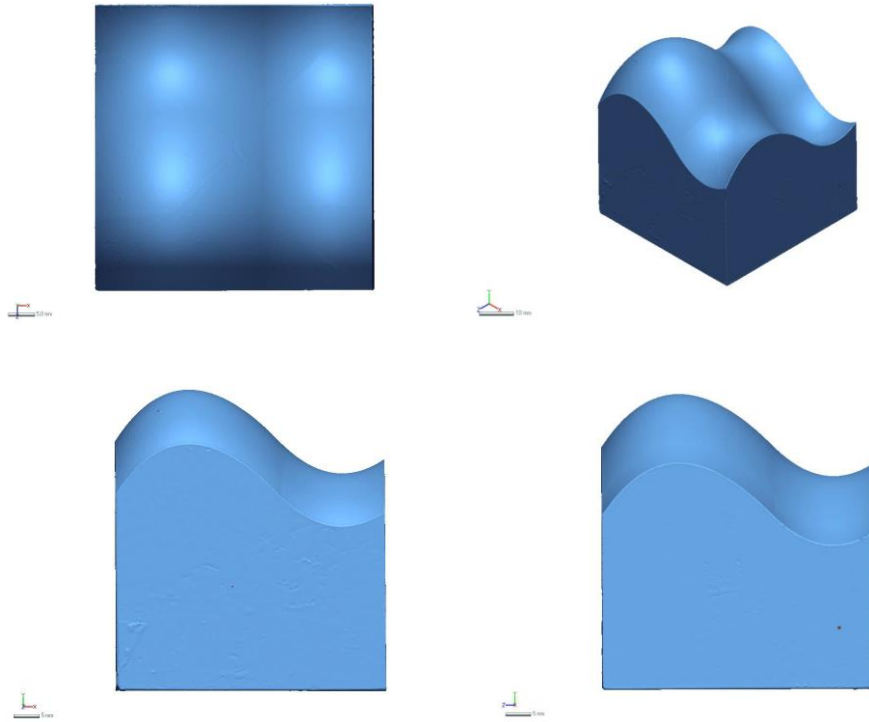
Tablo 7.30. G numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,049	-0,131	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,0388	-0,1412	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,0235	-0,1565	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,0178	-0,1622	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,0044	-0,1756	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-52,9928	-0,1872	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-52,9765	-0,2035	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-52,9658	-0,2142	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-52,9348	-0,2452	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,851	6,6451	-53,1256	0,0999	±0,01

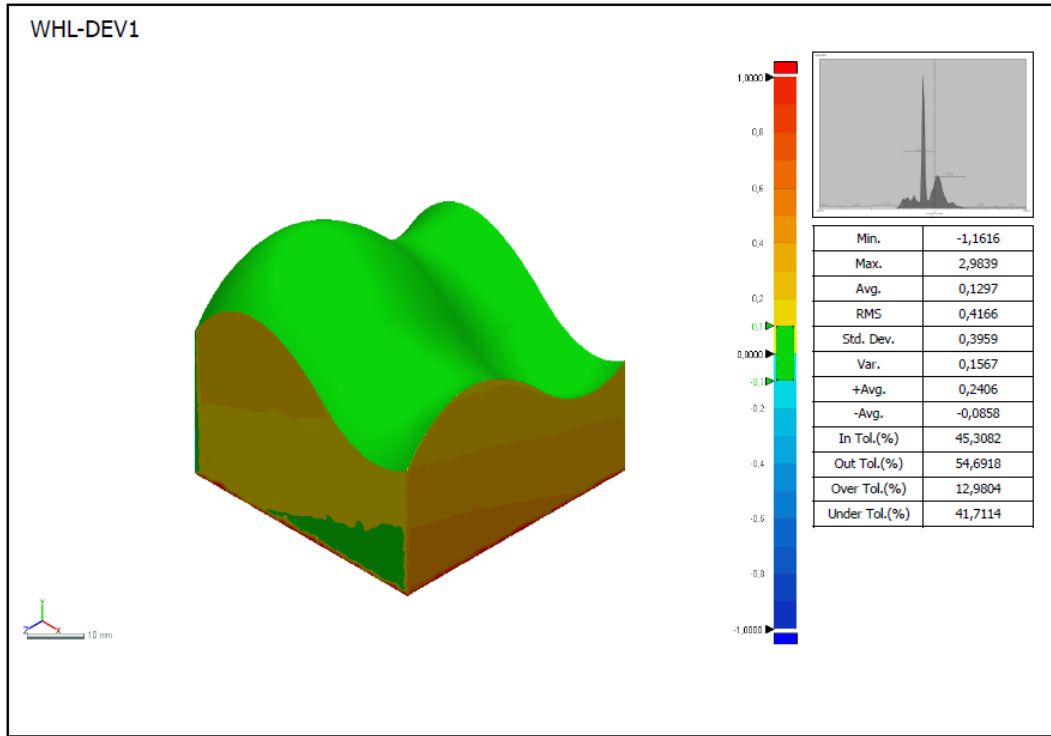
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,3105	4,543	-53,1338	0,0954	±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2282	0,9263	-53,17	0,0247	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	-0,2925	-5,344	-49,3743	0,2925	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	-0,2327	-5,9982	-44,0572	0,2327	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	-0,2815	-4,668	-39,4653	0,2815	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	-0,2683	-2,2165	-35,6369	0,2683	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	-0,2821	0,1143	-33,0659	0,2821	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	-0,2665	4,2484	-28,4662	0,2665	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0147	7,2961	-23,9837	-0,0175	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0145	8,6443	-21,2361	-0,0171	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	-0,2479	9,7941	-12,587	0,2479	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	-0,1764	9,7661	-17,5012	0,1764	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,0076	6,5176	-5,7285	-0,0098	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9809	2,7977	-0,0158	-0,0236	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,2715	0,2715	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,2497	0,2497	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,2433	0,2433	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6193	9,9853	-0,0158	-0,0181	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,263	9,3959	-0,0166	-0,0202	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4854	8,1079	-0,0196	-0,0237	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,2353	0,2353	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7147	2,0668	-0,0123	-0,0165	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,2244	0,2244	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,2146	0,2146	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,2018	0,2018	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,2116	0,2116	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	52,1088	-3,819	0	0,3088	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	52,0339	-1,3314	-1,4944	0,2339	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,8041	1,6717	-4,1453	-0,0097	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	51,969	4,0219	-6,9809	0,169	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	51,9177	6,0821	-11,3491	0,1177	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	51,9055	6,5656	-15,1883	0,1055	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	51,913	5,6308	-20,1686	0,113	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	51,9612	1,1864	-27,9959	0,1612	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	52,0117	-3,4436	-33,1935	0,2117	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	52,0422	-7,5154	-38,3594	0,2422	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	52,0566	-9,1465	-42,3809	0,2566	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	52,0635	-9,431	-46,3924	0,2635	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	52,0471	-8,4472	-50,2341	0,2471	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	52,0419	-8,4376	-52,9355	0,2419	±0,01



