

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI
SANATTA YETERLİK TEZİ

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARIYLA SERAMİK
ÜRÜNLERİN MODELLENMESİ VE BİR PİSUAR UYGULAMASI**

Hazırlayan
Efe TÜRKEK

Danışman
Yard. Doç. İ.Alp ÇAM

İZMİR 2008

Sanatta Yeterlik Tezi olarak sunduğum “Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellenmesi ve Bir Pisuar Uygulaması” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

23/09/2008

Adı SOYADI

Efe TÜRKEL

İmza

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün/...../..... tarih vesayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'ninmaddesine göreAnasanat Dalı Sanatta Yeterlik öğrencisi Efe Türkel'in "Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellenmesi ve Bir Pisuar Uygulaması" konulu tezi/projesi incelenmiş ve aday/...../..... tarihinde, saat’ da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini/projesini savunmasından sonra dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anasanat dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin/projeninolduğuna oy.....ile karar verildi.

BAŞKAN

ÜYE

ÜYE

ÜYE

ÜYE

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TEZ/PROJE VERİ FORMU

Tez/Proje No: Konu Kodu: Üniv. Kodu:

• Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.

Tez/Proje Yazarının

Soyadı: TÜRKEL

Adı: EFE

Tezin/Projenin Türkçe Adı: “Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellenmesi ve Bir Pisuar Uygulaması”

Tezin/Projenin Yabancı Dildeki Adı: “Modelling of Ceramic Products Via Computer Aided Design Programmes and Practice of An Urinal”

Tezin/Projenin Yapıldığı

Üniversitesi: Dokuz Eylül Üniversitesi Enstitü: G.S.E. Yıl: 2008

Diğer Kuruluşlar : SEREL Seramik Sanayi ve Ticaret A.Ş.

Tezin/Projenin Türü:

Yüksek Lisans:

Dili: Türkçe

Doktora:

Sayfa Sayısı: 208

Tıpta Uzmanlık:

Referans Sayısı: 43

Sanatta Yeterlilik:

Tez/Proje Danışmanlarının

Ünvanı: Yard. Doç.

Adı: İ. Alp

Soyadı: ÇAM

Türkçe Anahtar Kelimeler:

- 1- Seramik
- 2- Bilgisayar Destekli Tasarım
- 3- BDT/BDÜ
- 4- Seramik Banyo Gereçleri
- 5- 3 B Modelleme

Tarih: 02.09.2008

İmza:

İngilizce Anahtar Kelimeler:

- 1- Ceramic
- 2- Computer Aided Design
- 3- CAD/CAM
- 4- Ceramic Sanitary ware
- 5- 3 D Modelling

Tezimin Erişim Sayfasında Yayınlanmasını İstiyorum Evet

Hayır

ÖZET

Bilgisayar destekli tasarım kavramı günümüz endüstrisinde ürün tasarlamak ve geliştirmek için kullanılan önemli bir sistemdir. Hazırlanan bu çalışma; bilgisayar destekli tasarımın ve sunumun tanımını, bilgisayar destekli tasarım programlarındaki temel modelleme biçimlerini, seramik ürünleri modellemede ne tip yöntemlerin izlenebileceğini ve bu programların kullanımının tasarım safhasında yarattığı kolaylıkları içermektedir.

Çağımızda endüstri kuruluşlarının hemen hemen hepsinde kullanılmaya başlamış olan bilgisayarlar bir ürünün tasarlanmasından üretimine kadar her aşamasında yerini almaktadır. Yaklaşık son on beş yıldır ülkemiz seramik endüstrisinde de yerlerini almış olan bilgisayar destekli tasarım sistemleri sayesinde ürün kalitesi ve üretim gücü artmış, tasarımcının ve bilgisayarların interaktif ilişkisi sayesinde tasarım kavramında da önemli gelişmeler gözlenmiştir.

Bu bağlamda hazırlanan çalışmada endüstri kuruluşları tarafından üretilen seramik ürünlerde, hazırlanan modellerin analiz yöntemleri, bilgisayar sistemlerinin üretimde nasıl kullanıldığı, tasarlanan bir ürün üzerindeki uygulamalarla gösterilecektir.

ABSTRACT

The concept of computer aided design (CAD) is an important system which is used for product design and development in today's industry (facilities.) My work includes, the definition of computer aided design and drafting, the basic methods of designing ceramic products and the conveniences of using these products during design phases.

In our age, computers are started to be used in almost all means of industry corporations thus they take place in every stage of product design and manufacturing. Thanks to the systems of computer aided design, which have been taking part nearly about fifteen years in our ceramic industry, the quality of products and the proficiency of manufacturing have raised, with the interactive communication between the designer and the computer, considerable developments have been observed.

Under the light of the above given information, my work is aimed to show via practices on a designed work, the analysis methods of the prepared models and the use of computer systems during the production process of ceramic products which are produced by industrial corporations.

ÖNSÖZ

Bilgisayar destekli tasarım çalışmaları 90'lı yılların başından itibaren ülkemiz seramik sanayinde kullanılmaya başlayan bir yöntem halini almıştır. Bu çalışmalar, tasarım söz konusu olduğunda asla tek yönlü olarak düşünülmemelidir. Üç boyutlu form tasarımlarından vektörel iki boyutlu desen tasarımlarına, bu tasarımların renk ve doku özelliklerinin değiştirilip üretime yardımcı unsurlar haline getirilmesine kadar geçen süreçlerde bilgisayar tasarımcılar tarafından kağıt kalem gibi bir tasarlama aracı olarak kullanılmıştır. Bu yöntemin kâğıt üzerine kalemle tasarım yapmaktan tek farkı monitörde görebileceğimiz ölçülendirilmiş yahut sonsuz bir alan üzerine yine ışıklı kalem, dokunmatik kalem, fare (mouse), klavye gibi araçlarla tasarım yapmamızdır. Hatta üç boyutlu tasarımlarda tasarlanan objeyi bir küre içine kapatılmışçasına sonsuz noktadan görebilme şansına sahip oluşumuzdur. Ben bu çalışmada bilgisayar destekli tasarım temelinde üç boyutlu seramik bir ürünün nasıl tasarlanabileceği ve üretilebileceği yöntemleri üzerine önermelerde bulundum. Bu önermelerimin bu çalışmayı okuyanlara faydalı olacağını, bilgisayar destekli tasarımda yöntem belirlemeye yönelik fikirler sunacağını umuyorum.

Çalışmalarında emeği geçen başta değerli bölüm başkanımız Prof.Sevim Çizer'e, danışmanım Yard.Doç.İ.Alp Çam'a, benden yardımlarını esirgemeyen bölümümüz öğretim üyelerine, bu çalışmayı maddi ve manevi anlamda destekleyen SEREL A.Ş. Tasarım ve Proje Geliştirme Departmanı Müdürü sayın Ferruh Baran önderliğinde tüm tasarım birimine, aileme ve dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Efe Türkel

İÇİNDEKİLER

BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARIYLA SERAMİK ÜRÜNLERİN MODELLENMESİ VE BİR PİSUAR UYGULAMASI

	<u>Sayfa</u>
YEMİN METNİ.....	ii
TUTANAK.....	iii
YÖK DOKÜMANTASYON MERKEZİ TEZVERİ FORMU.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
ŞEMALAR LİSTESİ.....	xviii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xviii
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	xviii
KISALTMALAR.....	xxiii
GİRİŞ.....	1

1.BÖLÜM

TASARIM KAVRAMI VE BİR TASARIM OLUŞTURMADA İZLENEBİLECEK YÖNTEMLER

1.1.Tasarım Nedir?.....	4
1.2. Serbest Elle Eskiz Yaratma.....	14
1.3. Serbest Elle Tasarım Yaratma.....	15
1.4. Tasarımda Teknik Çizim.....	15
1.4.1. Teknik Çizimin Tanımı.....	15
1.4.2. Teknik Çizimin Tarihçesi.....	16
1.4.3. Bilgisayarlarda Teknik Çizim Oluşturma.....	22
1.5. Bilgisayar Destekli Tasarım Ve Modelleme.....	26

1.5.1. Bilgisayarların Tasarım Dünyasına Girişi.....	26
1.5.2. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Sunum (CAD/D: Computer Aided Design/Drafting) Nedir?.....	29
1.5.3. Bilgisayar Grafiklerinin Önemi.....	34
1.5.4. Bilgisayar Destekli Tasarımın İnsan Akli Ve Yapay Zekâ İle Etkileşimi.....	36
1.5.6. Bilgi Tabanlı Elektronik Sistemlerde Yaratıcılık.....	39
1.5.7. İnsan-Bilgisayar Tasarımı Çerçevesinde, Tasarım Yaratıcılığı İçin Gerekli Potansiyeli Nasıl Arttırabiliriz?.....	41
1.6. Endüstride Bilgisayar Destekli Tasarım Prosesi.....	42
1.6.1. Endüstride Tasarım Prosesi.....	42
1.6.2. Endüstride Bir Tasarımın Bilgisayarda Modellenmesi Prosesi.....	44
1.6.3. BDT (CAD) Sistemi İle Üretimde Veritabanı Oluşturma.....	47
1.7. Bilgisayar Destekli Tasarım'da Modelleme Yöntemleri ve Model Tipleri.....	48
1.7.1. İki Boyutlu Modelleme Biçimleri.....	52
1.7.2. Üç Boyutlu Modelleme Biçimleri.....	54
1.7.2.1. Tel Örgü Modeller.....	54
1.7.2.2. Yüzeylerle Modelleme.....	56
1.7.2.3. Katı Modelleme.....	58
1.7.2.3.i. Konstrüktif Katı Geometrisi (C-rep).....	60
1.7.2.3.ii. Sınır Gösterimi (B-rep).....	64
1.7.2.4. Katı Modeller Nasıl Kullanılır?.....	66
1.7.3. Bilgisayar Destekli Tasarım'ın Faydaları.....	68

2.BÖLÜM

BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM VE NÜMERİK TEZGÂHLARIN ÇALIŞMA İLKELERİ

2.1. Bilgisayar Destekli Üretimin Doğuşu.....	75
2.2. Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) Sistemlerinin Donanımları.....	77
2.2.1. Sayısallaştırıcılar.....	77
2.2.2. Üç Boyutlu Tarayıcılar.....	77
2.2.3. Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü (CNC) Tezgâhlar.....	77

2.3. Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü (CNC) Ve Direkt Nümerik Kontrollü (DNC) Tezgâhların Çalışma İlkeleri.....	79
---	----

3.BÖLÜM

NX 3.0 YAZILIMI İLE BİR PİSUARIN MODELLENMESİ VE ÜRETİM AŞAMALARI

3.1.Tasarım ve Uygulama Öncesi Öneriler.....	82
3.1.1.Eskizler.....	83
3.1.1.1.El İle Oluşturulan Eskizler	83
3.1.1.2.Bilgisayar Ortamında Oluşturulan Eskizler.....	88
3.1.2. Eskizler Doğrultusunda Uygulanmaya Karar Verilen Modeller ve Bir Fonksiyon Maketinin Hazırlanışı.....	93
3.2. Modelin Tespiti ve Bir Model Maketinin Hazırlanışı.....	111
3.3. Maket Model Üzerinde Yapılan Analizler Doğrultusunda Yeni Modelin Hazırlanması	135
3.4. Hazırlanan Model Doğrultusunda Gerçekleştirilen Kalıp Tasarımı ve Uygulaması.....	146
3.5. Gerçekleştirilen Kalıp Tasarımının Uygulaması.....	151
SONUÇ	176

ÖZGEÇMİŞ

SEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

ŞEKİL 1: 15.yy. ressamlarından Paolo Uccello'nun tasarladığı kupa	17
ŞEKİL 2: Mühendis Agostino Ramelli'nin (1531–1600) bakır plaka gravürü. (Aynı anda birkaç kitapla çalışılması için tasarladığı mekanizma.)	18
ŞEKİL 3: Leonardo Da Vinci'nin makine tasarımındaki patlamış görünüm	18
ŞEKİL 4: Bir nesnenin ortografik izdüşümünün hazırlanması	20
ŞEKİL 5: Her üç görünümde de aynı küp farklı perspektiflerde ifade edilmiştir	24
ŞEKİL 6: Basit geometrik öğelerin nokta ve boyut tanımları	26
ŞEKİL 7: Üç boyutlu tel örgü modeli. Bloğun hangi köşesinin izleyiciye daha yakın olduğunu tespit etmek zordur	46
ŞEKİL 8: Kapalı ve açık çizgiler grubu.....	53
ŞEKİL 9: Sık poligonal ağa sahip olan yüzey diğerine oranla daha yumuşak görünür.....	57
ŞEKİL 10: Rhinoceros programındaki katı (solid) primitifler	61
ŞEKİL 11: İki primitif katı	62
ŞEKİL 12: Boolean Union.....	62

ŞEKİL 13: Boolean Difference.....	63
ŞEKİL 14: Boolean Difference.....	63
ŞEKİL 15: Boolean Intersection.....	64
ŞEKİL 16: Bir modelin tel örgü iskeleti.....	66
ŞEKİL 17: Katı model görünümü.....	66
ŞEKİL 18: Tasarım ve modelleme	73
ŞEKİL 19: Üç boyutlu olarak tasarlanmış modellere, çeşitli malzeme özellikleri atanarak görsel ifade kuvvetlendirilebilir	74
ŞEKİL 20 – 24: Farklı görsellere yönelik oluşturduğum eskizler	83 – 87
ŞEKİL 25 – 29: Prototip ve modelin oluşumuna yardımcı eskizler	88 – 92
ŞEKİL 30: Bu çizim Şekil 25’te gösterilmiş olup modelin genel formunu yapılandırmada başlangıç oluşturmuştur.....	93
ŞEKİL 31	94
ŞEKİL 32: Bir önceki görsellerde yer alan modelin değiştirilmesiyle elde edilen diğer bir model.....	95
ŞEKİL 33	96
ŞEKİL 34	97

ŞEKİL 35: Fonksiyon modeli hazırlanmasına karar verilen modelin görünüşleri	98
ŞEKİL 36: Fonksiyon modelinin bilgisayar destekli çizimi.....	99
ŞEKİL 37: Modelin farklı görünüşleri	107
ŞEKİL 38:	108
ŞEKİL 39:	109
ŞEKİL 40:	110
ŞEKİL 41: Yıkama seti üzerinde dikine başka bir set daha oluşturuldu ancak bu hazne tipi denemeye alınmadı.....	111
ŞEKİL 42: Temel düzlemlerin ve çizgilerin oluşturulması	112
ŞEKİL 43: Yardımcı katının ve yüzeylerin oluşturulması	113
ŞEKİL 44: Yardımcı katı ve yüzeyler aracılığıyla ana katının oluşturulması	114
ŞEKİL 45: Ana katının yüzeylerinin örülmesi	114
ŞEKİL 46: Ana katının yüzeylerinin örülmesi ve düzeltilmesi.....	115
ŞEKİL 47: Parçalı ana katının görünümü.....	116
ŞEKİL 48: Birleştirilmiş ana katının arka görünümü.....	116
ŞEKİL 49: Ana katı içinde hazne oluşturmaya yardımcı olacak katının yapımı	117

ŞEKİL 50: Hazne oluşturmada kullanılacak katının kesimi işlemleri	117
ŞEKİL 51: Hazne oluşturmada kullanılacak katının yüzey işlemleri.....	118
ŞEKİL 52: Hazne oluşturmada kullanılacak katının şekillendirme işlemleri.....	118
ŞEKİL 53: Hazne oluşturmada kullanılacak katının şekillendirme işlemleri.....	119
ŞEKİL 54: Hazne oluşturmada kullanılacak katının ana gövde içindeki konumu.....	120
ŞEKİL 55: Hazne katısının ana katıdan çıkartılarak ana katının şekillendirilmesi işlemi	120
ŞEKİL 56: Ana katının arkadan bütün görünümü.....	121
ŞEKİL 57: Ana katının arka yüzeyinin seçilerek “hollow”(oyuk) komutuyla et kalınlığı oluşturulması.....	121
ŞEKİL 58: Ana katının önden görünümü.....	122
ŞEKİL 59: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla temiz su girişinin modellenmesi.....	122
ŞEKİL 60: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla temiz su girişinin modellenmesi	123
ŞEKİL 61: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla pis su çıkışının modellenmesi	124

ŞEKİL 62: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla pis su çıkışının modellenmesi	125
ŞEKİL 63: Ana katının tamamlanmamış kesit görünümü	126
ŞEKİL 64: Ana katının üzerinde temiz su girişleri ve pis su çıkış yerlerinin tespiti	126
ŞEKİL 65: Modelde pis su çıkışını gizleyen eteğin boş döküme çekilmesi işlemi.....	127
ŞEKİL 66: Modelin yarım parçası üzerinde çalışılan model, “mirror” (ayna) komutuyla bütün parça haline getirilir	128
ŞEKİL 67: Modelde temiz su girişi ve pis su çıkışını oluşturan deliklerin açılması ve modelin tamamlanmış ön görünümü.....	128
ŞEKİL 68: Modelin arkadan görünümü	129
ŞEKİL 69: Modelin arkadan farklı görünümü ve keskin kenarlarının yumuşatılması işlemi.....	129
ŞEKİL 70: Modelin üzerine yardımcı görsel malzemenin atandığı farklı görünümleri	130
ŞEKİL 71: Parametrik olan modelde hazne ve ana katı üzerinde yapılan değişiklikler sonrasındaki genel görünüm.....	135
ŞEKİL 72: Haznenin ana katıdan çıkarılması suretiyle şekillendirilmesi ...	136
ŞEKİL 73: Ana katının üst ve ağız bölgesindeki yüzeylerin “blend” (kaynaştırma) komutu aracılığıyla yumuşatılması işlemi	136

ŞEKİL 74: Ana katının “hollow” (oyuk) komutuyla masif bölgelerindeki et kalınlığının oluşturulması.....	137
ŞEKİL 75: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi	138
ŞEKİL 76: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi	138
ŞEKİL 77: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi	139
ŞEKİL 78: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi	139
ŞEKİL 79: Ana katı üzerinde, yardımcı yüzeylerle boş döküme çekilecek olan alanın tespiti	140
ŞEKİL 80: Boş döküme çekilecek alanı oluşturacak olan ana katı	140
ŞEKİL 81: Boş döküme çekilecek alanı oluşturacak olan ana katının biçimlendirilmesi	141
ŞEKİL 82: Boş döküme çekilecek alanı oluşturacak olan ana katının biçimlenmiş görünümü	142
ŞEKİL 83: Ana katının kesiti	142
ŞEKİL 84: Malzeme atanmış modelin ön, arka ve arkadan perspektif görüşleri	143

ŞEKİL 85: Malzeme atanmış modelin üst, alt ve önden perspektif görünüşü.....	144
ŞEKİL 86: Üretime geçecek modelin teknik çizim paftası	145
ŞEKİL 87: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın arka parçası	146
ŞEKİL 88: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın alt parçası	146
ŞEKİL 89: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, mal alma kasmağı.....	147
ŞEKİL 90: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın sol yan parçası.....	147
ŞEKİL 91: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın sağ yan parçası	148
ŞEKİL 92: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın üst parçası.....	148
ŞEKİL 93: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, çekirdekler.....	149
ŞEKİL 94: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın üst parçası ve çekirdeklerinin görünümü	149

ŞEKİL 95: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın oturma biçimini gösteren genel görünümü	150
--	-----

SEMALAR LİSTESİ

ŞEMA 1: Shigley'in tanımladığı tasarım aşamaları	43
---	----

GRAFİKLER LİSTESİ

GRAFİK 1: Obje özellikleri ve sunum çeşitlerine göre görünümde rahatlık	71
--	----

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

FOTOĞRAF 1: Üç eksenli CNC tezgâhında hazırlanan fonksiyon modeli iki parça halinde işlenmiştir	100
--	-----

FOTOĞRAF 2: Hazırlanan parçaları birleştirmek için kanca kullanılmıştır. Arkada görülen oluklar kancanın çakılması için açılmıştır.....	100
--	-----

FOTOĞRAF 3: Yivli demir çubuktan hazırlanan kanca.....	101
---	-----

FOTOĞRAF 4: Temiz su haznesi modellenmiş olan maketin kancaları atıldıktan ve bu oluklar alçı ile kapatıldıktan sonra arka bölümü bir alçı plaka yardımıyla kapatılır	101
--	-----

FOTOĞRAF 5: Maketin tek parça görünümü	102
---	-----

FOTOĞRAF 6: Fonksiyonu belirlemek için farklı yön ve bölgelerde açılmış olan yıkama delikleri	102
--	-----

FOTOĞRAF 7: Yıkama fonksiyonunun test edildiği ıslak alan.....	103
---	-----

FOTOĞRAF 8: Mihengir yardımıyla maketin ağız kısmından hassas biçimde ölçüler alındı.....	104
FOTOĞRAF 9: Alınan ölçüler doğrultusunda maketin ağız kısmı kırıldı ve yeni bir ağız oluşturmak için şablonlar hazırlandı	105
FOTOĞRAF 10: Maketin son olarak fonksiyon testine tabi tutulması	106
FOTOĞRAF 11: Alçı bloğun CNC tezgâhına yerleştirilmesi.....	131
FOTOĞRAF 12: Alçı bloğun CNC tezgâhında işlenmeye başlanması.....	131
FOTOĞRAF 13: Modelin önce arka yüzeyleri işlenmiştir	132
FOTOĞRAF 14: Modelin yan yüzeylerinin işlenmesi.....	132
FOTOĞRAF 15: İki parça halinde üretilen modelin ilk parçası	133
FOTOĞRAF 16: İki parça halinde üretilen modelin parçaları.....	133
FOTOĞRAF 17: İki parça halinde üretilen modelin parçaları.....	134
FOTOĞRAF 18: Birleştirilmiş modelin ön ve arka görünümleri.....	134
FOTOĞRAF 19: Kalıp üst parçasının CNC’ de işlenmesi.....	151
FOTOĞRAF 20: Kalıp üst parçasının dış görünümü.....	151
FOTOĞRAF 21: Kalıp üst parçasının iç bölümünün işlenmesi süreci	152
FOTOĞRAF 22: Kalıp üst parçasının işlenmiş görünümü	152

FOTOĞRAF 23: Kalıp parçaları işlendikten sonra küçük rötuşlara tabi tutulabilir	153
FOTOĞRAF 24: Kalıp arka parçasının işlenişi	153
FOTOĞRAF 25: Kalıp arka parçasının işlenmiş görünümü	154
FOTOĞRAF 26: Kalıp alt parçasının işlenişi	154
FOTOĞRAF 27: Kalıp alt parçası.....	155
FOTOĞRAF 28: Mal alma kasnağı ve çekirdeklerin rötuşlanmamış görünümü	155
FOTOĞRAF 29: Kalıp çekirdeklerinden detay	156
FOTOĞRAF 30: Kalıbın yan parçasının iç yüzeyi işlenirken	157
FOTOĞRAF 31: Kalıbın yan parçasının dış yüzeyi işlenirken	157
FOTOĞRAF 32: Kalıbın yan parçasının işlenmiş görünümü.....	158
FOTOĞRAF 33: Kalıbın yan parçaları	158
FOTOĞRAF 34: Kalıbın üst parçasının yan parçalara alıştırması esnasında kontrol için eritilmiş sabit kalem kullanıldı.	159
FOTOĞRAF 35: Kalıp parçalarının sahte pimleri kesilerek gerçek yuva ve pimler takılır.....	159
FOTOĞRAF 36: Kalıbın üst parçasının yan parçalara alıştırılması	160

FOTOĞRAF 37: Yan ve üst parçaların alıştırma sonrası görünümü.....	160
FOTOĞRAF 38: Yan parçalara döküm borularının montajı	161
FOTOĞRAF 39: Kalıbın içinden genel bir görünüm	161
FOTOĞRAF 40: Üst parçaya çekirdeklerin yerleştirilmesinden sonraki görünümü	162
FOTOĞRAF 41: Alıştırmaları ve rötuşları tamamlanmış kalıbın öncelikle alt parçası shanx tezgâha monte edilir	162
FOTOĞRAF 42: Daha sonra yan parçalar monte edilir.....	163
FOTOĞRAF 43: Üst parça oturtulur.....	163
FOTOĞRAF 44: Tezgâhtaki diğer kalıplarla birlikte döküm yapmak için yan parçalar birbirine tutturulur	164
FOTOĞRAF 45: Kalıbın tezgâhta genel bir görünümü.....	164
FOTOĞRAF 46: Üst parçaya mıknatıslı çekirdekler yerleştirilir	165
FOTOĞRAF 47: Döküm sonrası üst parça kalıptan ayrıldığında çekirdekler hazne içinde kalır	166
FOTOĞRAF 48: Haznenin içinden çekirdekler alınır	166
FOTOĞRAF 49: Alt parça kalıptan çıkarılır	167
FOTOĞRAF 50: Döküm sonrası pis su giderinin pirinç bir boru yardımıyla kesilmesi.....	167

FOTOĞRAF 51: Kalıbın açılmasından sonra ürünün genel görünümü....	168
FOTOĞRAF 52: Hazne üzerinde pirinç bir boru yardımıyla pis su deliklerinin açılması	168
FOTOĞRAF 53: Ürünün kalıptan ayrılmış görünümü	169
FOTOĞRAF 54: Ürünün önden görünümü	169
FOTOĞRAF 55: Ürünün kuru rötuşu	170
FOTOĞRAF 56: Ürünün kurutmaya alınması.....	170
FOTOĞRAF 57: Sırlama öncesi ürünün temizliği.....	171
FOTOĞRAF 58: Yüzeydeki ölü bölgeler için gerekli olan manuel sırlama	171
FOTOĞRAF 59: Elektrostatik sırlama.....	172
FOTOĞRAF 60: Sırlama sonrasında ürünün pişme yüzeylerinin rötuşlanması	172
FOTOĞRAF 61: Ürünün fırın arabasına yüklenmiş görünümü	173
FOTOĞRAF 62: Ürünün fırına girişi.....	173
FOTOĞRAF 63: Pişirim sonrasında talaş ile fonksiyon testi	174
FOTOĞRAF 64: Modelin genel görünümü	175

KISALTMALAR

- Ar-Ge:** Araştırma Geliştirme
B-rep: Boundary Representation
BDT: Bilgisayar Destekli Tasarım
BDÜ: Bilgisayar Destekli Üretim
C-rep: Constructive Representation
CAD: Computer Aided Design
CAD/D: Computer Aided Design and Drafting
CAM: Computer Aided Manufacturing
CNC: Computerized Numerical Control
CPU: Computer Processor Unit
CSG: Constructive Solid Geometry
DNC: Direct Numerical Control
GCS: Global Coordinate System
İBG: İnteraktif Bilgisayar Grafikleri
MIT: Massachussets Institute of Technology
NC: Numerical Control
NURBS: Non-Uniform Rational B-Spline
PC: Personal Computer
WCS: Work Coordinate System / World Coordinate System

GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz “kent kültürü” gündelik yaşantımızın optimize değerlerinden tutun, azami ve asgari ihtiyaçlarımızın karşılanmasına kadar otomatiğe bağlanmış bir sistemi temsil etmektedir. Kapitalist sistemin 80’lerde gelişimini tamamlayıp, 90’larda zirve yaptığı bir küresel ekonomi çerçevesinde, sistemin oluşturduğu anlayışın üretim ve tüketim sektörlerinin temel kurallarını halen daha şekillendirdiğini görmekteyiz. Bu kurallar doğrultusunda sadece kentte yaşayan toplumlar değil, aynı zamanda kırsal bölgelerdeki toplumlar da endüstriyel dünyanın gölgesi altındadır. Ticaret ve alış-veriş kültürü artık yöresel değerlerden çok, küresel değerler temelinde alışkanlıklar yaratmaktadır. Bu davranış biçimi sadece tüketim bazında değil üretim bazında da değişkenlerini belirlemiştir. Endüstri kuruluşlarında, zaman ve kazanç en kıymetli değerlerden ikisidir. Zamanın, çağımızda insanoğlu tarafından hızla geçen bir birim olarak algılanması, gündelik ürünlerin de mevsimlik, sezonluk, dönemlik gibi kısıtlı zaman dilimleri doğrultusunda algılanıp bu algı ve davranışlar doğrultusunda daha kısa süreli üretilip-tüketilen ürünlere dönüşmesini sağlamıştır.

Bu anlayış ise üreticiler için hız ve otomasyonun gerekliliğini ortaya koymuştur. Ticari rekabet artık sınırlar arası değil küresel bir rekabet haline dönüşmüştür. Bu sebeple düşük maliyetle nitelikli işlerin üretilmesi çabası benimsenmiş ve işletmeler bu doğrultuda Ar-Ge laboratuvarlarının ve görsel tasarım stüdyolarının oluşturulmasına önem vermiştir. Bu doğrultuda endüstrinin ve teknolojinin üstlendikleri ticari amaçlar da seri üretimin gelişmesi konusundaki belirleyici değerlerin oluşumuna destek sağlamıştır.

Endüstriyel ürünler hümanist faydaların yanında esasen ticari amaçlarla üretilmişlerdir. Endüstriyel ürünlerin en önemli özelliği ise üretilen işlerin bir örnek ve seri üretim mantığına dayandırılmış olmalarıdır. Günümüzde tek bir ihtiyacımız için üretilmiş çok sayıda endüstriyel ürünle karşılaşmak mümkündür. Bu ürünlerin işlevi temelde basit ve aynı olsa da birini (bir markayı) diğerinden ayırt etmek için kullanılan duyuşsal (beş temel duyuya ait) bir fark yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem ürüne karşı

oluşan beklentilerin tespiti ve sonuçlandırılması ilkesine de yardımcı olmaktadır. Bu farklılıkları ve beklentileri karşılama işleminin temelinde ise “Tasarım” kavramı yatmaktadır.

Tasarım, aslında çok basit bir kavram gibi görünse de ticari anlamda bir problem olarak görülmeye başlanması Endüstri Devrimi sonrasında rastlar. Bu dönemde ticaret küresel değerlerini belirlemeye başlamış ve rekabet kıtalar arası bir boyut kazanmıştır. Uluslar arasındaki ticari çekişmeler, problemin birer devlet politikası olarak görülmesini sağlayacak kadar kuvvetli olmuştur. Tasarım kavramının ticari anlamda bir devlet politikası olarak ilk ele alınışı ticari gücü ve serveti ip eğirme makinesi üzerine kurulu bir işadami ve aynı zamanda bir devlet adamı olan Sir Robert Peel’in 13 Nisan 1832’de İngiltere’de Avam Kamarası’na bir Ulusal Galeri kurma teklifiyle ortaya çıkmıştır. Burada tartışılan konu, endüstride makinelerin aynı koşullarda üretim yapacağı ancak uluslararası pazarda en sanatsal olan ürünün kabul göreceği, bu doğrultuda tüketicinin ve üreticinin de bilinçlendirilmesi gerektiği görüşüdür.¹

Bu konunun özünde sanatın ticari yönü de ön plandadır. Bu dönem endüstriyel ürünlerin tasarlanmayı beklediği, aynı zamanda sanatsal üretim de endüstrinin getirdiği koşul ve imkânlarla ön yargı ile baktığı bir dönem olarak ifade edilmiştir. Endüstriyle sanatın buluşması konusunda akademik anlamda ilk eğitim veren okul ise Bauhaus’tur. Sanatın endüstri ürünlerinin tasarımına girmesi gerekliliğini savunan bu oluşum, kimilerinin şimdi bile ütöpik görebileceği imkanlara sahipti. Endüstri kuruluşlarında kullanılan makineler ve malzeme çeşitliliğine sahip okulun bünyesinde aynı zamanda plastik sanatlarda isim yapmış Kandinsky, Klee, Moholy-Nagy, Itten gibi hocalar da bulunuyordu. Bu ekol o kadar etkileyiciydi ki, okulun Naziler tarafından komünistlikle suçlanıp kapatılmasından sonra, Moholy-Nagy öncülüğünde Chicago’da devamı getirilmiş ve Amerikalı sanayicilerin tasarıma yatırım yaptıkları bir kuruma dönüşmüştür. Sanatçıların, mühendislerin ve makinelerin işbirliği üretici için vazgeçilmez bir birliktelik halini almıştır.

¹ Herbert Read, **Sanat ve Endüstri – Endüstriyel Tasarımın İlkeleri**, Çeviren: Dr.Nigan Bayazıt, 4.Baskı, 1956- İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul 1973, 19 s.

Makinelerin endüstride kabul görmesinden önce bir dönem, insan işçiliğinin her zaman makine işçiliğinden hassas olduğu, makinelerin sanat yapamayacağı, ya da makinenin insana üstünlük kuramayacağı konuları uzunca bir süre tartışılsa da makinelerin artık neleri yapamayacağını tartıştığımız bir dönemde yaşıyoruz. Eski çağda insanların hayatlarını sürdürmek için yaptıkları basit aletler neyse makineler de şu an onların karmaşık hale dönüşmüş akrabalarıdır ve sonuçta insanlığa hizmet için yaratılmışlardır. Sanayide seri üretimi ve hızı sağlayan da makineler olmuştur. Seri üretim ve otomasyonun en önemli sistemlerinden biri de elektronik işlemcileri bünyesinde bulduran bilgisayarlardır. Bilgisayarlar her ne kadar işlem gücü yüksek makineler de olsa yardımcı bir unsur olmanın ötesine geçemeyecektir. Bu noktadan baktığımızda bilgisayar amaca ulaşma yöntemlerine dâhil olmuş bir araçtır. İşlemi yapması için komut veren ve işlem yapması için gerekli olan yazılımı sağlayan yine insan faktörüdür.

Seramik sanayisi makinelerin sanatla iç içe geçtiği bir sektördür ve bu sektörde diğer makineler gibi bilgisayarlar da kendilerine oldukça önemli bir yer edinmişlerdir. Bilgisayarların seramik sektöründe kullanım amaçlarına baktığımızda; desen oluşturmadan tutun, fırınların yanma rejimlerine kadar hemen her alanda karşımıza çıkabilirler. Bu çalışmada bilgisayarların, vitrifiye bir ürün örneğinde, modellemede ve üretimde nasıl kullanıldığı konusu üzerinde durulmuş, örnekler gösterilmiştir. Bilgisayarlar el ile yapamadığımız hassaslıkta işler çıkarmamızı sağlayabildiğinden dolayı modelciler için iyi bir “araç” konumundadır. Tezimizin ilk bölümünde bu aracın nasıl kullanıldığı hakkında fikir vermek ve yeni bir ürünün tasarımının sürecini anlatmak maksadıyla, tasarım kavramı, tasarımın oluşumuna yardımcı olacak bazı detaylar ve yazılımlar anlatılarak çalışmaya başlanmıştır.

Tezimizin ikinci bölümünde, bilgisayar destekli üretim süreci ve bilgisayarlı nümerik tezgahların çalışma prensiplerinden kısaca bahsedildikten sonra da üçüncü ve son bölümde NX 3.0 yazılımıyla bir pisuarın modelinin ve kalıbının bilgisayar ortamında tasarlanıp modellenmesi ve CNC tezgâhında nasıl işlendiği anlatılmıştır.

1.BÖLÜM

TASARIM KAVRAMI VE BİR TASARIM OLUŞTURMADA İZLENEBİLECEK YÖNTEMLER

1.1.Tasarım Nedir?

“Tasarım, sanata ve mühendisliğe ait bir hisse, duyguya ait bir eylemdir. Politik, ekonomik, bilimsel gelişmeler ve şartlar; tasarıma ve ona baktığımız yöne etki eder, yansır. Onu yaratan insanların çağına göre de karakteri somut hale gelir. Tasarım olgusu tüm yaşamımızdaki nesnelere biçim vermeye ve onları tasavvur etmeye dayalı bir yol çizmeye yöneliktir. Modern tasarım kavramı ne tamamen sanata ne de mühendisliğe dayalı bir yol izler. Sanat tabii ki insanlığın ruhunu özgürce ifade edip keşfedebilir niteliktedir. Mühendislik ise, düz mantıkla yaklaşacak olursak verimliliğe olan bağlılığıyla, tesadüfen mükemmelliğe ulaşabilir. Bu iki yaklaşımın dengelediği ortak nokta ise bize tasarım kavramını basit olarak açıklayabilir.”²

Plastik sanatlarda tasarım kavramının ilk olarak plan, proje, amaç anlamında kullanımı 16. ve 17. yüzyıllara rastlamaktadır. Tasarım kavramının bazen de güzel sanatlar alanında yapıtın sadece başlangıcından önce tasavvur edildiği zaman dilimine yüklenmiş bir kavram olarak algılandığı görülür. Oysaki tasarım kavramı bir yapıtın tamamen başlangıcından bitişine kadar olan tüm safhaları ifade eden zaman dilimini içine alan bir kavramdır. Tasarım kavramı ayrıca pek çok alanı içine alabilir niteliktedir. Mimari tasarım, sahne tasarımı, endüstriyel ürün tasarımı, moda tasarımı, seramik tasarımı gibi kavramlar buna örnek olacak niteliktedir. Tasarım konusu hakkında günümüze değin pek çok düşünür ve sanat adamı tarafından çok çeşitli tasvirler yapılmış ve çeşitli görüşler kabul görerek tasarımda kural olacak nitelikte değer kazanmışlardır. Modern tasarımda en çok dikkate alınacak olan kuramlardan biri de 19. ve 20. yüzyıllar arasında biçimlenmiş olan ve modern felsefede Gestaltçılık olarak ifade edilmiş olan kuramdır. Gestalt yasaları olarak da bilinen bu kavram şu maddelerden oluşmaktadır;

- 1.Benzerlik Kanunu: Birçok biçim bir arada bulunduğu benzer olanlar gruplaşır.
- 2.Sınır-Kontur Kanunu: Biçimlerin benzer sınırları, benzer dış çizgileri, çizgisel bileşimleri, bütünlük yaratma eğilimi gösterir.
- 3.Ortak Aktivite Kanunu: Belirli bir yönde yoğunlaşan, belirli bir yöne doğru hareket özelliği kazanmış biçimler, bir bütün olma eğilimi gösterirler.
- 4.Tamamlanmış Kapalı Biçimler Kanunu: Aynı koşullarda, bir yüzeyi belirleyen çizgiler, bir bütün olma eğilimi gösterirler.

² Edgar KAUFFMAN Jr., **What is Modern Design**, The Museum of Modern Art, New York 1954, 5-6 s.

- 5.Yakınlık Kanunu: Göz belirli aralıkları tamamlayarak algılama yapar. Birbirlerine mesafeye yakın olan elemanlar, bir bütün, grup olma eğilimindedir.
- 6.Birikim-Deney Kanunu: En ilkel biçimlerin bile anlaşılabilirliği deneye dayanır. Deneylenmiş biçimler arasında gruplaşma eğilimi fazladır.”³

Bu kavramı genel bir yapıya soktuğumuz zaman bir ürünün tasarımında bazı temel öğelerin göz önünde bulundurulduğunu gözlemleyebiliriz. Bu yasalar tasarımın şekilsel olarak tanımlanabilecek yönlerini ve işlevsel bütünlüğünü ifade eder niteliktedir. Oysa eski çağlarda tasarlanan herhangi bir el aleti sadece işlevsel bir amaca hizmet eder bir biçimde insanlığın karşısına çıkmaktadır. Zamanla gelişen tasarım ve güzellik kavramları temelde aynı amaca hizmet edebilen ancak bütünü oluşturan farklı detaylara sahip ürünlerin ortaya konmasını sağlamıştır. Bundaki en önemli unsurlar ise kullanılan malzemenin olanakları ve insan faktörü olmuştur.

Tasarımın sınırları 20. yy.da genişlemiş ve üç boyutlu objeleri, grafik iletişim yöntemlerini ve kent hayatına yönelik bilgi teknolojisinin birleşmiş sistemlerini de içermeye başlamıştır. Bu dönem tasarımın teknoloji ile bütünleştiği bir dönemdir. Özellikle bu dönemin ikinci yarısını ele aldığımızda bilgisayar teknolojisinin ve yüksek teknoloji ürünlerinin gelişmesi ile tasarım ve tasarlama kavramlarının anlamlarının gelişmiş olduğunu görebiliriz. Tasarım kavramı bu dönemde, tüm insan yapımı ürünlerin planlanması ve kavramsallığı olarak yaygın şekilde tanımlansa da, aslında yaşam kalitesini yükselten bir temel araç olarak görülebilir.

Modern tasarımın kökenleri Endüstri Devrimi'nin yarattığı mekanize üretimin doğuşuna dayanır. Endüstri Devrimi öncesindeki dönemlerde nesnelere zanaat yapıtları olarak karşımıza çıkmışlardır. Bir ürünün içeriği ve maddi getirisi sıklıkla bireysel bir yaratıcının sorumluluğu altında olmuştur. Yeni endüstriyel imal prosesleri ve çalışma bölümlerinin gelişmesiyle birlikte, tasarım içeriği ve planlaması üretimden ayrılmıştır. Bununla beraber, bu zaman zarfında tasarım, seri üretime bağlı olarak evrim geçirmiştir. Seri üretimin başlangıç döneminde, tasarımın içindeki ileriye yönelik fikir yürütme yöntemleri entelektüel, teorik ve felsefi temele sahip değildi. Bundan dolayı da tasarım kavramının endüstriyel prosesin doğası veya toplum üzerinde pozitif etkisi çok az olmuştur. Modern tasarım kavramı teoriyi pratikle birleştirmeyi amaçlayan William

³ Faruk ATALAYER, **Temel Sanat Öğeleri**, Anadolu Üniversitesi Yayınları; Eskişehir 1994, 39 s.

Morris, Josiah Wedgwood gibi 19.yüzyıl tasarım reformistleri tarafından evrimleştirilmiştir. Morris tarafından kullanılan zanaat temelli üretimin kavramsallığı çabası her ne kadar “Arts and Crafts” hareketine önderlik etmiş de olsa, makine üretiminin getirdiği ticari kazanç karşısında başarısızlığa uğramıştır. Ancak onun reform yaratan fikirleri modern tasarım kavramının gelişimi üzerinde esas bir patlamaya sahip olmuştur.

Bunu izleyen dönemde ise Walter Gropious gibi bireylerin, üretimin endüstriyel anlamda içinde bulundurduğu tasarım teorisini pratikle birleştirmesi ile modern tasarım kavramı oluşmaya başlamıştır. Birinci Dünya Savaşı sonunda oluşan ticari gerçeklik ve sosyal idealizm arasındaki ayrılığa köprü olma çabasıyla ve teknolojik kültürü yüceltmek için Gropious 1919’da Bauhaus’u kurmuştur. Estetik, malzeme, insan faktörü ve ergonomi adına biçimsel ve kavramsal anlayışlar geliştiren bu ekolün tasarladığı günlük kullanım objelerinin en göze çarpan özelliği ise işlevsellik faktörü üzerinde duruyor olmalarıdır. Modern tasarımın başlangıçtaki amacı, Bauhaus’un düşündüğü ve öncülüğünü yaptığı gibi, yeni teknolojilerin başarıları ve sanatsal çabaların içinden gelen estetik, ticari, pratik ve entelektüel gerekliliklerin birleştirdiği yapım çalışmasıydı. Bauhaus, tasarım hakkında önemli yeni yollar ortaya çıkarırken endüstriyel prosesle beraber tasarım teorilerinin başarılı şekilde bütünleşmesi için bazı gerekli fikirleri geliştirdi. Lazslo-Moholy Nagy 1937’de Chicago’da bu amaca hizmet eden bir enstitüyü devreye soktu ve bunu izleyen bir başka hareket de Ulm’de Hochschule für Gestaltung (Uygulamalı Yüksekokul) ile hayata geçti. Bu enstitülerin her ikisi de üretimin endüstriyel metotlarıyla ilişkili olan pratik ve teorik tasarımın birleşmesiyle ilgili yeni fikirlere önemli katkılarda bulunmuştur.⁴

20.yüzyıl tasarımının üretimleri, stilleri, teorileri ve felsefesi önceki dönemlere göre daha hızlı ve keskin bir geçiş dönemi yaşamıştı. Bu süreç aynı zamanda, tasarım prosesinin büyüyen karmaşasının büyük bir bölümüne uygun düşmekteydi. Tasarımda, planlama ve yapım arasındaki ilişkiyi endüstriyel üretim bağlamında ele alırsak; model yapımçıları, pazar araştırmacıları, materyal uzmanları, mühendisler ve üretim teknisyenleri gibi bazı farklı bireylerin birbiriyle ilişkili uzmanlaşmış aktiviteleri ile

⁴ Charlotte & Peter FIELL, **Design of the 20th Century**, Benedikt Taschen Verlag GmbH; Köln 1999, 6–7 s.

üretimin karışık ve parçalara ayrılmış hale geldiğini görürüz. Böylece bu çok aşamalı prosesin sonucunda oluşan endüstriyel tasarım ürünlerini sadece bireysel tasarımcılara mal edemeyiz. Bu ürünler, “neyin nasıl olması” hakkında kendi fikir ve davranışlarına sahip bireylerin oluşturduğu takımların kolektif çalışması sonucu oluşan ürünler olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Tasarımın 20.yüzyıldaki gelişimi ise aslında tasarıma dair ulusal yönelime, teknolojik yükselişe, icatlara, tasarımcılara, üreticilerin ahlaki yükümlülüklerine, ticari farklılıklarına, değişen tüketici beğenilerine ve tüketimin çeşitliliğine dayandırılabilir.

Tasarım tarihini araştırdığımızda tasarım üretiminin içeriğinin ve kendisinin ortaya çıkmasını sağlayan sosyal, ekonomik, politik, kültürel ve teknolojik çevresinin dışındaki oluşumu başlangıçta tam olarak anlamamış olduğunu görebiliriz. 20.yüzyılda farklı zamanlarda Batı ekonomilerinin evreleri, ürünler üzerinde önemli ölçüde tesirler bırakmış, örneğin bir tasarımlama (styling) sürecini ortaya çıkarmıştır. Tasarımlama yüzeysel ele alış ve görünüşle ilgili ürünün izlenimsel kalitesi üzerine düşünceler yaratmıştır. Diğer bir taraftan üretime dair tasarım kavramı ise öncelikli olarak faaliyet alanının basitleştirilmesi ve esasları üzerinde kafa yormuştur.

20.yüzyılda artan bir şekilde birbiriyle yarışan ürünleri yaratan işlerin ilgi alanları, bireysel tasarımcıların kariyerini belirlercesine tasarımın çeşitliliğine ve evrimine doğru yol almıştır. Bu süreçte bazı tasarımcılar şirket yapılarında çalışırken diğerleri serbest ya da danışman sıfatıyla çalışmışlardır.⁵

20.yy.ın son çeyreğinde ve 21.yy.da serbest piyasa ekonomisinin hızlı bir biçimde ilerlemesi ile tasarım kavramı küresel bir fenomen halini almıştır. Endüstrileşen dünyaya doğru her tip üretici, tasarımı uluslar arası anlamda zorunlu bir yol ve mücadele yöntemi olarak tanımış ve uygulamıştır. Endüstri Devrimi'nden 20.yy.ın ilk yarısına kadar süren döneme kıyasla, tasarım kavramının yarattığı ürünler, dünya çapında bir materyal kültürünü biçimlendirmiş, günlük yaşamı ve çevremizin kalitesini etkilemiştir. Tasarımın önemi, bu yüzden olduğundan az gösterilemez. Tasarım, çevremizdeki dünyaya ait tecrübelerimize ve algılamamıza tesir eden tüm

⁵ Charlotte & Peter FIELL, a.g.e., 6-7 s.

fonksiyonlara, tekniklere ve davranışlara ait fikirlerin ve değerlerin sahip olduğu büyük alanı kuşatmış durumdadır. Tasarımın geleceğine dair bugün yapmış olduğumuz seçimler de yaşam kalitemize ve gelecekteki çevremize etki edecektir.

Günümüz tasarımcılarının ürünlerini ve anlayışlarını incelediğimiz zaman hakikatte tasarımın asıl amacının insanların yaşamlarını daha iyi hale getirmek olduğunu görürüz. Bu açıdan baktığımızda tasarım pratiği; teknik, fonksiyonel ve kültürel ihtiyaçlara cevap vermelidir; üretime ve yapıya uygun formda kavramsal ve duygusal bağlamda ilerici çözümler yaratmalıdır.

Günümüz tasarımlarında yeni materyaller, hesaplama yöntemleri, iletişim araçları ve endüstriyel prosesler gibi yeni teknolojiler, tasarımın psikolojik nitelikleri, tasarıma dair olan hem bireysel hem de evrensel çözümler tartışılan konular arasında daha çok ön plana çıkan kavramlardır.

“Sürekli gelişim” kültürü sayesinde materyal bilimi; plastiklerin, metallerin, camların ve seramiklerin nasıl kullanılması gerektiği hakkındaki ön yargıya dayalı bilgilerimizle çatışan gelişmiş materyallerin çeşitliliğine öncülük etmiştir. Yakın dönemdeki örnekleri incelediğimizde; esnek seramiklerin, ışık geçiren sağlam plastiklerin ve biçimini hatırlayabilen yumuşatılmış metallerin yapılabildiğini; böylece materyallerin en temel nitelikleri üzerinde dahi değişikliğe gidilerek kullanılabildiğini görebiliriz.

Tasarımın malzeme boyutundan öte psikolojik yönü de yakın dönemde tasarımcıların dikkat ettiği hususların başını çekmektedir. Bu düşünce biçimi, tasarımcıları sevilecek objeler ve yaşanacak objeler gibi kavramlara dayalı olarak ürünler tasarlamaya yöneltmiştir. Bu bağlamda kimi zaman gündelik kullanım eşyaları biçim olarak organik formlar doğrultusunda tasarlanmıştır. İnsan merkezli tasarım kavramı, tasarımcının hem fonksiyonel hem de psikolojik anlamdaki ihtiyaçları tatmin edebilen tasarımları yaratması konusunda önemli unsurlardan biri olmuştur.⁶

⁶ Charlotte & Peter FIELL, **Design For The 21st Century**, Taschen GmbH, Italy 2003, 6–9 s.

Terimler doğrultusunda baktığımızda söyleyebiliriz ki; tasarımın sadece seri üretimle ilgili bir süreç anlamına gelmez; bireysel, ticari, tesise bağlı ve kitlesel hedeflere göre birbirini takip eden fikirlerin, davranışların ve değerlerin nasıl olması gerekliliğini de içermesi gerekir. Tasarımı insanlar arasında bir iletişim kanalı olarak düşündüğümüzde ise, tasarımcının düşüncesini, karakterini, onun objedeki tasarımının çözümünü; izleyici, tüketici, tasarım prosesi ve toplum ile ilişkisi açısından ele alıp değerlendirme fırsatını da bulabiliriz.

Günümüz modern tasarım konusunu ele aldığımızda ise aktivitenin işlevsellik, estetik ve konsept (kavram) oluşturma eğilimi içinde olduğunu görürüz. Bununla birlikte modern tasarımın ekonomik, psikolojik, düşünsel, teknolojik anlamda insan gereksinimlerini tatmin etmesi çabasında olduğunu da ifade etmemiz gerekir.

“A.B.D.’li endüstri tasarımcısı Victor Papanek, tasarımın genel tanımını yaparken, bütün insanların tasarımcı olduğunu, her zaman tüm yapıların tasarım olduğunu ve bütün eylemlerin temelini tasarımın oluşturduğunu belirtmektedir.”⁷*

Bütün bunlara baktığımız zaman modern tasarım kavramını “insan tarafından bilinçli olarak gerçekleştirilen, bir amaca yönelik, anlamlı bir düzen getirme eylemi ve onun sonucunda ortaya çıkan ürün” olarak tanımlayabiliriz. Tüm bu anlatılanlar doğrultusunda, başta da belirttiğimiz gibi tasarım kavramının özünde “işlevselcilik” vardır ve bu kavram eski çağlardan beri süregelen tek amaç olmuştur.

Modern tasarımın prensiplerini incelemek gerekirse karşımıza çıkacak olan belli başlı kurallar şunlardır;

- Modern hayatın pratik ihtiyaçlarını yerine getirebiliyor olmalıdır.

* **Victor Papanek**; Viyana’da doğmuştur. New York’ta aldığı tasarım ve mimarlık eğitiminin ardından, MIT’de yüksek lisansını yapmıştır. Özellikle çevreye duyarlı, insanın temel ihtiyaçlarına eğilen, tasarımcının içinde yaşadığı toplum ve çevreye karşı sorumluluklarını vurgulayan bir tasarım anlayışla adını duyurmuştur. Kansas City Art İnstitute, California Institute of Arts gibi kurumlarda bölüm başkanlıkları yapmıştır. Daha sonra 1981’den ölümüne kadar Kansas Üniversitesi’nde tasarım profesörü olarak çalışmıştır. Kariyeri boyunca pek çok ödül almış ve Birleşmiş Milletler, UNESCO gibi kuruluşlara tasarımlar yapmıştır.

⁷ Nigan Bayazıt, “Tasarım”, **Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi**, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 1747 s.

- Çağının ruhunu vurgulamalıdır.
- Güzel sanatlara ait estetik değerler ile çağımız bilim dallarının bizlere sunduğu avantajlardan yararlanabilmelidir.
- Yeni materyallerin ve tekniklerin avantajlarını almalı ve bunların benzer olanaklarını geliştirebilmelidir.
- Biçimleri, dokuları ve renkleri uygun materyaller ve teknikleri bir araya getirerek geliştirebilmelidir.
- Nesnenin amacını vurgulamalıdır, onu olmadığı bir şey gibi göstermemelidir.
- Kullanılan materyallerin güzelliğini ve kalitesini vurgulamayı başarabilmelidir.
- İşlevselliği konusunda gelişime açık olarak tasarlanabilmelidir.
- Modern çağın karmaşası içinde “basit” olarak ayakta kalabilmelidir.

Modern tasarım kavramı tüm dünyada üzerinde ciddi biçimde durulan yaygın ve güçlü bir hareket haline gelmiştir, bu sayede her nerede ve ne koşulda olursa olsun insanoğlu günümüzde gerekli olan şeyler için uygun yapı ve karakteri bulmaya çalışmaktadırlar. Günümüz tasarımları mutlaka insanların ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik bir tavır içindedirler. Gündelik hayattaki her obje ilk olarak icat edilmiş olan benzerinin izlerini takip etmekte ve insanlığın gelişen ihtiyaç özellikleri ile doğru oranda hareket etmektedir.

Bu anlatılanlar doğrultusunda “iyi tasarım” kavramını açıklama ihtiyacını da duyabiliriz. İyi tasarım basit olarak düşünüldüğünde, tasarımcısının ürettiği en iyi ürün olarak tanımlanabilir. Ancak taşıması gereken nitelikler de olmalıdır. Bunlar, ürünün kendisini tanımlayan, makul karakteristik niteliklerini form ve fonksiyon özellikleriyle harmanlayan ve endüstriyel üretimle ilişkisi vurgulanmış insani değerlerin farkında olan özelliklerdir.

İyi bir tasarım temelde üç ana özelliğe sahip olmalıdır. Bunları tanımlamak gerekirse;

Bütünlük: Form ve fonksiyonun birlikte ifade edilmesini içerir.

Belirginlik: Modern tasarımın esas kuralı gibidir. Göze çarpan tüm parçaların fonksiyonel, tüm fonksiyonel parçaların da göze çarpan parçalar olması kuralına dayanır.

Uyum: İç uyum ve dış uyum olarak düşünebiliriz. Nesneyi oluşturan öğelerin birbiri arasındaki uyumu iç uyum, nesnenin ait olduğu mekâna olan uyumu da dış uyum olarak tabir edilebilir.⁸

Endüstriyel anlamda seramik ürünlerin tasarım sürecine baktığımız zaman, teknik anlamda önemli değişimlerin yaşandığını fark edebiliriz. Bundaki en önemli unsurlardan birinin de seramik mühendisliği kavramının oluşması ve bu branşın seramik ürünün teknik anlamda pek çok problemini formüle edip çözümlenebilmiş olmasıdır. Ancak bir ürünün endüstriyel anlamda başarısı göz önünde bulundurulduğu zaman şüphesiz bunu sağlayan en önemli unsurun ekip çalışması olduğu inkâr edilemez. Bir ürünün endüstriyel anlamda başarısı için o ürünün görsel tasarımının, üretim tekniklerinin ve pazarlanma becerisinin de başarılı olması gerekmektedir. Teknik anlamda bir çığır açan ürünler pazara sürüldükleri ilk dönemde mutlaka büyük başarı elde edeceklerdir ancak aynı teknik olanaklara ve işlevselliğe sahip benzerleri de pazarda yer bulmaya başladıklarında o ürünü benzerlerinden ayıran en önemli özelliği “ürünün görseelliği” olacaktır.

Günümüzde kısa ömürlü, seri üretilmiş ve aslında güvenilirliği kimi zaman tartışılan mallara yansıyan asıl problem, bu malların uğradığı değer kaybına karşı bir koruma oluşturma olarak düşünülebilir. Aynı durum, çevrede de sıkıntı yaratır ki bu çevre, ürünlerin kendilerinin yapımından ziyade yok edilmelerini daha büyük bir problem halinde sunan, Tomás Maldonado^{*}'nin “çöplük nüfusu” olarak adlandırdığı, objeler tarafından istila edilmiş bir ortamdır.

Buna rağmen bir ürünü, işlevselliği ve görseelliği adına sağlam yapma gerekliliği, karmaşık olmayan bir tasarım için bile önemsiz olarak görülmemelidir, aksi takdirde bu, toplumun değişiminde tasarımın önemini önünde sonunda yalanlayacaktır. Tasarım ve

⁸ Edgar KAUFFMAN Jr, a.g.e, 7 s.

^{*} Tomás Maldonado; Arjantinli ressam, tasarımcı ve düşünür. Bilimsel Tasarım (Scientific Design) hareketinin başlıca teorisyenlerindedir.

objeler arası ilişkilerin varlığı, objelerin sahip oldukları nitelikleriyle beraber izah edilecek daha kapsamlı bir yaklaşımın ışığında incelenmelidir. Tasarıma bir eylem olarak baktığımızda ise karşılaşılabileceğimiz ilk sorun başarılı bir eylemin nasıl tasarlanacağıdır. Eğer tasarım kendi kendine bir sona geliyorsa ve bir amaca sahip olmaktan çıktıysa, tasarım sürecini uygulamadaki mantık tartışılır konuma gelecektir.

Cristina Morozzi*'nin tasarım tanımında şu ifadeler yer alır; “*Tasarım parçalarındaki artış, deniz kıyılarımızda gelgitin bıraktığı çöpler gibidir. Bunun sınırlarını algıladığımızda tüm bu işe yaramaz şeylerle savaşmak durumunda kalırız ve bu durum tasarım kavramını da içine alır.*”

Tasarlanan ve üretimine karar verilen her ürünün doğası araştırılmalıdır ve o ürün aynı zamanda çevresiyle de ilişkilendirilmelidir. Bir tasarımla sadece bir kreasyon kastedilmemelidir. Henüz varolmamış bir ürünün yapımının morfogenetik (biçimsel özellikler) aşaması, aynı zamanda benzer veya yakın fonksiyonlara veya aynı performansa sahip bir önceki nesne tarafından kurulan yakınlığın temeline dayanır. Bu şekilsel genetikte birlikte ürünler arasındaki mesaj transferi fikri, bir jenerasyondan diğerine bu bağlamda geçmektedir ki bunu yeni bir nesne üzerinde de algılamak mümkündür.

Eğer yeni bir ürünün fonksiyonları bir önceki benzerinin işleviyle ilgiliyse, o nesne spesifik bir nesne olmaktan çıkar, bu durum da varolan diğer objelerin sayısındaki şişmeden başka hiçbir işe yaramayacaktır. Bu durum, zaten varolan bir tip fonksiyona yansiyorsa, benzer objeler arasındaki uyumsuzluk, sadece ikisinden birinin diğerinin yok olmasına asla öncülük edemeyeceğinin ifadesi olarak ortaya çıkacaktır. Bundan öte, iki form bir arada varolur ve varolan benzerlerinin sistemindeki genişlemeyi de uç noktaya getirir. Açıkçası nesnelere, kendi çevrelerinin çeşitliliğine adapte olurlar. Bununla beraber, bu temel akrabalıkta bir objenin materyallerinin nicel ve nitel çeşitliliğine uyumunun nasıl koşullarda olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu koşul, nesneye daha esnek özellikler kazandırmak için önceden tasavvur edilmelidir.

* Cristina Morozzi: İtalyan yazar, eleştirmen ve tasarım sergileri kuratörü.

Nesnelerin organik dünyayla olan benzerliği tasarımcılar için çok ilgi çekici olmuştur. Bu benzerlikler **strateji K** ve **strateji r** olarak tarif edilen evrimleşme ve çevreyle ilgili teorilerle tanımlanabilir. Termodinamik üzerine olan çalışmalarıyla tanınan Nobel ödüllü Ilya Prigogine ve birlikte çalıştığı partneri Isabelle Stengers, Eiuadi Ansiklopedisi'ndeki "**Organizasyon**" konusuna girişte bu teorileri net bir biçimde açıklamıştır. (Prigogine ve Stengers, bu iddialarını "*Order out of Chaos*" kitabında toplamışlardır. Teori aslen çevrebilimci olan Robert Mac Arthur ve Edward Osborne Wilson'a aittir.) Bu teoriyi açıklarken, endüstriyel bir ürünü ve tasarım objelerini organik bir "tür" olarak tanımlarsak açıklama daha belirgin olacaktır.

Strateji K, yaşayan tür için doygun ve güvenilir çevreye gerek olduğunu savunur. Bu türün çevresinde, nüfuslar limitlerine eriştikten sonra geniş sayılarda tekrar varolmalarının hiçbir amacı yoktur. Problem "çevre"yle ilgili değil sadece onu en iyi şekilde yönetmekle ilgili olacaktır. **Strateji K**, varlıklar için gerekli olanı nitelikli ve az sayıda üretir, böylelikle bireylerin sosyal ve doğal çevresine çok dikkatli uyum sağlaması ve bilgi toplaması konusunda yetenekli olmaları hususunda davranışlar üretir. Bu teoriyi endüstriyel bir ürüne uyarladığımızda, tasarlanan ürünün niteliklerinin üstünlüğü ve yeter sayıda olması kavramını ifade eder.

Strateji r, ise yeni ve dengesiz koşullar için uyumludur. Öyle ki, yinelenen afetler ve felaketler varlığın nüfusunu büyük oranda yok edecektir. O zaman asıl sorun, bu tip bireylere dair yatırımın nasıl olacağı ile ilgili değildir. Bununla beraber sorunun esası, bu dengesiz koşullarda tekrar çoğalabilen bir çevrenin süratıyla ilişkilidir. Evrim zamanları göz önüne alındığında, **strateji r**'nin erken gelişim gerekliliği vardır çünkü bunu erteleyen her şey zamanın ve kaynakların kaybını meydana getirir. Bunun zıttı olarak, **strateji K**, üretimi karmaşık ve uzun periyotlara dayanan bireyleri temsil eder ve bu yönüyle ön plandadır. **Strateji r**, tasarımın referans noktasının kitlelere ulaştırılması adına basitleştirilmesini ifade eder.

Günümüzde ev eşyaları **strateji r** dâhilinde yaşar ve rastgele yeni yapılmış nesnelere uydurulur. Bu durumla savaşmak için, tasarımın hitap ettiği çevrenin seçiciliğe yönlendirilmesi gerekir, bu da K tipi stratejiyi gerektirir. Bu durum

“nesnelerin sanat eseriymiş gibi görünmesinin” çalışılmasıyla başılır. Bundan dolayı öncelikli amaç, yeni tip objelerin geçerli olabilmesi için gerekli olan araştırmalarda önem taşıyan kriterlere dair, daha araştırmacı, mantıksal ve uzun ömürlü olmasını sağlayacak metotlar belirlemek olmalıdır.⁹

Bir ürünün tasarım anlamında içeriğini zenginleştirmek adına bilimle sanatın birlikteliğinden faydalanmak doğru bir başlangıç olacaktır. Bilimsel alanlardaki gelişmelerin gerek içerik gerekse de görsel anlamda gündelik kullanım eşyalarımıza olan faydalarını şüphesiz ki yargılayamayız. Günümüzde programlanabilir makinelerle ve bu makineleri çalıştırmak veya çalışma prensibini geliştirmek adına sürekli yenilenen yazılımlarla insanlık olarak tasarlamış olduğumuz ürünleri geliştirebilme yetisine sahibiz. Tasarlanan ürünü fiziksel ve kimyasal özellikleriyle beraber, biçimsel ve kurgusal anlamda da geliştirmemize yardımcı olan bu makineler bilgisayarlardır. Bilgisayarda bir tasarımı yaratma süreci, yöntem olarak belirli safhalara kadar geleneksel yöntemlerle örtüşür ancak uygulamada farklılıklar gösterir. Bilgisayarla yapılacak olan bir tasarımın geleneksel yöntemlere olan en yakın ve basit uygulaması serbest elle yapılacak olan eskiz çizimleridir.

1.2. Serbest Elle Eskiz Yaratma

Yaratıcı tasarım aşamasının en önemli parçalarından biri, fikirleri oluşturma işlemidir ki bu tasarım problemindeki fikir ve kavramları oluşturmayı ifade eder. Sıklıkla eskiz yaratmak, akıldaki fikirlere ait kavramlarla iletişime geçmek ve onları keşfetmek konusunda yardımcı bir yöntemdir. Ayrıca eskiz yaparak düşünme kavramı da yeni fikirler oluşturmak konusunda oldukça yardımcı bir yöntemdir.

Bilgisayarlar her ne kadar günümüzde ürün tasarlama konusunda tasarımcılar tarafından en çok kullanılan yöntem de olsa bir tasarımcı nadiren bir ürünü direkt olarak bilgisayar ekranında oluşturur. Yaratacağı ürün hakkında notlar alır ve fikirlerini basitçe karalar. Bu hızlı yöntem için gerekli olan sadece kâğıt ve kalemdir. Bilgisayar destekli tasarım öncesinde bu yöntemin kullanılması şart olmasa da oldukça faydalıdır çünkü bu

⁹ Paesaggio CASALINGO, (Edited by) Meret Garba LIDELL, **Alessi: The Design Factory**, Academy Editions, Great Britain 1994, 36 s.

tip çalışmaların resmi olarak herhangi bir değeri yoktur ve kolayca değiştirilebilir durumdadırlar. Bu yöntem tasarımcılar için bir rehber olarak görülebilir.

1.3.Serbest Elle Tasarım Yaratma

Sanayide üretilecek olan ürünlerin çizimleri için kullanılan bilgisayar destekli tasarım çizimleri günümüzde, kâğıt-kalem çizimlerinin yerini almıştır. Günümüzde kâğıt kalemle yapılan çizimler genelde, tasarım hakkındaki eskizler ve notlardan ibarettir. Kalem halen akıldakileri bir görselliğe kavuşturma aşamasındaki başlangıç ve hız için halen önemli bir gereçtir. Fakat neticede, tüm kalem işaretleri ve lekeleri bilgisayar destekli tasarım çizimini geliştirmedeki temel unsurlardır. Geleneksel bazı ürün formlarını çok uzun yıllardır değiştirmeyen bazı şirketler -ki bu formlar sağlık gereçleri ya da musluk bataryaları gibi gündelik hayatımızın içinde kullandığımız tasarımlar da olsa- tasarlamış oldukları ürünleri aşamalı olarak elektronik ortama aktarmaktadır. Bazı durumlarda, orijinal çizim basitçe tarayıcı ile tarandıktan sonra elektronik bir versiyonu yaratılmaktadır. Taranmış olan orijinal çizim değiştirilemez fakat elektronik versiyonu basılı olan kopyaya oranla maddesel anlamda daha az yer kapladığı gibi üzerindeki renklerin ve yazılı bilgilerin değiştirilmesi de mümkündür. İstendiği takdirde de, orijinal kâğıt kalem çizimleri sistematik olarak bilgisayar destekli tasarım çizimlerine dönüştürülebilir, böylece çizim üzerinde oynama yapılabilir. Aslında her türlü koşulda kâğıt kalem çizimleri tasarım tarihinin bir parçası olduğu gibi bu sürekliliğini devam ettirecektir.¹⁰

1.4.Tasarımda Teknik Çizim

1.4.1. Teknik Çizimin Tanımı

Teknik çizim, bir tasarımın oluşturulduktan sonra üretilmesi adına gerekli sayısal ve görsel değerleri içeren iki boyutlu çizimleri ifade eder. Daha geniş tanımlayacak olursak; teknik resim kavramı, sanatsal olmaktan öte tamamen teknik bir çözümlerdir. Çözümlemesi gereken objelerin ifadelerinde derinlik kavramı çizgi

¹⁰ Richard M.LUEPTOW, **Graphics Concepts**; Prentice Hall Inc., New Jersey, 2000 24-25 s.

tipleriyle ifade edilir ve derinlik boyutunun verilebilmesi için altı ana yönden (üst, ön, sağ, sol, arka, alt) görünüşleri ile yardımcı görünüşleri çizilebilir. Teknik resim, geometrik çizgilerin, yazıların, rakamların ve özel işaretlerin birtakım kurallara bağlı olarak bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Teknik resmi çizmeyi ve okumayı bilen insanlar için bu dil uluslararası niteliktedir.¹¹

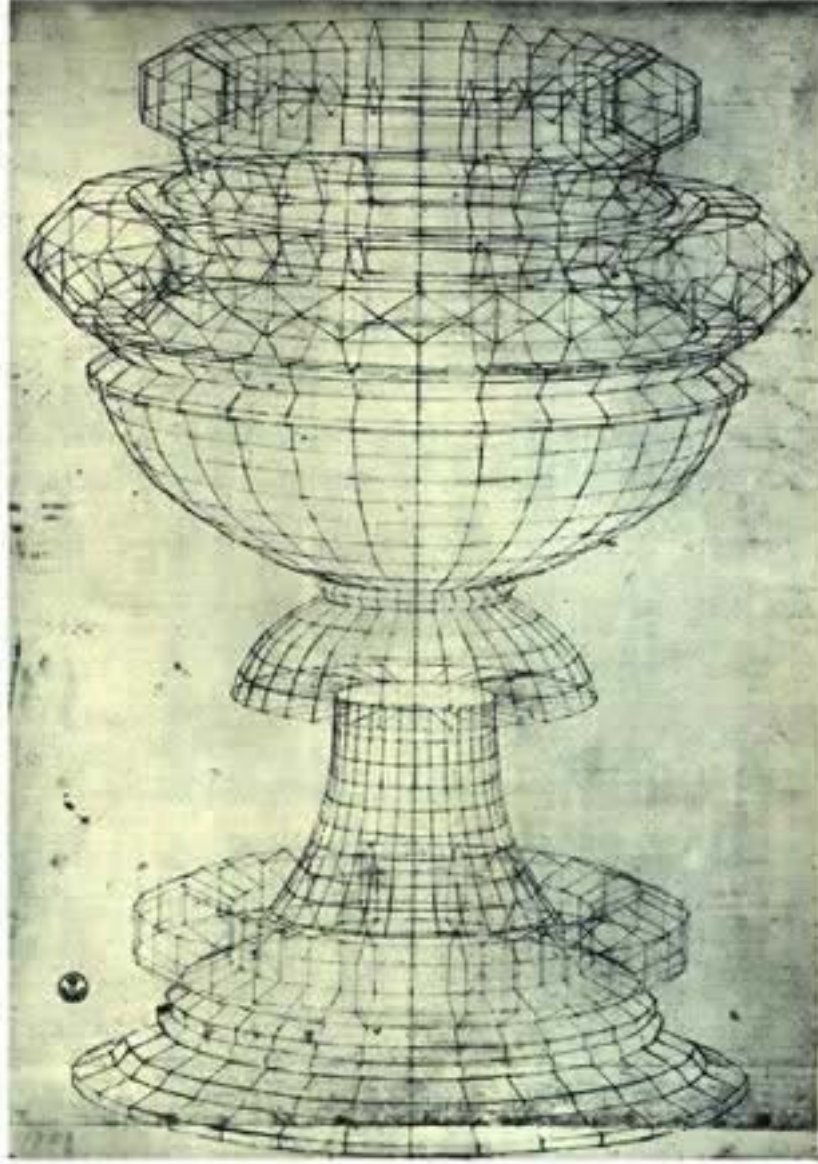
1.4.2. Teknik Çizimin Tarihçesi

Teknik anlamda bir çizim oluşturmanın nasıl ortaya çıkmış olduğunu 15.yy.daki gelişmeler doğrultusunda inceleyebiliriz.

Basılmış kitapların 1450'lerde ortaya çıkmasıyla beraber grafiksel teknikler de gelişmeye başlamıştı ve bu dönemlerde “resimli perspektif” çizimleri sanatçı Paolo Ucello tarafından bulundu (Şekil 1). Bu tip çizimin temeli, ufukta birleşen paralel çizgiler prensibinden ibaretti. Bu dönemde de kullanılan bakır plaka gravürleriyle de resimli perspektife sahip çok iyi detaylandırılmış teknik çizimler fazla sayıda üretilmiştir (Şekil 2). Resimli perspektif çizimleri Rönesans ve Endüstri Devriminin başlangıcına değin olan sürede teknolojik anlamda önemli gelişmeler yaşadı. Fakat bu resimler bir objenin yapısının detaylarını yeterli derecede taşıyamabiliyordu. Ancak bunu 15. yy.da Leonardo da Vinci “patlamış görünüm” adı verilen ve bir objenin birbirinden ayrı olarak resmedildiği çizimleri gerçekleştirerek başardı (Şekil 3).

Endüstri devrimi ile başlayan, daha kusursuz ve üretilecek olan mamulün nihai formunu birebir temsil eden teknik çizimlerin ortaya çıkışı ile teknik çizim konusunda da Amerikan ve Avrupa tipi teknik çizim kuralları ve standartları hayata geçti. Bu dönemde kullanılan ortografik izdüşüm ise ilk olarak 1528'de Alman sanatçı Albrecht Dürer tarafından başarıyla uygulanmış olan bir yöntemdi.

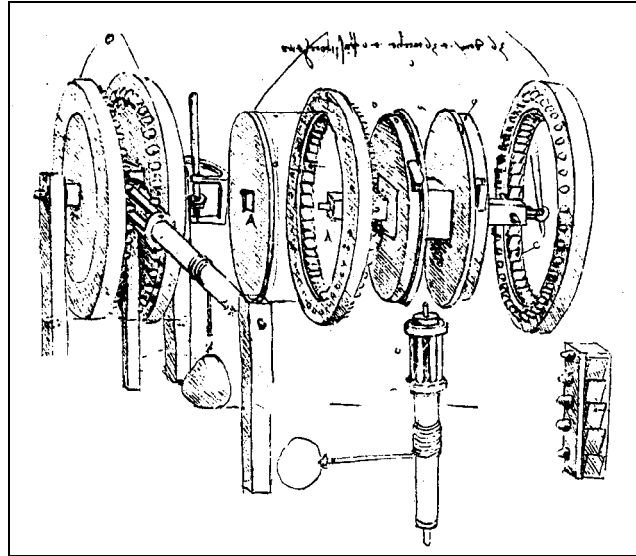
¹¹ Hamit ÖZTEPE ve diğerleri, **Makine Mühendisliğinde Bilgisayar Destekli Teknik Resim Eğitimi, II. Ulusal Makine Mühendisliği ve Eğitimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı (15-17 Nisan 1993)**, İstanbul 1993 331-335 s.



ŞEKİL 2:15.yy. ressamlarından Paolo Uccello'nun tasarladığı kupa.
(Kaynak: http://www.abstract-art.com/abstract_illusionism/ai_03_put_into_persp.html)



ŞEKİL 2:Mühendis Agostino Ramelli'nin (1531–1600) bakır plaka gravürü. Aynı anda birkaç kitapla çalışılması için tasarladığı mekanizma.
(Kaynak: <http://www.kirchersociety.org/blog/?p=1079>)



ŞEKİL 3:Leonardo Da Vinci'nin makine tasarımındaki patlamış görünüm.
(Kaynak:Richard M.Lueptow, Graphics Concepts, Sec.1.2.Engineering Graphics, s.5)

Ortografik izdüşüm, tipik olarak bir nesnenin ön, üst ve yan olmak üzere üç görünümünü temsil eder. Ortografik izdüşümleri yaratmak resimli perspektif çizimi oluşturmaktan daha kolaydır. Ancak bu çizimlerin tefsiri resimli perspektif çizimlerine oranla daha zordur. Daha sonraları ise Fransız filozof ve matematikçi René Descartes 17.yy.da izdüşümlerin matematiksel prensipleri temelini, geometriden cebire bağlanan bir yönteme dayanarak oluşturmuştur.¹²

Teknik çizimin ifade edildiği iki boyutlu uzayda üç boyutlu formların sunum tekniği “tanımlayıcı geometri” olarak bilinmektedir. Bu konu kökenlerini tarihten alır. Paralel izdüşümle bir yapının geometrik görünümünü yaratma Roma döneminde de bilinmekteydi. Çok safhalı resim düzlemleriyle izdüşüm oluşturma da Ortaçağ’da özellikle mimaride kullanılan bir yöntemdi. Günümüzde kullanılan çizim kurallarını kuran da Fransız askeri mühendislerinden Gaspard Monge’dir (1746–1818). Monge’nin dikey ve yatay düzlemler üzerine görünümünün yansıtılması sistemi bir nesnenin sunumunu oluşturmuştur. Buna Mongian projeksiyonu adı verilmiştir.

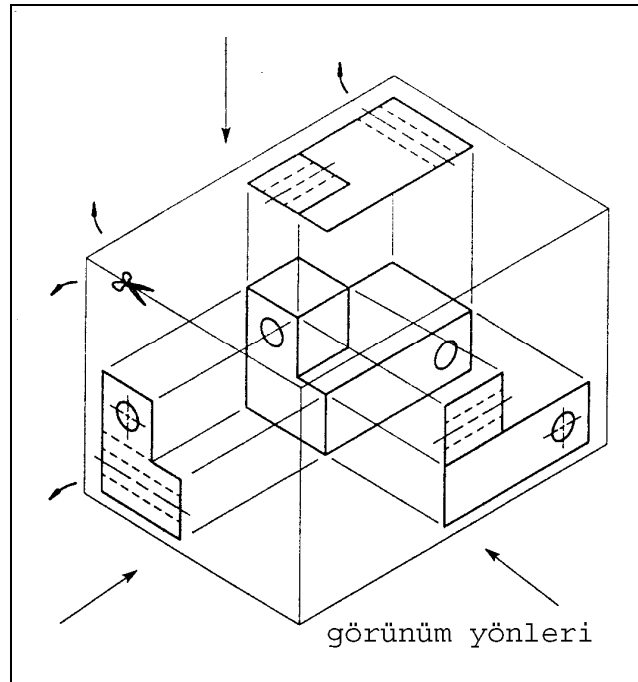
Günümüzde kullanılan çizimler Mongian projeksiyonundaki izdüşümler esasına dayanır. Üç boyutlu formlar dikey yüzeylerde eşleştirme noktaları sayesinde tamamen tüm görünümü kapsayarak iki boyutlu olacak şekilde aktarılır. Bu üç boyutlu bir çizimden iki boyutlu teknik çizim ifadesinin ortaya çıkarılması olarak da görülebilir. Noktaların izdüşümüyle yüzeyi oluşturan kenarlar, kenarların birleşmesiyle de objenin sınırlarını belirleyen yüzey oluşturulur. Çoklu yüzeylerin açılımı, bir şeklin katlanabilir düzlemsel bir yüzey geometrisini de bizlere sunacaktır. Mongian’ın kullandığı bu izdüşüm sistemi Amerika Ulusal Standartları Enstitüsü ve İngiliz Standartları Enstitüsü tarafından kullanılmaktadır. Buna göre;

- Çizimde farklı çizgi çeşitlerinin, farklı anlamlarının olması. (Örneğin saklı kenarlar kesik çizgilerle, yakın kenarlar kalın çizgilerle, çizgi nokta çizgi şeklinde kullanılan çizgiler simetrisinin aksını oluşturur.)
- Biçimlerin iç formlarının kesit görüntüyle detaylandırılması

¹² Richard M. LUEPTOW; a.g.e. , 3-5 s.

- Üç boyutlu çizimlerin izdüşümleri yaratılarak üst, ön, sağ, sol, arka, alt görünülerin çıkartılabilmesi. (Şekil 4'te hangi görünümün diğer bir görünümle ilişki içinde olduğunu gösteren üç açılı bir projeksiyon sistemi görülmektedir. Bunda izdüşümler nesneyi içine alan geometrik plan üzerinde gösterilmektedir.)

gibi kurallar Gaspard Monge'nin belirleyip kullandığı çizim yöntemleriydi.¹³



ŞEKİL 4: Bir nesnenin ortografik izdüşümünün hazırlanması

(Kaynak: Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, CAD/CAM: Principles, Practice and Manufacturing Management, Second Edition, Addison Wesley Longman Ltd., Edinburg 1998, 24 s.)

Bu çizim yöntemleri, dönemin koşullarına dayanan askeri ve stratejik önemlerinden dolayı, 1795 yılına kadar askeri sırlar olarak saklandı. 19. yy başlarında, ortografik izdüşümler mekanik içerikli çizimlerde evrensel olarak kullanılmaktaydı ve

¹³ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, CAD/CAM: Principles, Practice and Manufacturing Management, Second Edition, Addison Wesley Longman Ltd., Edinburg 1998, 23-24 s.

bunlar da günümüzdeki mühendislik çizimlerinin yani teknik çizimlerin temelini oluşturdu.

İzometrik görünüm ise eski usul resimli perspektif görünümüne göre daha sık kullanılmaktadır. Tarihsel olarak bakıldığında resimli perspektif görünümü sanatçılar tarafından yüzyıllarca kullanılmıştı. 19.yy.ın erken dönemlerinde ise, İngiliz matematikçi William Farish izometrik görünümü formüle edip mühendislere tanıttı. İzometrik görünüm resimli perspektifi basitleştirmiştir. İzometrik görünümde paralel çizgiler perspektif görünümde olduğu gibi tek bir çizgiye gidiyormuş gibi görünmezler, paralellikleri devamlıdır. Böylece görünümünde ölçü kayıplarına rastlanmaz. Görünümdeki bozunmalar da sınırlı bir derinliğe sahip olan izometrik görünümde önemsizmeye değmeyecek bir problemdir. Ancak derinliğin çok fazla hissedileceği ve gerekli olduğu mimari çizimlerde ise resimli perspektif tercih edilebilir durumdadır. İzometrik görünümün avantajı ise resimli perspektife göre daha kolay ve hızlı elde edilebilir oluşudur.¹⁴

Teknik çizim, farklı tiplerde ve mühendislik de dâhil pek çok farklı alanda, geleneksel yöntemlerle ifade bularak, uzun yıllar kullanılmış olan bir yöntemdir. Tek parçaların çizildiği çizimler dışında onlarca hatta binlerce çizimin yapıldığı projeler göz önüne alındığında geleneksel yöntemler oldukça zaman kaybettiren bir işlem olarak karşımıza çıkacaktır.

Örneğin karmaşık geometrideki yüzeysel parçaları -özellikle eğimli yüzeylere sahiplerse- geleneksel teknik çizim yöntemleriyle ifade etmek oldukça güç ve karmaşıktır. Bu çizimleri takip eder nitelikte diğer çizimlerin oluşturulması esnasında oluşabilecek hatalar elle yapılan çizimlerde çok daha fazla olacaktır ve bu sonucun üretiminde geleneksel yöntemleri kullanan firmalarda gözlenmiş olduğu bilinmektedir. Özellikle otomotiv, köprü, uçak tasarımı gibi binlerce çizimin kullanıldığı sektörler düşünüldüğünde bu sonuç kaçınılmazdır.

¹⁴ Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 5-6 s.

Özellikle profesyonel anlamda düşünüldüğünde, geleneksel yöntemlerle yapılmış olan bir çizimde yapılabilecek hatalar tüm projenin noktasından çizgisine hatta yazı dizimine kadar yeni baştan çizilmesi ile telafisi oldukça güç ve zaman kaybettiren bir uygulama olarak karşımıza çıkacaktır.¹⁵

Günümüzde teknik çizimleri oluşturmak için halen geleneksel yöntemler kullanılabilirdiği gibi bu çizimleri bilgisayar ortamında da oluşturulabilmek mümkündür. Aynı zamanda günümüz bilgisayarlarında, yazılımların amaçlarına ve çeşitlerine göre genelde izometrik görünüm ve resimli perspektif başta olmak üzere farklı tipte görünümleri elde etmek de yine mümkündür.

1.4.3.Bilgisayarlarda Teknik Çizim Oluşturma

Bir ürünün nihai sonucuna ulaşabilmek için “fikir”i başlangıç noktası olarak alırsak tasarımdan üretime geçen safhayla başlayıp ürünün kontrolleri ve analizleriyle sonuca ulaşabiliriz.

Geleneksel olarak da teknik çizim, bu proses evresinde çok önemli bir yere sahiptir. Çünkü onun grafiksel formu belirsiz görünen karmaşık fikirleri çabucak açıklayıp, taşımak için idealdir. Doğru ölçü ve toleranslara sahip form ve şekillerin üretim kolunun farklı branşlarına ait olan kişiler arasında teknik çizim ile ifade bulması bu farklı branşlar arasında da iletişimi sağlar.

Bir ürünün iki boyutlu basit teknik çiziminde, ürüne ait en çok bilgiyi mümkün olan en kısa zamanda elde etmek için genelde ortografik projeksiyon adı verilen sistem kullanılır. Ortografik projeksiyon parçaların üç boyutlu görüntüsünü üst, ön, sağ, sol gibi farklı görüntülerde çizmeyi sağlar. Ancak bu teknikte dahi kimi zaman teknik çizimi okuma ve anlama becerisi, onu okuyan kişinin yetenekleri doğrultusundadır.¹⁶

¹⁵ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 27-28 s.

¹⁶ B.L. Davies, A.J. Robotham, A.Yarwood; **Computer Aided Drawing-Design**; Chapman & Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras 1991, 1 s.

Bilgisayar destekli tasarımlarda ve bu tasarımların sunumlarına dair yapılacak olan incelemelerde, bir objeyi çizmek ve onu meydana getirmek için belli başlı teknik çizim yöntem ve kurallarının kullanıldığını görebiliriz.

Bilgisayarlarda bir teknik çizimi oluşturabileceğimiz gibi geleneksel yöntemlerle kâğıt üzerine yapılmış olan teknik çizimlerin bilgisayar ortamına aktarılmasıyla da teknik çizimleri oluşturabiliriz.

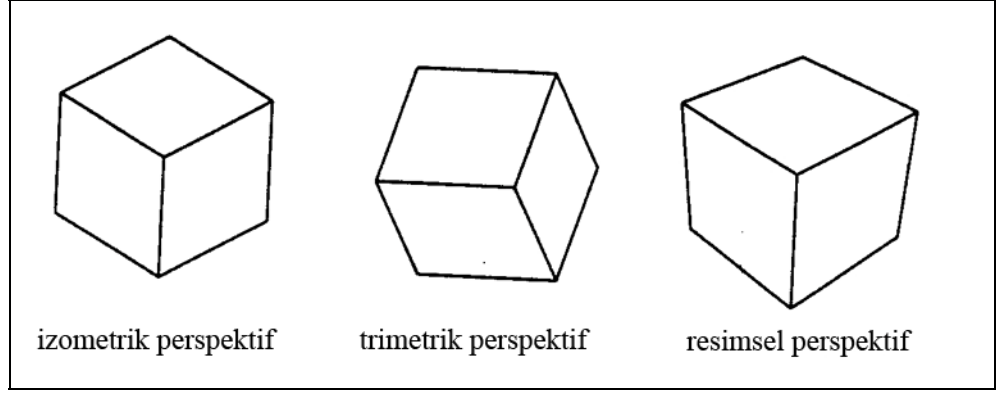
Teknik resim eğitiminde, bilgisayarlar günümüzde daha yaygın biçimde kullanılmaya başlamışlardır. Aynı zamanda bilgisayar destekli tasarım ve imalat (CAD/CAM) da teknik resim kuralları çok iyi bilinmeden başarılması güç konulardır.

Günümüzde bilgisayarlar, yapılan tasarımların gerek görsel gerekse de matematiksel ifadelerini oluşturmamıza ve bu verileri kolayca saklayıp aktarabilmemize yarayan yapısıyla tasarım ofislerindeki yerlerini çoktan almışlardır.

Bilgisayar ile çizimde, bilgisayar destekli tasarım sisteminde belli bir eğitimden sonra yapılacak olan çizimler, klasik çizim şekline oranla daha kolay şekillerde yapılır, kopyalanır, düzeltilir ve saklanabilir. Günümüzde tasarımcılar ve işletmeler bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretimin (CAM) kolaylıklarından faydalanmaktadır.

Aynı zamanda bilgisayarla yapılacak olan teknik çizim perspektiflerinde ise farklı görünüm elde edebilmek mümkündür.¹⁷ Bilgisayar ortamındaki teknik çizim perspektif görüntülerini inceleyecek olursak çoğu bilgisayar destekli tasarım programında üç tip izdüşüm bulunduğunu görürüz. Bunlar; izometrik perspektif, trimetrik perspektif ve resimsel perspektif görünümüdür (Şekil 5). Her bir görünümün kendi avantaj ve dezavantajları vardır.

¹⁷ Hamit ÖZTEPE, ve diğerleri a.g.e., 333-334 s.



ŞEKİL 5: Her üç görünümde de aynı küp farklı perspektiflerde ifade edilmiştir.

(Kaynak: Richard M.LUEPTOW, Graphics Concepts; Prentice Hall Inc., New Jersey, 2000, 13.s)

İzometrik görünümün biçimi bilgisayar destekli tasarımda da standarttır. İzometrik bir izdüşümde en ve derinlik ölçüleri ufuk çizgisine doğru otuzar derecelik ölçülerde ifade bulur ve ön üstte bulunan üç köşenin toplamı 120° olur. İzometrik görünümün derinliği sınırlıdır. Derinlik arttıkça izometrik görünümle ifade edilen objenin görünümünde de bozulmalar oluşur. Derinlik ciddi ölçülerde olduğu zaman perspektif görünüm daha idealdir.

Genelde trimetrik izdüşüm daha esnek öneriler sunar. Genişlik ve derinlik ölçüleri ufka doğru keyfi olarak tespit edilir. Üst ön köşedeki üç açı birbiriyle eşit de değildir. Bu da küpün üç yüzey ölçüsünün de birbiriyle eşit olmamasına sebebiyet verir. Bu yüzden adı trimetriktrdir. Bilgisayar destekli tasarım yazılımlarından bu görüntü biçimini içerenlerde, şekil 5'teki gibi küpün bir yüzü ufuk çizgisine paralel durumdadır.