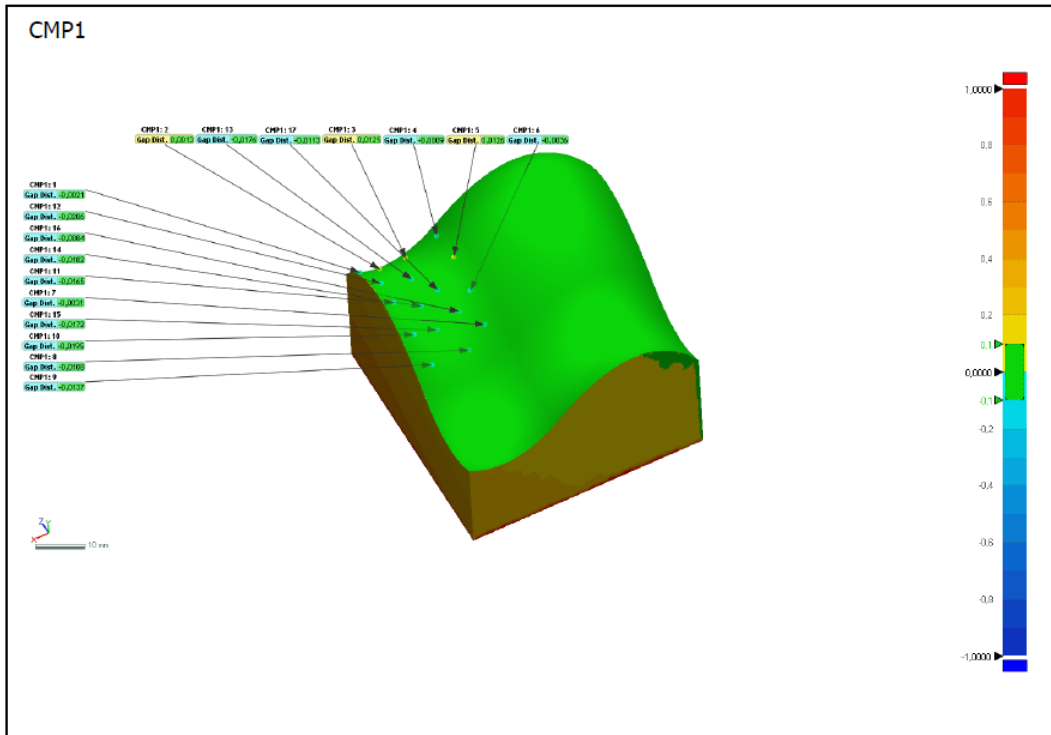
Şekil 7.49. H numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.50. H numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



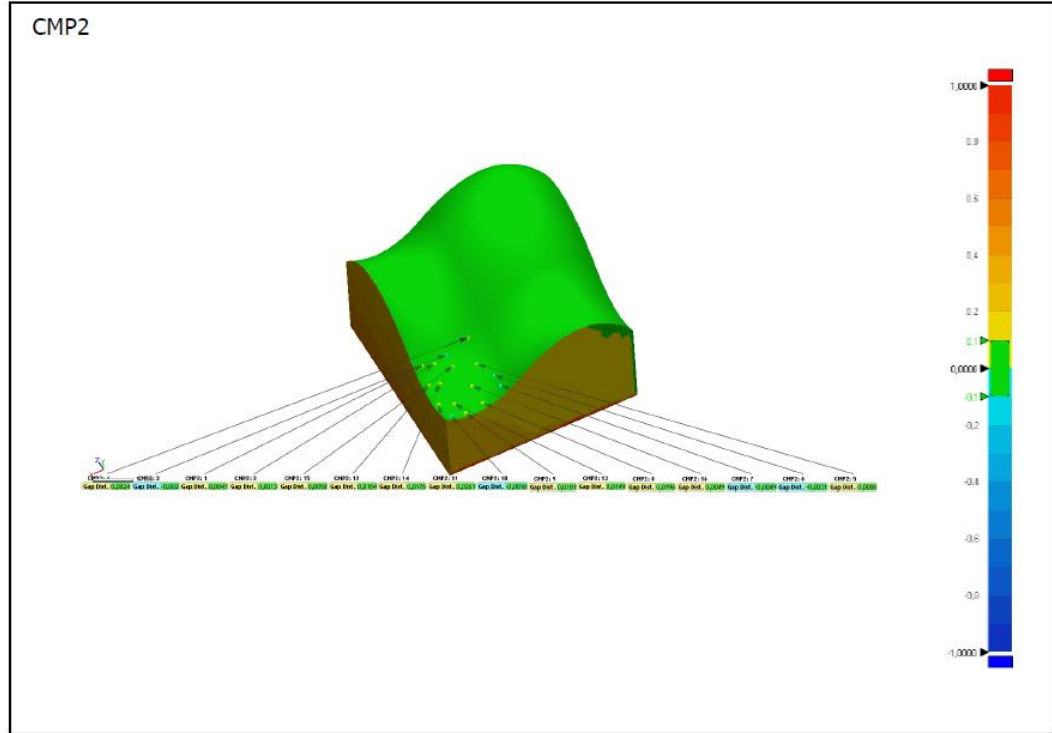
Şekil 7.51. H numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.52. H numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.31. H numunesinde 1. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

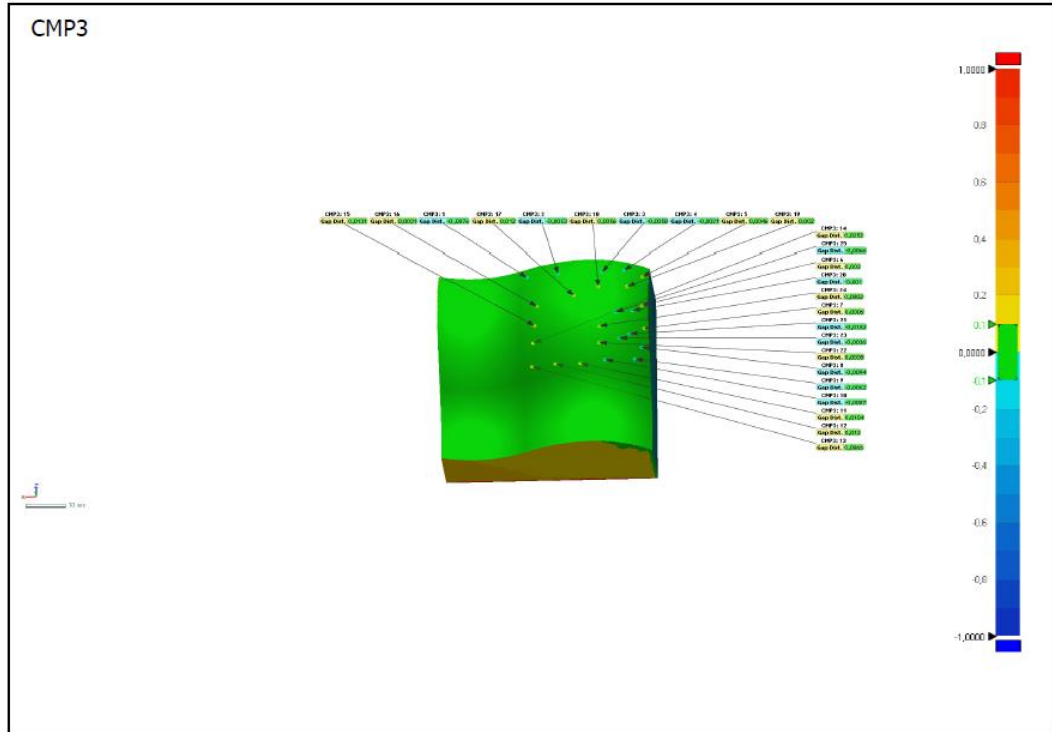
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,1869	-0,2298	-3,2232	-0,0021	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1402	-0,868	-3,9984	0,0013	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5899	-0,0711	-4,5711	0,0125	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0356	4,4554	-5,6907	-0,0009	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4426	7,6343	-14,251	0,0126	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8153	5,691	-21,9547	-0,0036	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9129	1,7507	-28,1741	-0,0031	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4242	-2,0525	-29,7415	-0,0108	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6293	-1,9854	-29,3877	-0,0137	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6548	2,222	-23,9192	-0,0195	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3557	5,0477	-16,8822	-0,0165	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2531	4,553	-11,0427	-0,0206	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1628	3,7383	-12,566	-0,0176	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4173	3,3416	-19,0892	-0,0182	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,6511	1,0625	-24,281	-0,0172	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1762	2,8164	-23,5748	-0,0084	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0091	4,2619	-17,7914	-0,0113	±0,01



Şekil 7.53. H numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.32. H numunesinde 2. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