Resimsel perspektif veya basitçe perspektif görünümde çizgiler ufukla birleşircesine bir yön izlerler. Perspektif izdüşüm, bir nesnenin gerçekçi görünümünü desteklemek adına oldukça başarılıdır. Ancak küçük fabrikasyon ürünler genelde izometrik veya trimetrik görünümde yeterli derecede sunuma uygun görülebilirler.¹⁸

¹⁸ Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 13 s.

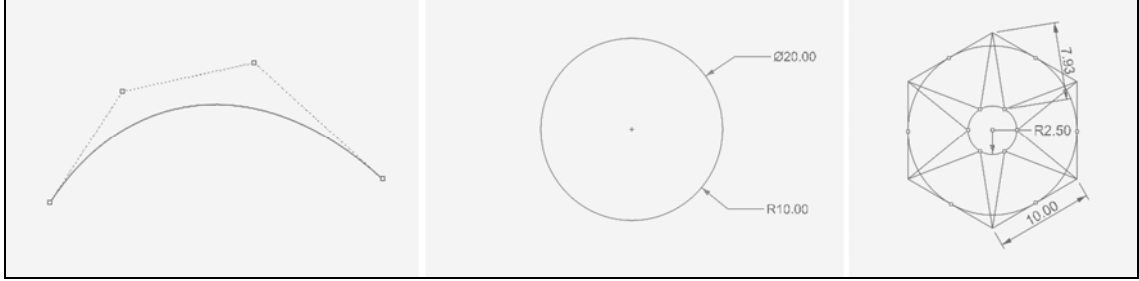
Teknik resimde bilgisayar kullanmanın nedenlerini maddeler halinde açıklamamız gerekirse;

- Bilgisayarlı çizim tekniğiyle, daha hızlı çizim yapılabilir. Bazı çizimlerde detaylar ve aynı tip öğeler kopyalanarak çoğaltılabilir ve böylece çizim hızı sadece bu şekilde bile artırılabilir.
- Normal teknik resimlerde en çok zaman alan işlemlerden olan tarama ve şablon ile yazı oluşturma işlemleri bilgisayarda birkaç saniyede tamamlanabilir.
- Benzer bir detay, bilgisayarla çizim programları kullanıldığında tekrar çizmeyi gerektirmez. Çizilen detay kopyalanarak istenilen yere hareket ettirilerek istenildiği noktadan tutturulabildiği gibi aynı zamanda başka bir çizime ölçeği değiştirilerek de kopyalanabilir. Çizilen bir öğeyi veya çizim grubunu ikinci kez çizmeye gerek kalmaz.
- Her çizim oluşturulan katmanlar veya kütüphaneler doğrultusunda saklanıp kopyalanabilir. Böylelikle çizilen bir objeyi çizim alanına istediğimiz kadar taşıyabiliriz.
- Değiştirilmek istenen detaylar tüm çizim silinmeden sadece istenildiği alanlarda değişikliğe uğratarak revize edilebilir.
- Bilgisayarla yapılacak olan çizimde bazı otomatik ölçülendirme komutları, çizimde yapılacak ölçüsel hatalara karşı kesin bir koruma sağlayacaktır.¹⁹
- El ile çizimde, sunum ölçüleri çizim kâğıdının sınırları doğrultusunda sınırlanır ve böylece farklı ölçülerdeki öğeler ölçekleri değiştirilerek birbirleriyle uygun hale getirilirler. Bilgisayar destekli tasarımlarda bu sınırlamalarla karşılaşılmaz. Büyük ölçekli ürünlerin çizimleri (örneğin ayaklı bir lavabo, rezervuarı üzerine monte edilmiş bir klozet) birebir uygulanabilir. Bu birebir yaratılmış görüntü her türlü detaya sahip olacaktır ancak çıktı alınacak olan yazıcının basacağı kâğıt ölçüsüne göre ölçeğinde oynama yapmak veya çizimi belli parçalara ayırmak önemlidir.

Bilgisayar destekli tasarım aynı zamanda tasarımcıya geometrik öğelerin tanımlanmasında da çeşitlilikler sunabilir. Bunlar basit geometrik çizimlerin ve

¹⁹ Hamit ÖZTEPE ve diğerleri, a.g.e., 334-335. s.

noktaların nasıl tespit edilebileceği ya da yaratılabileceği üzerine yapılan öngörülse detaylardır (Şekil 6).



ŞEKİL 6: Basit geometrik öğelerin nokta ve boyut tanımları. (Çizen: Efe Türkel)

Geometrik öğelerin tanımlanması veya tam ölçüde çizilmesiyle bilgisayar destekli çizimin yapımındaki hata riski ve parçanın bütüne oranı konusundaki toleranslar elle çizilmiş olan sunuma oranla daha düşük olacaktır.

1.5. Bilgisayar Destekli Tasarım Ve Modelleme

1.5.1. Bilgisayarların Tasarım Dünyasına Girişi

Günümüz tasarım kurgularının ifade ettiği ürünleri kırk yıl öncesiyle kıyaslırsak, performans, kalite ve karmaşıklıkta şaşırtıcı bir artış görürüz. Çoğu üründeki fazla miktardaki karmaşıklık ürünlerin geliştirilmesi ve üretilmesinde çok fazla sayıda insanın organize olarak yer almasına sebebiyet vermiştir. Günümüzde sayıları giderek artan bu uzman kitlesi, artan baskı altında yüksek performans ve güvenilirliğe sahip ürünleri düşük maliyette daha kısa zaman dilimlerinde üretmeye çalışmaktadırlar.

Bu baskının görüş açısından, insan-mühendislerin ürün gelişimi ve üretimi açısından birer makineye dönüşmesini beklemek şaşırtıcı değildir. Makineler bilgisayarları ihtiva eder ve bunların görevi bilgi işlemciliğidir yani ürünü ortaya çıkaran üretim sistemlerinin yönetim ve organizasyonu ile ürün tasarımı ile ilişkili bilginin işlenmesini ve tanımlanmasını sağlar.²⁰

²⁰ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 4 s.

Bilgisayarlar, tasarım konusunda 50 seneden fazla bir süreden itibaren tasarımcıların hizmetindedir. Bilgisayar destekli üretime ilk olarak 1957’de CAD/CAM’in babası olarak tabir edilen Dr. Patrick J. Hanratty’nin PRONTO adı verilen ilk ticari nümerik-kontrol programlama sistemi katkıda bulunmuştur. 1960’ta ise bilgisayar destekli tasarım kavramının ilk aşaması olan SKETCHPAD projesi Massachusetts Institute of Technology (MIT)’de görevli Ivan Sutherland tarafından hayata geçirilmiştir. Bu gelişmeleri yakından takip eden Amerikan ordusunun da desteklediği projelerle bilgisayar destekli tasarım kavramı ticari ve teknik anlamda hızlı bir gelişim göstermiştir.

1960’larda ve 1970’lerin başlangıcından itibaren tasarım sürecinde devrim yaratan bilgisayarlar tüm tasarım ofislerinde yerini almaya başlamıştır. Bunu izleyen yıllarda, bilgisayar programcılığı dillerinin, bilgi tabanlı sistemlerin, yapay zekânın ve birbiriyle ilişki kurabilen veritabanı sistemlerinin gelişimiyle “Bilgisayar Destekli Tasarım” (CAD: Computer Aided Design) da yeni teknolojik avantajlara sahip olmuştur. Bu yazılım avantajlarına ilişkili olarak, bilgisayar donanımlarının da maliyetinde düşüş, güçlerinde ise artış olmuştur.²¹

1970’lerden başlayarak, bilgisayar destekli sunum bilimsel gayretlerle değişerek tasarım adına ekonomik olarak vazgeçilmez olan bir araç haline gelmiştir. Bu dönemde pek çok programda ortak olarak kullanılan biçimler, çizilmiş olan geometrik biçimlerin görünümelerini kontrol eden komutlar ve “modifiers” olarak adlandırılan çevirme, aynalama, sıralama gibi değiştirme komutları da eklenmiştir. Komutlar, klavye ve mouse aracılığıyla verilebilir duruma gelmiştir. Belki de en önemlisi üç boyutlu modelleme teknikleri, üretim grafikleri yazılımlarının anahtar parçası haline gelmiştir.

1980’lerde ise bilgisayar destekli sunum endüstri pazarında tam gelişmiş şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Buna ek olarak da katı (solid) modelleme teknikleri yaratılmıştır. Katı (solid) modeller de bilgisayarda görsel olarak nesneyi yüzeyleri,

²¹ Aart BIJL, **Computer Discipline and Design Practice/Shaping Our Future**, Edinburg University Press, Edinburg 1989, 1 s.

kenarları ve hacmiyle gerçekmiş gibi göstermeyi başarmıştır. Bunun öncüleri Pro ENGINEER®, Unigraphics® ve Solid Works® yazılımları olmuştur.²²

Bilgisayarları aktif olarak tasarım sürecinin farklı disiplinlerinde kullanma fikri son yirmi yıllık bir döneme yayılmıştır. Bilgisayar donanım ve yazılımlarındaki her bir başarılı devrim, bilgisayar destekli tasarım kavramını ortaya çıkardı. BDT (CAD)'da başlangıçtan günümüze değin özetle üç gelişim süreci kendini göstermiştir;

İlk safhada BDT (CAD) gereçleri ürünün üretilmesi, çizimlerin kopyalanması ve bazı temel analiz programları konusunda sınırlıydı.

İkinci safhada, daha ayrıntılı modeller ve analiz gereçleri ve sistemler ile tasarım gramerleri, mantığı ve üretim sistemleri geliştirildi. Bu süreçte tasarım problemlerini ortadan kaldırma konusunda yapay zekâlar geliştirildi. Bu meziyetler, her ne kadar önemli de olsa, rutin tasarım süreçleriydi ve ileri derecede karmaşık tasarım süreçlerini elde etmede zorlanıyordu.

Bilgisayar destekli tasarımdaki üçüncü gelişmede de, tasarım süreci benzersiz hale gelebilmiştir. Önemli safhalara sahip olmakla birlikte tasarım problemlerini çözmede de diğer tiplerden kesin şekilde farklıdır. Bilgi tabanlı sistemler ve nesne kökenli modelleme gibi teknolojik evrelerin detaylı biçimde uygulanmasıyla bu anlayış gerçekleştirilmiş ve tasarım proseslerinin ihtiyaçları daha da netleşmiştir.²³

Beklentilerimize karşılık vermesine ve bu teknolojik avantajları kendimiz için çok da rahat kullanabilmemize karşın bilgisayar destekli tasarım halen daha çok uzun süreler geliştirilmeye açık olan bir kavramdır ve beklentileri de peşinden sürüklemeye devam edecektir.²⁴

²² Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 6 s.

²³ Robert F. COYONE - Eswaran SUBRAHMANIAN, Edited by John S. GERO, Mary Lou MAHER, **Modeling Creativity and Knowledge Based Creative Design**, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, New Jersey 1993, 295–296 s.

²⁴ Aart BIJL, a.g.e., 1 s.

1.5.2.Bilgisayar Destekli Tasarım ve Sunum (CAD/D: Computer Aided Design/Drafting) Nedir?

İsmi Ivan Sutherland'dan alan bilgisayar destekli tasarım kavramının modern düşüncedeki tanımı; tasarım işiyle ilişkili ergonomik problemleri, maliyetlemeyi, ürün geliştirmeyi amaçlayan, bilgisayar donanımlarını ve yazılım paketleri ile desteklenmiş karmaşık bilgisayar grafik tekniklerini kullanan tasarım proseslerinin tümü olarak ifade edilebilir.²⁵

Modern CAD sistemleri İnteraktif Bilgisayar Grafikleri (ICG: Interactive Computer Graphics)'ne dayalıdır. İBG bilgisayarların yaratmak, dönüştürmek ve veriyi semboller veya resimler formatında görüntülemeye dayalı çalışma için görevlendirilmiş kullanıcı kökenli sistemleri ifade eder. Verilerle iletişim kuran ve bilgisayarın beynine çeşitli cihazlarla bilgiler göndererek bilgisayarı yöneten, bilgisayar grafikleri tasarım sistemini kullanan kişi, bu sistemde tasarımcı rolünü üstlenir. Bilgisayarla kullanıcı arasındaki iletişimi sağlayan parça ise monitördür. Tasarımcı bu monitör üzerindeki imajı (görüntüyü) bilgisayarda bulunan software*'in alt görevleri ile yaratır. Pek çok sistemde görüntü, noktalar, çizgiler, çemberler gibi temel geometrik yapıların dışında yapılanır. Tasarım, genişletme, ölçeğin azaltılması, tasarımın alan içinde yer değiştirmesi, çevirme ve diğer dönüştürme işlemleri ile kullanıcının komutlarına dayalı olarak değiştirilebilir. Bu tip çeşitli işlemlerle tasarımda istenen detaylar formüle edilebilir.

Tipik bir İBG sistemi bilgisayar donanımı (hardware) ve bilgisayar yazılımı (software) kombinasyonundan oluşur. Donanım (hardware), merkezi bir işlem ünitesi, bir ya da daha fazla görsel çalışma alanı, yazıcılar, büyük ölçekli yazıcılar (plotterlar) ve sunum ekipmanı gibi cihazları içerir. Yazılım (software) ise sistemdeki grafik sürecini tamamlamak için gerekli bilgisayar programlarından meydana gelir. Yazılım aynı zamanda kullanıcı tarafından tercih edilen, özel tasarlama fonksiyonlarının üstesinden gelebilecek, amacına göre özellikleri farklılık gösteren uygulama programlarını içerir.

²⁵ Berry HAWKES, **The CAD/CAM Process**, Pitman Publishing, Great Britain 1992, 1 s.

* **Software:**Bilgisayara verilen plan, program ve bellekler; bilgisayar yazılımı.

İBG'nin bilgisayar destekli tasarım (CAD) sisteminin önemli bir parçası olduğunu belirtmek gerekir; diğer önemli unsur da “insan” tasarımcıdır. İBG, tasarımcı tarafından tasarım problemlerini çözmek için kullanılan bir “alet”tir. Bunun sonucunda, İBG sistemini tasarımcının gücünü över nitelikte bir yapıya sahiptir. Bu sinerjik bir etki gibi görülebilir. Tasarımcı, tasarım sürecinde insanlığın entelektüel yeteneklerine uygun olan kavram yaratma, özgür düşünme gibi bölümleri hayata geçirir. Bilgisayar ise görsel sunum, çok büyük miktarlarda verinin saklanması, işlenmesi, hızlı hesaplamalar gibi kapasitesine en uygun olan görevleri icra eder. Bu ikisinin birleşmesinden oluşan sistem daha üstün sonuçlar verir.²⁶

Bilgisayar destekli tasarım için gerekli olan sistem yapısı şu unsurları içermektedir;

- Donanım (hardware); bilgisayar ve buna bağlı veri alıcı donanımı
- Yazılım (software); donanımda işleyen bilgisayar programları
- Veri; yazılım tarafından işlenmiş ve yapılmış veri yapısı
- İnsan bilgisi ve aktiviteleri

Bilgisayar destekli tasarım sistemleri, bilgisayar programlarının ötesinde bir kavram değildir, belki de donanımın (hardware) doğru olarak yapılandırılması olarak tanımlanabilir. Yazılım (software) ise normalde farklı eleman ve fonksiyonlar ihtiva etmektedir öyle ki komutlar aracılığıyla veri tabanındaki veriyi işleme tabi tutmayı ifade eder.

Kullanıcıdan başlayıp, veritabanı, model parçaları, çizimler, kütüphane oluşturmak için gerekli veriler, çalışma verisi, geometri, ilişkili veriler ve üretime kadar olan süreçte kullanıcının bilgisayarda yapmış olduğu işlemleri şu şekilde özetleyebiliriz:

²⁶ Mikell P. GROOVER, Emory W. ZIMMERS, **CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing**, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984, 53-54 s.

- **Model Tanımlama:** Model yaratma veya karmaşık bir formun bütününe tasarlanan elemanların model olarak eklenmesi.
- **Model Yönetimi:** Tasarlanan model üzerindeki elemanların hareket ettirilmesi, kopyalanması, silinmesi veya düzenlenmesidir.
- **Resim Oluşturma:** Bilgisayar ekranında veya bazı kopya cihazlarında tasarlanan modelin imgelerinin görüntülenmesidir.
- **Kullanıcı Etkileşimi:** Komut yönetimi için kullanıcı tarafından sisteme ve sistem tarafından da kullanıcıya veri gönderilmesidir.
- **Veritabanı Yönetimi:** Veritabanını oluşturan dosyaların yönetimidir.
- **Uygulamalar:** Tasarlanan modelin değiştirilmesinden ziyade, değerlendirme, analiz ve üretilebilirlik için bilgi yaratan uygulamalardır.
- **İşe Yararlılık Özellikleri:** Tasarlanan modele fiziki müdahaleden ziyade sistemdeki işleyiş üzerine yapılabilecek değişikliklerdir. Görüntülemeye kullanılacak rengin seçimi, bir parça modelinin yapısı için kullanılan ünitelerin seçimi bu değişikliklere girebilecek türden özelliklerdir. Bu özellikler çoklu bir programlama sistemiyle kullanılabilirdiği gibi tek bir programla da sağlanabilir.²⁷

Ancak bilgisayar destekli tasarımı içerik açısından kısa bir biçimde tanımlayabilmek güçtür. Bilgisayar destekli tasarımla bütünleşmiş biçimde ortaya çıkan bilgisayar destekli sunumlar (CAD: Computer Aided Drafting) da bilgisayar desteğiyle yapımı gerçekleştirilmiş tasarımların görsel ifadesidir.

İki boyutlu bilgisayar çizimi her bir görünümün (üst, ön, sağ, sol, alt, perspektif görünümler) iki boyutlu olarak görüntülediği çok görünümlü format veya nesnenin üç

²⁷ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 15-16 s.

boyutunu da gösteren basit iki boyutlu düzlemdeki sunumudur. İki boyutlu çizimde veritabanı objenin sunulan koordinat değerlerini içerir. Bunlar xy, xz, yz değerleridir.

Üç boyutlu bilgisayar çizimi ise x,y,z koordinat formatlarının tümünü içerir ve geometrik modellemeyle benzerlik gösterir. Genel olarak, bilgisayar destekli tasarım ve sunumu; tasarımı ve üretimi içeren teknik fonksiyonlar için yaratılmış bir bilgisayar çizimi prosesi olarak tanımlanabilir.

Bilgisayar destekli tasarım kavramı pek çok insan tarafından farklı algılanabilir. Bazı meslek grupları için bu bilgisayar destekli sunum ve çizimi içerir. Bu kavramın içinde tasarımın teknik çizimi, üç boyutlu tel örgü (wireframe) çizimi veya yüzeyi kaplanmış katı (solid) modeli vardır. Bazı meslek grupları için de bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli analiz veya üretim koşullarının desteklendiği bir ağ olarak algılanır. Buna rağmen modern Bilgisayar Destekli Tasarım sistemleri enteraktif bilgisayar grafikleriyle temellendirilir. Tasarlanan objenin verileri bu sistem sayesinde bilgisayar destekli tasarım ve sunum (Computer Aided Design and Drafting: CAD/D) amaçlı olarak hafızada saklanabilmektedir.

Bütünleştirilmiş bir bilgisayar destekli tasarım ve üretim (Computer Aided Design and Manufacturing; CAD/CAM) sisteminde ise, ürünün tasarımı ve üretimi arasında direkt bir link kurulmuştur. Amaç sadece tasarımın ve üretimin safhalarını otomatize etmek değil aynı zamanda tasarımdan üretime olan geçişi otomatize etmektir.

Bilgisayar grafiklerinin, görsel sunumlarının bilgisayar aracılığıyla ifade edilmesi bilgisayar destekli sunum kavramının temelini oluşturur. Bilgisayar destekli sunumun en basit hali; üretilecek bilginin iki boyutlu grafiksel çıktısının görüntülenmesidir. Ayrıca bunun dışında “Hızlı Prototip” (Rapid Prototyping) veya üç boyutlu çıktı adı verilen sistemlerde, tasarlanan bir modelin birebir ya da küçültülmüş ölçeklerde maketinin elde edilmesi mümkündür.

Üretim grafikleri, tasarım süreci ile iletişim içinde bulunan grafikleri sunar. Grafikselsel iletişim tasarım eğitiminde önemli bir yer teşkil eder. Grafik, hem tasarımcılar hem teknisyenler hem de mühendisler için ortak bir dil olarak algılanabilir.

Bilgisayar ve bilgisayar grafikleri ürünün prosesi ve sistemlerin tasarımı için önemli ve kuvvetli araçlardır. Tasarımsal, teknik ve mühendislik problemlerinin çözümleri, üretim ve sistemin tanımı için bilgisayar grafiklerinin görüntülenmesi yararlıdır. Bu tasarımcı için yüksek seviyede üretim olanağı sunarken, bilgisayar grafik sistemleri aynı zamanda onların alet takımlarının da önemli bir parçası haline gelir.

Bilgisayarların ve buna bağlı grafiklerin kullanımı teknik çizimde ve diğer grafikselsel iletişimlerde hassas olunmasını sağlar. Bilgisayar destekli tasarım ve sunum aynı zamanda bilgisayarlar ve yardımcı aletlerinin kullanımıyla tasarım ve sunum için grafik oluşturmanın otomasyon metodunu ifade eder. Bilgisayar destekli tasarım programları ve bilgisayarlar endüstride, tasarımsal ve mühendislik çizimlerini oluşturmak için kullanılan geleneksel aletlerin (çizim masası, cetveller, kalemler, şablonlar, vs.) yerini almıştır. Tasarımcılar, mühendisler ve üreticiler başlangıç için gerekli olan eskiz çizimlerini bilgisayar destekli tasarım sürecinin yarı mamulü olarak görürler. Bu eskizler bir tasarımın oluşumu için şarttır. Elle çizilen eskizler aynı zamanda tarayıcılarda taranarak bilgisayar destekli tasarım programlarına aktarılarak direkt olarak bilgisayar ortamına sokulabilir.

Tasarımda yapılacak olan değişiklikler tasarım parametrelerinin tümünün değişimini içerir. Yeni modeller çabuk geliştirilebilir ve simülasyon özellikleriyle de doğruluğu ispat edilebilir. Çizimler eğer üretim, yapı ve dokümantasyon için acil gerekliyse bunlar oluşturulmuş bir veritabanından çabuk bir şekilde sağlanabilir. Günümüzde tasarım eğitimi alanlar, tasarım prosesini destekleyen grafik eğitimini almalıdır. Geometrik modelleme teknikleri ve üç boyutlu geometrilerin görünümüyle ilgili pratikler bilgisayar destekli tasarımın odak noktasıdır.²⁸

²⁸ İ. Hüseyin FİLİZ, Türkey DERELİ, **An Introduction To Computer Aided Design/Drafting and AutoCAD**, Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekanik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, 1997, 3-5, 11-13 s.

Ürün tasarımları, tasarımcının akıl gözünde imajlar şeklinde oluşurlar. Tasarım grafikleri de bu fikirlerle iletişime geçerek onları değerlendirmek için hem iki hem de üç boyutlu olarak kâğıt üzerine kaydeder. Günümüzde bir ürünün görsel tasarımları, teknik anlamdaki tasarımları ve mühendislik çizimleri içinden çıkılmaz biçimde birbiriyle bağlıdır.

1.5.3. Bilgisayar Grafiklerinin Önemi

Bir resmi ya da bir görüntüyü gözümüzün önüne getirebilme hepimizin başarabildiği bir eylemdir. Ancak hafızamıza kaydedilmesi güç olan daha komplike görüntüleri belki hazırlayacağımız bazı plan, şema ya da eskizlerle belgeler haline getirir, onları biraz daha “görünür” kılabiliriz. Görsel düşünce, hem sanatta hem de bilimde önemli bir kavramdır.

Günümüz teknolojisi tek bir insanın görsel düşüncesinde yatan bir makine tasarlayıp bir ürün ortaya koymasını sağlayamayacağı kadar karmaşık görünür. Görsel düşüncedeki bu imaj diğer tasarımcı ve mühendisler tarafından paylaşılmalıdır. Buna da ek olarak bu imajlar bir şekilde anlaşılabilir, uygun ve okunabilir formatta yapılandırılmalıdır. Bu yapı başkaları tarafından da anlaşılabilir görsel fikirler topluluğu haline getirilmelidir. Tasarıma ait üretim çizimlerinin genelde %92'sini grafiksel yapılandırma, %8'ini de rakamsal değerler oluşturur.

Tasarımsal çizimler bilgisayarla ya da geleneksel çizim kalemleriyle yapılıyor da olsa sonuçta çizimler boş bir kâğıt ya da ekran üzerinde başlar. Tasarımcının akli gözü kâğıda ya da bilgisayar ekranına transfer olmalıdır. Bu eylemin yaratıcı doğası sanatçılarda da aynı yolu izler.

Bilgisayar destekli grafik kullanımının tasarım prosesine büyük oranda etkisi vardır. Örneğin, bir parçanın başka bir parçayla olan etkileşimi veya ayrıntıların tanımlanması için parça birkaç defa değiştirilebilir. Bilgisayar destekli tasarımın yaratılmasından önce, bu değişiklikler oldukça usandırıcı, zaman harcayan ve hataya meyilli prosesler olmuştur. Bununla beraber, bilgisayar destekli tasarım, çizimler

üzerinde yapılacak değişiklikleri daha hızlı ve kolay yapmamıza olanak sunmuştur. Öyle ki, tasarımcıların birbirine yerel ağla bağlı olduğu bir bilgisayar sisteminde bu değişimlerin tartışılması ve hayata geçirilmesi oldukça kolaydır.

Bilgisayarlarda görsel tasarım oluşturmamızı sağlayan bilgisayar destekli tasarım yazılımları başlangıçta başarılı olmalarına rağmen sınırlı özelliklere sahiptiler. Üç boyutlu tasarımların ortografik izdüşümleri ve perspektif görünümüleri için yapılan işlemler tatmin edici değildi ve tasarımcıyı “akıl gözü”nü kullanmaya zorluyordu. Tasarımcılar çizmiş oldukları objelerin iki boyutlu görünümüleri üzerinde yoruma açık bazı çizgisel özelliklerle karşılaşılıyorlardı. Daha sonraları bu problem yazılımlara eklenen yapay zekâ ile giderilebildi. Önceleri nesne analizi konusunda yetersiz olan yazılımların yerini de hacim, mukavemet, termodinamik hesaplamaları gibi konulara sahip yazılımlar aldı. Daha önceleri lightpen ve klavye aracılığıyla girilebilen komutlar günümüzde mouse ile verilebilecek basit komutlar topluluğu haline getirildi.

Bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının günümüzdeki jenerasyonu tasarım prosesi üzerinde büyük bir etkiye sahip olmuştur; çünkü artık bir ürünün sanal prototipini yaratabilmek mümkündür. Yaratılan sanal prototipi görsel olarak her açıdan ve her mesafeden izleyebilmek ve bunları grafiksel sunumlara dönebilmek mümkündür. Pek çok ürün birbirine montajlı ve birbirinden ayrılmış olarak görüntülenebilmektedir. Günümüzde iki boyutlu ortografik çizimler her ne kadar halen gerekli ve kullanılıyor da olsa artık üretim için kullanılan çizimler üç boyutlu sanal prototiplerin öncülüğünde gerçekleşmektedir.²⁹

Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin her ikisi de bilgisayar veritabanı ile ürünün geometrisinin doğru tanımı üzerine kuruludur. Bilgisayar, bunu her ne kadar grafik aktiviteleri sayesinde başarıyor da olsa, bu daha çok iyi bir üç boyutlu modelleme ve sunum sistemine bağlıdır. Bilgisayar grafikleri sayesinde günümüzde bir parçanın tüm görünüşlerini görebilmemiz mümkündür. Böylece parçaya tek taraftan bakmaktan ziyade parçayı içine alan bir küreymişçesine parçaya her noktadan bakabilmemiz

²⁹ Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 8 s.

mümkündür. Bilgisayarların bu avantajının ön plana çıkmasıyla ortografik izdüşümünün de görsel anlamda kullanım önemi azalmıştır.

Dünyada son on, on beş yıllık süreçte bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemlerinin kullanımı konusunda patlama yaşanmıştır. Bundaki diğer etkenler ise bilgisayar donanımlarının ve yazılımlarının fiyatındaki düşüş ve tecrübeli eleman sayısındaki artıştır.³⁰

1.5.4. Bilgisayar Destekli Tasarımın İnsan Akli Ve Yapay Zekâ İle Etkileşimi

Bilgisayarla çalışıyor olmamız bilgisayarların bizim yapacağımız işleri yönlendireceği anlamına gelmez. Bilgisayarlar sadece yapacağımız işte farklı bir yöntem veya yöntemler gurubunu bizlere sağlayacaktır. Bilgisayarı kullanıyor olmak yapacağımız o işte araç olarak bilgisayarı kullanacağız anlamına gelir. Bilhassa, bilgisayarların sanat ve tasarım alanında kullanımı bu yaratıcı işlemin doğasını değiştirebilir veya faaliyet alanını genişletebilir. Bilgisayar; her ne kadar elimizle dokunabildiğimiz ve algılayabildiğimiz fiziksel dünyamıza karşı birebir etkili olmasa da, daha çok bizim düşünsel sürecimize ve bu dünyayı nasıl tasarlayabileceğimiz problemine karşın önemli bir yardımcı araçtır.

İnsan bilgisayar etkileşimindeki en ilgi çekici araştırmalardan bazıları da bilgisayar kullanıcısının ilgilendiği konu hakkında bilgisayarda, incelemeler, ifadeler ve kesin tanımlar geliştirmesi ile ilgili olmuştur.

Tasarımcı ya da sanatçı bilgisayarları üç boyutlu nesnelere görüntülemek için kullanabildikleri gibi, bilgisayarları aynı zamanda kendi biçim anlayışları için de kullanabilirler. Buna rağmen bu araştırma, yaratıcılığı hesaplamaktan ziyade bir model yaratmada ne tip bir yardımcı unsurun yaratıcılığı desteklediğini gösterir. Bunun da ötesinde bir problemin çözüm modeli yaratıcı sürece fayda sağlayabilir.

³⁰ B.L. Davies, A.J. Robotham, A.Yarwood, a.g.e., 1-2 s.

Bu çözümlerin sağladığı avantajlar ve incelikler sayesinde tasarıma ve sanata olan yaklaşımımızda gelişmeler olacaktır. Bu sayede insana dair olan davranışlar, fikirler ve teoriler arasındaki ilişkilere ait yeni görüşlere de ulaşmayı başarabiliriz.³¹

Bilgisayar destekli tasarımları yaratmaya başlarken insan-kullanıcın da tasarım konusunda bilgisayarlara ait yapay zekâyyla olan etkileşimi önemlidir. Tasarım insanların aklında oluşan bir kavramdır ve insan aklının bilgisayardaki yapay zekâyyla iletişim içinde olması ile tasarımların daha ileri düzeyde oluşturulabilmesi mümkün olmuştur. Bilgisayarlarda yapılacak olan tasarımların temelde ihtiyacı olan üç kavram vardır. Bunlar felsefe, yapay zekâ ve tasarım pratiğidir.

- **Felsefe**

Filozoflar bu dünya hakkında bildiklerimiz ile aklımızda tasavvur ettiğimiz tüm insanlık tecrübeleri için sebebi olan açıklamalar ararlar. Bu bilginin kendisi için de geçerlidir. Bilgi kendi içinde farklı kategorilere ayrılmış ve bilgi insanlar tarafından farklı sıfatlarla ifade edilerek farklı yerlere konmuşlardır. Bu aynı zamanda bilginin üzerine kurulduğu inançları ve bu seçilmiş inanışları da kendine bağlayarak bilgiye olan ihtiyacı vurgulamıştır.

Felsefi öğretilerden biri olan agnostik* yaklaşım tasarımların felsefi yönlerini sorgulayabilecek bir kalıp oluşturabilir. Agnostisizm bizlere günümüzdeki yerleşik inançların yanlış olabileceğini ve bizleri belli kalıplara sokmaya çalışan inanış ve koşulların bizler istemediğimiz takdirde sorgulanabileceğini ima eder. İnanışları sorgulamak ve sonuçlarını keşfetmek insanlığın geçmişten günümüze sahip olduğu bir dürtüdür ve insanlık adına yaratılan her kavramın ve icadın başlangıcında da bu tip bir dürtüyle yola çıkılmıştır.

³¹ Ernest EDMONDS, (Edited by) John S. GERO, Mary Lou MAHER, **Modeling Creativity and Knowledge Based Creative Design**, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, New Jersey 1993, 261 s.

* Agnostisizm: Bilinemezlik

Bunun ötesinde bu konu, felsefi duruş ve pratikte yapmamız gerekenler arasındaki direkt bağlantıyı vurgulamaya doğru yönelebilir. Buradaki maksat yeni bir felsefi öğreti yaratmaktan ziyade, insan aktiviteleri ile insanın anlama yetisini felsefi boyuta getirerek onlara anlamlar yüklemeye çalışmak olacaktır.

- **Yapay Zekâ**

Bilgisayarlara karşı geliştirdiğimiz yaygın ve popüler inançlardan biri de onların “bilgi”yi ihtiva edip bunu da sergiledikleri üzerinedir. Yapay zekâ alanı, insanların onu zekâsıyla tanımlayacağı hesap gücü yüksek bilgisayar sistemleri oluşturmayı hedefleyen bir pozisyonu benimsemiştir.

Her türlü koşullarda, tüm çabalar, bilgisayarların insanların kabiliyetlerine dayalı harici bir bilgi kaynağı oluşturmak içindir. Bu çabalar, bu tip bir dış bilginin bağımsız varlığı, bunu izleyen evrimi, bilgiye yüklediğimiz sorumluluk ve otorite hakkında sorular sormamızı sağlar. Bu gelişmeler gelecekte daha objektif bilgiler elde etmek isteyen insanoğlunun çabalaması olarak da görülebilir.

Zeki bilgisayarları sorgulayarak, kendimizi kurulu inançları sorguluyor halde de bulabiliriz. Zeki bilgisayarların olanağı (varlığı) temelde agnostiktir. Buna karşılık insan unsuru ve yapay zekâ arasındaki belirtilmiş sınırın daha öteye taşınması gerekir.

- **Tasarım Pratiği**

Tasarım, insanlar arasından gelen bireysel yargıya ve uyumsuzluklara dayalı, sihir ve hesaplanmış sonuçların arasında yatan bir aktivite olarak da tanımlanabilir. Tasarımcıların önemli bir görevi diğer insanların isteklerine ve değerlerine ifade katmaktır.

Yargıların ve hesaplamaların ardında, tasarım diğer tüm insan aktivitelerine benzer. Tasarımın insanlar arasında farklı fikirler uyandırma ve farklı biçimlerde hayata geçirilebilme özellikleri vardır. Bilgisayar destekli tasarımda tasarımcının gerekliliği

olgusu, üretilen, paylaşılan ve insanlarla bilgisayarlar arasında bölümlenmiş zekâyı sorgulamasında yatar.

Yapay zekâyı gerçeğe dönüştürmek için, onu tanımlayan kavramlar üzerine olasılıklar yaratmak, insanlarla arasındaki sınırlarını belirterek onun varlığını değerlendirmemiz gerekmektedir. Bunu başarmak için de yapılan tasarımların pratik işleyişini çözümlememiz gerekmektedir. Bu sayede yapay zekânın gelişimi için ona yeni beceriler kazandırmak mümkün olabilir.³²

1.5.6. Bilgi Tabanlı Elektronik Sistemlerde Yaratıcılık

Bilgi tabanlı elektronik sistemlerin ortaya çıkışı bizleri, yaratıcılığın desteklenmesi için yeni bir mekanizmayla tanıştırmıştır. Uzmanların bilgi tabanıyla karşılıklı ilişkiler kurmaya ve bilgilerini rafine hale getirmeye başladığı dönemlerde problemlerin çözümü için farklı yöntemler de kullanılmaya başlanmıştır. İnsan bilgisayar etkileşimi, tasarım ve tasarım metodlarıyla çok ilgili bir konudur. Bu noktadan baktığımızda, bu konunun tasarımın genel aktivitesiyle açıkça bağlantılı olduğunu görürüz, fakat bunun aynı zamanda hem sanat hem de tasarımla ilgili çok büyük avantajlar sunduğunu da görürüz. Üç boyutlu görüntüleme de bu avantajlar arasındaki geçerli kavramlardan biridir. Bilgisayarda yapılan çalışmalar yaratıcı ve keşifsel yönde ilerleyebilir. Bu açıdan bakarsak uygulamanın temeli de fikir ve teori üretmek üzerine kurulmuştur. Fikirler, teoriler ve insan yapımı objeler arasındaki ilişkiler sanat ve tasarımda birbiriyle ilişkili konular arasındaki tartışma ve değerlendirmelerin temelini oluşturur.

Tasarım ve teori aktiviteleri hakkındaki dikkatli bir çalışma bu konunun bilimsel aktivitelerle pek çok ortak yanı olduğunu gösterir. Yaratıcı tasarım süreci için bilgisayar destekli sistemler yardımcı unsurlar arasındadır.

Bilgisayar ile yapılacak olan uygulamada, sanatsal ya da sanat içerikli bir obje tasarlamada kullanılacak kural ve komutlar sadece görüntünün yaratılması için yardımcı

³² Aart BIJL, a.g.e., 5 s.

araçlar olarak kullanılırlar. Buradaki anahtar nokta; tasarımcının tamamen kullanacağı komut ve altyapıyı belirtmek zorunda oluşudur. Bu bilgiyi belirtme sürecinin kendisi yaratıcı bir davranıştır.

Sistem yapıyı tanımlayan kurallarla desteklendiğinde, bu kuralları işletebilen yapıları görevlendirmiş olur ve böylece mümkün olan sonuçları da beraberinde getirir. Burada en önemli konu altyapıya dâhil olan öğelerin belirlenerek gerçekçi hale getirebilmek, yapıyı yaratıp geliştirmeyi mümkün kılmak ve video yapısını direkt görüntüleyebilmektir.

Burada bahsedilen metotlar geleneksel metotlardan farklı olup işlerin altyapılarını formüle etmek için kullanılırlar ve böylece tasarımcının amaçlarını ifade etmenin yeni yollarını önerirler. Prosesin basit görünümü aşağıdaki gibidir:

1. Tasarımcı bir işin altyapısını tanımlar
2. Bilgisayar sistemi kastedilen işi realize eder
3. Tasarımcı sonucu değerlendirir
4. İş tanımlanır (veya)
5. Tasarımcı yapıyı geliştirir ve bilgisayar sistemi için tekrar realize ederek işi tekrardan tanımlar.

Değerlendirme aşaması tabii ki evet/hayır sonucunu yaratan basit bir husus değildir. Yapılar arasındaki ilişkilerin kavranması ve onların somut sonuçları, değerlendirmenin gidişatını belirler. Böylece değerlendirme ile birlikte tasarımcının sistemde belirtilen amaçlarının tekrar gözden geçirilmesi mümkündür.

Sonuçta açıklığa kavuşan bir diğer konu da, daha önceden tanımlanmış tecrübe doğrultusunda, bilgisayar sisteminin teknik yapısının görüntü yapıları kadar büyük bir öneme sahip oluşudur.

Sanatın bilimle olan ilişkisi ilerledikçe tasarımın ifade dili de gelişecektir. Yeni anlayışların yanında ifadenin çeşitliliği de görülebilecektir.

1.5.7. İnsan-Bilgisayar Tasarımı Çerçevesinde, Tasarım Yaratıcılığı İçin Gerekli Potansiyeli Nasıl Arttırabiliriz?

Tasarıma yönelik yaratıcı çözümler ya amacın yeni çözümler üretmesiyle oluşur ya da daha önceden tecrübe edilmemiş tasarım çözümlerinin uygulanmasıyla bulunan çözümlerdir.

Verilen bu varsayımla, yaratıcılık, sözü edilen işlemin sistematik olarak desteklenmesiyle artırılabilir. Bilgisayar sistemleri, problem formüllerinin ve çözüm alanlarının keşfini destekler ve (insan ve makineden oluşan iki ortak arasındaki çalışma bölümünün olduğu) yaratıcılığı arttırmada en etkili rolü üstlenir. Bu bağlamda izlenmesi gereken metotlardan biri de “kavramsal modelleme” metodudur.

Kavramsal modelleme, kökenini insanların problemlerini çözmeye dayalı bilgi işlem teorilerinden alır. Kavramsal modellemeye dair problem çözümünün bilgi işlem teorisine ait üç ana varsayımı şöyledir:

1. Bilgi işlemcisinin temeli kısa ve uzun süreli bellek ile sembolleri işleyen bilgi işlemciden oluşur.
2. Tasarım probleminin çözüm şartları; tasarım problem alanı, tasarım görevi şartı ve bilgi işlem mekanizması olan insandan oluşur.
3. Tasarım işi kaynaklar üzerindeki limitler ve makul zaman sınırları ile çözülebilir olmalıdır.

Bu maddeler doğrultusunda gerçekleştirilecek olan tasarım süreci ise özetle şöyle açıklanabilir;

1. Tasarım aktivitesi üç kategoriye ayrılır; yaratıcı, değerlendirici ve parçaları bir araya getirici niteliklerdedir.
2. Tasarım sürecinin insan tasarımcılar tarafından kontrolü dinamik ve esnek olmalıdır.

3. Tasarımcılar problem konularına ulaşmakta başarılı olmak için farklı görseller ve dış bellek yardımı kullanmalıdır.³³

1.6. Endüstride Bilgisayar Destekli Tasarım Prosesi

Endüstride bilgisayar destekli tasarım yöntemiyle hazırlanmış olan bir ürünün nasıl yaratılacağını açıklamadan önce endüstride bir ürünün genel itibariyle nasıl tasarlandığını açıklamamız gereklidir.

1.6.1. Endüstride Tasarım Prosesi

Joseph Edward Shigley*'in tanımına göre endüstride tasarım süreci altı adet tanımlanabilir aşamaya sahiptir.

1. İhtiyacın tanımlaması
2. Problemin tanımı
3. Sentez
4. Analiz ve en uygun şekle sokma
5. Değerlendirme
6. Sunum

İhtiyacın tanınması bir problemin varlığının bulunduğu anlarda ona karşı alınması gereken doğru hareketlerin tasavvurunu da içine alır. Bir tasarımcı, bir mühendis veya bir satış sorumlusu da problemi oluşturan kusuru tanımlayabilir. Problemin tanımı tasarlanacak nesnenin özelliğini içerir. Bu özellikler, fiziksel ve fonksiyonel karakteristikleri, fiyat, kalite ve çalışma performanslarını içerir.

Sentez ve analiz, tasarım sürecinde yüksek oranlarda yinelenen ve birbiriyle yakın şekilde ilişki içinde bulunan kavramlardır. Bir sistemin küçük bir parçası veya alt sistemi tasarımcı tarafından kavramsal hale getirilir, analize tabi tutulur, bu analizin

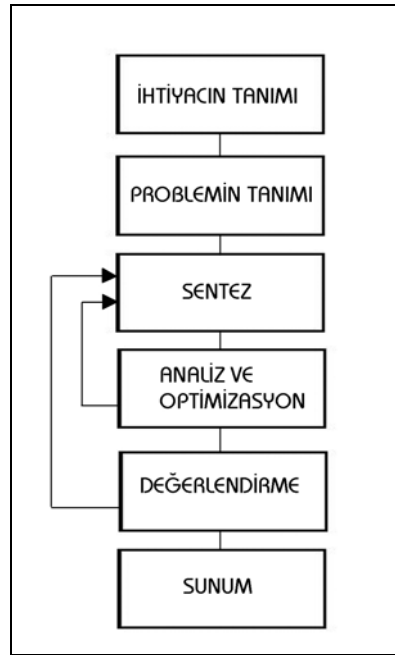
³³ Robert F. COYNE - Eswaran SUBRAHMANIAN, (Edited by) John S. GERO, Mary Lou MAHER, a.g.e., 299-300 s.

* Joseph.E.Shigley: Michigan Üniversitesi, Mekanik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesidir, aynı zamanda mekanik ve makine tasarımı hakkında kitaplar yayınlamıştır.

prosedürüne göre geliştirilerek tekrar tasarlanır. Bu proses, tasarımcıyı en iyi olanı bulana kadar devam etmeye zorlar. Sistemin parçaları ve alt sistemler de bu sayede tekrarlayan şekillerde tüm sistemle sentez olacak şekilde birleştirilir.

Değerlendirme, problem tanımlama safhasında kurulmuş olan tasarımı ölçülendirmeye karşı ayrıntılı tanımlama gibi görülebilir. Bu değerlendirmede prototip modelin çalışma performansı, kalitesi, olabilirliği ve diğer kriterlerini test ederek değerinin biçilmesine ihtiyaç duyulur.

Tasarım safhasının en son aşaması tasarımın sunumudur. Bu; çizim, materyal özellikleri, parça listeleri gibi çalışmaların bulunduğu tasarımın dokümantasyonudur. Aslında dokümantasyonun geliştirilmiş bir veri tabanına da ihtiyacı vardır. (Şema 1)³⁴



ŞEMA 1 : Shigley'in tanımladığı tasarım aşamaları.

(Kaynak: Mikell P. GROOVER, Emory W. ZIMMERS, CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984, 57 s.)

³⁴ Mikell P. GROOVER, Emory W. ZIMMERS, a.g.e., 56-57 s.

1.6.2. Endüstride Bir Tasarımın Bilgisayarda Modellenmesi Prosesi

Modern BDT (CAD) sistemi tarafından oluşturulmuş çeşitli tasarım kökenli görevler dört fonksiyonel alanda gruplandırılabilir.

1. Modelleme

2. Analizler

3. Tasarımın yeniden gözden geçirilmesi ve değerlendirme

4. Otomasyonel sunum (bilgisayar aracılığıyla yapılan görsel sunumlar)

Bu sınıflandırma Shigley'in genel tasarım prosesindeki son dört safhaya uygun gelir. Modelleme sentez safhasına karşılık gelir ki fiziki tasarım projesi İBG (ICG) sistemi üzerinden biçim alır. Analizler 4. safhaya karşılık gelir, ürünün analizi ve iyileştirme ile alakalıdır. Tasarımın yeniden gözden geçirilmesi ve değerlendirme, genel tasarım prosedürü içinde 5. basamaktır. Otomatize sunum, bilgisayar hafızası içinde bulunan dokümanı ve tasarımı imaj verisi haline dönüştürmek için gerekli prosedürü içerir. Bu, tasarımı sunmak için önemli bir yöntemi temsil eder.

- **Modelleme**

Bilgisayarda biçim yaratma üzerine çalışan bir tasarımcının oluşturmaya çalıştığı kavramlar ve modeller, bilgisayar destekli tasarıma yönelik yazılımlar ve donanımların temelleri üzerine oturur. Burada tasarım sürecinin modeli ile ürünü modelleme konularını ayırt etmemiz gerekir. Değerlendirme, rafine etme ve el ile işlemeyle bir tasarımın ortaya çıkarılmasına değin baştan sona el ile hiç işlemeden bir tasarımın görüntülenmesi, tasarımı soyut kılar. Bu tip modellemeler farklı şekillerde sunulmalıdır. Tasarım çok basitse, bunlar sadece tasarımcının kafasındaki fikirleri temsil ediyor olabilir fakat bunların dışında pek çok başlangıç tasarımları için biçimsel sunum gereklidir.

Tasarımların modelleri çok amaçlı kullanılabilir. Bunlar en çok, tasarımcı tarafından tasarımın değerlendirilmesi için temel sağlamak ve fikirleri işleyip

kaydetmek için kullanılır. Büyük çaplı işletmelerde bu işlem tek bir şahıs tarafından yürütülmekten ziyade daha çok bir grup çalışması olarak uygulanır.³⁵

Bilgisayar destekli tasarımda, modelleme, bir objenin geometrisinin bilgisayar uyumlu matematiksel tanımı ile ilişkilidir, matematiksel tanımlama BDT (CAD) sistemine ait işlemci (CPU: Computer Processor Unit)'den bir grafik bağlantısına gönderilen sinyallerle nesnenin görüntülenmesini ve kullanılmasını sağlar. Yazılım (software) programının geometrik modelleme kapasitesi ise, hem bilgisayar hem de kullanıcı tarafından etkili olarak kullanılabilir.

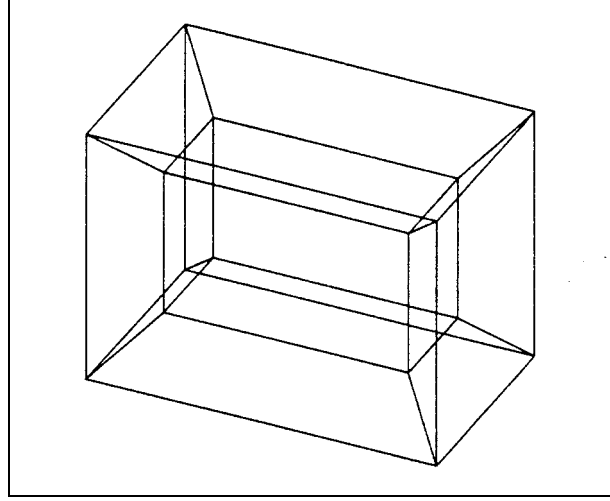
Modellemede, tasarımcı İBG (ICG) sistemindeki imajı yaratmak için üç tip ana komutlar grubundan faydalanır. İlk tip komut; noktalar, çizgiler ve çemberler, primitif katılar gibi temel geometrik elemanları oluşturur. İkinci komut tipi; ölçeklendirme, çevirme ve çizilen elemanların değişim özelliklerini gerçekleştirmek için kullanılır. Üçüncü tip komutlar; İBG sisteminde yaratılmış nesnenin istenilen yapısal ve dokusal nitelikleri ve analizi için kullanılan çeşitli komut gruplarıdır. Bu modelleme sürecinde bilgisayar, komutları matematiksel model içinde çevirir, bunları veri dosyaları halinde stoklar ve resim olarak da ekrana yansıtır. Model sonradan veri dosyalarından çağırılabilir durumdadır.

Geometrik olarak modellenmiş bir nesnenin sunumu farklı metotlarla yapılır. Modellenecek olan formun biçimsel yapısının ifadesi için gerekli en temel çizim tel örgü (wireframe) adı verilen çizim biçimidir. Bu biçimde obje birbirine bağlı çizgilerle görüntülenir. Tel kafes tipi modelleme İBG (ICG) sisteminin kapasitesine ve sunumda istenilen özelliklere dayalı olarak üç sınıfa ayrılmıştır;

1. Düzlemsel nesnelerin sunumu için iki boyutlu sunum.
2. Üç boyutlu bir objenin yüzey detaylarının gösterilmediği iki boyutlu çizgi öğeleri ve özellikleriyle anlatılan nesneler.
3. Tam olarak üç boyutlu modellenmiş daha karmaşık geometriye sahip modeller.

³⁵Chris Mc MAHON , Jimmie BROWNE, a.g.e., 7 s.

Ancak bir nesnenin üç boyutlu tel örgü sunumu bazen karmaşık nesnelere için yetersiz kalır (Şekil 7). Tel kafes modeller çeşitli şekillerde geliştirilebilir. Bu tip çizimlerde monitör ya da çıktıda görebileceğimiz çizgilerin birbiriyle çakışması sonucunda oluşabilecek karışıklıklar farklı tip ve renklerde çizgilerin kullanımıyla daha anlaşılabilir bir hale gelebilirler.



ŞEKİL 7: Üç boyutlu tel örgü modeli. Bloğun hangi köşesinin izleyiciye daha yakın olduğunu tespit etmek zordur.

(Kaynak: Chris Mc MAHON , Jimmie BROWNE, a.g.e., 35 s.)

Modellenen formun görüntülenmesi için başvurulan diğer modelleme yöntemleri de yüzey modelleri ve üç boyutlu katı modellerdir. Bu modelleme biçimleri ileriki bölümlerde daha detaylı olarak anlatılacaktır. Bazı CAD sistemlerinin başka bir özelliği de renkli grafik kapasitesidir. Buradaki renk verme, grafikler ekranında daha çok bilgi görüntüleme anlamındadır. Renklendirilmiş resimler bir parçanın bütünden ayrılmasına, ölçüleri belirtmeye veya diğer özelliklerdeki amaçlara yardımcı olur.

- **Analizler**

Bunlar tasarlanan nesnelere uygulanan laboratuvar deneylerinin sanal ortamdaki karşılığıdır. Genelde mühendislerin kullandığı bu uygulamalarda, parçanın ısıya, basınca ve fiziksel bir takım dış etkilere olan dayanıklılık ve kalite kontrolü testlerini

içerir. Günümüzdeki bilgisayar programları tasarlanan bir ürünü oluşturan malzemelere yapılacak testleri de içerebilmektedir.

- **Tasarımın Yeniden Gözden Geçirilmesi ve Değerlendirme**

Tasarımın hassaslığının kontrolü grafik terminali üzerinde uygun bir şekilde yapılabilir. Ölçülendirme, toleransların değerlendirilmesi, kinematik yorumlama bu tip kontrolleri içerir.

- **Otomasyonel Sunum**

Otomasyonel sunum, BDT (CAD) veritabanından direkt olarak alınabilen üretim çizimlerinin yaratılmasını içerir. BDT (CAD) sistemlerinin sunum fonksiyonundaki yaratıcılığı, manuel sunuma göre kat kat hızlı olacak şekilde artırılabilir.

Bilgisayar destekli tasarım sistemlerinin bazı grafik içerikleri kendilerini özellikle sunum sürecine verirler. Bunlar otomatik ölçülendirme, çalışma çizgilerinin ortaya çıkarılması, çizimin ölçeklendirilmesi ve özel parça detaylarının genişletilmiş görünümünün ve kesilmiş görünümünün geliştirilmesi kapasitesine sahiptir. Görüntünün değiştirilebilmesi veya parçanın çevrilebilmesi sunumda kayda değer ölçüde yardımcıdır. Pek çok BDT (CAD) sistemi parçanın en az altı görünümünü sunacak kapasitededir.

1.6.3. BDT (CAD) Sistemi İle Üretimde Veritabanı Oluşturma

BDT (CAD) sistemini kullanmanın başka bir önemli sebebi ürünü üretmek için gerekli olan veritabanını geliştirme fırsatı verir. Geleneksel üretim döngüsü, endüstride çok uzun yıllar kullanılmıştır, üretim çizimleri teknik ressamlar tarafından hazırlanmış ve bunlar endüstri mühendisleri tarafından uygulama planı olarak geliştirilmişlerdir. Ürün tasarımı üretimin tasarlanma süreciyle ayrılmıştır. Böylece üretimde iki basamaklı prosedür uygulanmaktadır. Bu hem zaman kaybı hem de üretim ve tasarım personeli tarafından sarf edilen gayretin artışı anlamındadır. Bir bütün oluşturan BDT/BDÜ (CAD/CAM) sistemlerinde, ürün tasarımı ve üretimi arasında direkt bir bağ kurulabilir. BDT/BDÜ (CAD/CAM)'in amacı bir bütün olarak bakıldığında sadece tasarımın veya

üretim keskinleşmiş evrelerini otomatize etmek değildir. Bu bütünlük tasarımdan üretime geçişi de otomatize etmektedir. Bilgisayar tabanlı sistemler, üretim için gerekli üretim operasyonlarının yönetimi ve planlaması için gerekli dokümantasyon ve veri yaratmayı da içine alabilmektedir.

Üretim, veri tabanı bütünleşmiş BDT/BDÜ (CAD/CAM) veri tabanından ibarettir. Bu, tasarım süresince meydana gelmiş, ürün üzerindeki geometrik veriler, parça ve materyal listeleri, materyal özellikleri gibi tüm verileri içerir.³⁶

1.7. Bilgisayar Destekli Tasarım'da Modelleme Yöntemleri ve Model Tipleri

BDT ve BDS (Bilgisayar Destekli Sunum-CAD/D: Computer Aided Design and Drafting)'un gelişimi mantıklı fakat hayal edilemeyen bir yön izlemiştir. BDT/BDÜ (CAD/CAM) endüstrisi yeni gelişimlerin kıyısında.

BDT ve BDS (CAD/D)'un tarihi tasarımcı, mühendis ve bilgisayar arasındaki bir diyalog olarak görülebilir. Son birkaç yıldır, bu diyalog değişmiştir. Günümüzde, tasarımcı bu programların kullanımı ve çıkışı için önceki dönemlere kıyasla matematiksel işlemlerle daha az uğraşmaktadır. Bilgisayar çizgiler, yaylar ve çemberlerin çizimi görevini daha kolay yapmaktadır.

Bilgisayar ve tasarımcı arasındaki iletişim seviyesi daha donanımlı bir hale gelmiştir. Buna rağmen tasarımcının kavram yaratma tavrı tasarımı yaratmaktan daha aktif bir duruma geçmiştir. Bilgisayar, tasarımı sadece tamamlamayı değil tasarımı biçimlendirmeyi de bizlere sunmuştur. Tasarım artık eskisi gibi iki boyutlu sunumun ötesine geçerek tasarımı üç boyutlu olarak görmemizi sağlamıştır.³⁷

Tasarım ve üretim için BDT/BDÜ (CAD/CAM) sistemini kullanmanın ilk adımı geometrik modellemedir. Bu, bilgisayar hafızasındaki bir öğenin biçimi ve ölçüsünü

³⁶ Mikell P. GROOVER, Emory W. ZIMMERS, a.g.e., 65 s.

³⁷ İ. Hüseyin FİLİZ, Türkay DERELİ, a.g.e; 5–10 s.

sunmak için geometrik iki boyutlu modelin yaratılması işleminden başlar. Daha sonra üç boyutlu modellemede kullanılacak olan geometrik modelleme yöntemi, ürün tasarımının ve üretim sürecinin başlangıç noktası olduğundan beri BDT/BDÜ (CAD/CAM)'in önemli bir aşaması haline gelmiştir. Bunun başka bir önemi ise bilgisayar hafızasında kaydedilmiş, incelikle işlenmiş olan bir modelin diğer CAD/CAM fonksiyonları olan analiz, NC programlama ve bilgisayar destekli sunumda da kullanılabilir olmasıdır.

Enteraktif grafiklerin kullanıcıya geometrik modellerin yapısı için kurulu olan veriyi değiştirme ve manipüle etmesini sağlamasından beri geometrik modelleme, AutoCAD®, DesignCAD®, Rhinoceros®, 3D Studio Max®, Unigraphics®, Pro-Engineering® gibi grafik sistemlerinde yardımcı öğe olarak kullanılır.

Genel olarak, BDT/BDÜ (CAD/CAM) sistemlerinde cismen bir objeyi ifade etmede üç tip modelleme kullanılır. Bunlar tel örgü, yüzey ve katı modelleridir.

Tel örgü (wireframe) modeller, modellemenin en kolay metodudur ve bilgisayar destekli sunum sistemlerinde de modellerin tanımlanmasında kullanılmaktadır. Bunun sebeplerinden en önemlisi, tel örgü modelleri yaratmanın basit ve kolay oluşudur. Aynı zamanda birbiriyle ilişkili olarak az bir zaman ve bellek yeterlidir, böylece düşük konfigürasyonlu bilgisayarlarda da bu tip modelleme ihtiyacı karşılanabilir. Aynı zamanda tel örgü modeller nümerik kontrol (NC: Numerical Control) makinesinin kesim yolunu izlemesini sağlayan bir izdüşüm olarak kullanılır.

Geometrik modellemenin bir üst seviyesi yüzey (surface) tipi modellemedir. Bu tip modelleme tel örgü modellerinin karmaşık görüntüsüne istinaden oluşturulur. Yüzey modeli tel örgü modelin üzerindeki tanımlı yüzeylerden oluşturulabilir. Bir yüzey modelini inşa etmenin prosedürü bir kafesin üzerine benzer özellikte ince, parçalı materyalleri germekten ibarettir. Yüzey ve yapı çizgileri gibi yüzey modeller de geometrik olarak kesin tanımlara sahipse, bu tanımlar nümerik kontrol mekanizmasının çalışmasında otomatik olarak yardımcı bir rol üstlenir. Yüzey modeli kimi zaman bazı BDT/BDÜ (CAD/CAM) sistemleri tarafından desteklenen çok çeşitli yüzey özellikleri

kullanılarak yapılandırılabilir. “Düzlem” bir yüzey elemanını sunmadaki en temel özelliktir. Daha kompleks yapılar basit geometrik prizmalar, bir merkez etrafında dönen sınırlandırılmış yüzeyler, sürüklenen yüzeyler ve kenarları yuvarlatılmış yüzey çeşitleri gibi tanımlanabilmektedir.

Yüzey halindeki modeller katı (solid) modeller olarak tanımlanamazlar. Bunlar katı objeleri oluşturan parçalardır. Bir nesnenin katı olarak tanımlanabilmesi için yüzeyinde hiçbir açık noktanın bulunmaması gerekmektedir.

Katı modeller bilgisayara matematiksel olarak sınırlandırılmış hacimli yüzeyler grubu olarak kaydedilir. Bunun sonucu olarak parçaların üretim özelliklerini hesaplamak mümkün olur.

Katı modelleri kullanmanın faydalarına karşılık dezavantajları da vardır ancak bunlar asla faydalarına karşılık gelecek ölçüde değildirler. Bu dezavantajlar, hem tel örgü hem de yüzey olarak nesnelerin bilgisayar hafızasında daha çok yer kaplamasıdır. Göz önünde bulundurulabilecek başka bir dezavantaj ise, matematiksel ve karmaşık veri yapısına dayalı olarak işlenmeleri için daha çok işlem yapma gerekliliğine sahip olmalarıdır.³⁸

Bu üç tip modelleme biçimi ileriki bölümlerde daha detaylı olarak açıklanacaktır.

Kullanılan bilgisayar destekli tasarım programının niteliklerine göre, geometrik modelleme, ürün tasarımının sunumunda ürünün analizi ve simülasyonu için gerekli bilgilere sahip hale getirilebilir.

Tasarımcıların geometrik modelleri yaratmasındaki sebeplerden biri ekonomik ve gerçeğe yakın olarak üretilebilir olmalarıdır. Geometrik modellerin üretilen ürünün hem iç hem de dış niteliklerini tamamen tanımlayabilmesiyle birlikte görünüşteki anlaşılabilirlik ve objedeki karışıklık en düşük seviyeye gelmiştir. Üç boyutlu elektronik

³⁸ İ. Hüseyin FİLİZ, Türkay DERELİ, a.g.e., 13-17 s.

veri tabanının geometrik modelleme aracılığıyla yaratılmasıyla birlikte, tasarımcı tasarım dokümanlarının tümünü üretebilir, tasarlanan ürünlerin sunumlarını (render*) yaratabilir ve hatta ürünün yapılması için gerekli bilgileri sunabilir duruma gelmiştir.³⁹

Tasarım çalışmasında, bir model yaratma, sistem süreci ve güncel bir tertip oluşturma açısından doğru bir başlangıç olacaktır. Genel olarak modeller ikonik, analog veya sembolik olarak sınıflandırılabilirler.

İkonik bir model objenin orijinaliyle benzer özellikler taşıyan maketinin ölçeklendirilmiş versiyonudur. İkonik modeller hem iki boyutlu çizimlerdir hem de üç boyutlu küçük maketlerdir.

Analog modeller ise gerçek modellere vekâleten yaratılmış, problemi çözmeye yarayan modellerdir. Analog modeller, model gerçek sistemi taklit edip aynı fiziksel prensipleri takip edene kadar objenin nihai sonucu olarak görülmezler. Grafikler ve çizelgeler objenin kendi içindeki ölçüsel oranları doğrultusunda fiziksel özelliklerini niteleyen bilgiler içeriyorsa analog modeller gibi sınıflandırılabilirler. Bunlar bir nevi maket modelidir.

Sembolik modeller, aynı zamanda matematiksel modeller olarak da bilinir, ortaya çıkarılacak olan ürünün, prosesin veya sistemin soyut sunumlarıdır. Sembolik modeller sıkı kuralları olan tanımlayıcı nitelikte modellerdir. Uygulamanın kesin kurallarını bir bakıma dikte eder. Örneğin bir modeli işlemek için yapılmış bir makina sistemine verilecek bilgisayar verileri, o anki problemin çözümü için makinadan yapılması istenmiş preskriptif* yöntemi ifade eder. Sembolik modellerin tanımlayıcı yönü aynı zamanda sistemin, oluşum sürecinin veya tanımlanan yapının davranışını karakterize ederek işleyiş kurgusunu oluşturur. Matematiksel açıdan baktığımızda bilgisayar destekli tasarım programlarında oluşturulmuş geometrik modeller olan tel kafes, yüzey modelleri ve katı modeller sembolik, tanımlayıcı modeller olarak sınıflanır.

* **Render:** Modelin resimli sabit görüntüsünü almamızı sağlayan komut.

³⁹ Walter RODRIGUEZ, **The Modeling of Design Ideas-Graphics and Visualization Techniques for Engineers**, McGraw-Hill Book Company; International Editions, Printed in Singapore,1992, 177 s.

* **Preskriptif:**Kuralcı

Bununla beraber, bu modeller güncel bir objeye yakın benzerlikte görüntülediği zaman, ikonik tanımlayıcı modeller olarak da sınıflandırılabilirler.⁴⁰

1.7.1. İki Boyutlu Modelleme Biçimleri

Bilgisayar destekli tasarım modeli bir nesnenin veya projenin bilgisayar sunumudur. Bu kavram, sadece bilgisayarda görüntülenen sanal bir obje olarak düşünülebileceği gibi bir projenin iki boyutlu resimsel sunumu da olabilir. Bu tip bir model; geometri, boyutlar, toleranslar, materyaller ve üretim bilgisi de dâhil olmak üzere pek çok tasarım bilgisini içerebilir.

Bilgisayar destekli tasarımda yaratılan en basit model iki boyutlu modellerdir. Bu tip çizimler genelde ortografik izdüşümle yaratılmış üst, ön ve yan görünüşlerin bir düzlemde düzenlenmiş görüntüleri şeklinde sunulur. Ancak bu tip çizimlerde ürünün tüm özelliklerini görmek mümkün olmayabilir.⁴¹

Bilgisayar destekli tasarımın ana amacı bir nesnenin bilgisayar tabanlı sunumunu yaratmaktır. Bunu sağlayabileceğimiz tekniklerden biri de piksel resimleme adı verilen tekniktir. Pikseli basit olarak tek nokta ve tek renkten oluşan ve grafikleri oluşturmamıza yarayan görüntü parçacıkları olarak düşünebiliriz. Bu tip grafiklerde pikselleri ayrı ayrı veya belirlediğimiz sınırlar dâhilinde renklendirerek bir görüntü elde etmemiz mümkündür. Bu teknik, teknik resimleme için özellikle sanatçılar için uygun bir yöntemdir. Bu teknikle görüntüdeki gerçeklik duygusu başarılı şekilde elde edilebilir. Fakat bir objeyi sunmak konusunda da yetersiz kalan yönleri vardır. Bunun yerine vektörel tabanlı grafikleri kullanmak daha makul olacaktır.⁴²

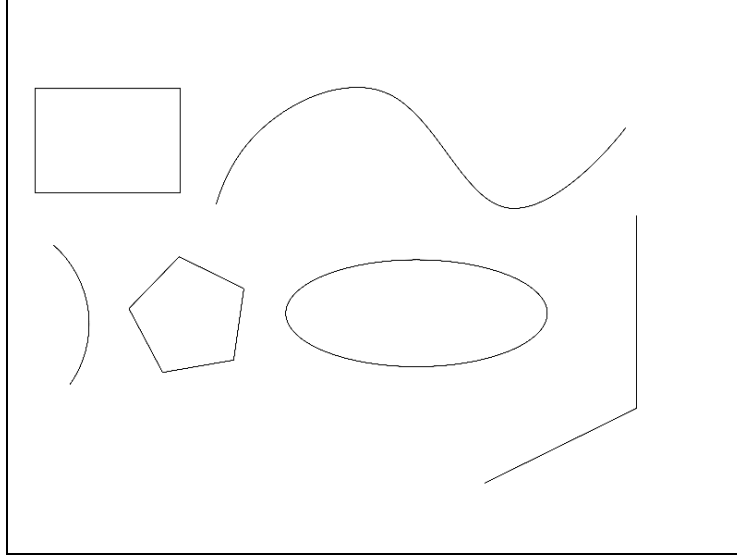
İki boyutlu vektörel bir çizim, noktaların, çizgilerin, yayların, kesitlerin ve çeşitli yöntemlerle oluşturulan eğrilerin ifadesiyle meydana getirilmektedirler. İki boyutlu düzlemde yapılan çizimlerdeki bu çizgisel topluluğun her biri birimler veya öğeler olarak ifade edilebilir. Şekil 8’de PC (Personal Computer: Kişisel Bilgisayar) temelli

⁴⁰ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 178 s.

⁴¹ Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 37-38 s.

⁴² B.L. DAVIES, A.J. ROBOTHAM, A.YARWOOD, a.g.e., 62 s.

bilgisayar destekli tasarım sistemlerindeki geometrik öge çeşitlerinin bazıları yer almaktadır.



ŞEKİL 8: Kapalı ve açık çizgiler grubu (Çizen: Efe Türkel)

Bu öğeler sistem tarafından verileri ve noktasal koordinatları için nümerik değerleri doğrultusunda tanımlanabilir. Örneğin, bir çizgi, başlangıcı ve bitişi olan x ve y koordinatları ile tanımlanabilir; bir yay ise, merkez noktasının, yarıçapının ve başlangıç ve bitiş açılarının koordinatlarıyla ifade edilebilir.⁴³Günümüzde iki boyutlu çizimlerde faydalı biçimde kullanılan iki boyutlu çizgi grupları kısaca NURBS olarak bilinen Non-uniform Rational B-spline (düzenli biçimi olmayan rasyonel Bézier eğrileri*) adlı eğrilerin oluşturduğu gruplarda toplanabilmektedir. Bu eğriler tüm eğrileri temsil eder biçimde kullanılabilir. NURBS endüstride model geometrisinin tasarımı ve sunumu için gerekli temel araçlardandır. NURBS'ü kullanmadaki en önemli unsurlar tasarıma kazandırdığı esneklikle pek çok biçimin çizilebilmesini sağlamasıdır. İki boyutlu çizimler, genelde teknik çizimleri oluşturmada veya basit yüzeyler oluşturmak için kullanılacak olan bordürleri yaratmak için kullanılırlar. İki boyutlu çizimlerin bir başka kolu da 2½ boyutlu çizimler adı verilen ve üç boyutlu çizimlerle iki boyutlu

⁴³ Chris Mc MAHON, Jimmie BOWNE, a.g.e., 28 s.

* Üzerinde değiştirilebilir kontrol noktaları bulunan, düz çizgiler veya eğriler grubunu temsil eder.

çizimler arasındaki çizim tipini oluşturmada kullanılan yöntemdir. Üç boyutlu çizimler de dâhil olmak üzere tüm çizimler esas olarak iki boyuta sahip olan çizgilerin bir araya getirilip aralarına yüzeyler örülmesiyle oluşturulur. 2 ya da 2 ½ boyutlu modelleri yaratma ve bunları görüntüleme işlemi üç boyutlu modellere göre oldukça kolaydır. Üç boyutlu grafikler için sadece 2 ya da 2 ½ boyutlu modellerde kullanılabilen bilgisayar donanım ve yazılımlarından daha gelişmiş donanım ve yazılımlar gereklidir.⁴⁴

1.7.2. Üç Boyutlu Modelleme Biçimleri

Üç boyutlu uzaydaki, geometrik bir parçanın, basit sunumunun yapısını içeren şemalardır. Tekli bir sunum kullanarak parçanın çoklu açılardaki (üst, alt, ön, arka, sağ, sol) potansiyel görünüm hataları önlenmiş olur. Belki daha da önemlisi, sunum, üretim ve analiz ölçütlerinin tespitinde çok daha kullanışlı oluşudur.

Üç boyutlu modelleme için geliştirilmiş metotlar uzaydaki bir çeşit çizgiler, eğriler, yüzeyler ve katı nesnelere koleksiyonunu içerir. Normal çizimlerde çizgiler x,y gibi iki koordinatlı düzlemlerde gerçekleştirilirken üç boyutlu çizimler x,y,z yönlerinde ifade edilir. Bu ortamda nesnenin koordinatlarını tanımlayan sisteme GCS: Global Coordinate System (Küresel Koordinat Sistemi) adı verilmiştir, ayrıca buna ek olarak modelin yapısal tanımını asiste edecek sisteme de WCS: Work Coordinate System (İş Koordinat Sistemi) adı verilmiştir.

Üç boyutlu modelleme biçimleri üç farklı tipte görülür.

1.7.2.1. Tel Örgü Modeller

Üç boyutlu bir geometriyi sunmak için kullanılan tel örgü metodu, nesnenin üç boyutlu uzayda objeyi sınırlayan kenar çizgileri ile ifade edilmesi temeline dayanır. Kenarları belirten çizgiler ve eğriler dışında nesneyi tanımlayacak herhangi bir yüzey bulunmamaktadır.⁴⁵

⁴⁴ B.L. Davies, A.J. Robotham, A.Yarwood, a.g.e., 60-61 s.

⁴⁵ B.L. Davies , A.J. Robotham , A.Yarwood, a.g.e., 82 s.

Tel örgü modeller geometrik modellerin erken dönem örnekleridir ve kökeni 1960'lara dayanır. Hem iki boyutlu hem de üç boyutlu tel örgü modeller objeyi kenar çizgileriyle, eğrilerle ve nesne üzerinde bulunan noktalarla sunarlar. Tel örgü modelleri nesnenin iskeleti olarak algılayabiliriz. Tel örgü modellerin üzerinde görülebilir bir yüzey yoktur. Geometrik varlığı çizgiler ve eğrilerden ibarettir. Aynı zamanda tel örgü modeller katı bir nesne olarak da görülmezler. Bu modeller modellenen objenin doğru geometrik tanımlarını içermektedir.

Tel örgüler görüntülenebilmeleri bakımından pratik ve hızlıdır. Böyle olmalarına rağmen solid modeller gibi ayrıntılı bir sunum tekniğine de sahiptirler.

Sınırlı yapılarına rağmen, bununla beraber tel örgü modeller çok kullanışlı da olabilirler. Bazı tasarımcılar bu tip modellemeyi katı modellemeye tercih edebilir çünkü tel örgü modelleme tasarımcının görsel becerilerine katkıda bulunmaktadır. Bunun sebebi de tel örgü temelli nesnelerin görünümünün, yüzey ya da katı model görünümüne oranla daha yüksek görsel ve zihni bir çabaya ihtiyaç duymasıdır. Buna rağmen pek çok tasarımcı yüzeyleri bulunan kaplanmış modelleri tercih ederler.⁴⁶

En basit üç boyutlu modeller olan tel örgü modellerde sadece objenin kenar çizgileri ve kurgusal çizgileri görülür. Bilgisayarların günümüzdeki kadar gelişmemiş olduğu dönemlerde tel örgü modelleme yöntemi en popüler modelleme yöntemi olarak kullanılmıştır.⁴⁷ Tel örgü planı aynı zamanda üç boyutlu planların ilki ve en doğru olanıdır. Bu tip geometri, objeden çıkarılan kesit ve kenarların çizgiler ve eğriler serisiyle sunulmasıyla tanımlanır. Bu çizim adını, bilgisayar ekranında modelin tellerle örülmüş gibi görüntülenmesinden almıştır.

Tel örgü modelleme, sunum için kullanılan tekniklerde üçüncü boyuta geçiş olarak sayılabilir. Noktalar ve çizgiler için koordinat verisine basit bir **Z** değeri eklenebilir fakat yaylar ve diğer düzlemsel eğriler için eğrinin yattığı düzlem tanımlanmalıdır. Bir yayın tanımlanmasında iş koordinat sistemi (WCS) referans edilir.

⁴⁶ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 181 s.

⁴⁷ Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 37 s.

Bilgisayarda modelleme süresi ve hafıza gerekliliklerinin birbiriyle ilişkisi göz önüne alındığında üç boyutlu modeller en ekonomik ve en doğru olarak tel örgü planlarında ifade bulur. Bu tip planlar özellikle bir tasarımın uzaysal kuruluşu, bazı geometrik problemlerin çözümü veya parçaların düzenlenmesine başlangıç için kullanışlıdır. Tek başlarına kullanıldıklarında belli başlı noksanlıklar algılanacaktır. Bunlar;

- Sunumda ve algısı zor muhtemel nesnelerin görüntülenmesinde muğlaklık vardır.
- Resimsel sunumlarda noksanlıklar oluşur. Daha karmaşık modellerin görünümünü ayırt etmek için yüzey görüntüleri elde etmemiz şarttır.
- Tasarım programlarında bu tip modellenen objelerin mekanik özelliklerinin ve geometrik kesişimlerin ifadesi sınırlıdır.
- Tel örgü geometrisi analiz ve üretim için sınırlı bir temele sahiptir.
- Tel örgü oluşturmak kolaydır fakat aynı zamanda sıkıcı da olabilir çünkü tasarımcı modeli oluşturan her bir kenarı ve noktayı belirtmek zorundadır.

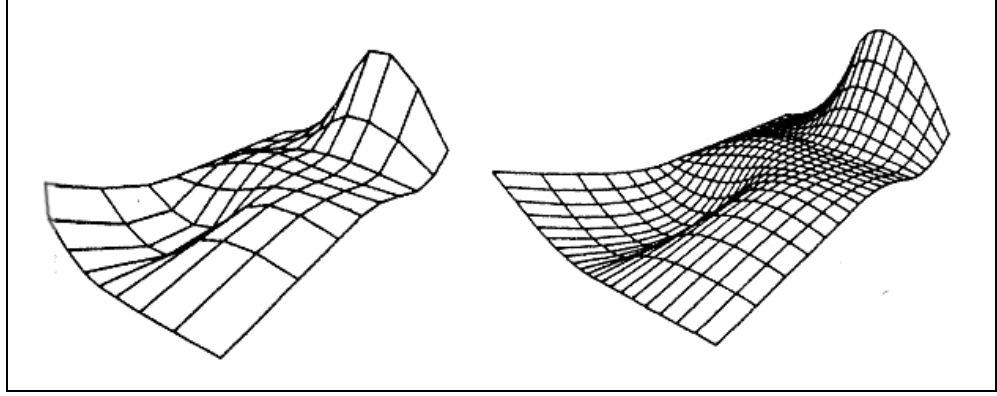
Tel örgü geometrisinde bir düzlem üç boyutlu bir nesneyi ifade etmez ama aynı düzlem simetrik biçimde yükseltir ve bağlantı noktaları ifade edilirse üç boyutluymuş gibi görünür. İki boyutlu objeler ile kurgulanmış olan bu tip modeller ise daha önceden bahsettiğimiz 2½ boyutlu modelleri oluşturmada kullanılır.⁴⁸

1.7.2.2. Yüzeylerle Modelleme

Üç boyutlu modellerin ikincisi olan yüzey modelleri ilk olarak 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir. Yüzey modelleri tel örgülerin aksine, nesnelerin hem matematiksel hem de görsel tanımlamalarını sağlar. Yüzey modelini, tanımlanmış nesnenin biçimini kabuk şeklinde kaplayan bir modelleme olarak algılayabiliriz. Yüzey modelleri, nesneyi çevreleyen kabuksu formun, düz ve eğri yüzey parçaları veya yamalarla meydana getirilmesi sonucunda oluşturulurlar.

⁴⁸ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 35–36 s.

Yüzeyin en basit örneği bir düzlem olarak gösterilebilir. Bazı yazılımlar karmaşık yüzeyleri tanımlamada poligonal yüzey ağlarını yaratmayı tercih etmişlerdir. Şekil 9’da görüldüğü gibi tasarımcı poligonal ağların sıklığını değiştirerek görüntülenen yüzeyin hassaslığını belirleyebilir.



ŞEKİL 9: Sık poligonal ağa sahip olan yüzey diğerine oranla daha yumuşak görünür.

(Kaynak: Walter RODRIGUEZ, The Modeling of Design Ideas-Graphics and Visualization Techniques for Engineers, McGraw-Hill Book Company; International Editions, Printed in Singapore,1992, 182 s.)

Yüzey modellerinin bir avantajı da düzgün yüzeyleri sürükleme, döndürme ve yükseltme komutları gibi basit komutlarla oluşturabilmektir. Buna ek olarak, tasarımcı başka yüzeyler ve yamalarla iki yüzeyin kenarları arasındaki geçişi de sağlayabilir. Yüzey modelleri aynı zamanda yüzeylerin boşluktaki kesişimlerini bulmada, hacim hesaplamada ve gölgeli kaplamalar için model yaratmada kullanılabilirler. Yüzey modellerinin dezavantajı da katı modellerde olduğu gibi modelin içyapısını analiz etmek için yeterli özelliklere de sahip olamamasıdır.⁴⁹

Tel kafes modellerin belirsizlikleri de, üç boyutlu sunum planlarının ikinci aşaması olan yüzey kaplamayla daha belirgin hale getirilebilir. Bu tip planlar modelin sunumu için bileşenler üzerindeki yüzeylerin bir kısmını ya da tümünü içerir. Sunum

⁴⁹ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 183 s.

her bir yüzeyin tek bir öge olduğu geometrik öğeler serisini içerir. En temel yüzey tipi düz yüzeylerdir ki bunlar iki paralel çizgi, üç noktadan ya da bir noktadan bir çizgiye tanımlanabilecek tipte yüzeylerdir. Yüzeylerin oluşturulması kavramı üç ana grupta toparlanabilir; bunların ilki kontrol noktaları adı verilen veri noktalarının düzenlenmesiyle oluşan yüzeylerdir. İkinci kategori eğrilere ve çizgilere dayalı olarak tel kafes iskelet üzerinde bir deri oluşturabilen tipte yüzeylerdir. Üçüncü ve son kategori ise iki ayrı yüzeyi kaynaştırmak için yaratılan ara yüzeylerdir. Bu üç tip modelleme genel anlamda modelleme yapmak için kullanılan programlarda aynıdır.

Ancak tel kafes modellemedeki belirsizlikler, baktığımız yönden görünmemesi gereken çizgilerin saklanmasıyla da daha anlaşılabilir duruma getirilebilir. Aynı zamanda yüzey modelleri ile örülen modellerde tel örgü modellerdeki modellemedeki hata ve belirsizlikler ortadan kaldırılacaktır. Yüzeyler devamı gelmeyen yüzeyler veya her biri birbiriyle kesişen devamlı yüzeylerden de oluşabilir. Ancak bu yüzeyler birbiriyle örtüşüp kapanmadığı sürece sadece yüzeyler topluluğu oluşturacak “katı” olarak tanımlanmayacaktır ve uzaydaki iki boyutlu bir düzlemi veya hacimsiz kıvrılmış bir düzlemi ifade edecektir. Bir katı nesne oluşturmak istiyorsak bu yüzeylerin bir et kalınlığı alarak, bir hacim kazanarak yüzeyinde en ufak bir boşluk kalmayacak şekilde bir kurgu hazırlamamız gerekecektir.⁵⁰

1.7.2.3. Katı Modelleme

Kısaca katılar olarak da bilinen katı modeller 1970’lerin başlarında geliştirilmeye başlanmıştır. Katı modeller, belirsizliği olmayan ve sunulan nesnenin verisel anlamdaki tüm bilgilerini içeren modellerdir.⁵¹

Katı modelleme, bilgisayar destekli tasarımın en gelişmiş modelleme tekniği olarak, bir objenin sunumundaki en ileri metottur. Tel kafes ve yüzey modellerinin aksine, katı model objeyi hacmiyle yüzeyleriyle ve köşeleriyle gerçekte varmış gibi sanal bir çevrede sunar. Böylelikle nesnenin içi de dış yüzeyleri kadar başarıyla

⁵⁰ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 36–38 s.

⁵¹ Walter RODRÍGUEZ, a.g.e., 183 s.

sunulabilir.⁵² Tasarımcılar bir tasarımı meydana getiren elemanların analizlerini ve karmaşık fonksiyonlarını, tel örgü ve yüzey modellemeyle sınırlı derecede çözümlerabilirler. Katı modelleme elemanlarıyla (solidler) ise montaj parçalarından, karışık öge analizlerine kadar her türlü hesaplamayı yapabilmek mümkündür. Bu işlemi tasarım analizleri için desteklenen yardımcı programlarla yönetmek de mümkündür.

Son birkaç yıldır ise BDT (CAD), katı modellemenin de bir adım önüne geçmiş durumdadır. Artık tasarlanan parçaların birbiriyle uyumunu ve mekanik özelliklerinin analizini yapan BDT (CAD) programları da geliştirilmiştir. Artık bir tasarım üzerindeki bir deliğin veya ek bir parçanın niteliği dahi tasarımcı tarafından tanımlanarak yapılabilmektedir.⁵³

Katı modellerin konstrüksiyon prosedürü tel kafes ve yüzey modellemeden biraz daha farklıdır. Modelleme programlarında bulunan katı primitifleri oluşturmak ise bu iki modelleme biçimine oranla büyük farklılıklar gösterecektir.

Çoğu modelleme programının sınırlı sayıda katı primitifleri vardır fakat tasarımcılar bunları karmaşık biçimleri oluşturmada çok yaratıcı biçimlerde kullanabilirler. Kompleks biçimleri yaratmak için tasarımcı “Boolean”^{*} mantığını ve komutlarını kullanarak katı primitifleri kombine edebilir.

Bunun dışında tasarımcı solid primitiflerin biçimlerini istediği gibi değiştirerek biçimlendirme şansına sahiptir. Ayrıca sweep (süpürme), extrude (püskürtme), revolve (döndürme) gibi komutlarla da iki boyutlu çizgi grupları katı nesnelere haline dönüştürülebilir.

Katıların tel kafes ve yüzey modellerine kıyasla daha çok veriye sahip olmasından beri, tasarım, analiz ve ürünlerin üretimi açısından en önemli model tipi

⁵² Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 40 s.

⁵³ İ. Hüseyin FİLİZ, Türkey DERELİ, a.g.e., 7 s.

* Boolean komutları, “Boolean Cebiri” ni oluşturan İngiliz mantık bilimci ve matematikçi olan George Boole (1815-1864)’dan ismini almıştır. Kesişen iki katı modeli birbiriyle bütünleştiren, birbirinin kesişen bölgelerini yine katı model olarak ayırmamızı sağlayan ya da bir katı modeli diğer bir katı model üzerinden ayırarak kalan modeli şekillendirmemizi sağlayan komuttur.

haline gelmiştir. Katı modeller yüzey modellerine kıyasla pek çok avantaj sunar, bunların arasında yazılımın içeriği doğrultusunda nesnenin yoğunluk hesabı, hacim ve kütle hesabı, ağırlık ve yerçekimi hesabı gibi hesaplama biçimleri yer alır.⁵⁴

Katı modelleme, modelleme teknikleriyle objeyi temsil eden katı nesneyi oluşturmayı ifade eder. Pek çok tasarımsal amaca hizmet eden bu modelleme türünün tasarımcılar tarafından elden geldiğince tamamlanmış olması istenir, öyle ki amaca göre hacim, alan, üretim analizleri gibi öğelerin tetkikinin de üretim öncesi hayata geçirilmesi istenir. Katı modelde başlangıçta istenen üç özellik;

- Tamamlanmış ve anlaşılabilir olmaları
- Uygulanabilirlik
- Bilgisayarlarda amaca hizmet edecek biçimde kullanılabilmesi

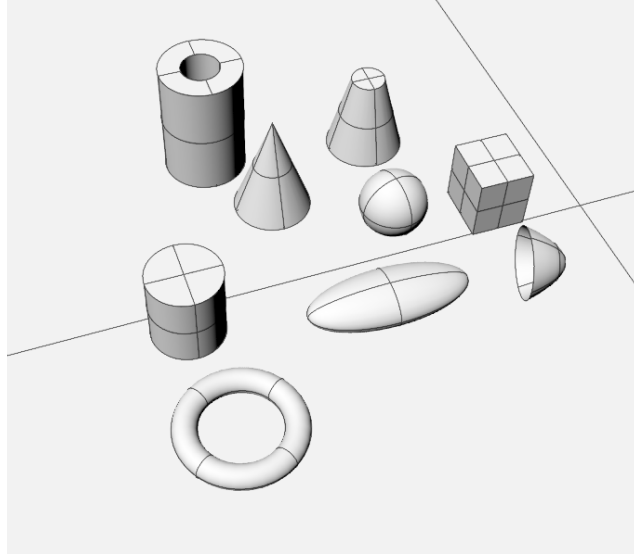
Katı nesnelere oluşturmada pek çok yöntem kullanılabilir ancak bunları iki ana grupta tanımlamak faydalı olacaktır. Bu iki grup konstrüktif katı geometrisi (constructive solid geometry – CSG diğer bir adıyla C-rep, Boolean metodu olarak da bilinir) metodu ve sınır sunumu olarak ifade edeceğimiz (Boundary Representation, B-rep olarak da bilinir, aynı zamanda grafik tabanlı metot olarak terimleşmiştir.) terimlerle ifade edilir.

1.7.2.3.i. Konstrüktif Katı Geometrisi (C-rep)

Konstrüktif katı geometrisi metodunda, modeller bilgisayar programındaki “**solid primitifler**” komutlarında yer alan, silindirler, küreler, koniler ve buna benzer temel geometrik biçimler veya yüzeylerin çeşitli yöntemlerle modellenip katı hale getirilmesiyle oluşturulur⁵⁵ (Şekil 10). Buna ek olarak, tasarımcı katı primitiflerin aynısını iki boyutlu kontur çizgilerinden sürükleme, çevirme, yükseltme gibi komutlarla oluşturabilir.

⁵⁴ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 184 s.

⁵⁵ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 43 s.