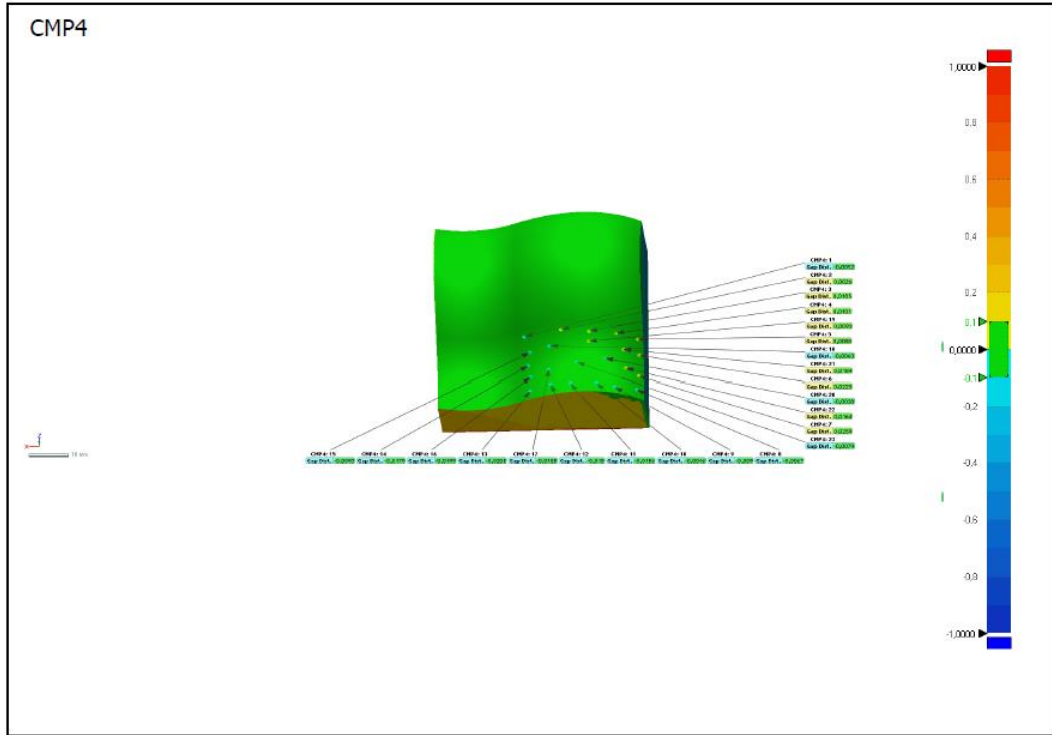
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,2011	-6,8575	-35,3672	0,0041	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0598	-7,9968	-35,5524	0,0013	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4094	-7,4904	-34,8047	-0,002	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0382	-4,7764	-34,5221	0,0024	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6303	-8,8246	-40,1074	0,0088	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,5852	-8,5271	-45,529	-0,0031	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8296	-7,9775	-49,4612	-0,0049	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4102	-10,4438	-50,4885	0,0196	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5492	-10,4858	-51,2037	0,0181	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,446	-9,3866	-51,0861	-0,0016	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1303	-10,4304	-45,7095	0,0261	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8637	-9,3709	-39,8393	0,0184	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3191	-11,7824	-46,4433	0,0149	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,893	-10,5268	-39,9202	0,0176	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,9783	-9,4256	-37,4437	0,0058	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9808	-11,398	-43,8802	0,0049	±0,01



Şekil 7.54. H numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.33. H numunesinde 3. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7789	7,1008	-4,1246	-0,0076	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8456	14,2018	-5,4194	-0,0053	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9529	16,151	-5,8535	-0,0058	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7628	11,826	-4,1068	-0,0021	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4648	7,9088	-4,8307	0,0046	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5137	12,2089	-14,779	0,002	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,1014	10,3764	-21,0349	0,0006	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,862	8,6383	-26,1074	-0,0094	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,5841	8,1467	-29,4474	-0,0062	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7133	11,9279	-30,5802	-0,0007	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7594	11,4511	-31,453	0,0104	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9612	9,5502	-30,861	0,012	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8642	5,5843	-30,3129	0,0066	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3351	10,2194	-24,7817	0,0252	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,742	12,8548	-20,3957	0,0131	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0721	14,4178	-15,1092	0,0031	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7218	19,5142	-13,7441	0,012	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,771	19,1554	-11,0204	0,0056	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9152	15,0616	-9,9344	0,002	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7616	14,7268	-17,101	-0,001	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6524	13,3244	-23,5352	-0,0102	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9429	15,4108	-26,6132	0,0038	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0744	14,3651	-25,0832	-0,0036	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6847	17,8169	-22,4785	0,0002	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7419	17,7259	-18,3315	-0,0066	±0,01

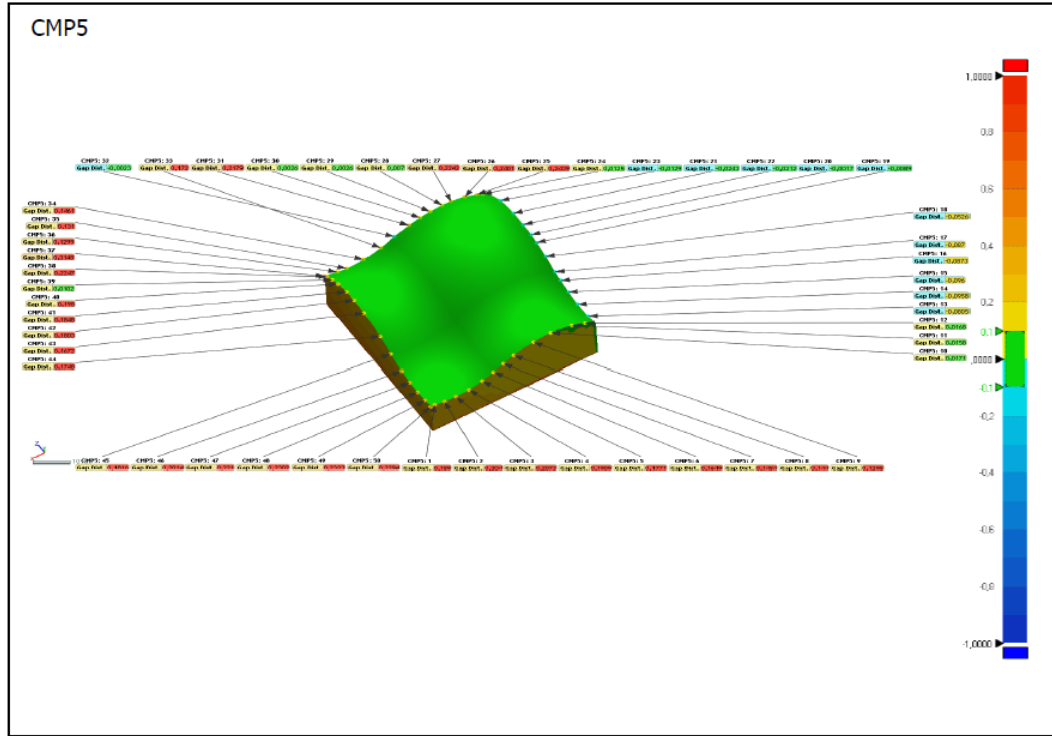


Şekil 7.55. H numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.34. H numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,5359	0,7488	-34,7736	-0,0052	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0445	7,2206	-34,8534	0,0026	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0499	7,7673	-35,6073	0,0185	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4134	5,0562	-35,6371	0,0101	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,3194	-0,4164	-35,8429	0,0088	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,136	-3,1091	-39,8361	0,0225	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,3559	-4,0023	-45,7918	0,0259	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8361	-2,3828	-50,2481	-0,0067	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0844	3,0788	-51,0799	-0,009	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,4936	4,7207	-50,3911	-0,0046	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9915	4,451	-50,2338	-0,0156	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9886	2,0088	-49,5701	-0,018	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2695	-1,6015	-50,3288	-0,0205	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,8461	-2,8527	-42,3896	-0,0179	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2871	-1,0449	-38,9691	-0,0093	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2491	-2,6449	-45,8981	-0,0199	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4595	0,9506	-44,8422	-0,0155	±0,01

CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1338	3,0971	-38,4026	-0,0063	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2797	6,0297	-38,1127	0,0093	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3707	3,2145	-42,5512	-0,0038	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8801	1,3827	-39,4132	0,0184	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,37	-0,4921	-44,4753	0,0164	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3775	3,8588	-43,7636	-0,0079	±0,01

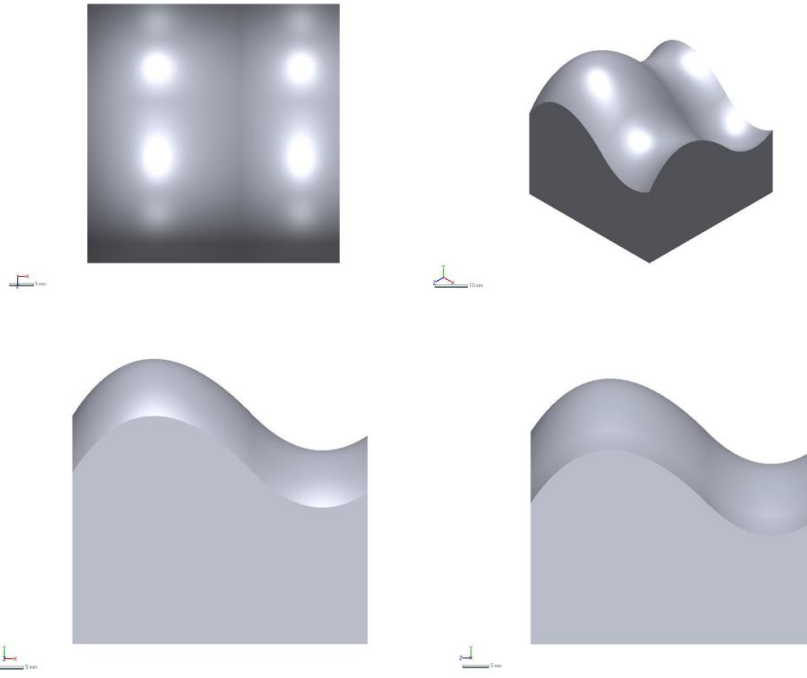


Şekil 7.56. H numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

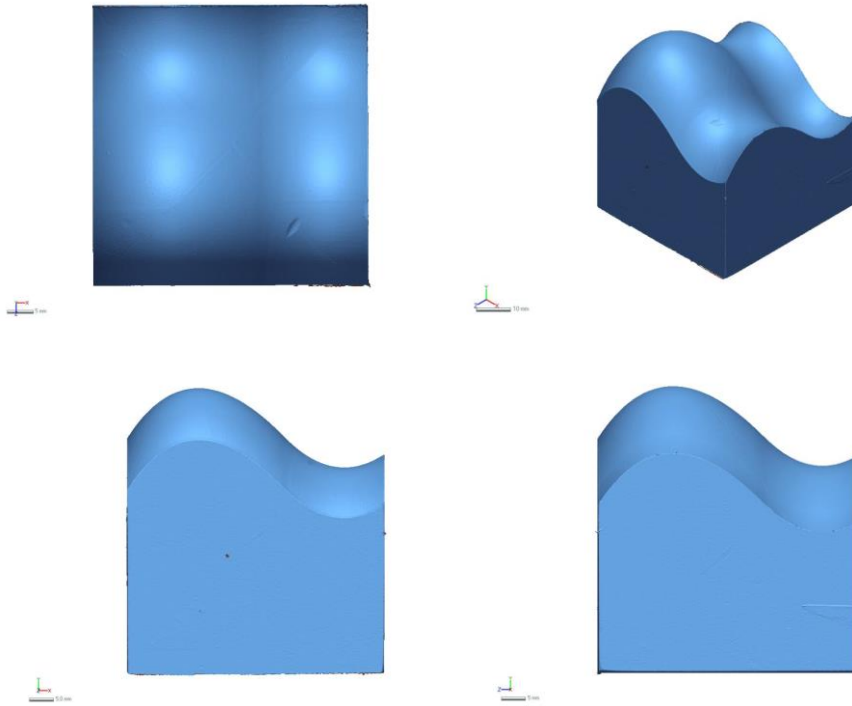
Tablo 7.35. H numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-53,369	0,189	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-53,384	0,204	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-53,3873	0,2073	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-53,3709	0,1909	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-53,3571	0,1771	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-53,3449	0,1649	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-53,3284	0,1484	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-53,324	0,144	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18	19,3847	5,607	-53,3095	0,1295	±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18	13,8524	6,5758	-53,1707	0,0171	±0,01

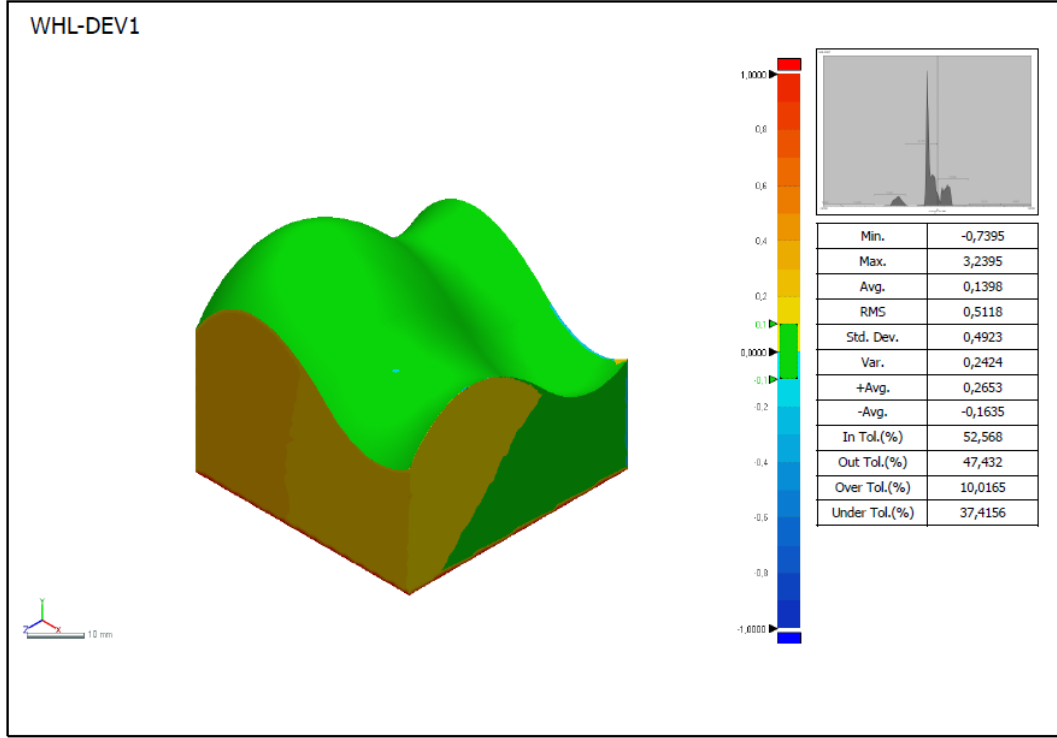
CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18	7,347	4,4837	-53,1723	0,0158	±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18	3,2336	0,9214	-53,1732	0,0168	±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	0,0805	-5,344	-49,3743	-0,0805	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	0,0958	-5,9982	-44,0572	-0,0958	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	0,096	-4,668	-39,4653	-0,096	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	0,0873	-2,2165	-35,6369	-0,0873	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	0,087	0,1143	-33,0659	-0,087	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	0,0526	4,2484	-28,4662	-0,0526	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0078	7,3006	-23,9862	-0,0089	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0019	8,6525	-21,2394	-0,0017	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	0,0243	9,7941	-12,587	-0,0243	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	0,0212	9,7661	-17,5012	-0,0212	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,01	6,5161	-5,7297	-0,0129	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9598	2,8142	0,0084	0,0125	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,2439	0,2439	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,2401	0,2401	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,2242	0,2242	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6196	9,9993	0,005	0,007	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2667	9,4086	0,0021	0,0026	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,4926	8,122	0,0014	0,0026	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,2179	0,2179	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7213	2,0738	-0,0019	-0,0023	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,172	0,172	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,1461	0,1461	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,131	0,131	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,1299	0,1299	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	52,1148	-3,819	0	0,3148	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	52,0247	-1,3314	-1,4944	0,2247	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,7957	1,6846	-4,1327	0,0102	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	51,998	4,0219	-6,9809	0,198	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	51,9848	6,0821	-11,3491	0,1848	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	51,9803	6,5656	-15,1883	0,1803	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	51,9672	5,6308	-20,1686	0,1672	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	51,9748	1,1864	-27,9959	0,1748	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	51,9816	-3,4436	-33,1935	0,1816	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	52,0014	-7,5154	-38,3594	0,2014	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	52,021	-9,1465	-42,3809	0,221	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	52,0302	-9,431	-46,3924	0,2302	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	52,0323	-8,4472	-50,2341	0,2323	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	52,0294	-8,4376	-52,9355	0,2294	±0,01