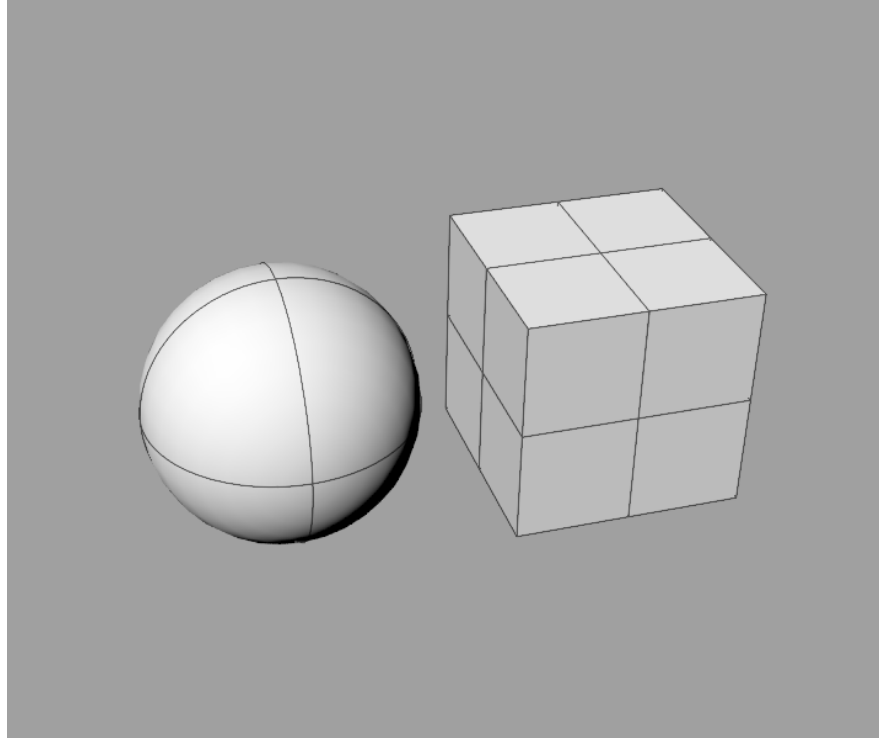


ŞEKİL 10:Rhinoceros programındaki katı (solid) primitifler. (Çizen: Efe Türkel)

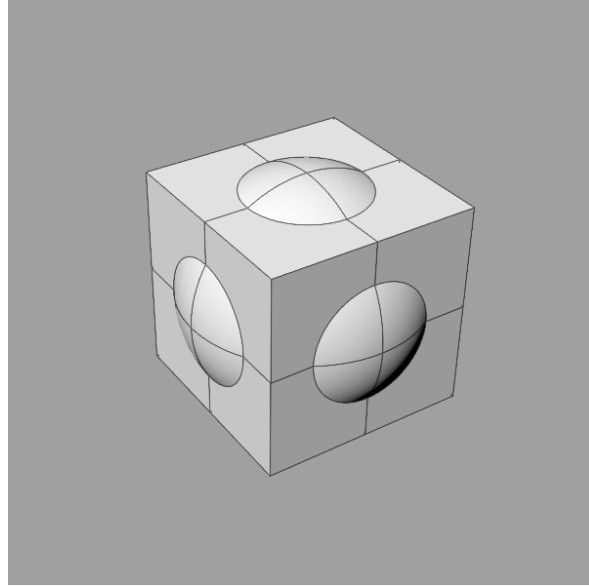
Konstrüktif katı geometrisini kullanmak için konstrüktif katı geometrisi ağacı adı verilen bir yöntem kullanmak doğru olacaktır. Bu konstrüktif katı geometrisini oluşturmak için yapılacak bir planı ifade eder. Bu, bir çeşit bölümlenme ve fethetme stratejisidir. Çünkü bu strateji karmaşık problemlere saldırarak karmaşık yapısını azaltır ve daha basit problemlere dönüştürür. Bu yöntem daha çok blok çalışmalarda etkilidir.⁵⁶

Konstrüktif katı modelleme metoduna alternatif bir başka modelleme biçimi de primitiflerin birbiriyle kombinasyonu ile oluşan biçimlerdir. “Boolean” komutundaki, union (birleşme), intersection (kesişme) ve difference (farklılık) komutlarıyla farklı tiplerde modelleme gerçekleştirilebilir. Bu komutlar kullanılan yazılıma göre unite, subtract ve intersection gibi isimler de alabilirler (Şekil 11–15).

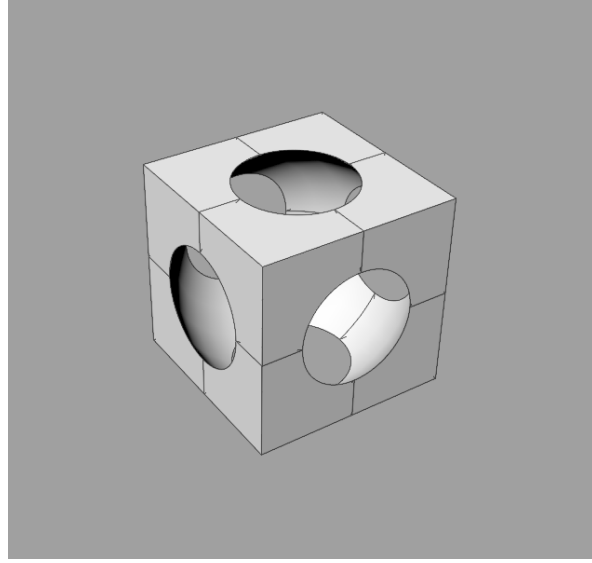
⁵⁶ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 185 s.



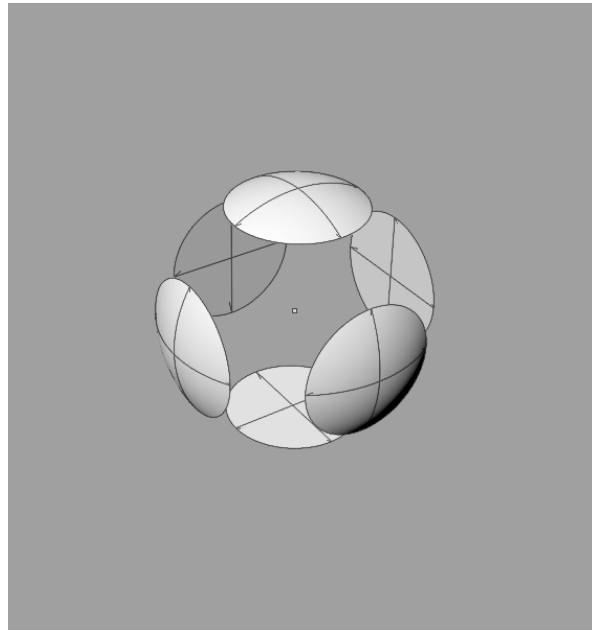
ŞEKİL 11: İki primitif katı (Çizen: Efe Türkel (Şekil 11-15))



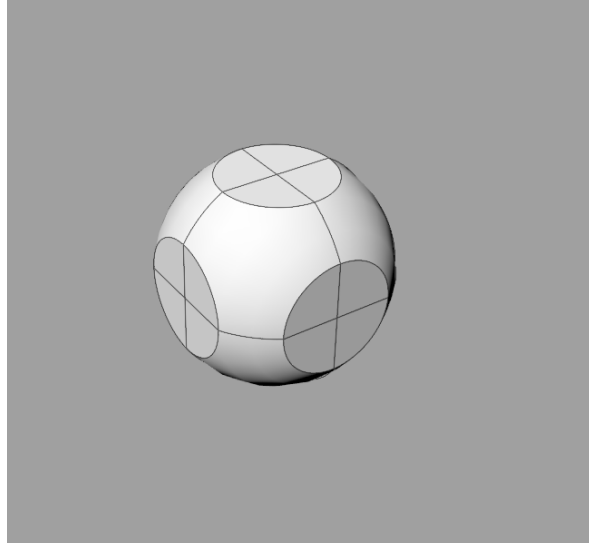
ŞEKİL 12: Boolean Union



ŞEKİL 13: Boolean Difference



ŞEKİL 14: Boolean Difference



ŞEKİL 15: Boolean Intersection

Konstrüktif katı geometrisi modelleri hızlı, doğruluğu garantili modelleme tipine sahip olduğu için avantajlıdır. C-rep modelleri karmaşık biçimleri oluşturmaya elverişlidirler. Ancak bu tip modelleme biçimlerinde, seramik ürünler gibi eğimli yumuşak yüzeyleri çok olan formları modellemede sıkıntılar yaşanabilir. Daha çok temel plan yaratmada veya bir nesnedeki yardımcı öğeleri modellemeye elverişlidirler.

1.7.2.3.ii. Sınır Gösterimi (B-rep)

Yüzey modelleri, katı modelleme sisteminde tek başlarına bir şey ifade etmez. Yüzeyler ancak bir bütünü oluşturduğu zaman katı bir nesneyi ifade etmek için geometrik tanımlar kullanılır. Farklı biçimlerdeki yüzeyler birbirleriyle bağlantılı hale getirilerek prizmatik olmayan daha amorf formları oluşturmak mümkündür. Bu tip formlar çok yüzlü formlar olarak tanımlanır ve canlandırma programları, bilgisayar oyunları, sanal gerçeklik simülatörleri gibi yapımlarda da bu tip çok yüzlü modellerden faydalanılır.⁵⁷

Sınır sunumu stratejisi tel kafes model yaratma ile başlar. Bununla beraber, katı bir modeli üç boyutlu tel kafesten yaratmak içinse üzerinde hiçbir boşluk bırakmayacak şekilde tel kafesi kaplamak ve analiz etmek gerekir. Katı modellerin yüzeyi küçük

⁵⁷ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 46-47 s.

çokgenlerden (polygon) oluşur. Katı bir model üzerindeki eğri bir yüzeyde yumuşak bir geçiş isteniyorsa segmentasyon değerlerinin artırılması gereklidir. Yüksek segmentasyon değeri ile biçimi daha yumuşak hale getirerek gerçeğe çok yakın modeller üretmek mümkündür.⁵⁸

C-rep'e kıyasla B-rep'lerde hata yapma riski fazladır. Ancak B-rep ile yapılan çizimlerde daha karmaşık çizimler oluşturmak mümkündür. Günümüzde bilgisayar destekli tasarım programlarını kullanan tasarımcılar ağırlıklı olarak B-rep'i tercih etmektedir. Buradaki en önemli sebepler ise;

1. C-rep'in sınırlı modelleme özelliklerine sahip olması ve buna karşılık B-rep'in çok üstün modelleme özelliklerine sahip olması.
2. Ticari modelleme sistemlerinde katı modelleme tekniklerini yüzey ve tel kafes teknikleriyle kombine ederek kullanıcıya verilen problemi çözme şansını verir. Katıların temelini oluşturan kenar eğrilerinin ve yüzeylerin kullanımını B-rep sistemine bu yaklaşımla yardımcı olur.⁵⁹
3. B-Rep nesnenin tanımını, nesneyi oluşturan yüzeylerin, kenarların ve noktaların koşullarında yüzey modellerine benzer biçimde yapar. Günümüzde karmaşık parçaların modellenmesinde Konstrüktif Yapı Geometrisine oranla daha çok veritabanı stoklar. Bu özelliği belki bir dezavantaj gibi görülebilir. Ancak, B-rep standart olmayan parçaların (gündelik kullanım eşyaları) modellenmesi için kullanışlı bir tekniktir.⁶⁰

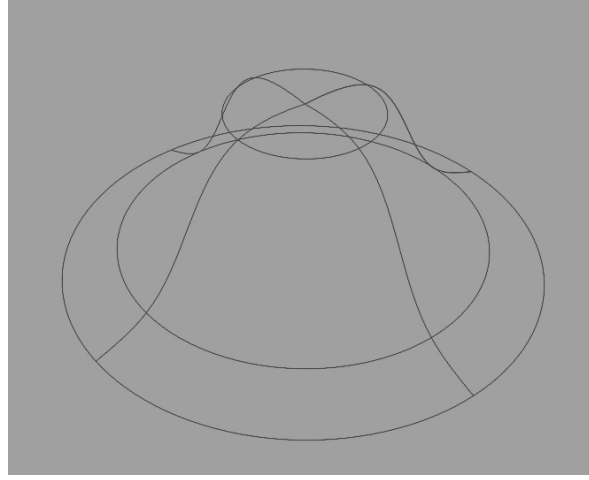
Sınır sunumu ve konstrüktif katı geometrisi tabanlı sistemlerdeki farklar ve ortak noktalar çok açıktır. Sınır sunumu sistemlerinde temel primitiflerdeki işleyiş tarzına yakın olarak konstrüktif modelleme gerçekleştirilebilir ancak sınır sunumu tekniği daha çok farklı eğri yüzeylere sahip objelerin modellenmesinde kullanılır.⁶¹

⁵⁸ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 186 s.

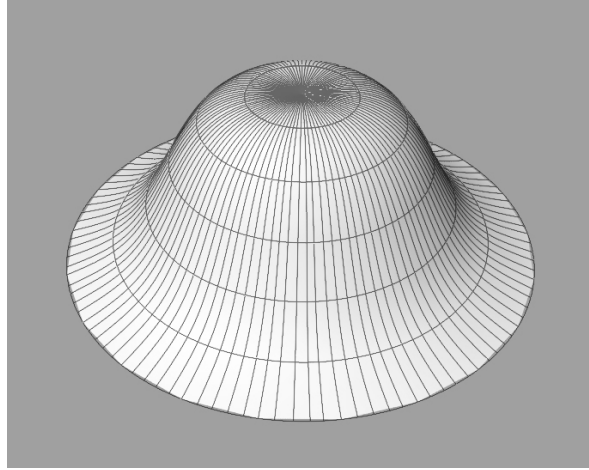
⁵⁹ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 46 s.

⁶⁰ B.L. DAVIES, A.J.ROBOTHAM, A.YARWOOD, a.g.e., 89 s.

⁶¹ Walter RODRIGUEZ, a.g.e., 186 s.



ŞEKİL 16: Bir modelin tel örgü iskeleti (Çizen: Efe Türkel (Şekil 16-17))



ŞEKİL 17: Katı model görünümü

1.7.2.4. Katı Modeller Nasıl Kullanılır?

Katılar görsellikten çok amaçlar için daha elverişlidir. Katı modeller bir nesnenin hem iç hem de dış olarak tüm matematiksel verilerine sahiptirler. Bu matematiksel anlatım bilgisayar destekli üretim ve diğer model analizlerini gerçekleştirmek için özel bilgisayar kodlarına kolayca çevrilebilir.

1990’lardan itibaren yazılımlar cebir tabanlı, asosyatif (birleşmeli) , parametrik ve unsur tabanlı modellemeye izin veren bir yapıya bürünmüştür. Unsur tabanlı (feature-based) modelleme yaygın ve ortak üretim süreçlerini kullanarak, geometrinin nasıl yaratılacağını sunarak, katı modelin geometrisini oluşturarak ve değiştirerek modelleme sürecini randımanı yüksek bir hale getirmeyi amaçlar. Buradaki nitelik tabanı da modellenecek katının aşağı yukarı ölçülerini ve biçimini belirleyen özelliklerdir.

Unsur tabanlı modellemede ürünü modellerken, sadece geometrik bilgilerden ziyade parçanın kullanıcı açısından fonksiyonelliğini veya ürünün üretilebilir ya da montajlanabilir ek parçalarını tanımlayan bir alt yapı da görürüz. Unsur tabanlı modelleme “cebir tabanlı parametrik modelleme” gibi gelişmiş bir geometri sistemine dayanır.

Cebir tabanlı modelleme tasarımcıya ait zekâyı tasarımla birleştiren bir yapıya sahiptir. Sınırları belirtilen bir model değişime uğratıldığı zaman dahi belirlenmiş özellikleri değişmez. Örneğin 5 birim farkla belirlenmiş iki paralel köşe, parçanın üzerinde oynansa dahi birbirine paralel kalacaktır. Ya da bir kenara belirli bir uzaklıkta bir daire çizildiyse çizimdeki kenar hareket ettirildiği zaman yuvarlak kenara olan uzaklığını kaybetmeyecektir. Pek çok üç boyutlu tasarım programında yuvarlağın ve kenarın yerini değiştirmek için aynı koordinatlandırma komutları gerekebilmektedir.

Cebir tabanlı modellemenin bir başka özelliği de modelin parametrik oluşudur. Bu, modelin parametrelerinin modelin kendi biçimini değiştirmek için değiştirilebilir oluşu anlamına gelir. Bir ölçü parametrenin basit bir örneğidir. Bir ölçü değiştiği zaman parçanın diğer ölçüleri de değişir. Böylece parametre geometriyi yönlendirir. Parametrik modellemenin başka özelliklerinden biri de bir parametrenin başka bir parametreyi ilişkileri ve denklikleri doğrultusunda referans edebiliyor olmasıdır. Yani model üzerinde bir ölçü değişiyorsa onunla ilişkili olan diğer ölçüler de her birini tek tek değiştirmeksizin toplu olarak matematiksel ilişkileri doğrultusunda değişecektir.

Cebir tabanlı modellemenin son safhası da parçaların yaratılmasındaki düzenin kritik bir önemi oluşudur. Buna tarih tabanlı (history-based) modelleme adı verilir. Yapılan işlemler belli bir sıra içinde yapılmalıdır. Bir model üzerinde açmamız gereken bir deliği modelden ayrı olarak tasarlamamız gerekir eğer model üzerinde böyle bir delik tasarlar ve daha sonra bu deliği silmek istersek delik de modelle beraber silinecektir.

Katı model üzerinde yapılacak bir değişiklik katı modelle ilişkisi bulunan tüm diğer öğeleri de etkisi altına alacaktır. Örneğin model üzerinde oluşturulmuş bir deliği model üzerinde büyütme istersek model de bu değişikliğe maruz kalacak ve büyüyecektir. Model üzerinde yapılacak değişiklik modelin genelini etkilediği için modeli oluşturan öğeleri bu sayede tek tek değiştirmekten de kurtulmuş oluruz. Bu da hata payını ortadan kaldıracaktır. Ayrıca yazılımlarda bulunan matematiksel altyapı da biçimlerin geometrik ilişkilerini ve özelliklerini karşılayabilecek bilgiye sahiptir.⁶²

1.7.3. Bilgisayar Destekli Tasarım'ın Faydaları

Bilgisayar destekli tasarımın öncelikli avantajları şöyledir:

1. Tasarımcının Üretim Gücünü Artırır: Bu işlemi, ürünü ve onu oluşturan parçalarını imgelemeyi, tasarımın analizini ve doküman oluşturma sürelerini kısaltarak başarır. Bu üretimsel gelişim sadece düşük tasarım fiyatını değil aynı zamanda projenin daha kısa zamanda tamamlanmasını ifade eder.

2. Tasarımın Kalitesini Artırır: BDT (CAD) sistemi mühendislik analizleri yapabilmeyi sağlar ve bu sayede çok sayıda tasarım alternatifleri geliştirebilir. Tasarım hataları sistem tarafından sağlanan büyük bir hassasiyetle düşürülebilir. Bu faktörler daha iyi tasarımlar oluşturulmasını sağlar.

⁶² Richard M. LUEPTOW, a.g.e., 42-45 s.

3. İletişimleri Geliştirir: Bilgisayar destekli tasarım sistemi daha iyi teknik çizim üretimi, çizimlerdeki standardın sağlanması, tasarım adına daha çok doküman sağlanması, daha az tasarım hatası ve çizimlerde daha iyi bir açıklık sağlar.

4. Üretim İçin Veri Tabanı Yaratır: Ürün tasarımında kullanılan doküman yaratma prosesinde gerekli olan veri tabanı da tasarım sürecinde şekillenmiş olur.⁶³

5. Tasarımda Üretimin Geliştirilmesi: Bilgisayar destekli tasarımdaki üretim artışının geleneksel tasarım süreciyle kıyaslanması şu faktörlere bağlıdır:

- Teknik detayların karmaşıklığı
- Çizim içinde ihtiyaç duyulan detay seviyesi
- Tasarlanan parçanın tekrarlanma seviyesi
- Parçadaki simetri derecesi
- Ortak kullanılan parçaların oluşturduğu kütüphanenin genişliği

Tüm bu faktörler artarsa, BDT'nin (CAD) üretim avantajı da artmaya meyilli olur. Enteraktif BDT (CAD) geleneksel tasarım sürecinden oldukça hızlıdır. Bu aynı zamanda çizim üzerindeki detay ve özellik belirtilen yazıların ve rakamsal değerlerin yazılması konusunda da geçerlidir. Bu zamanın kısaltılması, ürünün nihai sonucuna ulaşmanın da daha çabuk gerçekleşmesini sağlayacaktır. BDT (CAD) sistemleriyle çalışan tasarımcıların artan üreticiliği diğer üretim sürecine de yansiyarak diğer analizlerin ve sunumların daha çabuk gerçekleşmesini sağlayacaktır.

6. Tasarım Analizi: Tasarım analizi işlemi BDT (CAD) sisteminde bulunan tasarım sürecini daha mantıklı bir çalışma gidişatı içinde birleştirmeyi sağlar. Tasarım ve analiz grupları arasında sürekli bir veri alışverişinden ziyade, tek bir çalışma grubu CAD çalışma istasyonunda bu işlemi gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede tasarımcıların tasarımlarıyla gerçek zamanlı etkileşim kurması sağlanır, böylece tasarımcının konsantrasyonu artar. Bu analiz kabiliyetiyle uygun değerler sağlanarak tasarımlar, ne üretilemeyecek kadar güç ne de pasif tasarımlar olarak kalacaktır. Bilgisayar analiz

⁶³ Mikell P. GROOVER, Emory W. ZIMMERS, a.g.e., 67 s.

rutinlerinin varlığı ile hem tasarımcının zamanından hem de üretim sürecindeki zamandan tasarruf edilir.

7. Daha Az Tasarım Hataları: Parametrik modellerde tolerans verileri rakamsal değerlere tabidir ve çok hassas rakamsal değerlerle ifade edilebilir. Bu sebeple tasarım, sunum ve dokümantasyon hatalarını engellemede başarılıdır.

8. Tasarım Hesaplamalarında Büyük Hassaslık: Manüel kontrollere göre sağlamaya göre bilgisayarla yapılan ölçüsel kontrol daha yüksek seviyede doğruluk sağlar.

9. Tasarımın, Sunumun Ve Dokümantasyon Prosedürlerinin Standart Hale Getirilmesi: Veri tabanı ve işletim sistemi CAD sistemindeki tüm çalışma alanlarında ortak olarak kullanılır. Sonuç olarak, sistem tasarım/sunum prosesi için bir standart yaratılabilir. Enteraktif CAD ile sistemin içindeki program yapılandırıldığı için zaten belli standartları içereceği için ayrıca çizimi standart hale getirmek için bir çaba harcamaya gerek yoktur.

10. Çizimler Daha Anlaşılabilir Seviyededir: BDT (CAD) izometrik, ortografik ve eğik (oblik) çizimleri yaratmak konusunda başarılıdır. Bu çizim çeşitlerini oluşturmada ve güncellemede eşit ölçülerde kolaylıklar vardır.

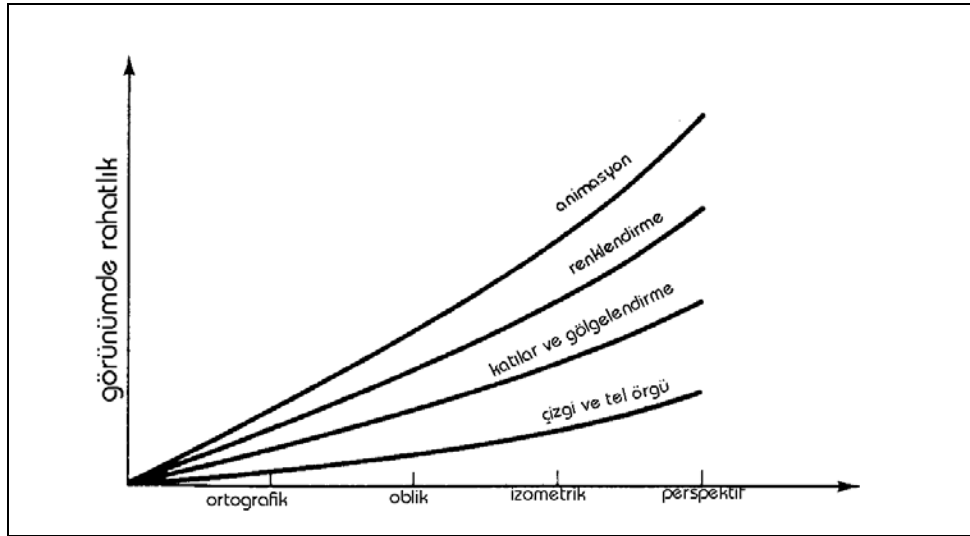
Ortografik görünümler izometrik görünüme göre daha az anlaşılabilir seviyededir. İzometrik görünüm de perspektif görünüme göre daha az anlaşılabilir durumdadır. Bir objeyi ifade etmenin en başarılı yolu ise resimsel perspektiftir. Gölgelemenin eklenmesiyle kavrayış artar. Farklı renkler anlaşılmayı daha çok artırır. Bu anlaşılabilirlik seviyesi animasyonla daha da kolay bir seviyeye gelir⁶⁴ (Grafik 1).

11. Daha Hızlı Üretim Çizimi: İyi yetişmiş bir çizer tarafından, bilgisayar ortamında yapılan modeller el ile çizilenden daha hızlı yaratılabilir. Bu tüm tasarım sürecine ivme kazandıracak bir beceridir. Böylelikle nihai ürüne ulaşma süresi de kısalmaktadır.

⁶⁴ Mikell P. GROOVER, Emory W.ZIMMERS, a.g.e., 70 s.

12. Çizimlerin Daha İncelikli Ve Detaylı Olmasını Sağlar: Geleneksel çizimdeki incelik çizimi yapan kişinin gözüne ve el becerisine bağlıdır. Buna karşın, Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımlarında bulunan yakınlaştırma ve çizgiyi istenilen noktadan yakalama gibi özelliklerle daha hassas çizimler elde edebilmek mümkündür. Detay ve montaj çizimleri de bu sayede daha başarılı biçimde çizilebilir.

13. Daha Temiz Çizimler Elde Edilmesini Sağlar: Geleneksel çizimler, çizerin bireysel olarak uğraştığı çizgi çalışmaları ve yazılar grubundan oluşur. Bilgisayar destekli tasarım programlarından alınacak çıktılarda, çizgiler ve yazılar daha temiz ve mükemmeldir. Elle yapılacak çizimlerde bazı çizgiler veya değerlerde yapılacak değişiklikler çizimin baştan yapılması anlamına gelir. Ancak bilgisayar ortamında bir çizgiyi veya çizgiler grubunu ekleyip kaldırabilmek çok kolaydır.



Grafik 1: Objelerinin özellikleri ve sunum çeşitlerine göre görünümde rahatlık.

(Kaynak: Mikell P. GROOVER, Emory W. ZIMMERS, a.g.e, 70 s)

14. Çizimlerde Tekrar Yoktur: Bir çizim tamamlandığında, ileride tekrar kullanabilmek için bilgisayarın belleğinde saklanabilirler. Bu özellik, benzer biçimlerin

bileşiklerinin çizimlerini yaparken tasarımcıya yardımcı olacaktır. Bilgisayar bellekleri sembol kütüphaneleri oluşturmak için de idealdir.

15. Özel Çizim Teknikleri Sağlar: Bilgisayar destekli tasarım yazılımları bünyelerinde bulundurdıkları ve daha sonradan da eklenebilen malzeme özellikleri ile de yapılacak olan ürünün tasarlanmasında hem görsel hem de teknik anlamda yardımcı niteliktedir (Şekil 18,19).

16. Hızlı Tasarım Analizleri Ve Hesapları Yapmamızı Sağlar: Bu özellik, tasarlanan ürüne ve kullanılan yazılıma göre çok fazla çeşitlilik gösterir. Hacimden ağırlık merkezine kadar pek çok hesaplama yapılabilir.

17. Ürün Gelişimi İçin Daha Az Süre Ayrılır: Bilgisayar simülasyonları ve analiz teknikleri prototip testlerinde ve gelişimlerdeki maddi ve zamana dair olan kayıpları telafi eder niteliktedir.⁶⁵

18. Dokümantasyon Verimliliği Sağlar: Tasarımı tanıtan teknik resimler, raporlar ve grafikler renkli ve otomatik olarak çok kısa zamanda hazırlanabilmektedir. Dolayısı ile tasarım ve imalat daha ekonomik olmaktadır.

19. Malzeme Ve Emekte Ekonomi Sağlar: Yapılan bir optimum tasarım sonucu daha az malzeme ve emek harcanabilmektedir. Dolayısı ile tasarım ve imalat daha ekonomik olmaktadır.

20. Değişiklik Kolaylığı: Tasarımda ve imalat yönteminde yapılacak değişiklikler çok hızlı bir şekilde uygulanabilmekte ve kısa zamanda hatalar düzeltilerek yeni modeller üretilmektedir.⁶⁶

⁶⁵ Berry HAWKES, a.g.e., 2 s.

⁶⁶ Bilgin KAFTANOĞLU, 1.Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 25–27 Nisan AKM/İzmir, Bildiriler Kitabı, Bilgisayar Yardımı İle Tasarım ve İmalat Yönteminin Getirdiği Yararlar, E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 372 s.

21. Oluşturulacak Form ve Doku Özellikleri İle Etkin Bir Arşiv Elde Edilebilir: Modellenen ürünün malzeme özelliklerine göre geliştirilen bir veri aynı ürünün sonraki sürümleri için de kullanılabilir.

22. Boyutsal Değişikliklerde Kolaylık Sağlar: Çizimde ve üretimde çok kolay bir biçimde ölçü değişikliğine gidilebileceği gibi çizilen objelerin oranları üzerinde 2 boyutlu ya da 3 boyutlu olarak değişikliğe gidilmesi özelliğine sahiptir.

23. Kâğıdı Bilgi Kaynağı Olarak Kullanmanın Yarattığı Sorunların Azaltılması: Sürekli olarak yıpranma, kirlenme, eskime tehlikesi olan malzemeler yerine görsel bilgileri elektronik ortamda saklama avantajına sahiptir.⁶⁷



ŞEKİL 18: Tasarım ve modelleme: Efe Türkel (Şekil 18-19)

⁶⁷ İ.Hüseyin FİLİZ, Türkay DERELİ, a.g.e., 23-24 s.



ŞEKİL 19: Üç boyutlu olarak tasarlanmış modellere, çeşitli malzeme özellikleri atanarak görsel ifade kuvvetlendirilebilir.

2.BÖLÜM

BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM VE NÜMERİK TEZGÂHLARIN ÇALIŞMA İLKELERİ

2.1. Bilgisayar Destekli Üretimin Doğuşu

1940'ların sonlarında John Persons adlı bir Amerikalı, kesici ile desteklenmiş, kesilecek biçime yakın şekilde sıralanmış delikler içeren şablon levhalarla uçak kanatları gibi yumuşak hatlara sahip biçimler üretmeye başlamıştır. Amerikan Hava Kuvvetleri Persons'ın fikrinden etkilenmiş ve Massachussets Institute of Technology (MIT) ile bu kavramı geliştirmesi için bir anlaşma yapmıştır. Bu dönemde İngiltere'de de benzer kavramlar üzerine çalışmalar yapılmaktaydı ve gelişim Atlantik'in her iki yakasında da hızlıydı, böylece nümerik kontrollü (NC-Numerical Control) aletler 1950'lerin ortalarına doğru rutin biçimde kullanılabilir hale gelmiştir.

Araya giren yıllar boyunca çok geniş kapsamlı bir gelişim gösteren nümerik kontrol cihazları endüstrinin her dalında kullanılmaya başlanmıştır. Milli makineler, otomobil lambalarından uçak parçalarına kadar çok büyük bir yelpazedeki polimer ürünlerin kalıplarının yapımında kullanılmıştır. Alev kesicili ve plazma ark makineleri gemi gövdesi, motor parçası ve lokomotif gibi araçlarda kullanılan büyük parçalı çelik plakalardan biçimler kesmek için kullanılmıştır. Günümüz endüstrisinde kullanılan robotlar da NC prensibinin gelişimi sayesinde yaratılmıştır.

Bunu izleyen yıllarda nümerik kontrollü makinelerin özellikleri ve dışarıdan eklenen bir kontrol ünitesiyle makinelerin otomasyonu artırılmıştır. Amaca göre de tezgâhlar için farklı tipte motorlar ve ürünün üzerinde işleneceği hareketli tablalar tasarlanmıştır.⁶⁸

Bilgisayar destekli üretim (CAM-Computer Aided Manufacturing), doğrudan ya da dolaylı olarak bilgisayar desteği ile tasarımı ve üretim analizleri yapılmış olan ürünlerin üretilmesini sağlayan makine sistemlerinin işleyişini temsil eder.

⁶⁸Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE, a.g.e., 355-357 s.

BDÜ (CAM) uygulamaları iki temel alanda düşünülebilir:

1. Bilgisayarla işlem: Üretim sürecinin gerçekleştirilmesi için bilgisayarın direkt olarak imalatta yer almasıdır.

2. Üretimi destekleme: Bilgisayar ile üretim arasında dolaylı yoldan bir bağlantı vardır. Bilgisayar bu anlamda işlemin genelinde yardımcı unsur konumundadır ve üretimin her alanında farklı görevleri vardır.⁶⁹

Konumuz gereği birinci madde bizi doğrudan ilgilendirir. Bilgisayar destekli imalat sisteminde, parça modelinin geometrik verilerinin bulunduğu bellekler ve taşıyıcılardan yararlanılarak sayısal kumandalı takım tezgâhında parça, tezgâhta kullanılan programın yazılım diline uygun halde makineye yüklenir.

Parça taslağı veya işlenecek olan blok malzeme takım tezgâhına elle veya robotların yardımıyla yüklendikten ve sabitlendikten sonra parçaların işlenmesi için düzenlenen sayısal program uygulanır ve parça işlenir. İşlenen parça takım tezgâhından alınarak montaj veya imalat aşamasında kullanılır. Bilgisayar destekli imalatta (CAM), sayısal kontrollü takım tezgâhları kullanılır. Bu tezgâhlar; NC (Nümerik Kontrol), CNC Bilgisayar Destekli Nümerik Kontrol-Computerized Numeric Control) ve DNC (Direkt Nümerik Kontrol – Direct Numeric Control) olarak üç ana grupta toplanabilir. NC türü tezgâhlar; konvansiyonel tezgâhlar olarak da bilinirler ve parçayı işlemek için talaş kaldırma adı verilen yöntem kullanılır. NC tezgâhları daha önce elde veya bilgisayarla hazırlanmış kâğıt veya manyetik teyp de bulunan makine dilindeki komutlarla kumanda edilebilecekleri gibi direkt olarak da elle kumanda edilebilirler.

CNC ve DNC türü tezgâhlar ise bilgisayarlarla kontrol edilmekte ve NC tezgâhlarına oranla hızlı olmalarının yanında görüntü üniteleri sayesinde işlenecek parçanın grafik görüntüsünü elde edebilmek ve benzetimini yapabilmek mümkündür.

⁶⁹ İ.Alp ÇAM, “AutoCAD Programı ve CAD-CAM Sistemi Kullanılarak Ayaklı Lavabonun Ergonomik Açıdan Araştırılması ve Yeni Bir Lavabo Tasarımının Geliştirilmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No:0904.01.2, Proje Koordinatörü: Yard.Doç.İ.Alp ÇAM; Proje Grubu: Prof. Sevim ÇİZER, Arş.Gör. Semih ÖZKAN, Arş.Gör. Gürdal ÖZÇALIK, Yük.Lis.Öğr. Ş.Can TENELER., İzmir 1999, 12 s.

BDÜ (CAM) işlemi farklı donanımların bir araya gelmesiyle geliştirilmiştir. CAM sisteminde gerekli olan donanımla ilgili bilgiler bir sonraki başlık altında incelenmektedir.

2.2. Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) Sistemlerinin Donanımları

2.2.1. Sayısallaştırıcılar

CAM sistemlerinin verimli kullanılabilmesi bilgi girişi için klavyeden daha etkili donanımlar kullanılmasını gerektirmektedir. Çeşitli yöntemlerle elde edilen fiziksel koordinatları bilgisayar ortamında kullanılmak üzere sayısal bilgiye dönüştüren sayısallaştırıcılar CAM sistemlerinde değişik uygulamalarda kullanım alanı bulmaktadır.

2.2.2. Üç Boyutlu Tarayıcılar

CAD/CAM sistemlerinde kullanılan diğer önemli bir bilgi giriş birimi ise tarayıcılar. Bu tip tarayıcılar taranacak alana yerleştirilmiş olan objeyi ışınım yayarak tararlar. Taranan obje insan vücudu gibi organik bir yapı ya da herhangi bir nesne olabilir. Taranmış olan obje hacimsel özelliklerine göre sayısallaştırılarak bilgisayarlı nümerik kontrol makinelerinde işlenebilir.

2.2.3. Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü (CNC) Tezgâhlar

CNC (Computerized Numerical Control- Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü) tezgâhlar, mini bilgisayarla donatılmış sistemlerdir. Mini bilgisayarlar, tezgâhın kontrol sistemini oluşturan nümerik sistemden ayrıdır. Konvansiyonel adını da taşıyan normal NC sistemleri ile CNC sistemleri arasındaki farkı anlamak için şu hususları açıklamakta yarar vardır. Konvansiyonel NC tezgâhlarında kontrol sisteminin üç ana görevi vardır. Bunlar; bant veya başka bir şekilde verilen verileri, hareket komutlarına çevirmek, bu komutlara göre tezgâh kazağının hareketini kontrol etmek ve tezgâh fonksiyonlarını idare etmektir. Tezgâh fonksiyonlarını idare etmek; ana millerin hızlarını, takım değiştirme mekanizmalarını, parça yükleme tertibatını ve benzeri sistemleri kontrol etmek anlamını taşımaktadır.⁷⁰

⁷⁰ Mustafa AKKURT, **Bilgisayar Kontrollü Takım Tezgâhları (CNC) ve Sistemleri**, İ.T.Ü., Makine Fakültesi, 211 s.; İ.Alp ÇAM, a.g.e., s.26'daki alıntı.

CNC tezgâhlarında ise bu işlemlerin hepsi bilgisayar desteğiyle elektronik veriler doğrultusunda yapılmaktadır.

CNC tezgâhlarında çalışma parçasına göre makine kesicileri farklı yönlere hareket ederler. Makine uygulamaları ve eksenlerin örnekleri kısaca aşağıdaki gibidir;

- **İki Eksenli Hareket:** Genelde bir düzlem üzerinde iki dikey yöne hareket eder. Bu pek çok klasik torna tezgâhındaki gibi işleyen bir prensiptir. Alevli, plazma arklı ve matkap uçlu bazı tezgâhlar bunlardandır.
- **Üç Eksenli Hareket:** Üç temel yön kabul edilen x,y,z koordinatlarında (kartezyen) hareket eder. Matkaplı ve milli tezgâhlarda görülür.
- **Dört Eksenli Hareket:** Tipik üç doğrusal ve biri de eksen üzerinde dönmesi suretiyle dört yöne hareket eder.
- **Beş Eksenli Hareket:** Tipik üç doğrusal ve eksen üzerinde iki farklı yöne dönebilmesi suretiyle hareket eder. Genelde milli makinelerdir.⁷¹

Bilgisayar destekli imalat sisteminin getirdiği yararlar vardır. Bunları genellersek;

- 1- Üretimde makineler kullanılacağından harcanan zaman önemli ölçüde kısaltılabilir.
- 2- Üretim için tespit edilecek uygun değerler sonucunda daha az malzeme ve emek kullanılır.
- 3- Tasarımda ve imalat yönteminde yapılmış olan hataların telafisi daha çabuktur.
- 4- Konvansiyonel tezgâhlara oranla daha hızlı çalışırlar ayrıca bağlantı süreleri göz önüne alındığında robotize edilmiş bir tezgâhta bu süre çok kısa olacaktır.
- 5- Üretimde insan faktörü minimuma indirilebildiği için parçayı işlemede hata da minimuma indirilecektir.

⁷¹ Chris Mc MAHON, Jimmie BROWNE; a.g.e., 355 - 357 s.

- 6- Tezgâhın parça işleme süreleri tespit edilebileceği için tasarım ve imalat süreleri de ortalama olarak hesaplanabilir.
- 7- Parça işlenirken dahi tasarım üzerinde gerekli değişiklikler yapılabilmektedir.
- 8- CNC tezgâhları belleklerinde birçok programı saklayabilir. Zamandan tasarruf sağlamak amacıyla, tezgâhta bir parça işlenirken, başka bir parça belleğe yüklenebilir.
- 9- Tezgâh tek merkezden kumanda edilen bir tezgâh sistemine bağlanabilir. Ayrıca tezgâhın programlanması direkt olarak buradan da yapılabilir. Bu sistem DNC'ye (Direct Numeric Control: Direkt Nümerik Kontrol) karşılık gelir.
- 10- Tezgâhta parça işlenirken karşılaşılabilecek olası bir güç kaybı halinde makineler dursa bile güç tekrar elde edildikten sonra parça kalan yerden tekrar işlenebilir. Bu anlamda zaman kaybının da önüne geçilebilir.
- 11- “Tezgâha bağlı bilgisayar, programın tümünü ve alt programları, büyük bir doğrulukla gerçekleşmesini sağlayacak şekilde programlanabilir. Alt programlar; ana milin hızını ve dönme yönünü, soğutma ve parça tutturma sistemini, kızakların konumunu, tezgâh kontrol tablosunu ve gösterge tertibatını, parça besleme sistemini, bant okuyucusunu, giriş ve çıkış ünitelerini kontrol eden program paketidir. Programlama o şekilde yapılır ki, yukarıdaki faktörlerden biri istenilen koşullara uymadığı takdirde, tezgâh çalışmaz veya çalışır durumdayken otomatik olarak durur. Alt programlar bellekte saklanır ve iş akışına göre ana programda belirtilen koşullarda kullanılır.”⁷²

2.3. Bilgisayarlı Nümerik Kontrollü (CNC) Ve Direkt Nümerik Kontrollü (DNC) Tezgahların Çalışma İlkeleri

CNC ve DNC sistemlerinde işleyiş mantığı aynıdır ancak CNC sisteminde tezgâh üzerindeki mini bilgisayardan veriler girilirken DNC sisteminde bu veri girişi merkezi bir bilgisayardan birkaç farklı tezgâha bir ağ bağlantısıyla aynı anda gönderilebilir.

⁷² Mustafa ONAR, **Makine Mühendisliğinde CAD/CAM**, **Otomasyon Dergisi**, Mart 1993, 39 s.

Sayısal denetimli tezgâhlarda işlenecek parçaların şekillendirilmesi için öncelikle takım yolu, kesme hızı gibi veriler teknisyen tarafından sisteme aktarılır. Bu veriler sonrasında sistem işleyişe geçirilir.

Nümerik kontrol (NC) işleme merkezleri yatay ve dik olmak üzere iki çeşittir. Yatay tipte işleme mili yatay dikey tipte ise dikey konumda yer alır. İşlenecek malzemenin özelliğine göre kesim uçları, parçanın geometrisine göre de kesim operasyonu gerçekleştirilmelidir. Seri üretim göz önüne alındığında iki tablalı tezgâhlar avantaj sağlar çünkü bir tablada parça işlenirken diğer tablada bir sonraki işlenecek parçanın montajı yapılabilir, bu da zamandan tasarruf sağlar.

Tezgâhlarda bulunan bazı yazılımlar yardımıyla da makinelerin aşırı olarak yüklenmesi durumunda uyarı verebilirler ve yine bu yazılımlar doğrultusunda kesme uçları soğutulabilir. Böylelikle takım ömrü de uzamış olur.

2.4. Nümerik Kontrollü (NC) Tezgâhların Programlanması

NC tezgâhlarda parçaların işlenebilmesi için takım yolu, kesme hızı, ilerleme, talaş kalınlığı gibi verileri içeren programlar yazmak gereklidir. İşleme programları tipik olarak bir CAD/CAM sisteminde ya da tezgâhın kendi programlama sisteminde hazırlanırlar. Teknisyenler parçanın geometrisinden yola çıkarak parça geometrisi, takım bilgileri gibi verileri girebilirler. Bu yazılımlar sayesinde parçanın işlenmesi için gerekli takım yolu v.b. bilgiler tezgâha aktarılabilir. İşlenecek parçaların karmaşıklaşması sonucunda birtakım hatalar da meydana gelebilir ancak günümüzde Unigraphics® ve Solidworks® gibi gelişmiş katı model tasarlama ve uygulama programlarıyla parçanın işlenmesi konusundaki çoğu aksaklık çözüme kavuşturulmuş, bu programlara alternatif plug-in yazılımlarla da işlenecek parçanın niteliğine göre yazılımın takım yolu, hız, paso gibi bilgileri hesaplaması ve oluşabilecek hataları engellemesi mümkün kılınabilmektedir. Ayrıca etkileşimli grafik sistemlerin çoğunda gerçek zamanda tezgâh benzeşimi yapılarak olası hatalar baştan önlenilmekte, daha sağlıklı programlar yaratılabilmektedir. Benzeşim özellikle çok karmaşık geometriye sahip parçalarda önem kazanmaktadır.

Bir başka işleme programı hazırlama tekniği de hazırlanmış olan bir parça üzerinde sayısallaştırıcı kafası gezdirmek ve kopyalamaktır. Böylelikle işlenmiş olan bir parçanın kopyası çıkarılabilir ve sayısallaştırıcı bu parçaya göre kendi işleyiş düzenini geliştirebilir. İşlenecek parça “son işlemciden” (post-processor) geçirilerek işleme tabi tutulur.⁷³

⁷³ İ.Alp ÇAM, a.g.e. 23-25 s.

3.BÖLÜM

NX 3.0 YAZILIMI İLE BİR PİSUARIN MODELLENMESİ VE ÜRETİM AŞAMALARI

3.1. Tasarım ve Uygulama Öncesi Öneriler

Uygulama bölümünde SEREL Seramik A.Ş.'de gerçekleştirmiş olduğum projeyi ilgili fotoğraf ve şemalarla açıklamalı biçimde anlatacağım.

SEREL Seramik A.Ş. Tasarım Proje Geliştirme Müdürü Ferruh Baran'ın da önerisi doğrultusunda uygulama alanım için seçmiş olduğum ürün pisuar oldu. Ürünün pisuar olarak seçimindeki en önemli noktalar, yaratacak olduğum ürünün gerek form gerekse kalıp tasarımı açısından önemli kısıtlayıcıları olduğu ve ana kütle üzerinde sahip olduğu boş alanlarda, yumuşak ve hassas yüzeylerde bilgisayar destekli tasarım ve üretim alanlarına ihtiyaç duyulan bir ürün oluşuydu.

Çalışmama öncelikli olarak görsel materyaller üzerinde incelemelerle başladım. Kafamda yaratmış olduğum formları eskiz halinde kâğıda döktüm ve diğer tasarım çalışanları ile fikir alışverişinde bulundum. Yapmış olduğum eskizlerin bir kısmını kâğıt üzerinde, bir kısmını da bilgisayarda iki ve üç boyutlu olarak belirledim. Bu eskizler el ile serbest çizimler, eskiz biçiminde teknik çizimler, karalamalar, kâğıt üzerinde ve bilgisayar ortamındaki kütleli ve biçimsel görünüşler, fonksiyon gereklilikleri ve standartlara ilişkin notlar, fonksiyona dair hazne denemelerinden oluşmaktadır.

Kâğıt üzerinde eskizleri oluşturduktan sonra bilgisayarda eskiz ve model oluşturmak her zaman için daha avantajlıdır. Bu, kâğıt üzerinde çözümleyemediğimiz ya da ifade etmekte zorlandığımız hususlarda tasarımcıya büyük fayda sağlamaktadır.

Bir sonraki aşama tasarımın bilgisayarda modellenmesi ve tasarlanan modelin öncelikli ihtiyaçlarının parça veya alan bazında belirlenerek bunlara cevap veren maketler oluşturularak fonksiyon özelliklerinin incelenmesidir. Gerekli müdahaleler dâhilinde geliştirilen tasarımın daha sonra tam maketini yaratmak ve yarattıktan sonra

modelin tam çözülmüş halini oluşturup kalıp tasarımına geçmek önemli ölçüde kazançlar sağlayacaktır.

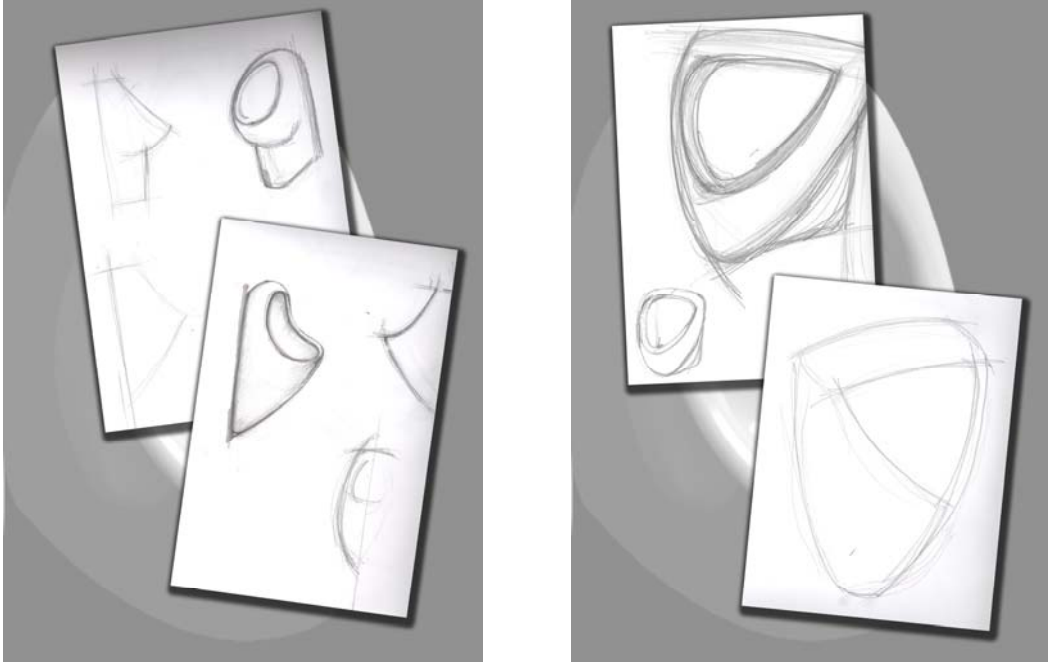
3.1.1. Eskizler

3.1.1.1. El İle Oluşturulan Eskizler

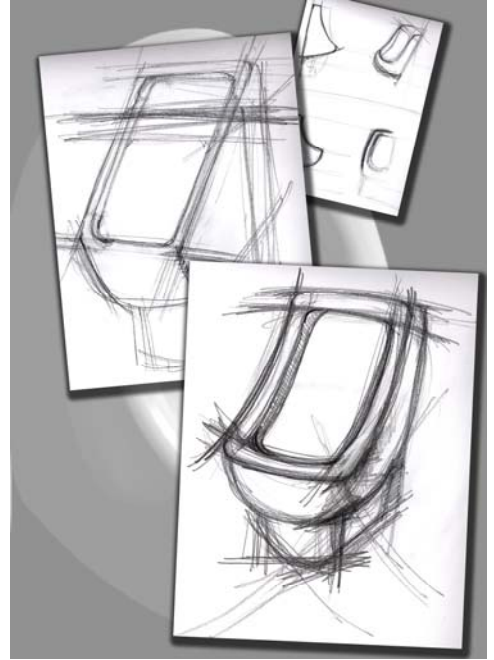
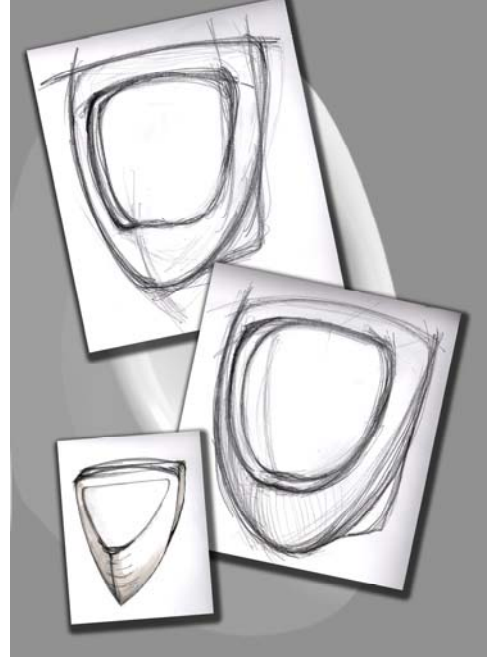
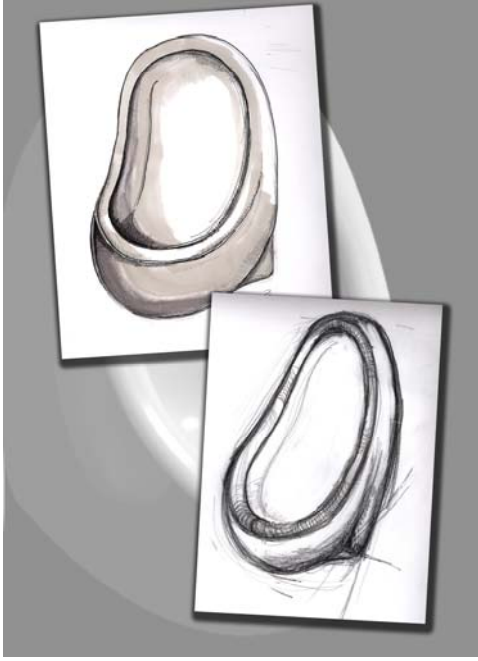
Biçimsel anlamda piyasada varolan diğer ürünlerden farklı bir takım değerler yaratmak ve piyasadaki diğer formların dışında çizgiler yakalamak standartları ve malzeme sınırlayıcıları olan seri üretim işlerde oldukça zorlayıcı unsurlardır.

Bu bağlamda tasarım eskizleri formu oluşturma aşamasından önce fikirlerimi gözden geçirmek ve gerek görsellerde gerekse fonksiyonlarda diğer tasarımcılarla fikir alışverişinde bulunmam hususunda başlangıç aşamasını oluşturdu.

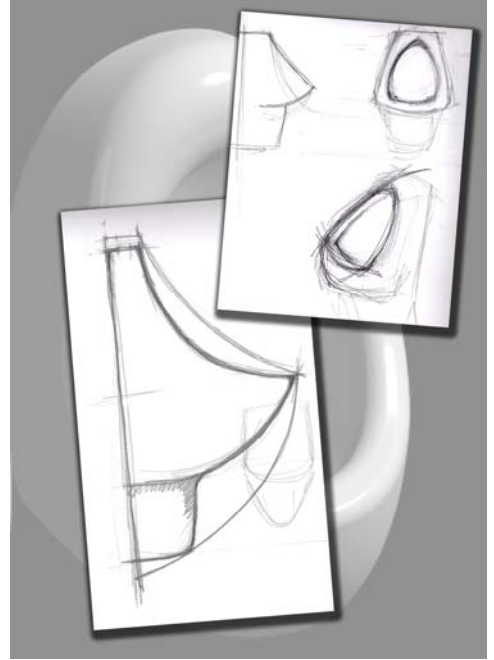
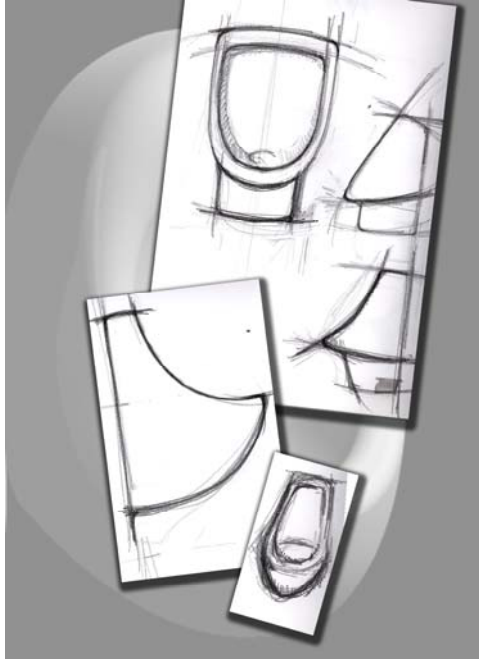
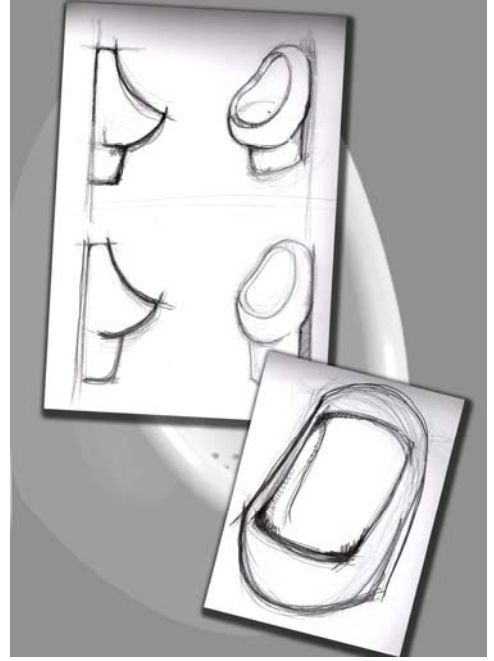
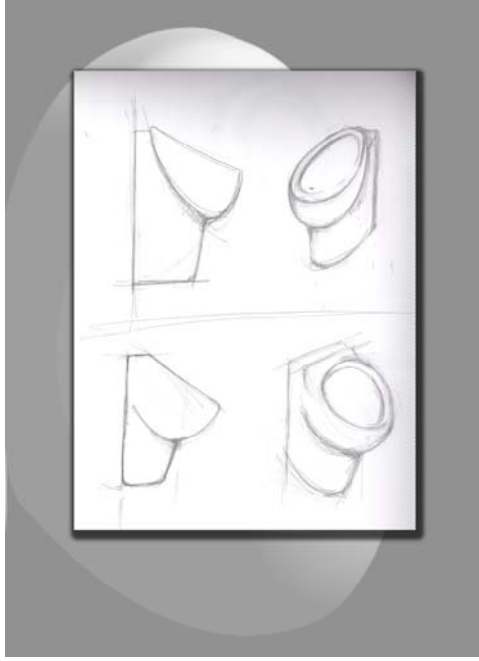
Aşağıdaki örnekler farklı görsellere yönelik oluşturduğum eskizlerdir. (Şekil 20–24)



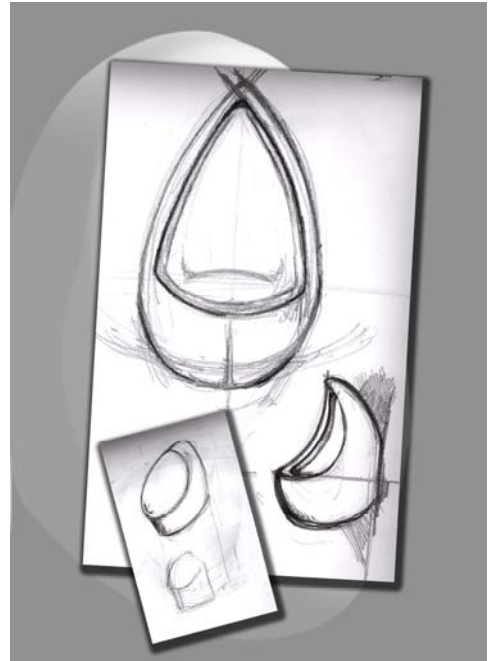
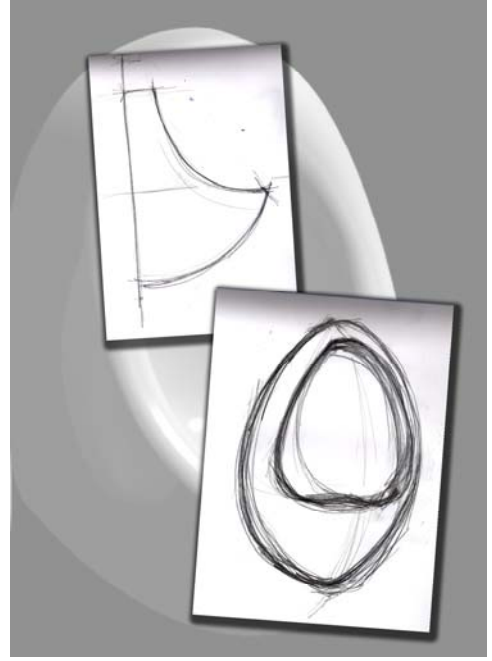
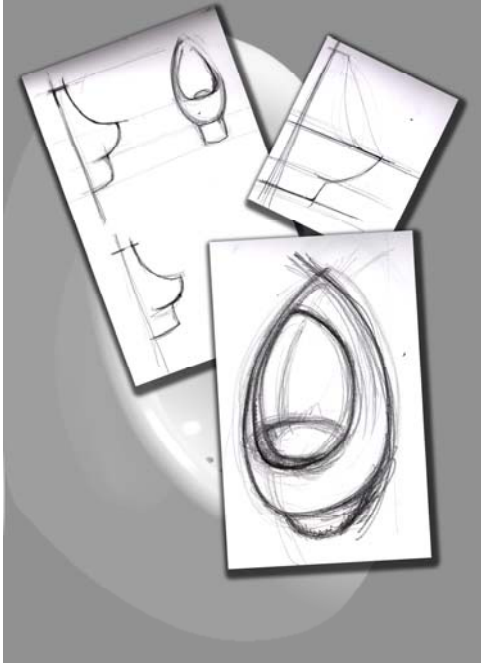
ŞEKİL 20



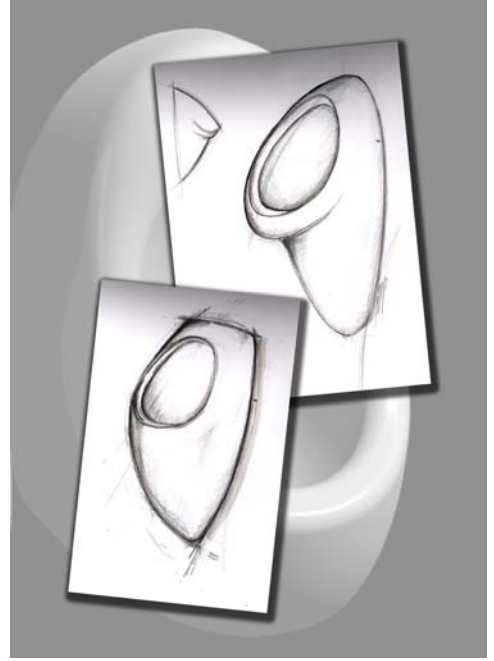
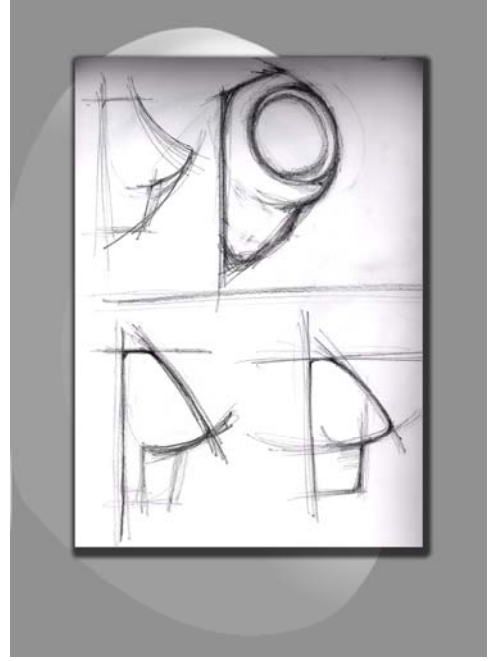
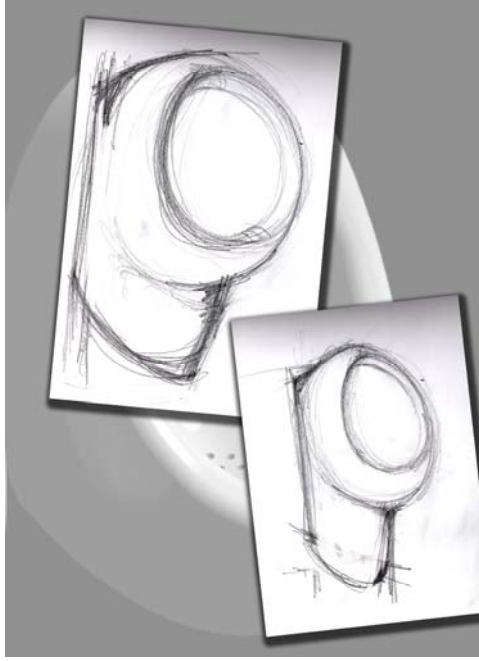
ŞEKİL 21



ŞEKİL 22



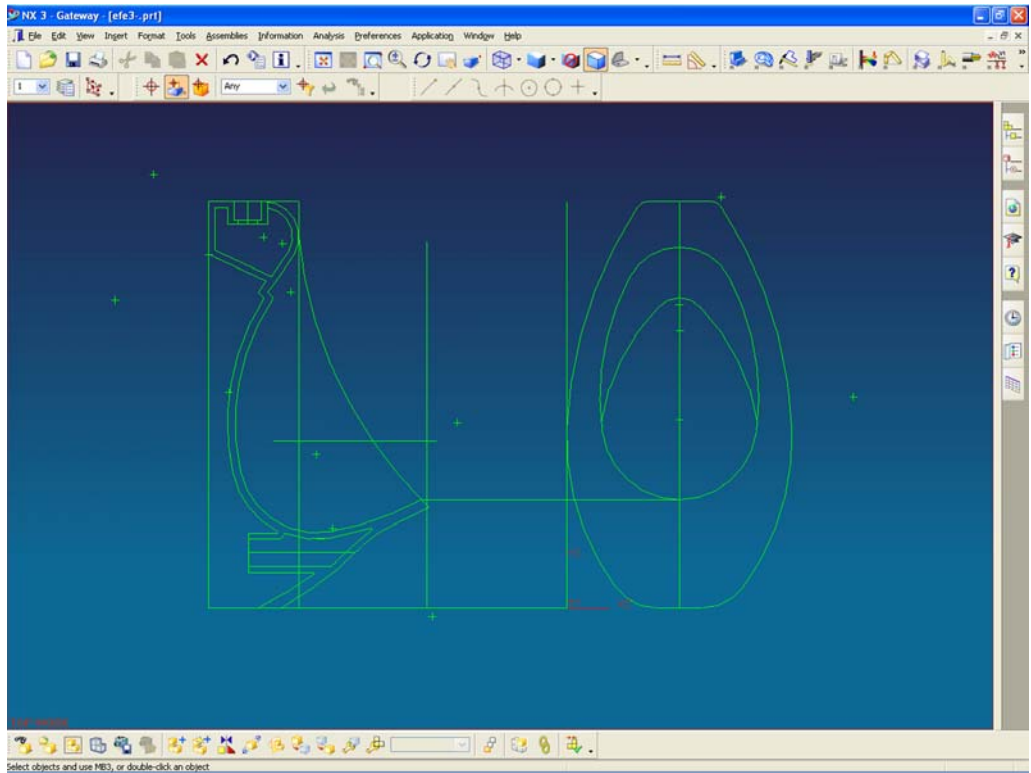
ŞEKİL 23



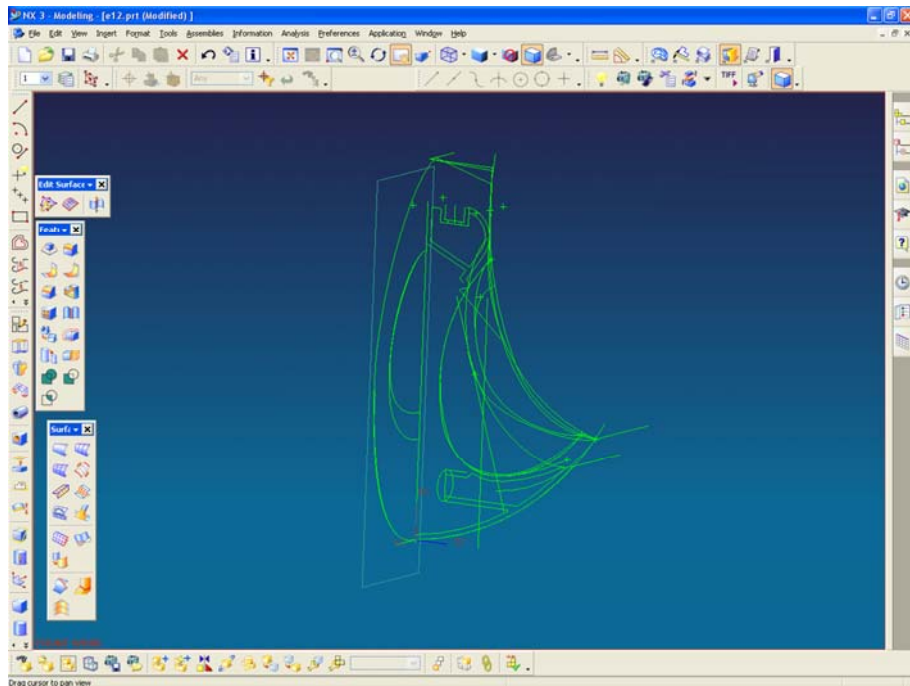
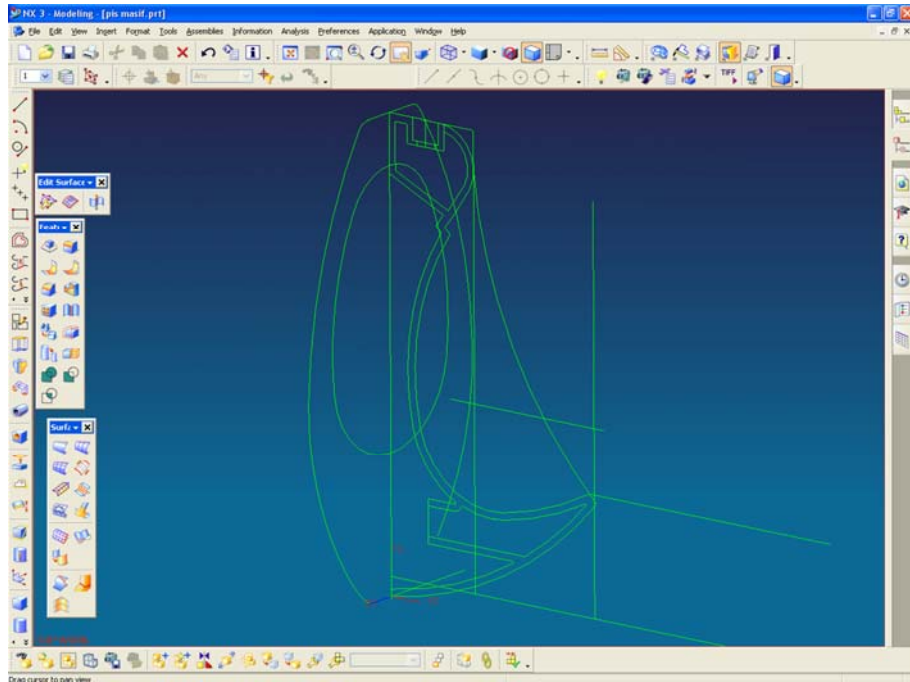
ŞEKİL 24 (Çizen: Efe Türkel (Şekil 20-24))

3.1.1.2. Bilgisayar Ortamında Oluşturulan Eskizler

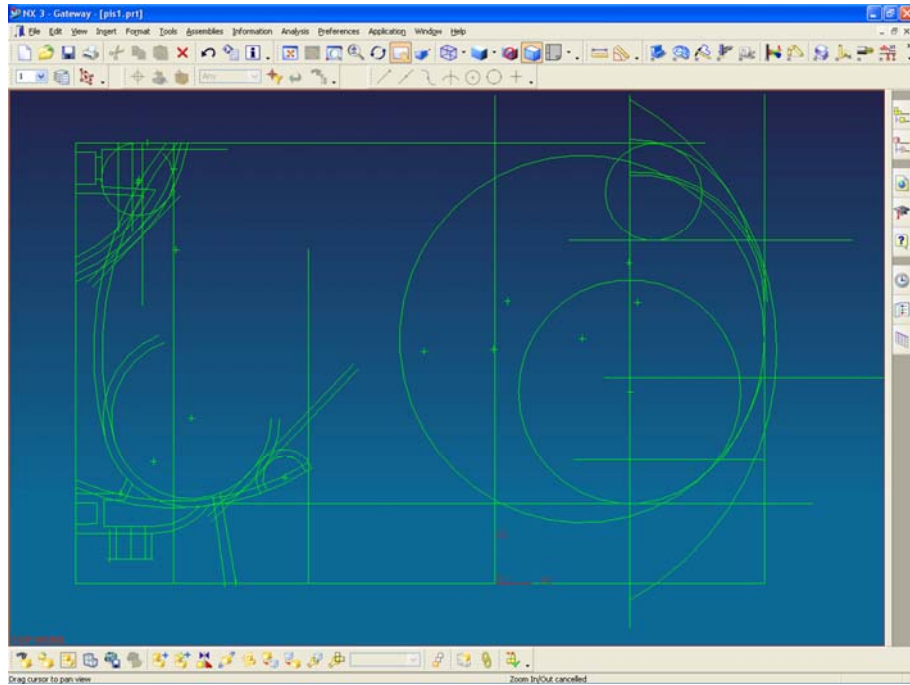
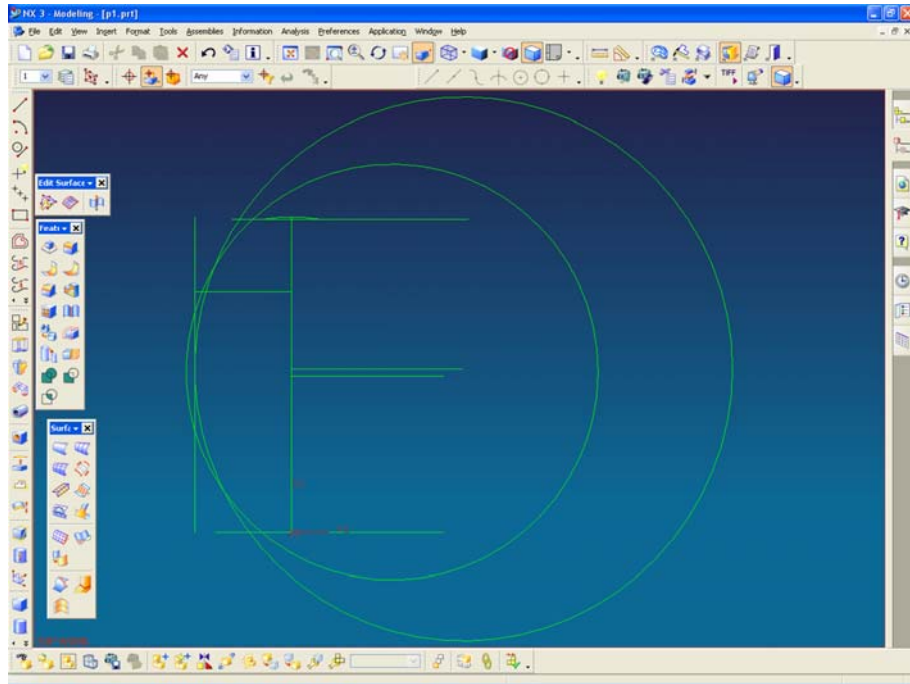
Serbest elle hazırlamış olduğum eskizlerin yanı sıra tasarlanabilecek hazne tipleri üzerinde çalışmak için bilgisayar ortamında hazırladığım teknik çizim eskizlerine örnek teşkil edecek resimler aşağıdaki gibidir. Burada ağırlıklı olarak ön ve yan görünüşler üzerinde durdum. Bu görünüşler ileriki aşamalarda oluşturacağım katı parçalar üzerinde çalışmamı sağlayacak parametrik çizgileri içermektedir. İlk aşamalarda yaratmış olduğum bu eskiz çizimleri daha önceden kâğıt üzerinde yapmış olduğum serbest eskizlerden yola çıkarak ve yine kâğıt üzerinde oluşturduğum teknik çizim eskizlerinin bilgisayar ortamına taşınması ile gerçekleştirildi. Bu çizimlerdeki çizgiler oluşturulacak olan modelin birebir boyutlarında ölçülendirildi ve parametrik oldukları için ileriki model sayfalarında üzerlerinde istediğimiz değişiklikleri yapma fırsatı elde ettik. Nihai modelde her ne kadar bu çizimlere birebir sadık kalmamış olsak da başlangıç aşamasında yaratmış olduğumuz prototip ve modellerin haznelerini oluştururken bu çizimler temel teşkil etmiştir (Şekil 25-29 Eskizlerin ekran görüntüleri).



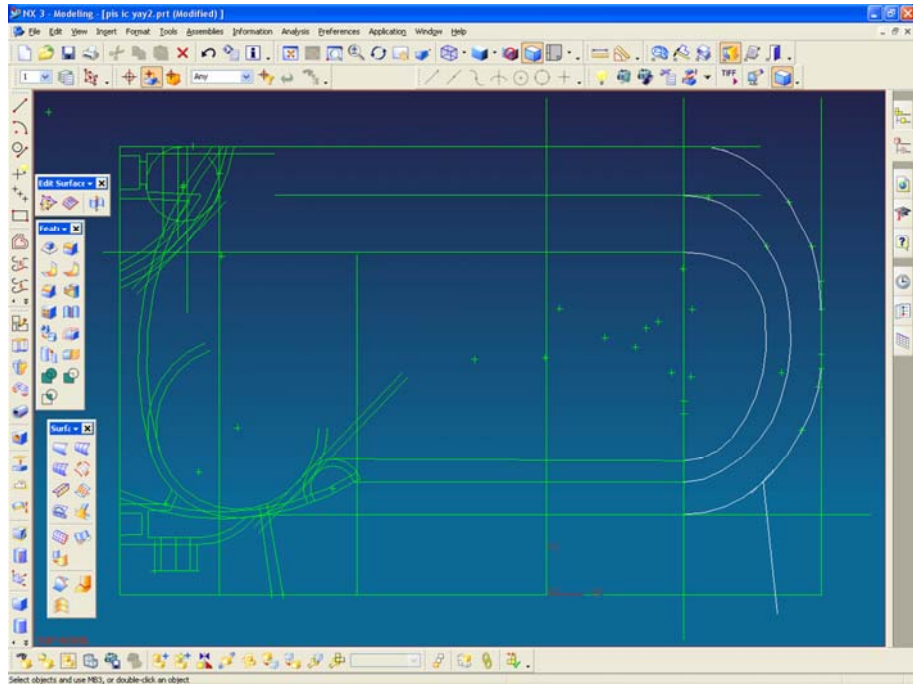
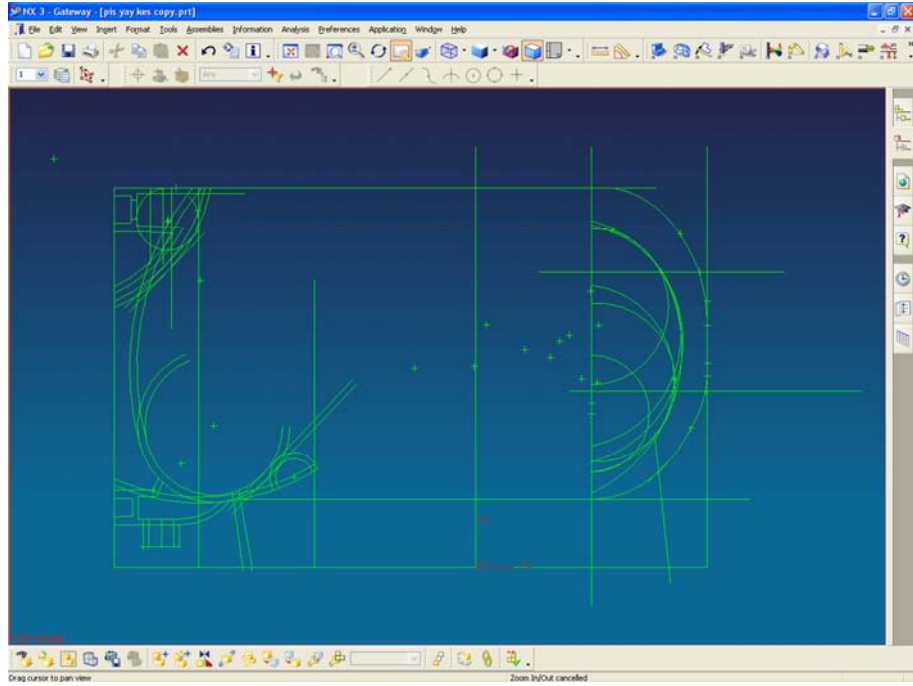
ŞEKİL 25



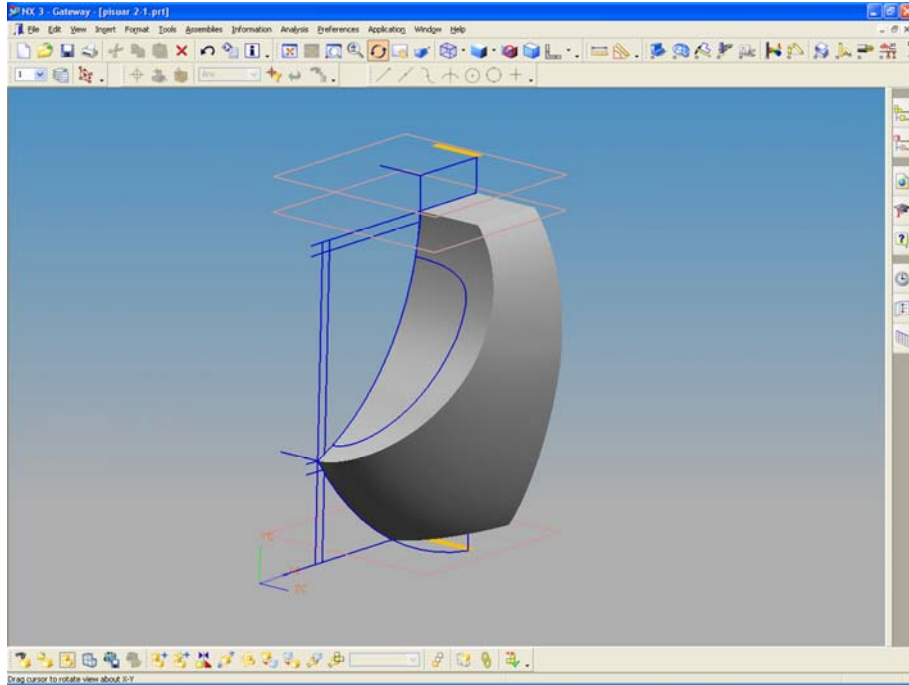
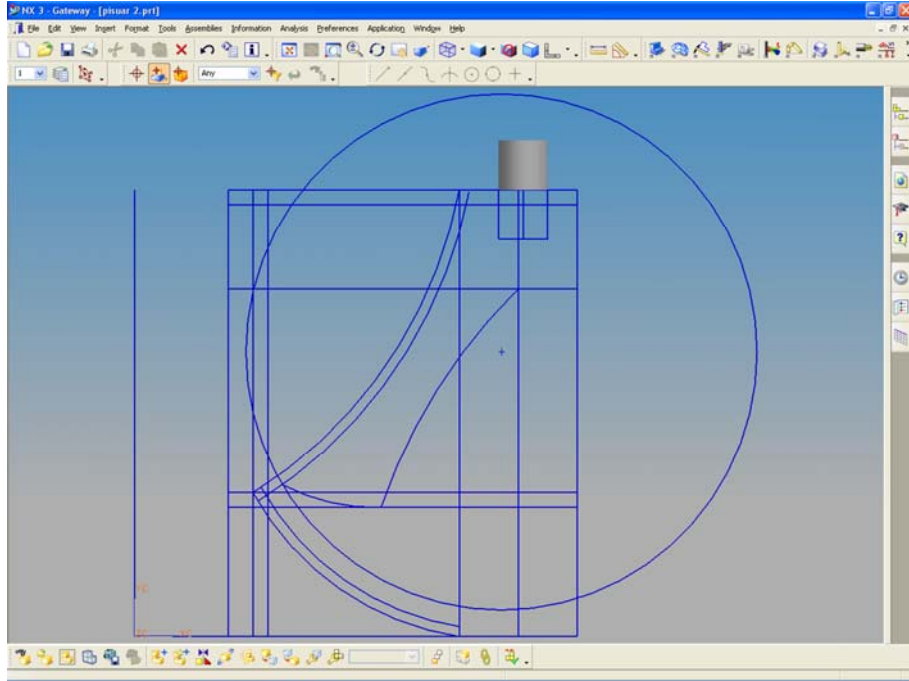
ŞEKİL 26



ŞEKİL 27



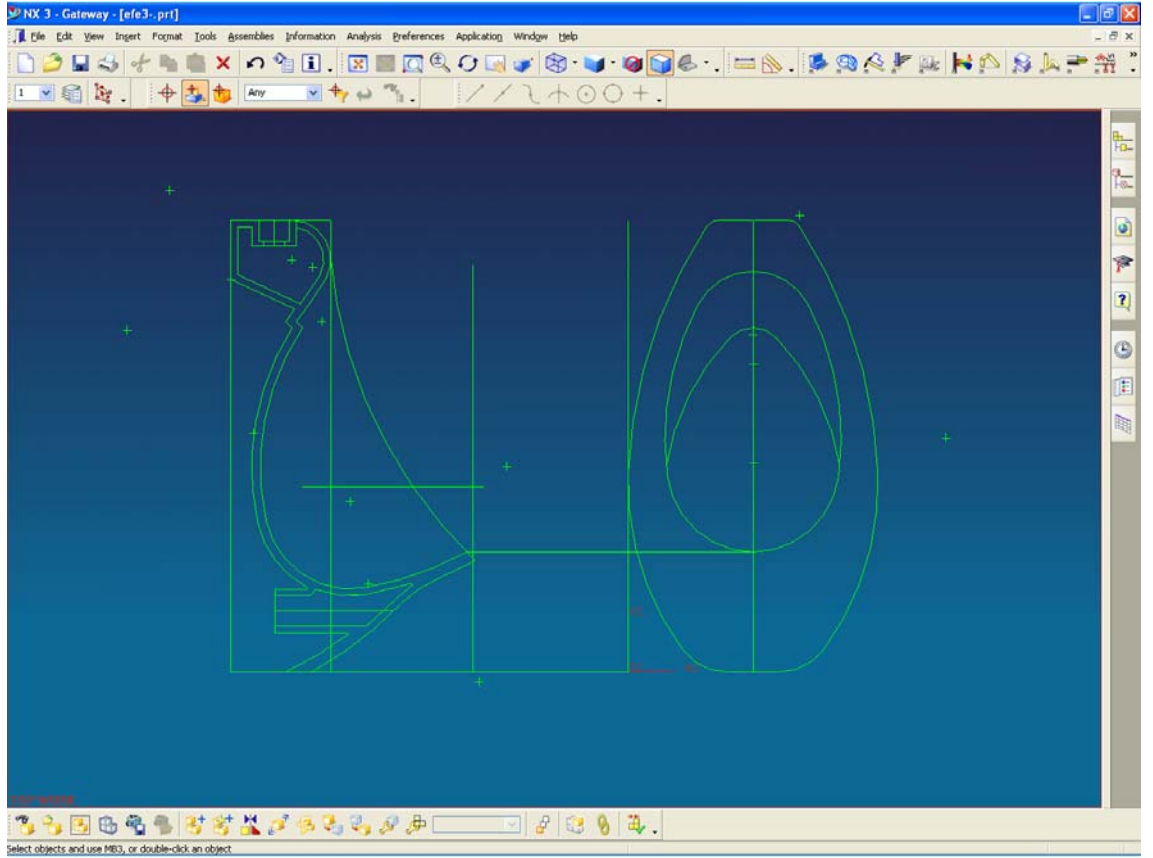
ŞEKİL 28



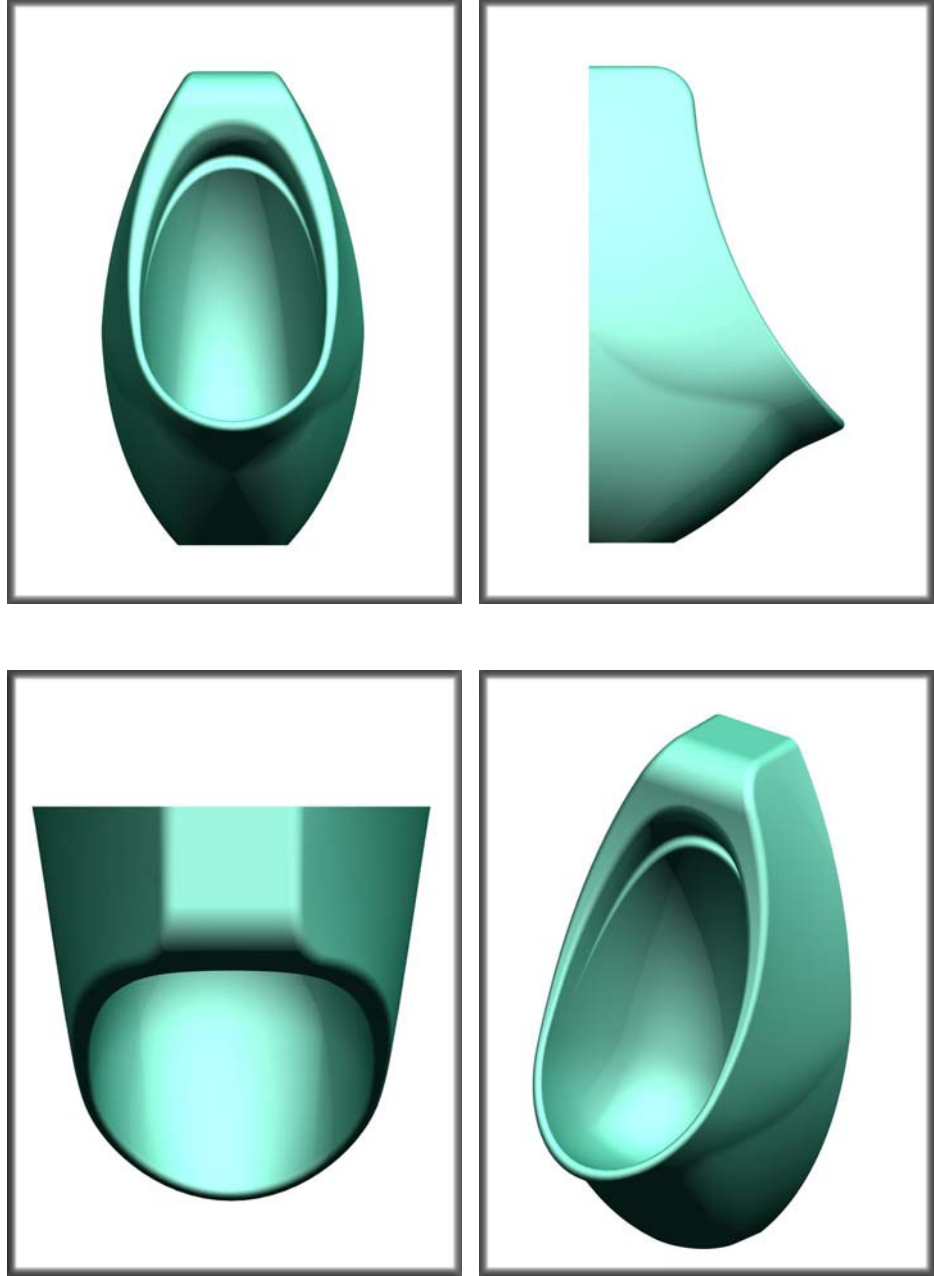
ŞEKİL 29

3.1.2. Eskizler Doğrultusunda Uygulanmaya Karar Verilen Modeller ve Bir Fonksiyon Maketinin Hazırlanışı

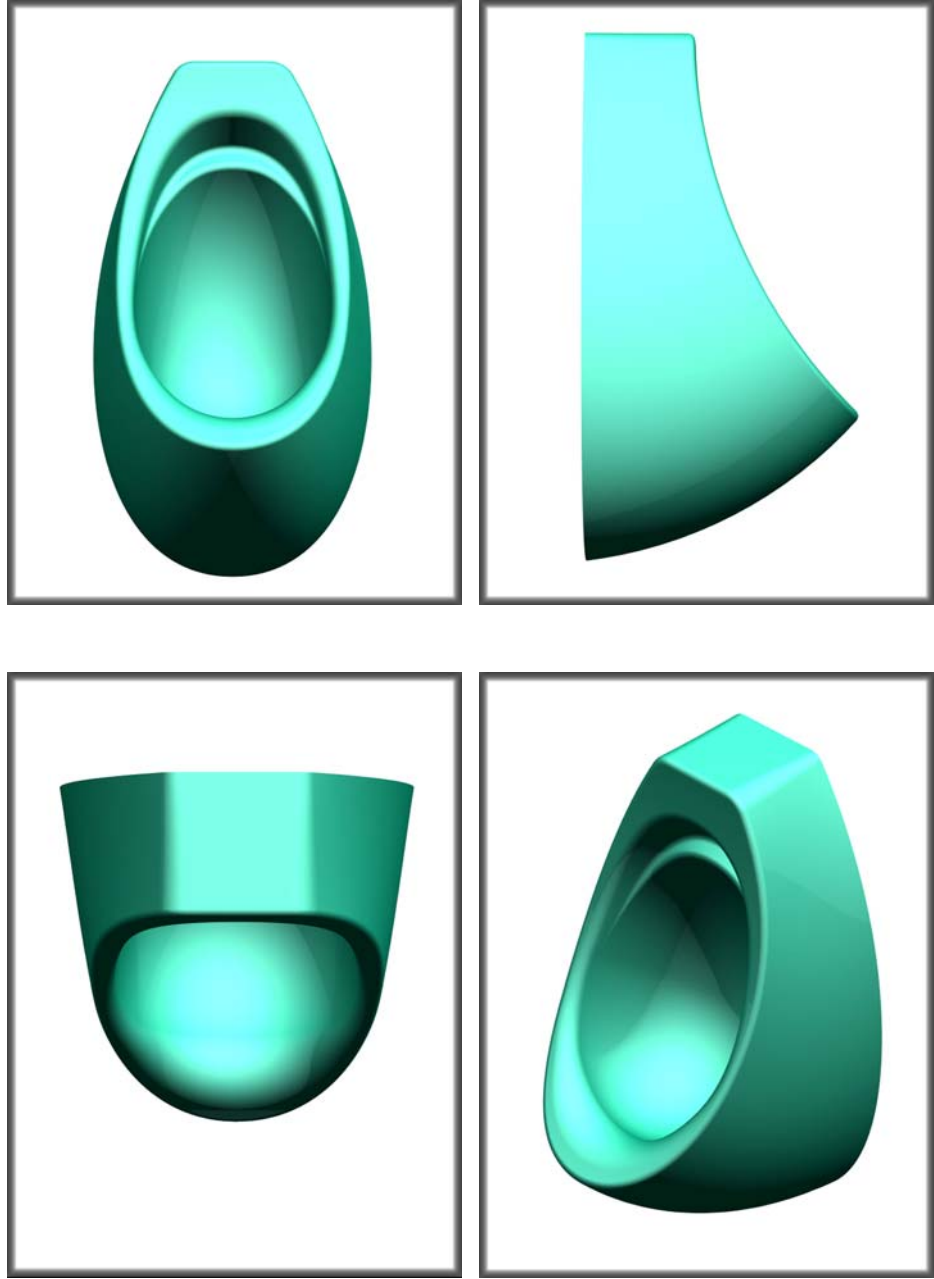
İlk aşamada üç farklı model üzerinde duruldu. Modellerin oluşumunda ön planda tutulan nitelikler, pis su giderinin saklanması ve hazne çevre yıkamasında suyun modelin üst kısmında yer alacak gizlenmiş bölgeden yüzeyi yalayacak şekilde akarak yıkamayı yapmasıydı. Bu başlangıç modellerinden hiçbiri birinci bölgeleri hariç modellenmedi. Bunlar başlangıç aşamasında tamamen görsel ve teknik fikirler edinmemiz için yapılmış ön modellerdir. Bu modellere başlarken de önceki bölümde görmüş olduğumuz NX 3.0 programında yapmış olduğumuz teknik çizim eskizlerinden faydalandı.