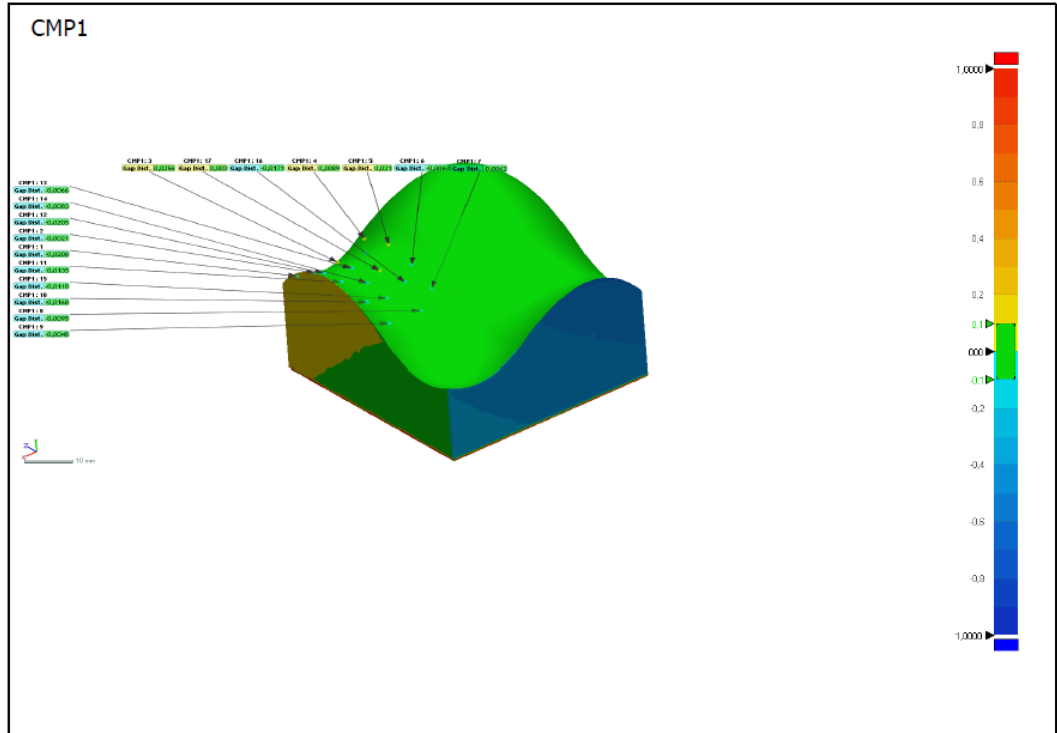
Şekil 7.57. K numunesine ait CAD ortamında oluşturulan B-spline referans yüzeyler



Şekil 7.58. K numunesine ait 3B taraması sonrası görüntüler



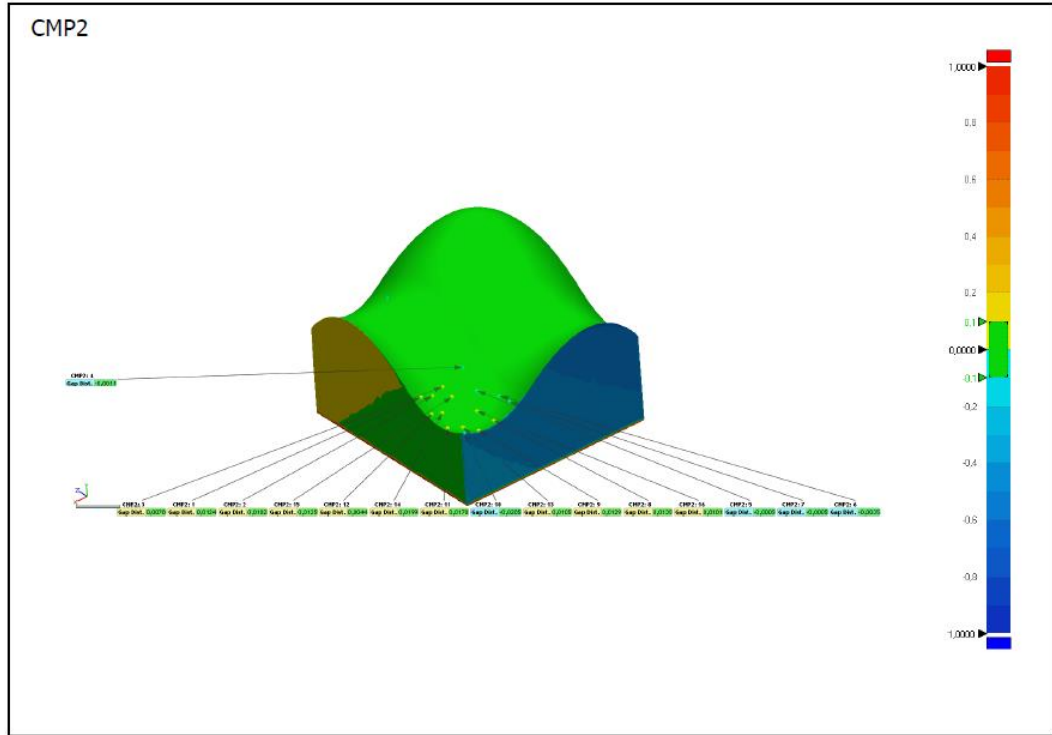
Şekil 7.59. K numunesine ait 3B taraması sonrası renk skalasına ait görüntüler



Şekil 7.60. K numunesine ait 1. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.36. K numunesinde 1. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