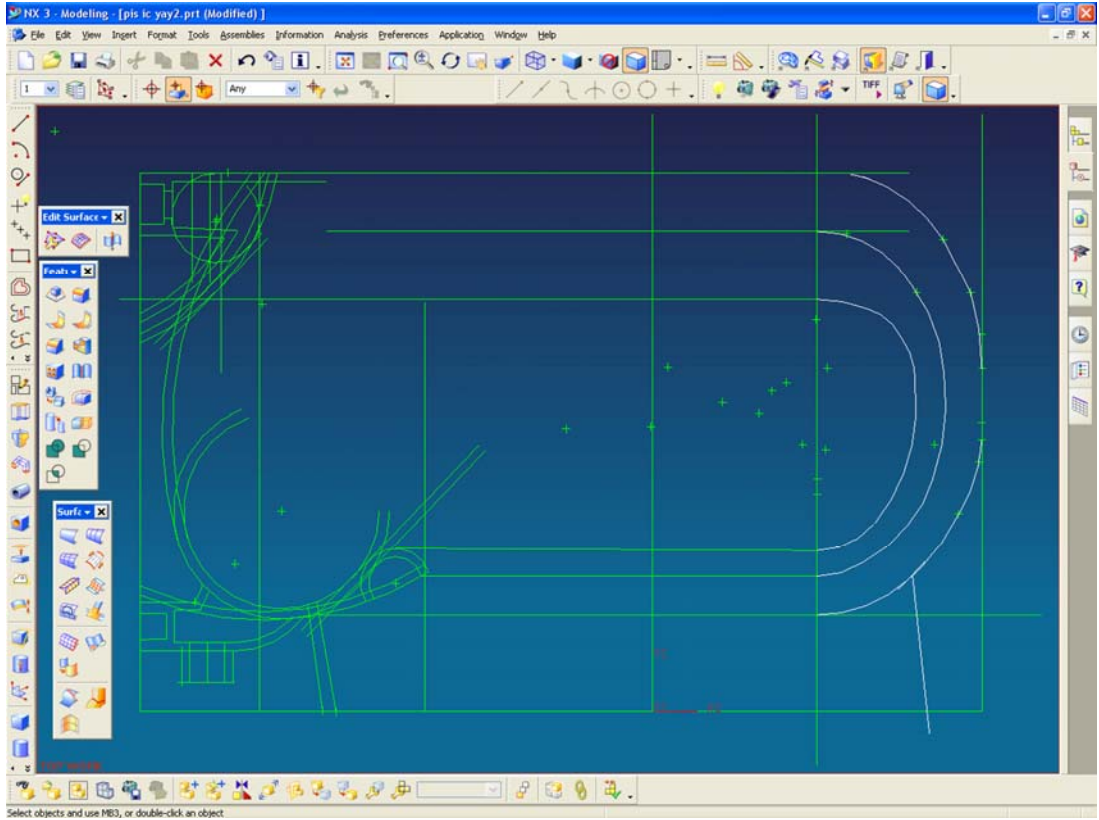
ŞEKİL 30: Bu çizim Şekil 25'te gösterilmiş olup modelin genel formunu yapılandırmada başlangıç oluşturmuştur.



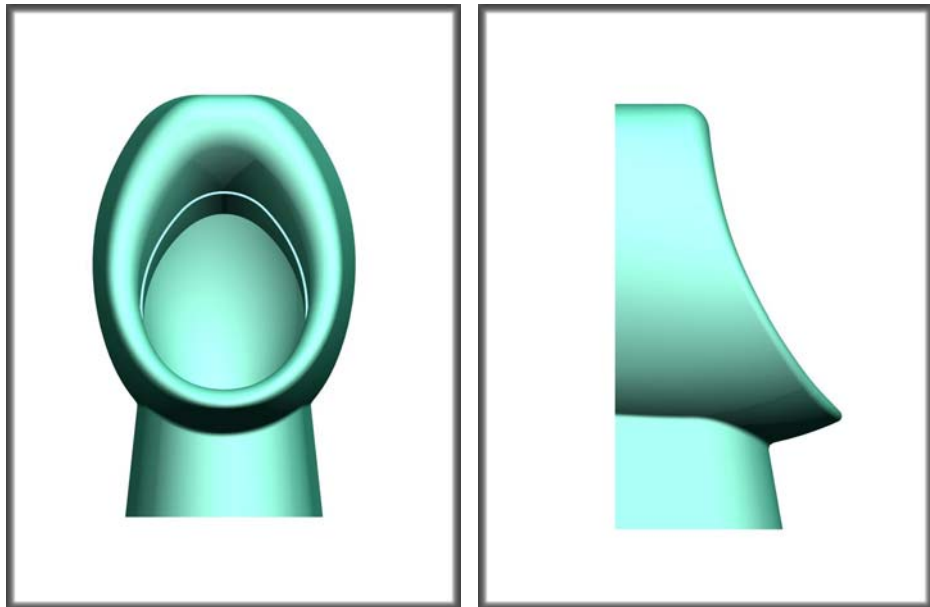
ŞEKİL 31

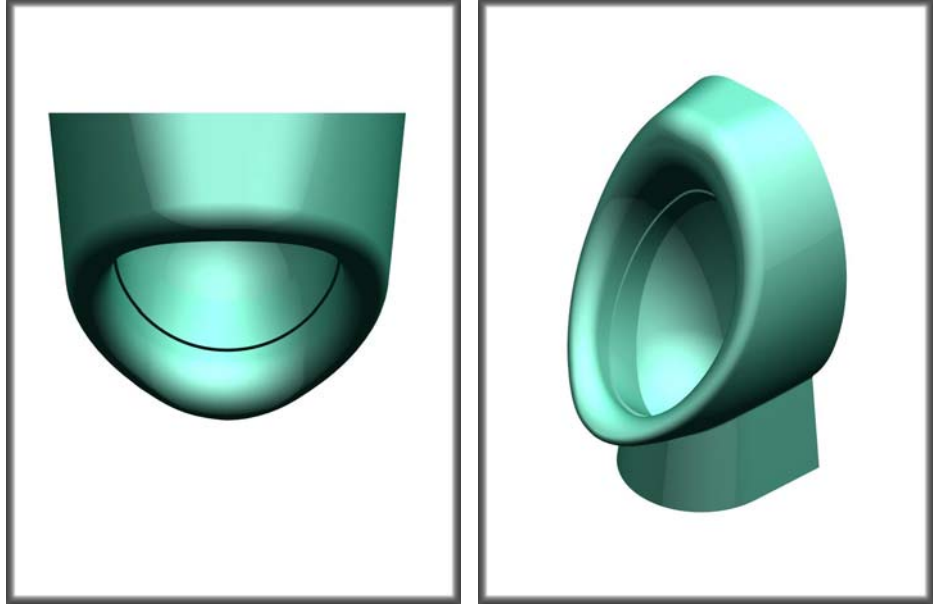


ŞEKİL 32: Bir önceki görsellerde yer alan modelin değiştirilmesiyle elde edilen diğer bir model



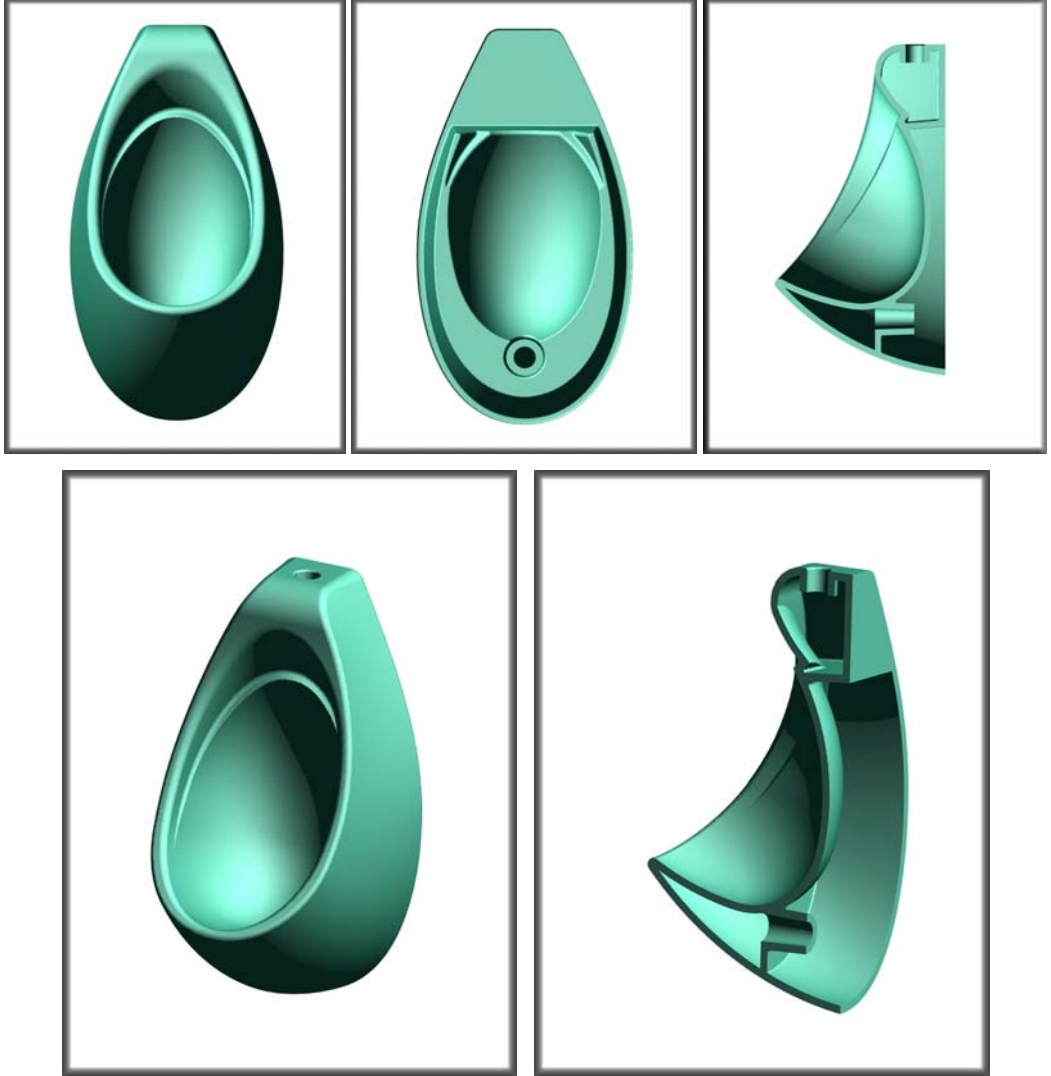
ŞEKİL 33





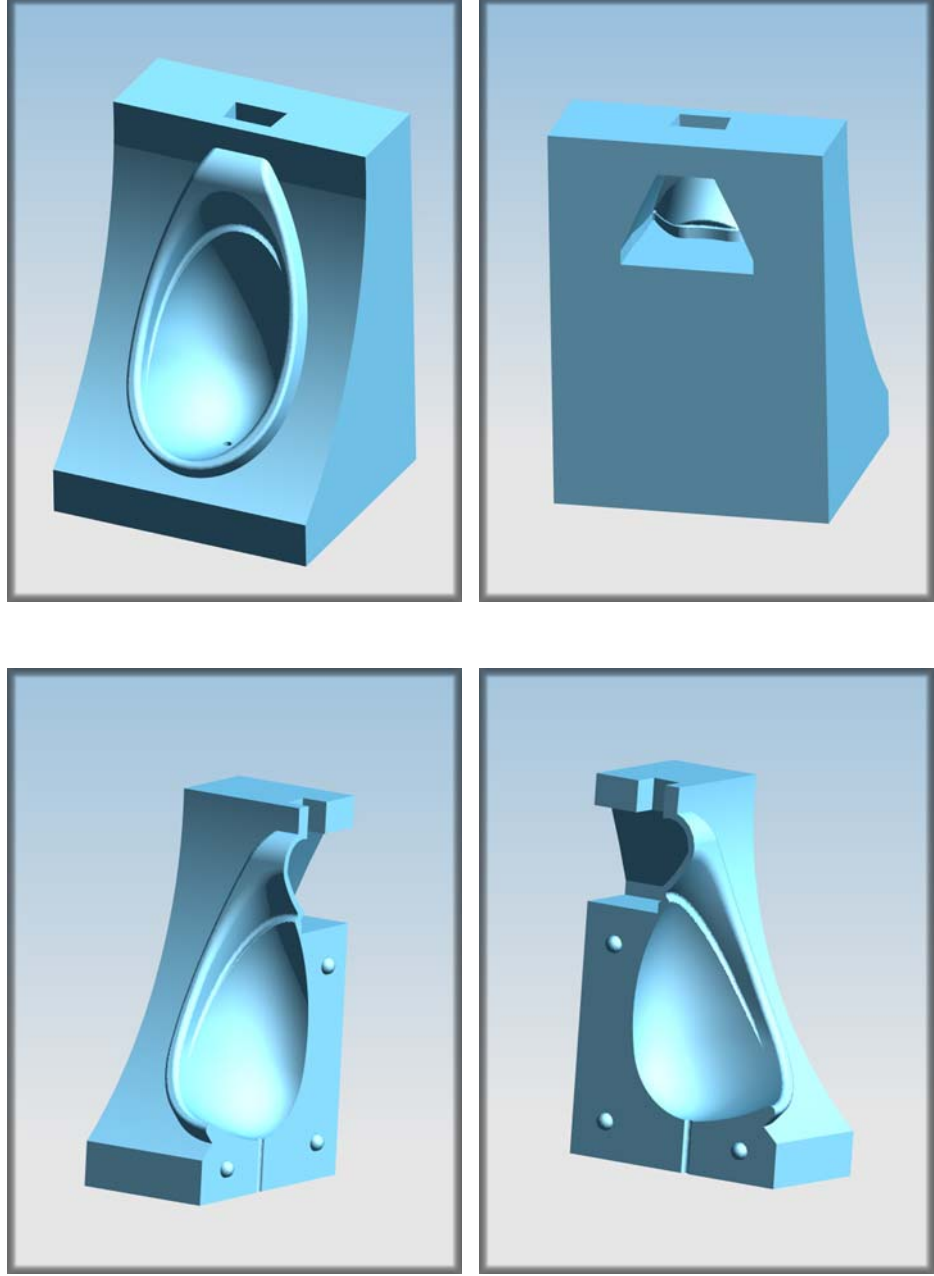
ŞEKİL 34

Bu modeller göz önünde bulundurulduğunda şekil 34'teki modelde etek bölgesinin kalıp sürecinde seri üretime yönelik çıkaracağı aksaklıklar ve gerek döküm, gerek kurutma, gerekse de pişirim esnasında uğrayacağı deformasyonlar düşünüldü ve bu modelin üzerinde durulmamasına sebep oldu. Şekil 31 ve 32'deki modeller üzerinde ise bazı değişiklikler yapılarak yıkama fonksiyonu için bir hazne yapılmasına karar verildi. Burada kullanılacak kesit eğrisi ve hazne yüzey eğrisi ileriki çalışmalar için de bir temel teşkil edecekti. SEREL Seramik A.Ş.'ye ait fonksiyon standartları da haznede kullanıldığı için haznede fonksiyon yaratmak bir bakıma hızlı oldu. Bu maketin yapıldığı modelin form ve fonksiyon nitelikleri ise ileride tasarlayacağımız modeller üzerinde temel teşkil etmiştir. Bu model her ne kadar %100 çözümlenmemiş de olsa kendi adıma bir yerden başlamak ve hazırlanacak modele ait vizyonumu genişletmek adına ideal bir örnekti. Bu model ve hazırlanan maketin görseli ve açıklamaları aşağıdaki gibidir;



ŞEKİL 35: Fonksiyon modeli hazırlanmasına karar verilen modelin görünüşleri

Bu modelin hazne kısmı kullanılarak yaratmış olduğumuz maketin çizimi ve yapım aşamasının fotoğrafları aşağıdaki gibidir;



ŞEKİL 36: Fonksiyon modelinin bilgisayar destekli çizimi



FOTOĞRAF 1:Üç eksenli CNC tezgâhında hazırlanan fonksiyon modeli iki parça halinde işlenmiştir.



FOTOĞRAF 2:Hazırlanan parçaları birleştirmek için kanca kullanılmıştır. Arkada görülen oluklar kancanın çakılması için açılmıştır.



FOTOĞRAF 3:Yivli demir çubuktan hazırlanan kanca



FOTOĞRAF 4:Temiz su haznesi modellenmiş olan maketin kancaları atıldıktan ve bu oluklar alçı ile kapatıldıktan sonra arka bölümü bir alçı plaka yardımıyla kapatılır.



FOTOĞRAF 5: Maketin tek parça görünümü



FOTOĞRAF 6: Fonksiyonu belirlemek için farklı yön ve bölgelerde açılmış olan yıkama delikleri.



FOTOĞRAF 7:Yıkama fonksiyonunun test edildiği ıslak alan

Maketin fonksiyonu dzenlendikten sonra yıkama deliklerinin yerleri ve yıkama kanalları hakkında elde edilen veriler doğrultusunda yıkama kanalları kısaltıldı ve haznenin ağız kısmı yükseltildi. Haznenin ağız kısmında yükseltmeye gidilmesinin sebebi yıkama esnasında yüzeyi yalayarak yıkama yapan suyun bir kısmının ağız kısmından aşığı ön bölgeye doğru sıçrama yapmasıydı.



FOTOĞRAF 8: Mihengir yardımıyla maketin ağız kısmından hassas biçimde ölçüler alındı.

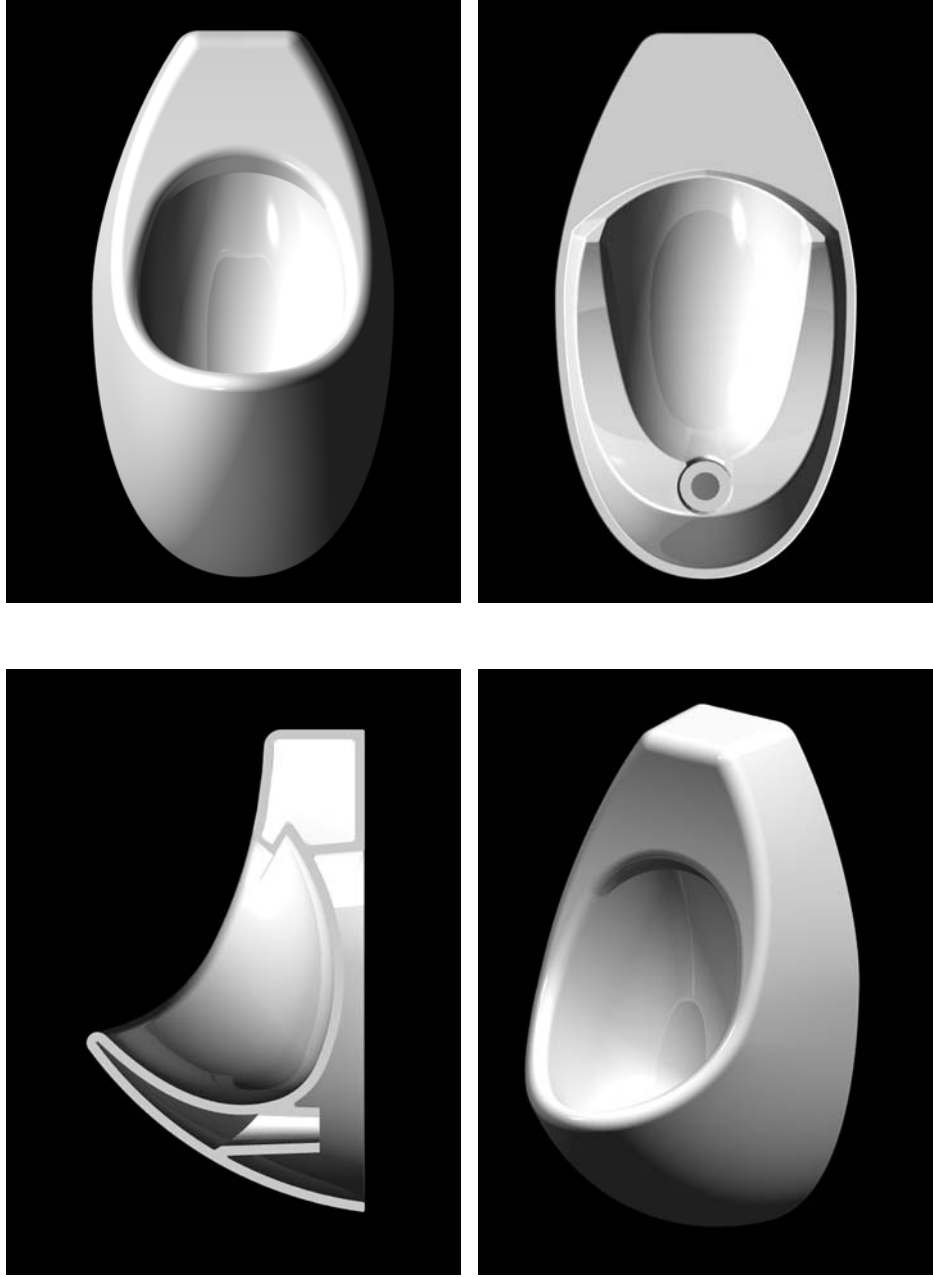


FOTOĞRAF 9: Alınan ölçüler doğrultusunda maketin ağız kısmı kırıldı ve yeni bir ağız oluşturmak için şablonlar hazırlandı.

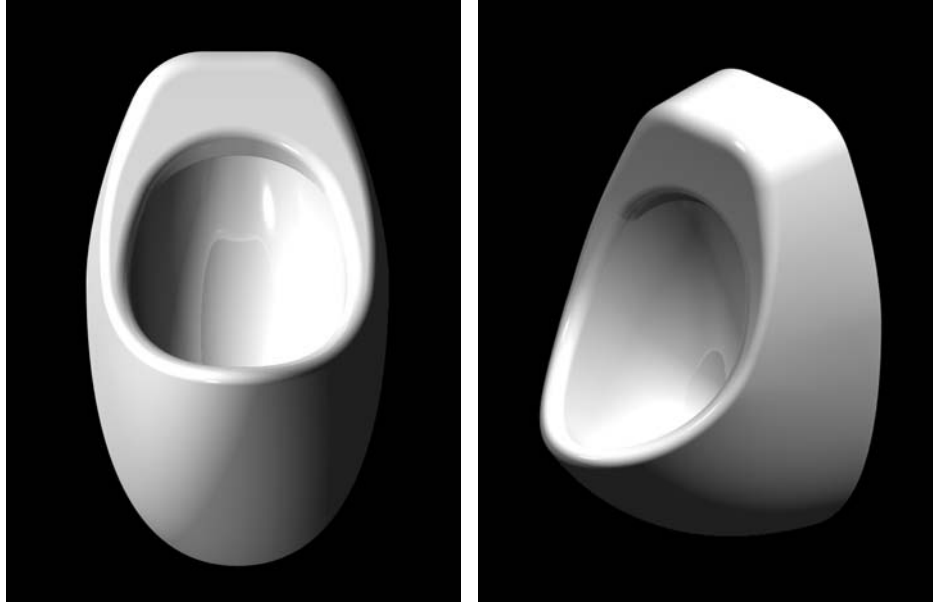


FOTOĞRAF 10: Maketin son olarak fonksiyon testine tabi tutulması

Bu veriler doğrultusunda maketi yapılan modele alternatif diğer modellerin formları aşağıdaki gibidir; (Şekil 37–38)

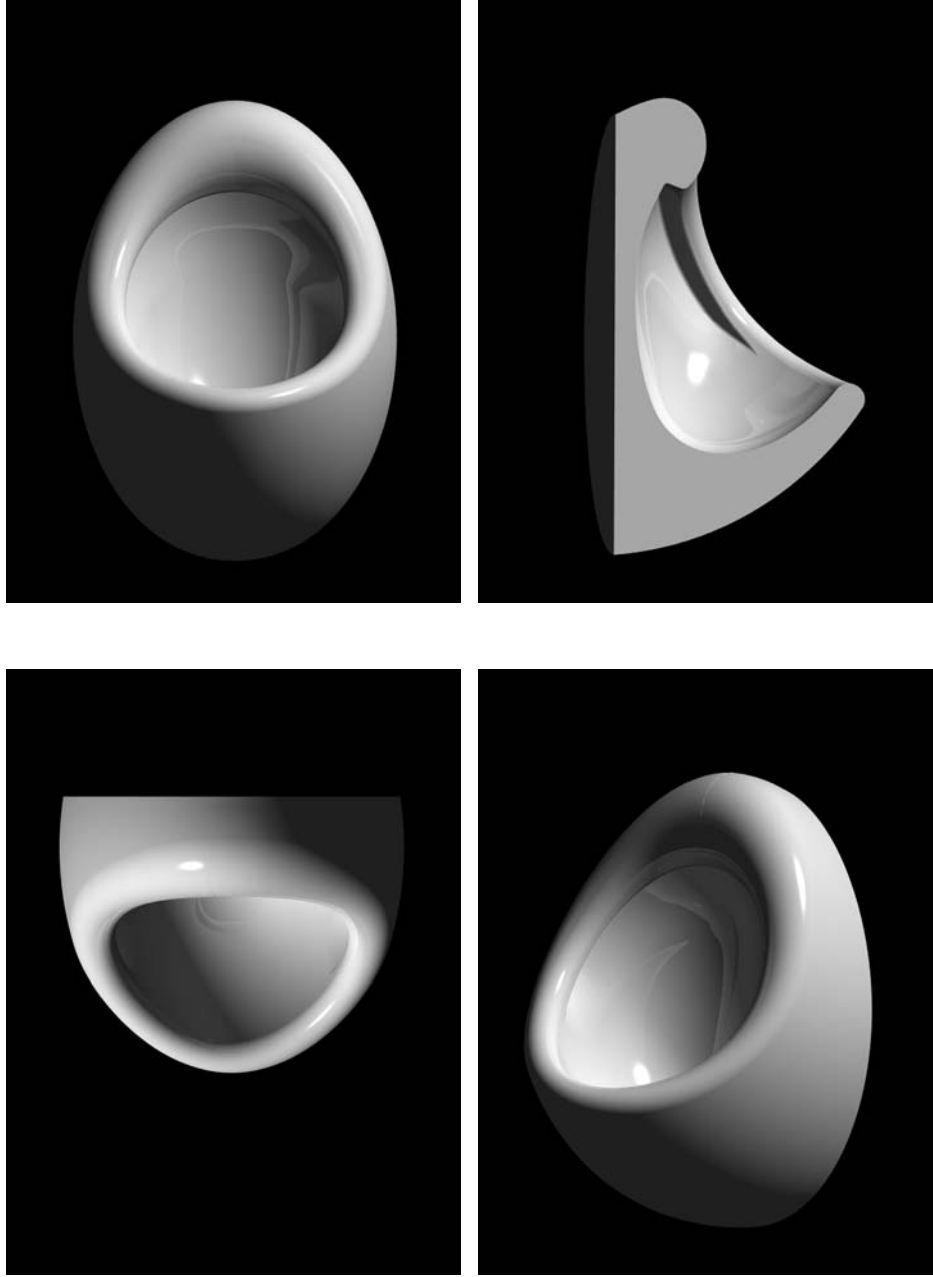


ŞEKİL 37: Modelin farklı görünümüleri

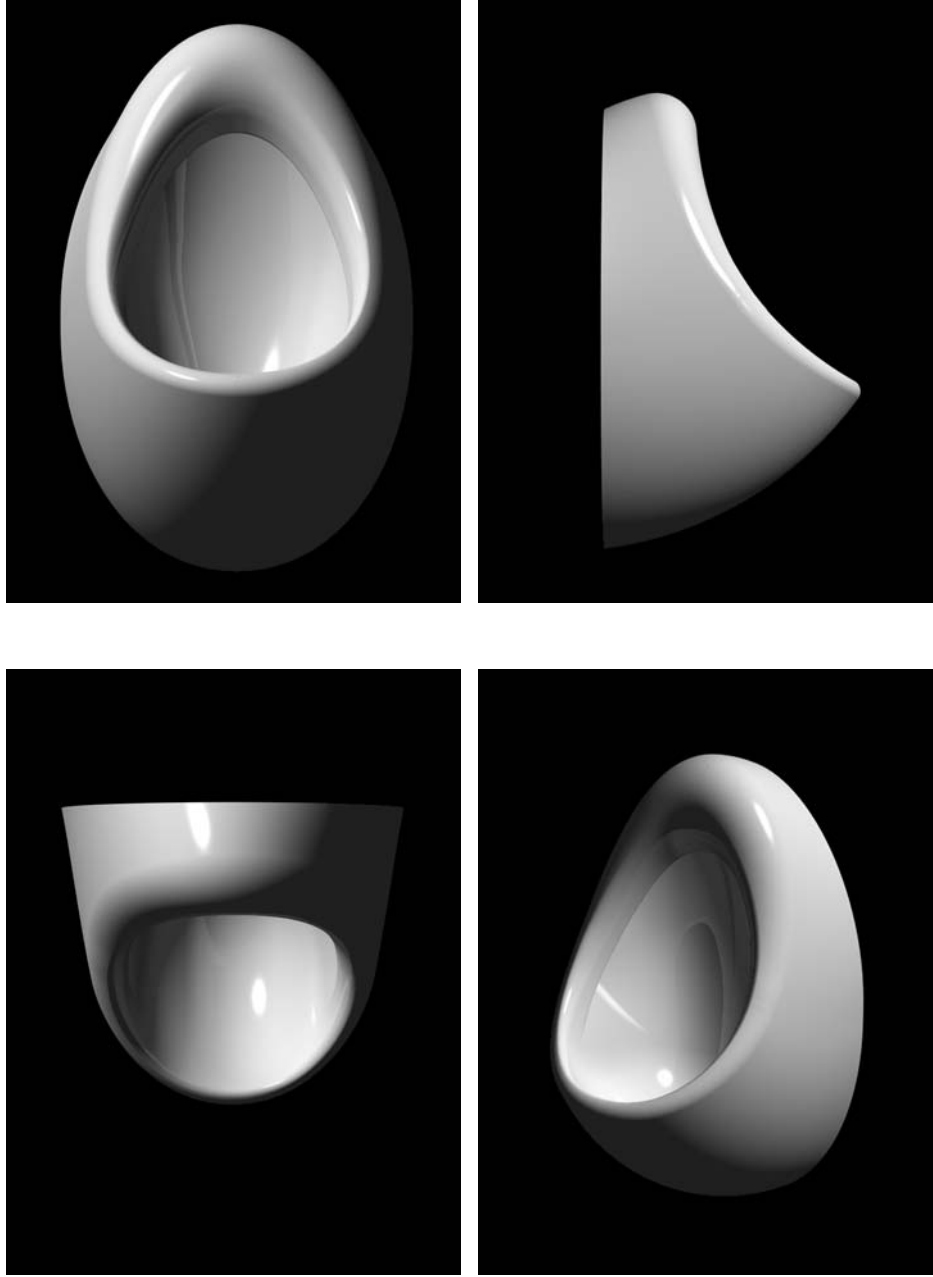


ŞEKİL 38

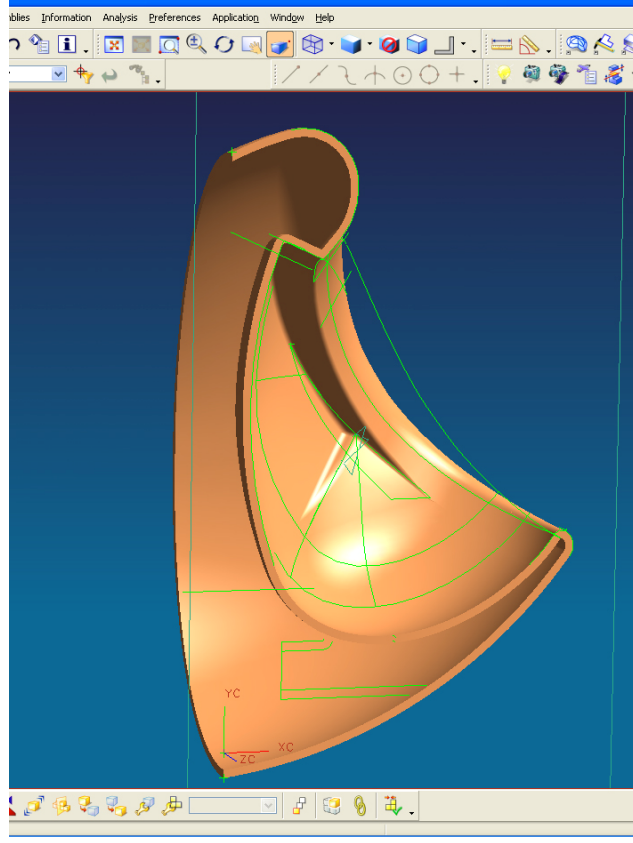
Şekil 37 ve 38’de görülen modellerin dışında el çizimleriyle oluşturduğumuz eskizlerden de biçimsel anlamda faydalanmaya devam ettik. Yukarıdaki resimlerde görülen hazne kesiti, daha yumuşak hatları olan farklı tasarımlara da uygulandı (Şekil 39 – 40).



ŞEKİL 39



ŞEKİL 40

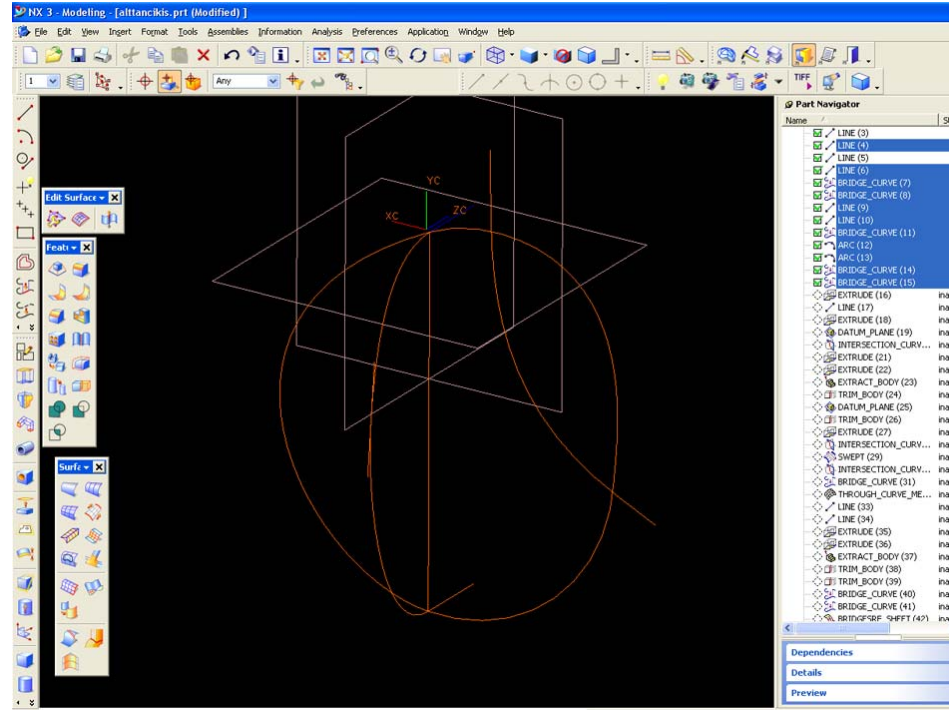
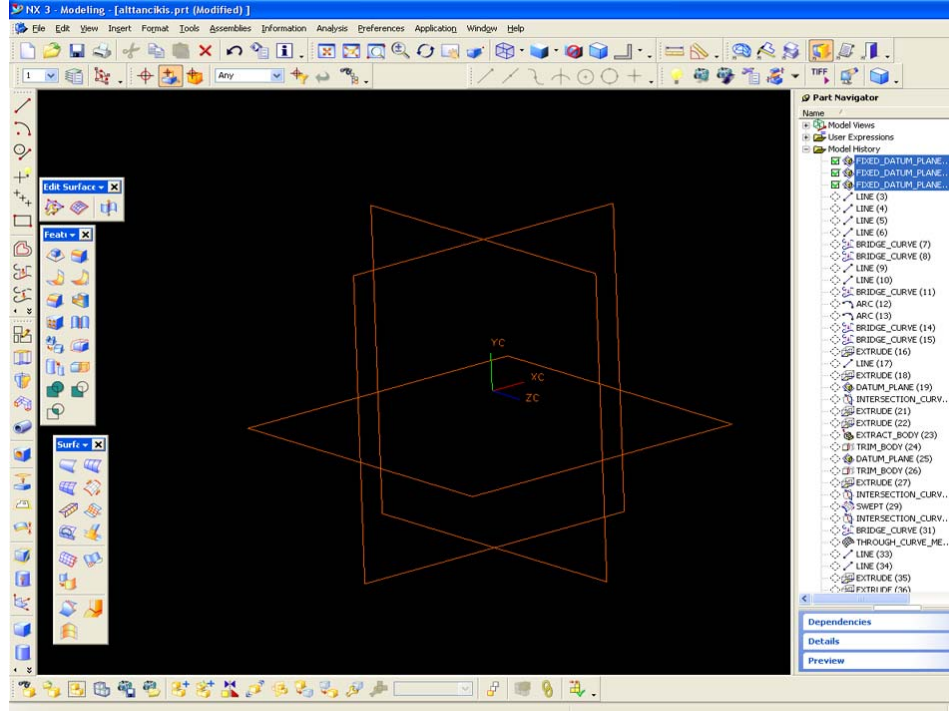


ŞEKİL 41: Yıkama seti üzerinde dikine başka bir set daha oluşturuldu ancak bu hazne tipi denemeye alınmadı

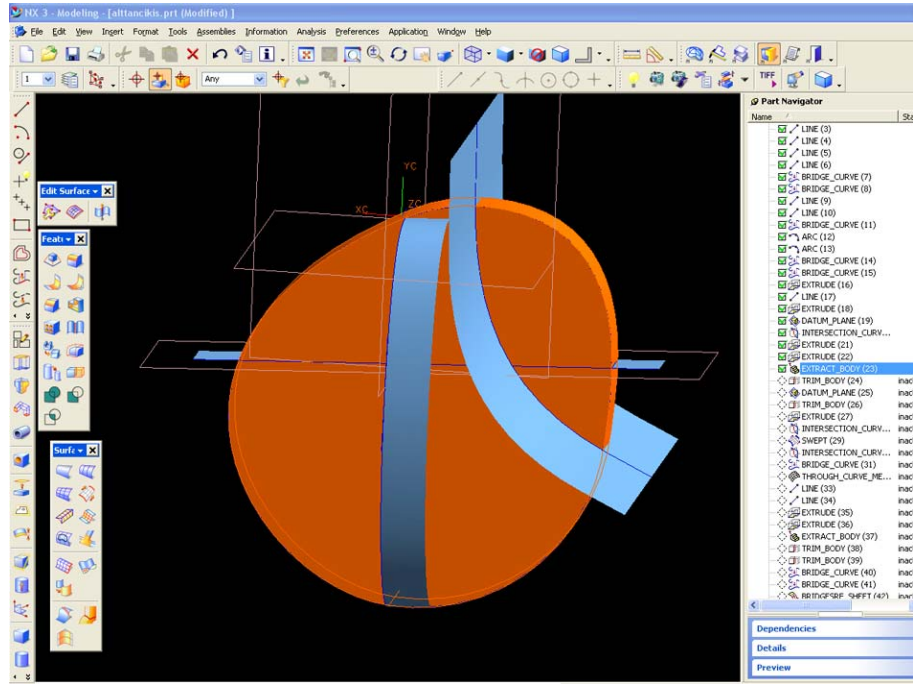
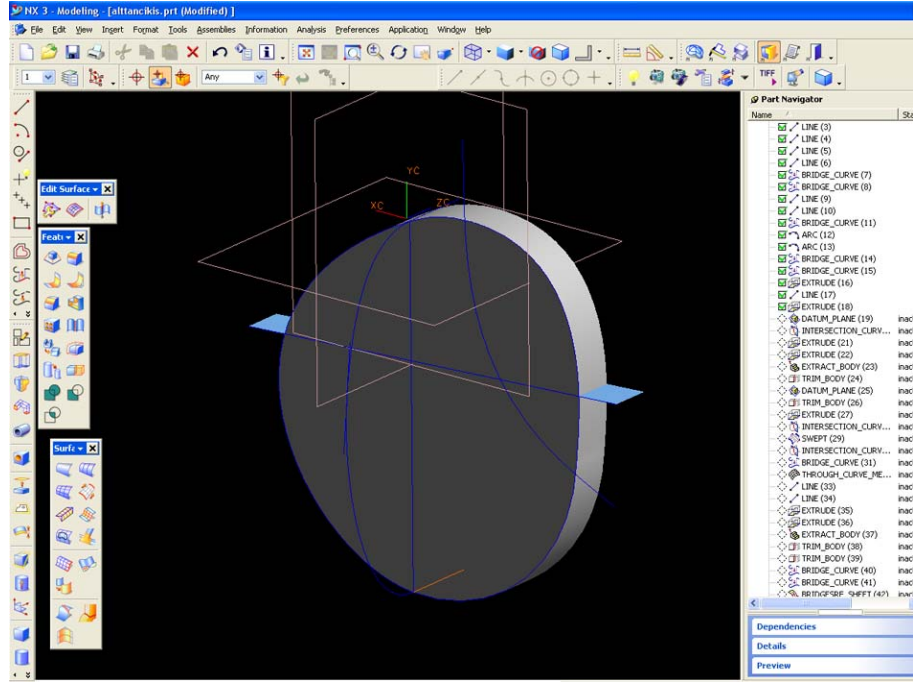
3.2. Modelin Tespiti ve Bir Model Maketinin Hazırlanışı

Yapmış olduğum çizimler doğrultusunda biçimsel anlamda şekil 39 ve 40'ta görülen tiplerdeki gibi yumuşak hatlı bir model yapılmasına karar verildi. Modellenecek olan tasarımın ileriki safhalarda da bir maketi yapılacak ve bu maket üzerinde kalıplama ve üretime yönelik son incelemeler ve düzenlemeler uygulanacaktı.