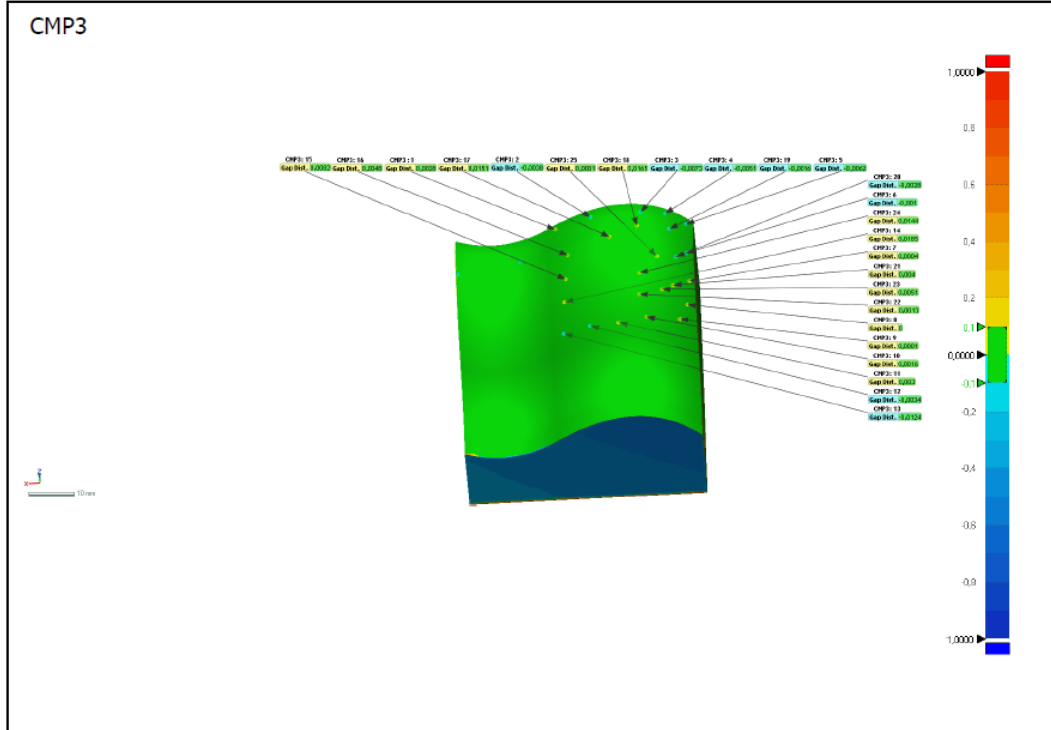
ÖLÇÜM NOKTASI I	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI *	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP1: 1	50,1862	-0,2285	-3,2217	50,193	-0,2417	-3,2362	-0,0208	±0,01
CMP1: 2	46,1404	-0,8688	-3,9993	46,1407	-0,8703	-4,0008	-0,0021	±0,01
CMP1: 3	40,5874	-0,08	-4,5795	40,5925	-0,0618	-4,5622	0,0256	±0,01
CMP1: 4	34,0361	4,456	-5,6902	34,0408	4,462	-5,6855	0,0089	±0,01
CMP1: 5	34,4347	7,6245	-14,2516	34,4478	7,6408	-14,2505	0,021	±0,01
CMP1: 6	34,8174	5,6937	-21,9559	34,8137	5,6889	-21,9537	-0,0064	±0,01
CMP1: 7	34,9145	1,7528	-28,1758	34,9113	1,7486	-28,1725	-0,0062	±0,01
CMP1: 8	39,4271	-2,0446	-29,7483	39,4245	-2,0515	-29,7424	-0,0095	±0,01
CMP1: 9	47,6259	-1,9752	-29,3962	47,6271	-1,9788	-29,3932	-0,0048	±0,01
CMP1: 10	48,6486	2,2382	-23,9283	48,6539	2,2242	-23,9204	-0,0168	±0,01
CMP1: 11	49,3487	5,0625	-16,8844	49,3544	5,0504	-16,8826	-0,0135	±0,01
CMP1: 12	49,2453	4,5713	-11,0373	49,2531	4,5531	-11,0427	-0,0205	±0,01
CMP1: 13	43,1636	3,7555	-12,5625	43,1633	3,7491	-12,5638	-0,0066	±0,01
CMP1: 14	44,4165	3,3591	-19,0939	44,4169	3,3511	-19,0917	-0,0083	±0,01
CMP1: 15	43,651	1,0773	-24,2898	43,651	1,0672	-24,2838	-0,0118	±0,01
CMP1: 16	38,1795	2,8233	-23,5784	38,1729	2,8094	-23,571	-0,0171	±0,01
CMP1: 17	40,0126	4,2724	-17,7933	40,0135	4,2753	-17,7939	0,003	±0,01



Şekil 7.61. K numunesine ait 2. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.37. K numunesinde 2. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

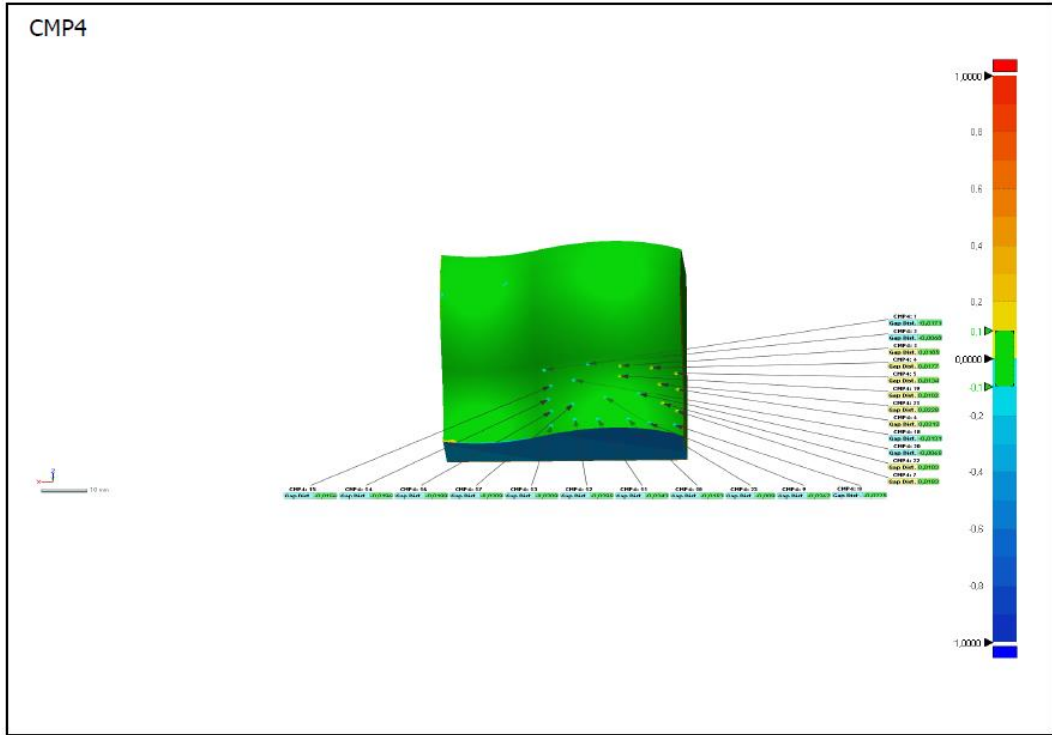
ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP2: 1	49,2024	-6,8606	-35,3647	49,1985	-6,8515	-35,3722	0,0124	±0,01
CMP2: 2	46,06	-7,9978	-35,5516	46,0585	-7,9899	-35,5579	0,0102	±0,01
CMP2: 3	42,4096	-7,4889	-34,806	42,4104	-7,4831	-34,8111	0,0078	±0,01
CMP2: 4	36,0371	-4,778	-34,5207	36,0367	-4,7787	-34,5201	-0,0011	±0,01
CMP2: 5	36,6261	-8,8316	-40,1043	36,6259	-8,832	-40,1041	-0,0005	±0,01
CMP2: 6	34,5871	-8,5246	-45,529	34,585	-8,5274	-45,5291	-0,0035	±0,01
CMP2: 7	34,8325	-7,9738	-49,4599	34,8322	-7,9741	-49,46	-0,0005	±0,01
CMP2: 8	40,4053	-10,4611	-50,4964	40,4087	-10,4492	-50,491	0,0135	±0,01
CMP2: 9	45,5515	-10,5018	-51,2117	45,5499	-10,4904	-51,206	0,0129	±0,01
CMP2: 10	49,4454	-9,3853	-51,0855	49,4565	-9,4087	-51,0973	-0,0285	±0,01
CMP2: 11	50,1423	-10,4535	-45,7103	50,1341	-10,4377	-45,7097	0,0178	±0,01
CMP2: 12	49,8716	-9,3861	-39,8326	49,8697	-9,3825	-39,8342	0,0044	±0,01
CMP2: 13	46,322	-11,797	-46,4445	46,3199	-11,7867	-46,4437	0,0105	±0,01
CMP2: 14	46,8967	-10,5426	-39,9132	46,8925	-10,5248	-39,9211	0,0199	±0,01
CMP2: 15	41,9776	-9,4305	-37,4406	41,979	-9,42	-37,4472	0,0125	±0,01
CMP2: 16	39,9793	-11,4027	-43,8796	39,9825	-11,3931	-43,8807	0,0101	±0,01



Şekil 7.62. K numunesine ait 3. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.38. K numunesinde 3. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP3: 1	29,7831	7,1053	-4,1202	29,7847	7,1069	-4,1185	0,0028	±0,01
CMP3: 2	21,8476	14,2055	-5,4162	21,8462	14,2028	-5,4185	-0,0038	±0,01
CMP3: 3	10,9516	16,1554	-5,85	10,9532	16,1499	-5,8544	-0,0073	±0,01
CMP3: 4	5,7617	11,8272	-4,1055	5,7643	11,8241	-4,1086	-0,0051	±0,01
CMP3: 5	1,4681	7,9063	-4,8328	1,4725	7,9031	-4,8358	-0,0062	±0,01
CMP3: 6	1,5153	12,2077	-14,7791	1,5161	12,2071	-14,7791	-0,001	±0,01
CMP3: 7	1,1018	10,3761	-21,0348	1,1015	10,3764	-21,0349	0,0004	±0,01
CMP3: 8	1,855	8,6437	-26,111	1,855	8,6437	-26,111	0	±0,01
CMP3: 9	3,5801	8,1503	-29,4505	3,58	8,1504	-29,4505	0,0001	±0,01
CMP3: 10	10,7132	11,9284	-30,5806	10,7128	11,9295	-30,5817	0,0016	±0,01
CMP3: 11	16,7579	11,4436	-31,446	16,7584	11,4458	-31,448	0,003	±0,01
CMP3: 12	22,9565	9,542	-30,8537	22,9552	9,5397	-30,8516	-0,0034	±0,01
CMP3: 13	28,8605	5,5802	-30,3093	28,8536	5,5725	-30,3025	-0,0124	±0,01
CMP3: 14	28,32	10,2022	-24,7711	28,3311	10,2149	-24,7789	0,0185	±0,01
CMP3: 15	27,7338	12,8453	-20,3921	27,7389	12,8513	-20,3944	0,0082	±0,01
CMP3: 16	27,0702	14,4154	-15,1091	27,0732	14,4191	-15,1092	0,0048	±0,01
CMP3: 17	17,719	19,5026	-13,7454	17,7225	19,5172	-13,7438	0,0151	±0,01
CMP3: 18	11,772	19,1501	-11,022	11,7689	19,1656	-11,0174	0,0165	±0,01
CMP3: 19	4,9164	15,0602	-9,935	4,9175	15,059	-9,9355	-0,0016	±0,01
CMP3: 20	3,7609	14,7275	-17,1011	3,7629	14,7256	-17,1008	-0,0028	±0,01
CMP3: 21	4,6459	13,3314	-23,5389	4,6433	13,3341	-23,5404	0,004	±0,01
CMP3: 22	11,9435	15,4077	-26,6111	11,9433	15,4088	-26,6118	0,0013	±0,01
CMP3: 23	7,0727	14,3677	-25,0849	7,0702	14,3715	-25,0872	0,0051	±0,01
CMP3: 24	11,6848	17,8168	-22,4784	11,6822	17,8296	-22,4844	0,0144	±0,01
CMP3: 25	7,7385	17,7314	-18,3328	7,7384	17,7315	-18,3328	0,0001	±0,01

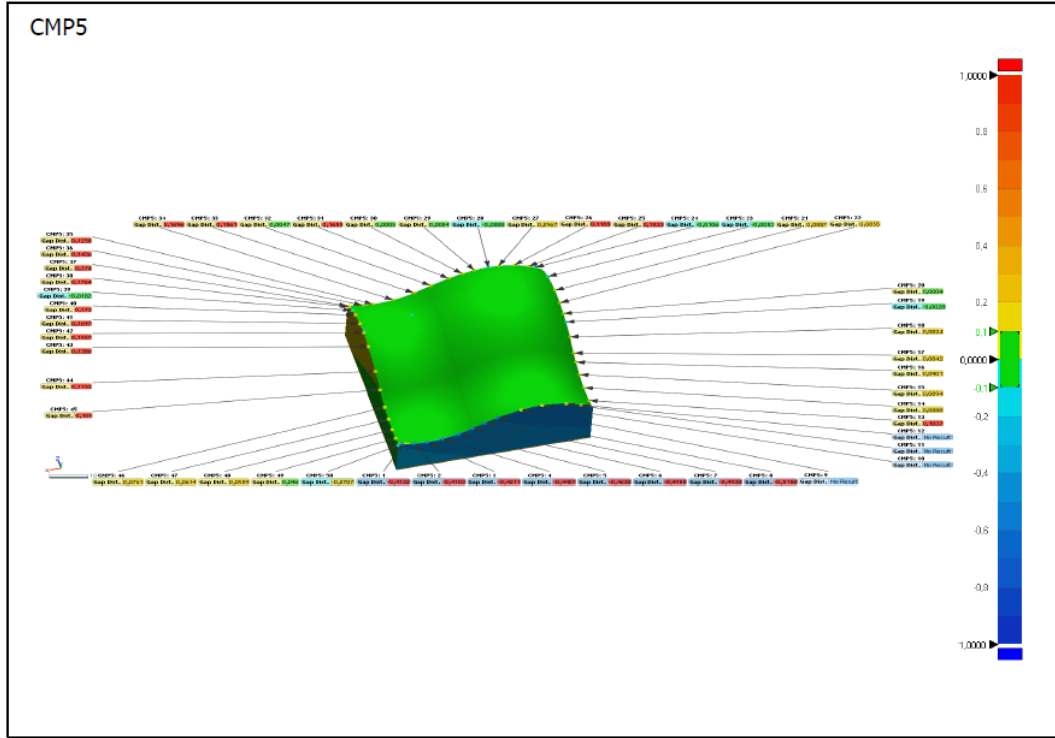


Şekil 7.63. K numunesine ait 4. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.39. K numunesinde 4. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP4: 1	29,5389	0,7521	-34,7764	29,529	0,7416	-34,7672	-0,0171	±0,01
CMP4: 2	20,0438	7,2187	-34,8518	20,0418	7,2138	-34,8475	-0,0068	±0,01
CMP4: 3	13,0514	7,7529	-35,5958	13,0499	7,7673	-35,6073	0,0185	±0,01
CMP4: 4	6,4183	5,0494	-35,6317	6,4096	5,0614	-35,6413	0,0177	±0,01
CMP4: 5	1,3259	-0,421	-35,8392	1,316	-0,4139	-35,8449	0,0134	±0,01
CMP4: 6	1,1537	-3,1217	-39,8305	1,137	-3,1098	-39,8358	0,0212	±0,01
CMP4: 7	1,3767	-4,0177	-45,7923	1,362	-4,0068	-45,792	0,0183	±0,01
CMP4: 8	1,8309	-2,3788	-50,2465	1,8482	-2,3921	-50,252	-0,0225	±0,01
CMP4: 9	7,0798	3,0856	-51,0764	7,0935	3,0652	-51,0867	-0,0267	±0,01
CMP4: 10	11,4925	4,7249	-50,3894	11,496	4,7111	-50,395	-0,0153	±0,01
CMP4: 11	17,9955	4,465	-50,228	17,9893	4,4432	-50,237	-0,0243	±0,01
CMP4: 12	22,9975	2,0235	-49,5648	22,9829	1,9994	-49,5736	-0,0295	±0,01
CMP4: 13	28,2824	-1,5868	-50,3227	28,2692	-1,6018	-50,3289	-0,0209	±0,01
CMP4: 14	28,8579	-2,8396	-42,3929	28,845	-2,8539	-42,3892	-0,0196	±0,01
CMP4: 15	28,2928	-1,0384	-38,9725	28,2833	-1,0493	-38,9668	-0,0156	±0,01
CMP4: 16	28,2622	-2,63	-45,8976	28,2491	-2,645	-45,8981	-0,0199	±0,01
CMP4: 17	23,4675	0,9639	-44,8424	23,4567	0,946	-44,8421	-0,0209	±0,01

CMP4: 18	23,1367	3,1019	-38,4054	23,1306	3,0919	-38,3995	-0,0131	±0,01
CMP4: 19	13,2802	6,0217	-38,108	13,2796	6,0305	-38,1132	0,0102	±0,01
CMP4: 20	9,3692	3,2179	-42,5519	9,3718	3,2121	-42,5507	-0,0065	±0,01
CMP4: 21	4,8919	1,37	-39,4071	4,8773	1,3857	-39,4147	0,0228	±0,01
CMP4: 22	4,3815	-0,5037	-44,4746	4,3743	-0,4965	-44,4751	0,0103	±0,01
CMP4: 23	16,3788	3,8666	-43,7644	16,3774	3,8577	-43,7635	-0,009	±0,01



Şekil 7.64. K numunesine ait 5. Bölgeden ölçüm noktaları

Tablo 7.40. K numunesinde 5. Bölgeye ait 3B tarama çizim karşılaştırma sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	REFERANS YÜZEY DEĞERLERİ			3B TARAMA DEĞERLERİ			SAPMA MİKTARI*	TOLERANS
	X	Y	Z	X	Y	Z		
CMP5: 1	50,7624	-7,5015	-53,18	50,7624	-7,5015	-52,7668	-0,4132	±0,01
CMP5: 2	47,6434	-8,8898	-53,18	47,6434	-8,8898	-52,7697	-0,4103	±0,01
CMP5: 3	44,0195	-9,4855	-53,18	44,0195	-9,4855	-52,7589	-0,4211	±0,01
CMP5: 4	39,9689	-8,856	-53,18	39,9689	-8,856	-52,7393	-0,4407	±0,01
CMP5: 5	35,6989	-6,7131	-53,18	35,6989	-6,7131	-52,7162	-0,4638	±0,01
CMP5: 6	32,0346	-3,6634	-53,18	32,0346	-3,6634	-52,6845	-0,4955	±0,01
CMP5: 7	28,965	-0,65	-53,18	28,965	-0,65	-52,6862	-0,4938	±0,01
CMP5: 8	25,5947	2,1374	-53,18	25,5947	2,1374	-52,6642	-0,5158	±0,01
CMP5: 9	19,3847	5,607	-53,18					±0,01
CMP5: 10	13,8526	6,5614	-53,18					±0,01

CMP5: 11	7,3542	4,4719	-53,18					±0,01
CMP5: 12	3,2449	0,911	-53,18					±0,01
CMP5: 13	0	-5,344	-49,3743	-0,1037	-5,344	-49,3743	0,1037	±0,01
CMP5: 14	0	-5,9982	-44,0572	-0,0888	-5,9982	-44,0572	0,0888	±0,01
CMP5: 15	0	-4,668	-39,4653	-0,0894	-4,668	-39,4653	0,0894	±0,01
CMP5: 16	0	-2,2165	-35,6369	-0,0901	-2,2165	-35,6369	0,0901	±0,01
CMP5: 17	0	0,1143	-33,0659	-0,0842	0,1143	-33,0659	0,0842	±0,01
CMP5: 18	0	4,2484	-28,4662	-0,0824	4,2484	-28,4662	0,0824	±0,01
CMP5: 19	0,0006	7,3052	-23,9888	0,0029	7,3037	-23,988	-0,0028	±0,01
CMP5: 20	0,0005	8,6534	-21,2398	0,0001	8,6536	-21,2399	0,0004	±0,01
CMP5: 21	0	9,7941	-12,587	-0,0887	9,7941	-12,587	0,0887	±0,01
CMP5: 22	0	9,7661	-17,5012	-0,0855	9,7661	-17,5012	0,0855	±0,01
CMP5: 23	0,0001	6,5225	-5,7246	0,0042	6,5198	-5,7267	-0,0053	±0,01
CMP5: 24	1,9671	2,8085	0	1,9733	2,8037	-0,0071	-0,0106	±0,01
CMP5: 25	3,7134	4,8493	0	3,7134	4,8493	0,1533	0,1533	±0,01
CMP5: 26	7,5541	8,0265	0	7,5541	8,0265	0,1185	0,1185	±0,01
CMP5: 27	11,7491	9,7333	0	11,7491	9,7333	0,0967	0,0967	±0,01
CMP5: 28	14,6195	9,9954	-0,0008	14,6194	9,9905	-0,0081	-0,0088	±0,01
CMP5: 29	18,2663	9,4071	-0,0001	18,2663	9,4073	0,0003	0,0004	±0,01
CMP5: 30	21,4919	8,1206	-0,0007	21,492	8,1209	-0,0003	0,0005	±0,01
CMP5: 31	25,0774	5,9422	0	25,0774	5,9422	0,1655	0,1655	±0,01
CMP5: 32	29,7223	2,0749	-0,0002	29,7245	2,0772	0,0032	0,0047	±0,01
CMP5: 33	34,1151	-2,1023	0	34,1151	-2,1023	0,1561	0,1561	±0,01
CMP5: 34	39,5883	-5,297	0	39,5883	-5,297	0,1696	0,1696	±0,01
CMP5: 35	44,9788	-6,0043	0	44,9788	-6,0043	0,1258	0,1258	±0,01
CMP5: 36	47,7989	-5,41	0	47,7989	-5,41	0,1436	0,1436	±0,01
CMP5: 37	51,8	-3,819	0	51,974	-3,819	0	0,174	±0,01
CMP5: 38	51,8	-1,3314	-1,4944	51,9764	-1,3314	-1,4944	0,1764	±0,01
CMP5: 39	51,8	1,678	-4,1391	51,8076	1,6662	-4,1507	-0,0182	±0,01
CMP5: 40	51,8	4,0219	-6,9809	51,973	4,0219	-6,9809	0,173	±0,01
CMP5: 41	51,8	6,0821	-11,3491	51,9697	6,0821	-11,3491	0,1697	±0,01
CMP5: 42	51,8	6,5656	-15,1883	51,9557	6,5656	-15,1883	0,1557	±0,01
CMP5: 43	51,8	5,6308	-20,1686	51,9386	5,6308	-20,1686	0,1386	±0,01
CMP5: 44	51,8	1,1864	-27,9959	51,9153	1,1864	-27,9959	0,1153	±0,01
CMP5: 45	51,8	-3,4436	-33,1935	51,901	-3,4436	-33,1935	0,101	±0,01
CMP5: 46	51,8	-7,5154	-38,3594	51,8761	-7,5154	-38,3594	0,0761	±0,01
CMP5: 47	51,8	-9,1465	-42,3809	51,8614	-9,1465	-42,3809	0,0614	±0,01
CMP5: 48	51,8	-9,431	-46,3924	51,8559	-9,431	-46,3924	0,0559	±0,01
CMP5: 49	51,8	-8,4472	-50,2341	51,846	-8,4472	-50,2341	0,046	±0,01
CMP5: 50	51,8	-8,4376	-52,9355	51,7293	-8,4376	-52,9355	-0,0707	±0,01

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:

Sefa AKTAŞ

Doğum Yeri ve Tarihi:

Malatya / 25.09.1986

Yabancı Dili :

İngilizce



Adres:

Başharık mh. Gonca sk.Aktan

Konutları B/Blk No:48/20 Malatya

E-Posta:

sefaaktastr@gmail.com

Tel :

0(537) 495 39 34

Lisans:

Makine Mühendisi

(2006-2010)

Yüksek Lisans

:

Makine Mühendisliği Öğrencisi

(2011-2015)

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

İkizler Mühendislik

(2011-2013)

Isıtek Isı Sistemleri

(2013-2015)