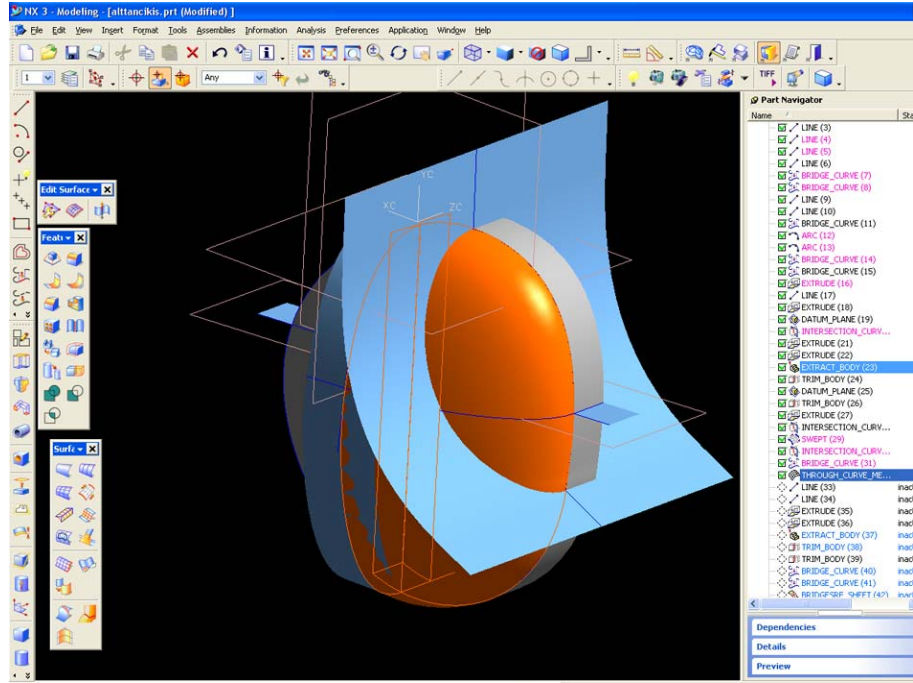
İlk olarak yan yüzeyleri masif ve pis su çıkışı aşağıya doğru verilen bir model hazırlandı. Bu modele ait tasarım ve üretim safhalarının görselleri aşağıdaki gibidir;



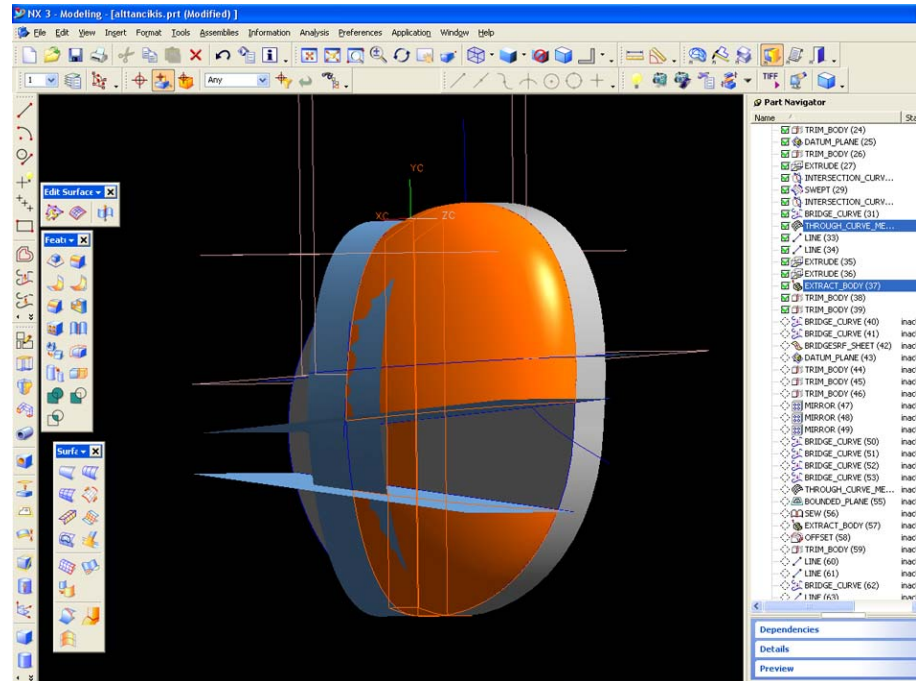
ŞEKİL 42: Temel düzlemlerin ve çizgilerin oluşturulması



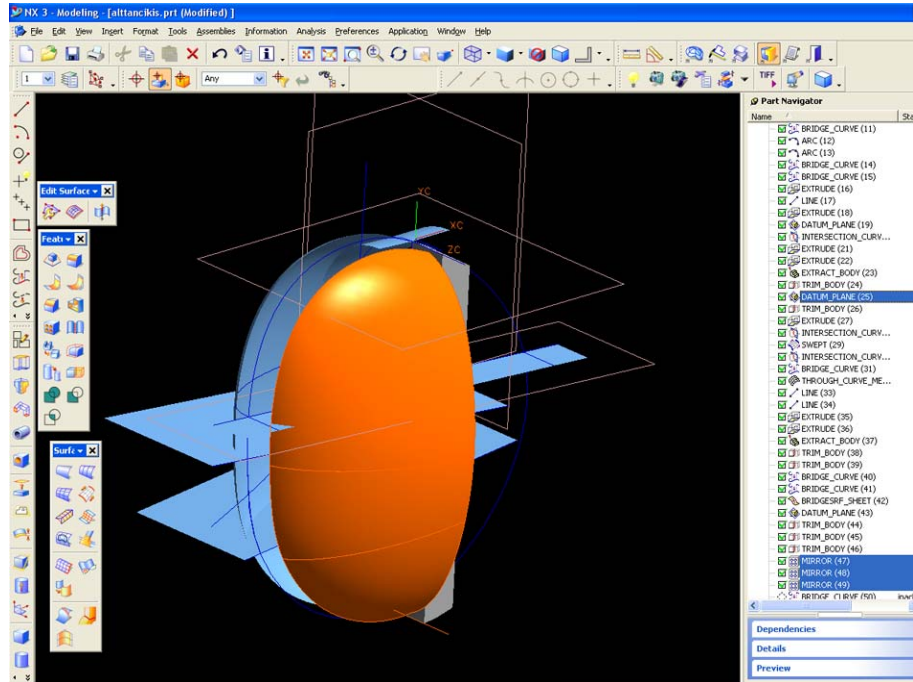
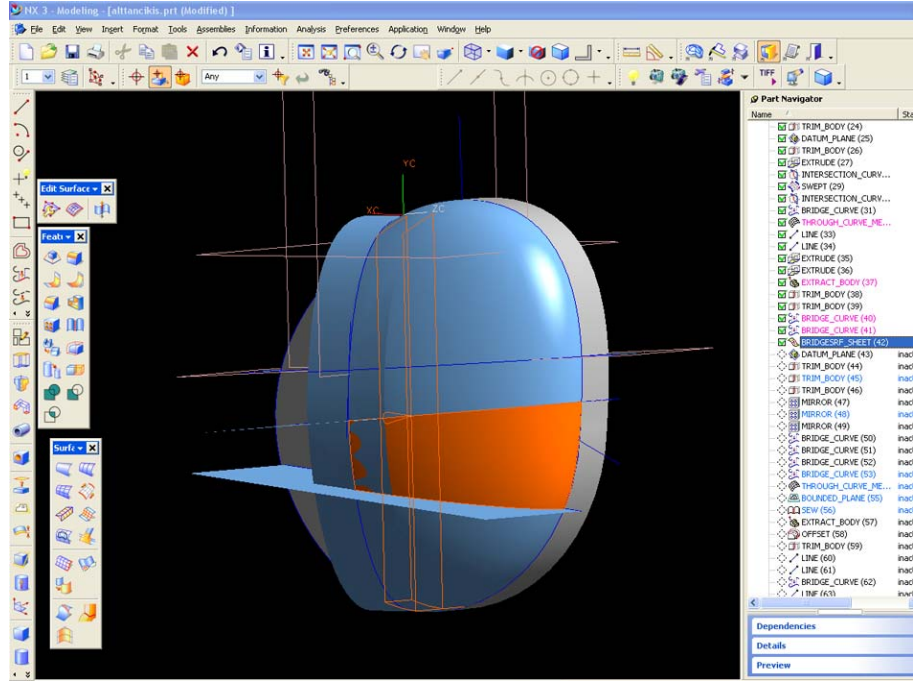
ŞEKİL 43: Yardımcı katının ve yüzeylerin oluşturulması



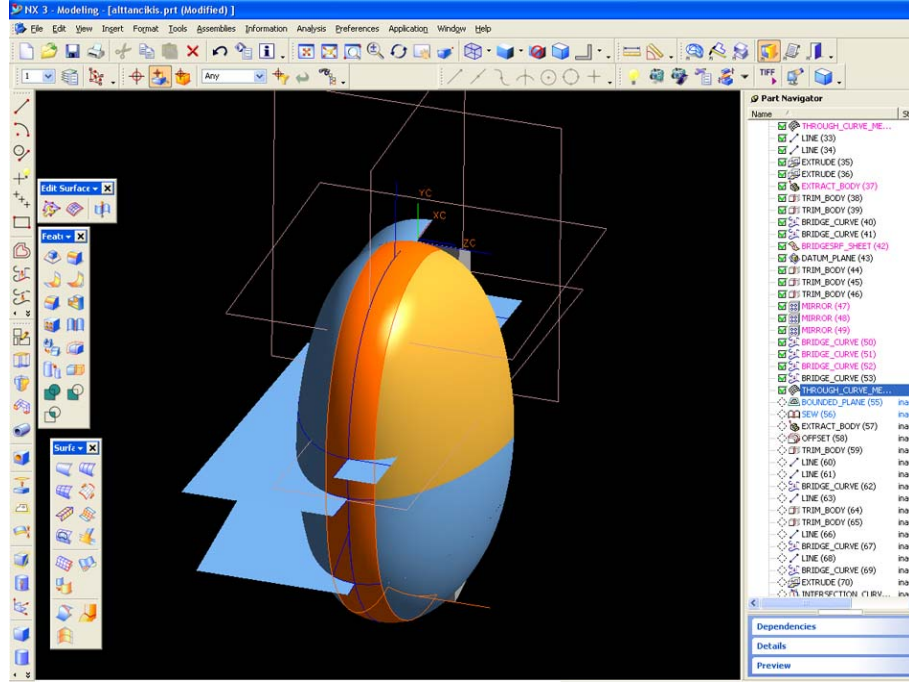
ŞEKİL 44: Yardımcı katı ve yüzeyler aracılığıyla ana katının oluşturulması



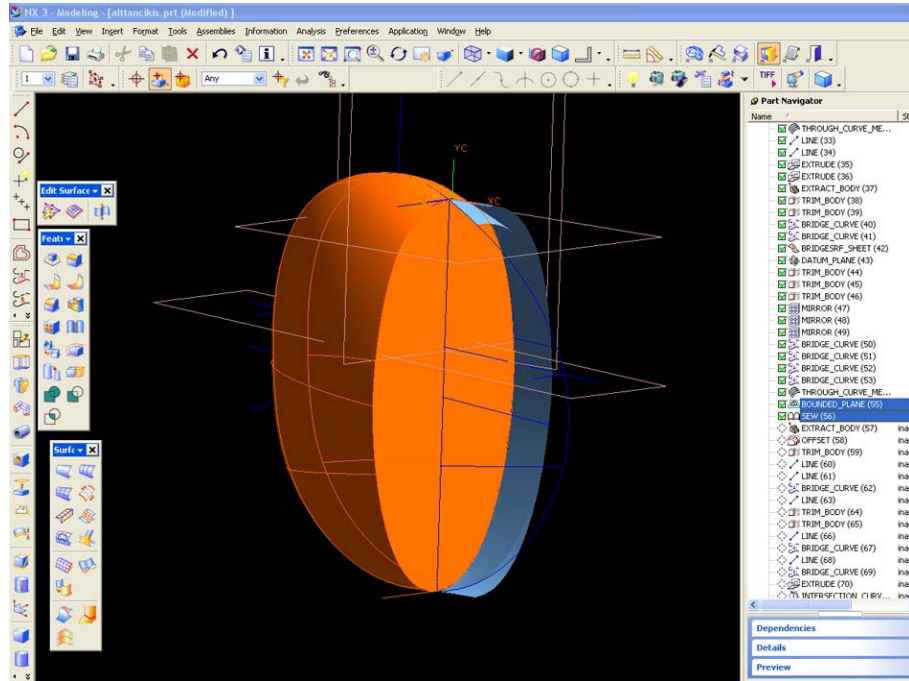
ŞEKİL 45: Ana katının yüzeylerinin örülmesi



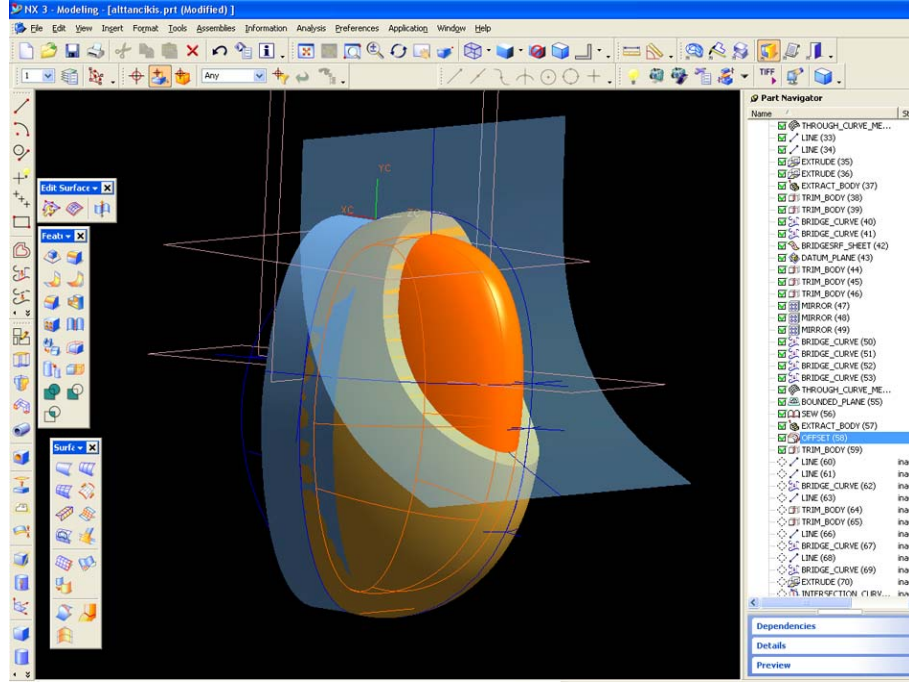
ŞEKİL 46: Ana katının yüzeylerinin örülmesi ve düzeltilmesi



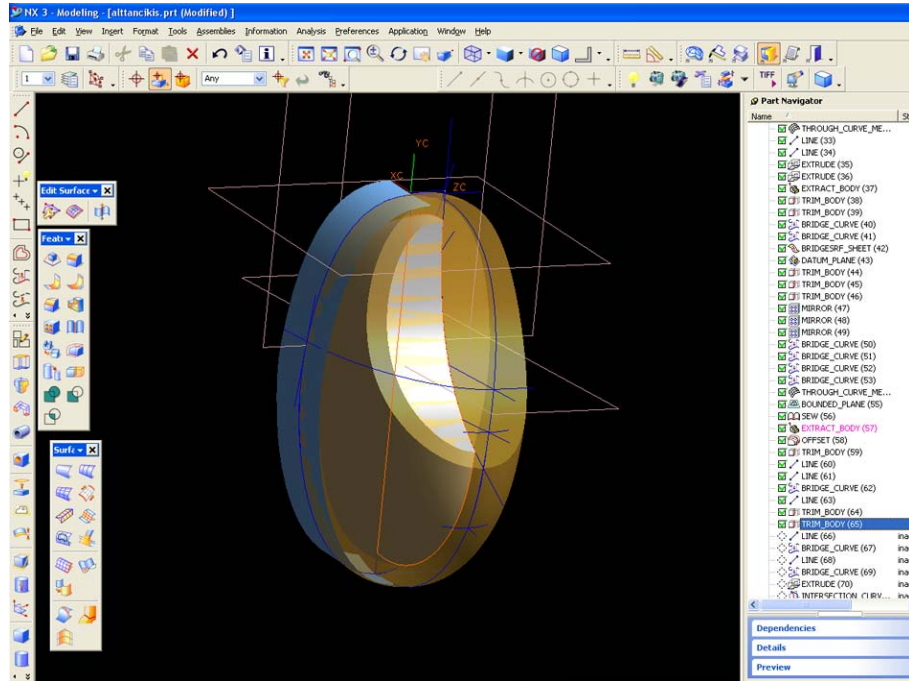
ŞEKİL 47: Parçalı ana katının görünümü



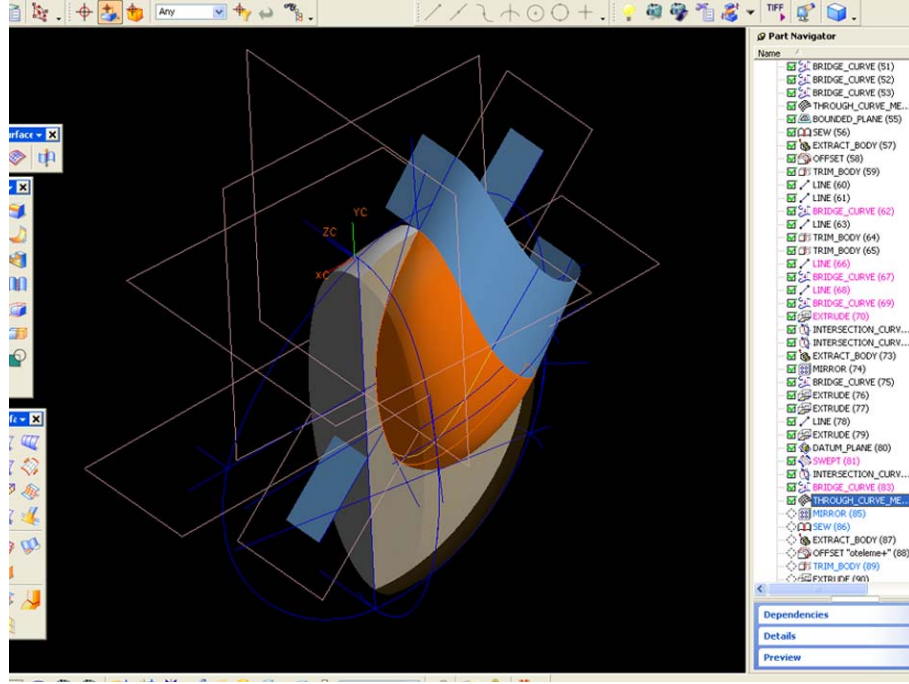
ŞEKİL 48: Birleştirilmiş ana katının arka görünümü



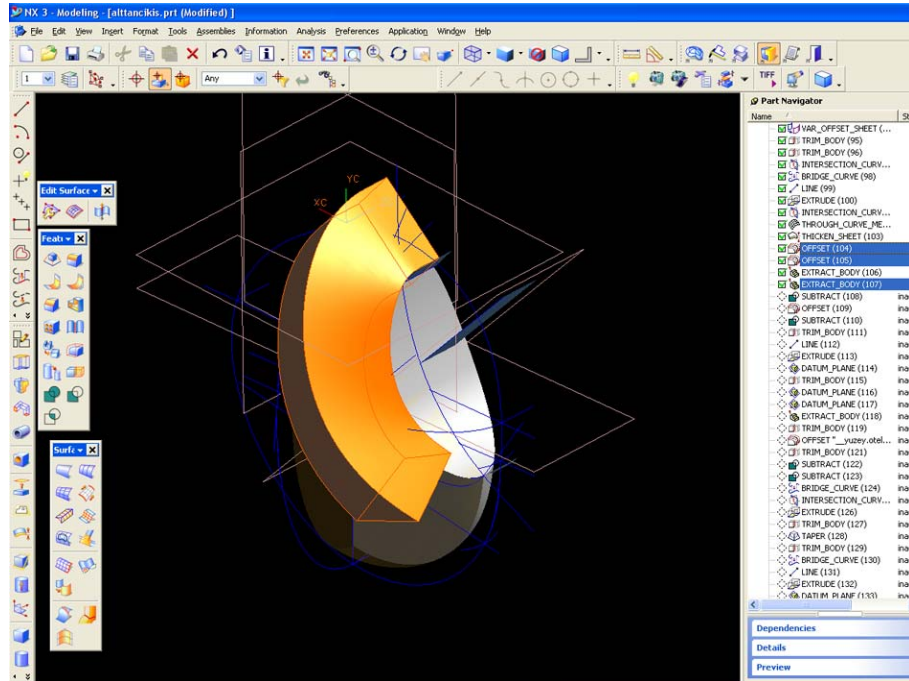
ŞEKİL 49: Ana katı içinde hazne oluşturmaya yardımcı olacak katının yapımı



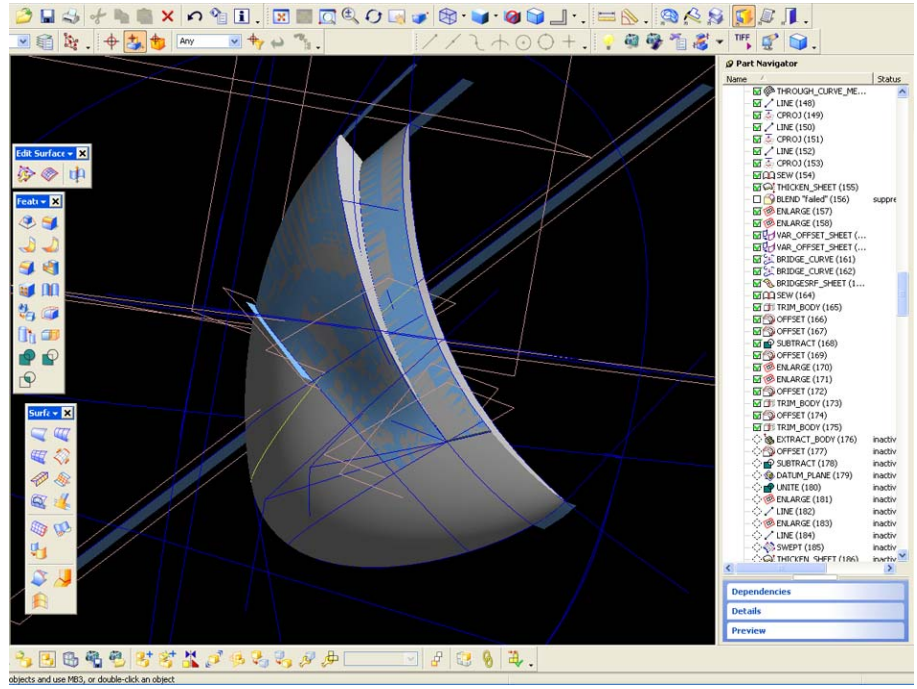
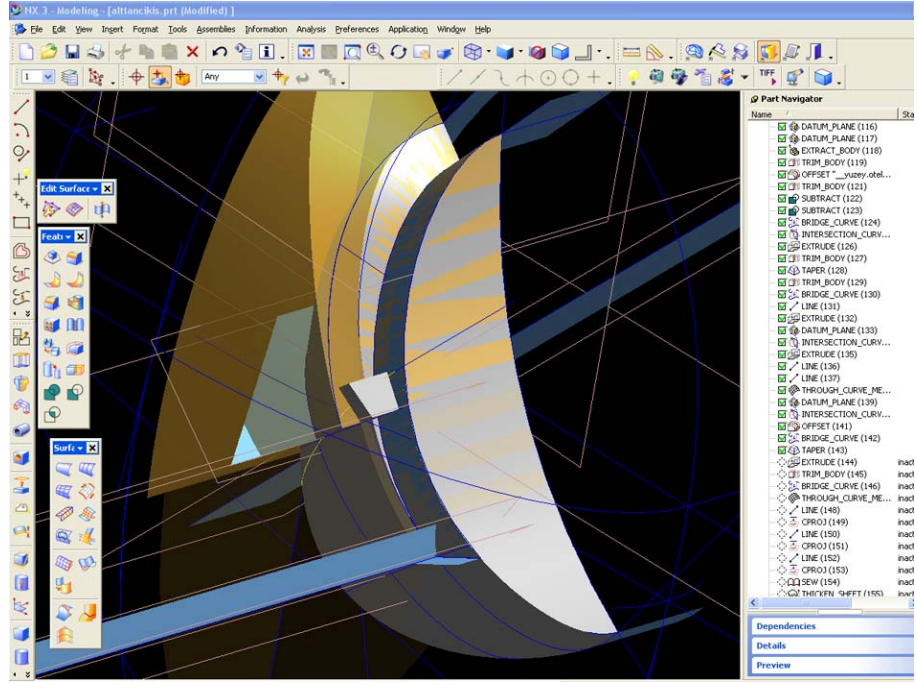
ŞEKİL 50: Hazne oluşturmada kullanılacak katının kesimi işlemleri



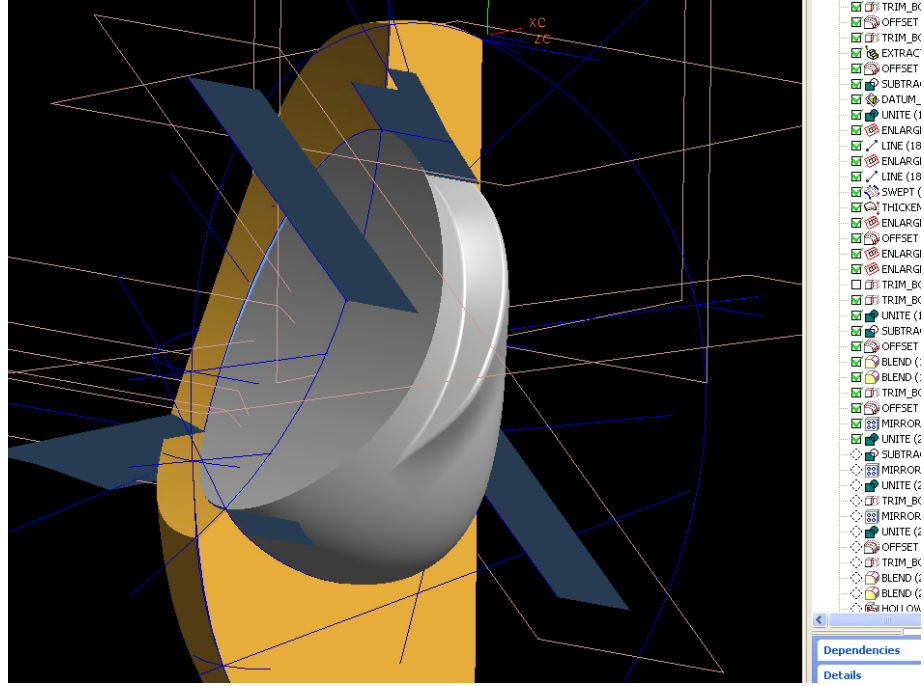
ŞEKİL 51: Hazne oluşturmada kullanılacak katının yüzey işlemleri



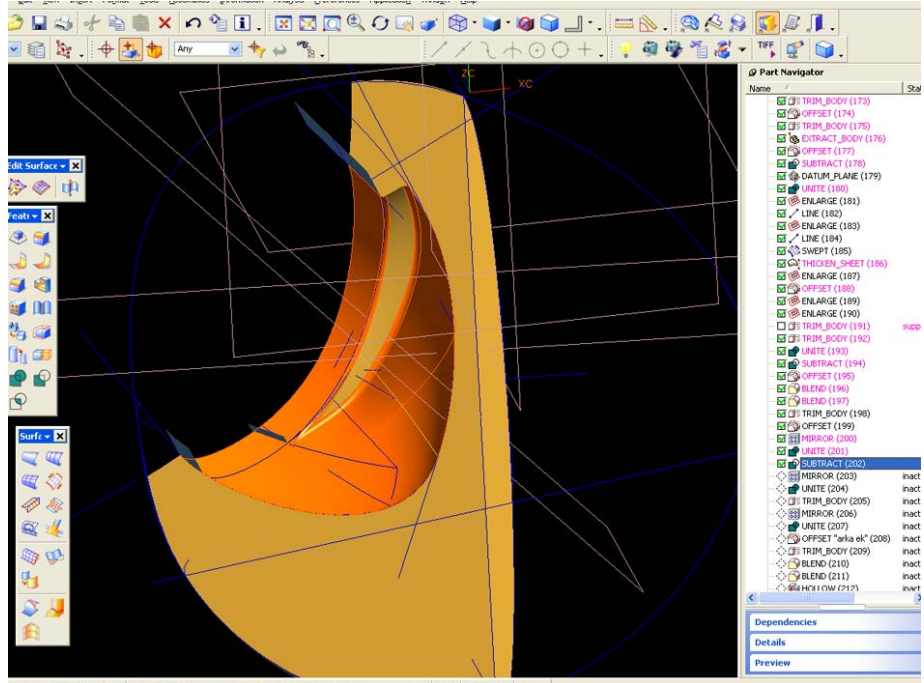
ŞEKİL 52: Hazne oluşturmada kullanılacak katının şekillendirme işlemleri



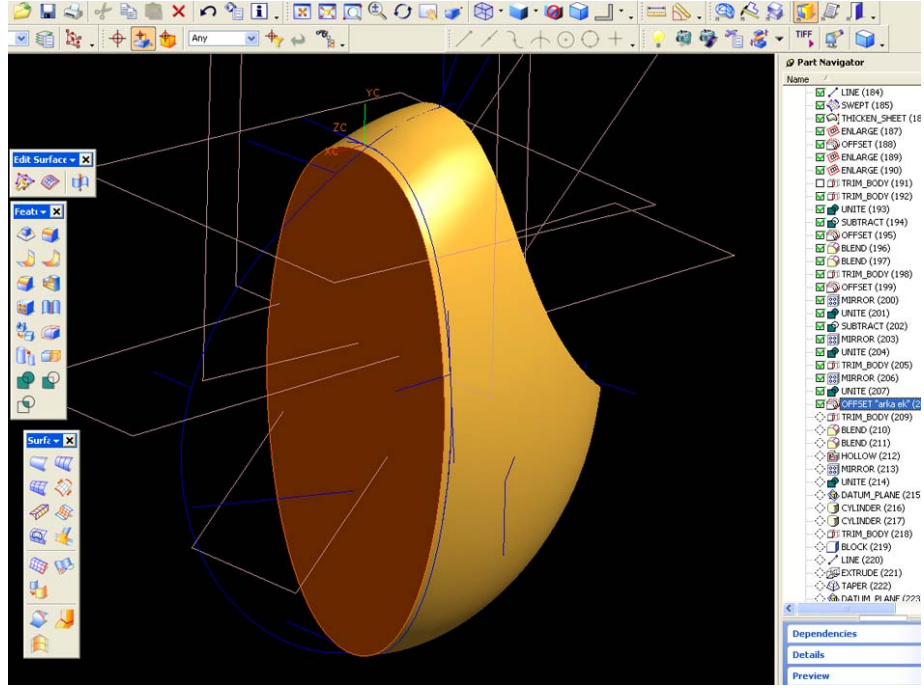
ŞEKİL 53: Hazne oluşturmada kullanılacak katının şekillendirme işlemleri



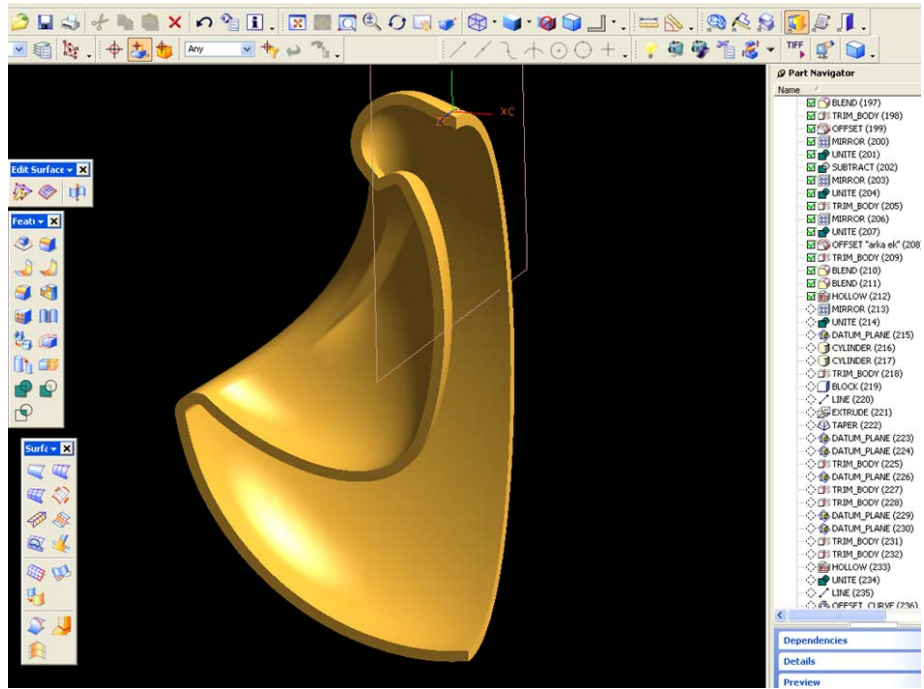
ŞEKİL 54: Hazne oluşturmada kullanılacak katının ana gövde içindeki konumu



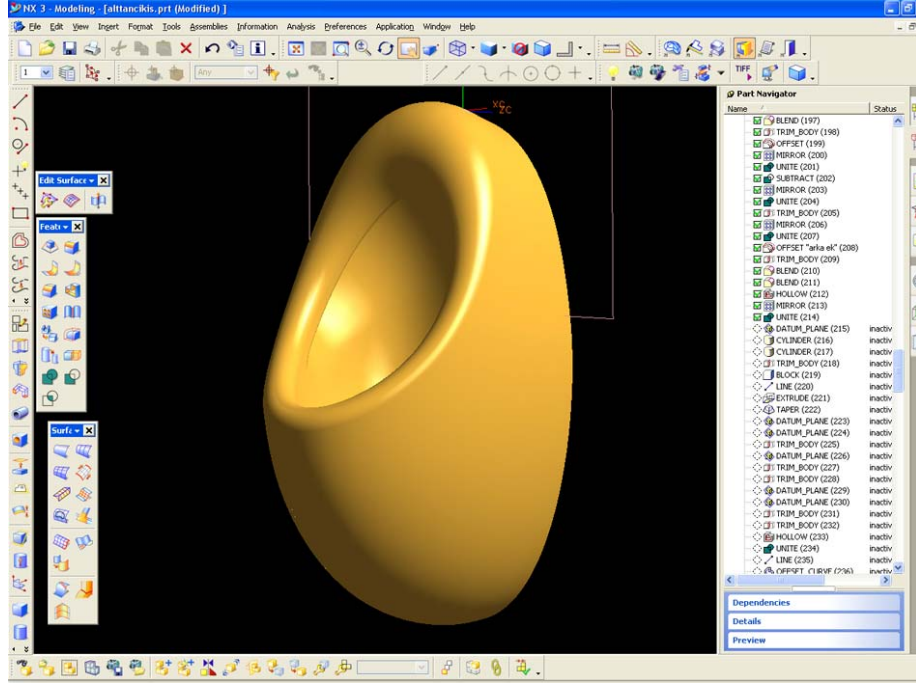
ŞEKİL 55: Hazne katısının ana katıdan çıkartılarak ana katının şekillendirilmesi işlemi



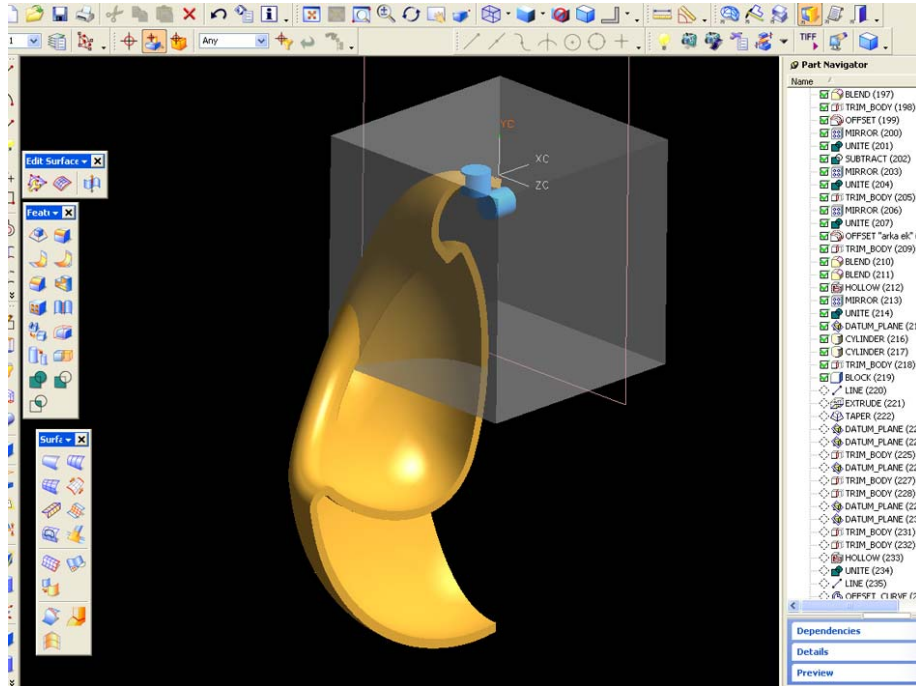
ŞEKİL 56: Ana katının arkadan bütün görünümü



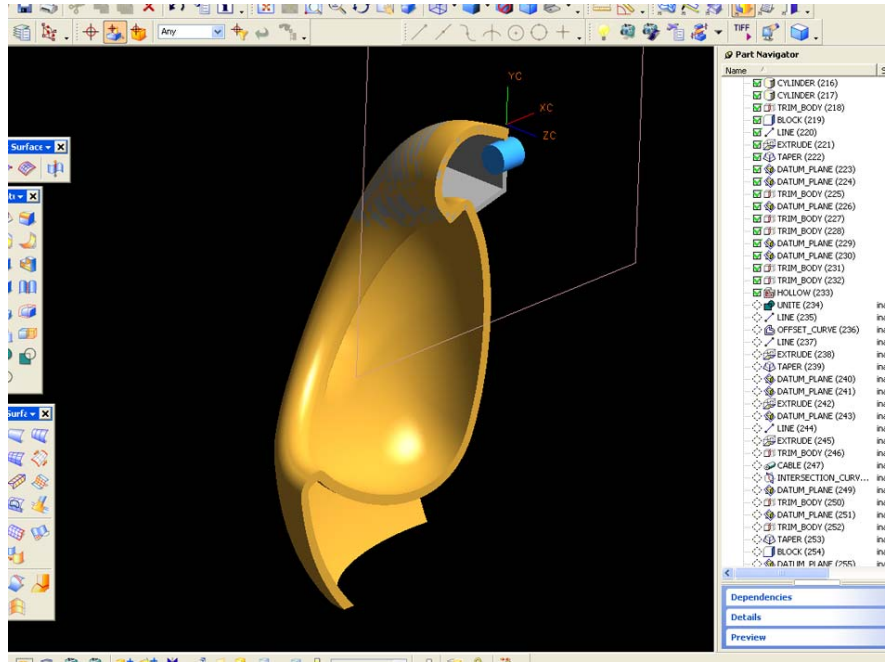
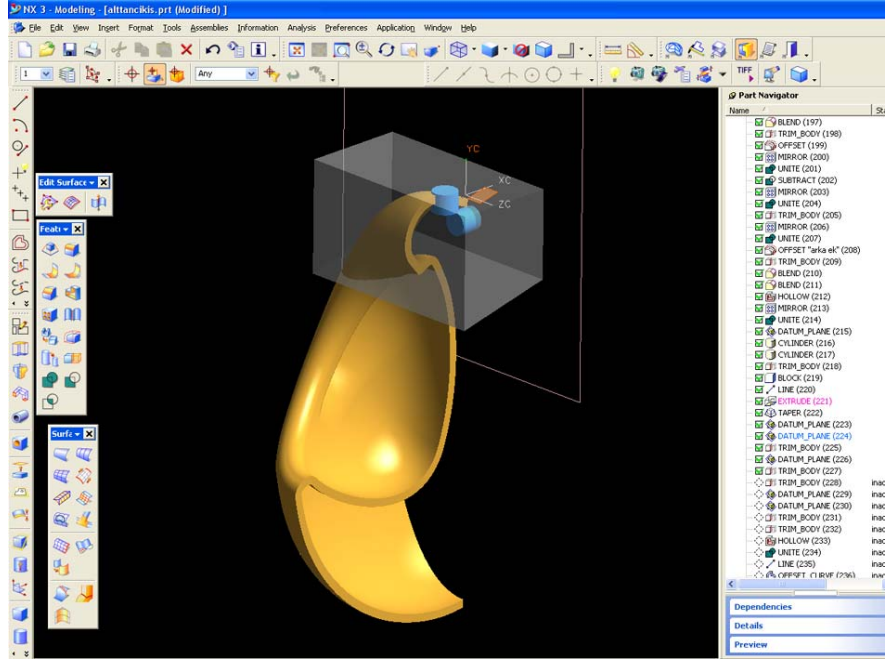
ŞEKİL 57: Ana katının arka yüzeyinin seçilerek “hollow”(oyuk) komutuyla et kalınlığı oluşturulması



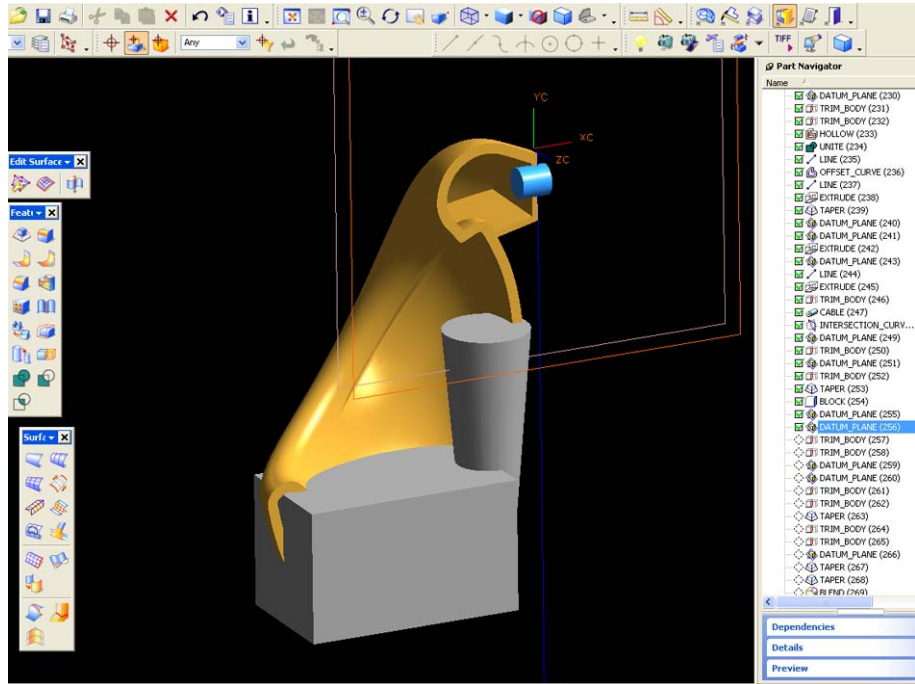
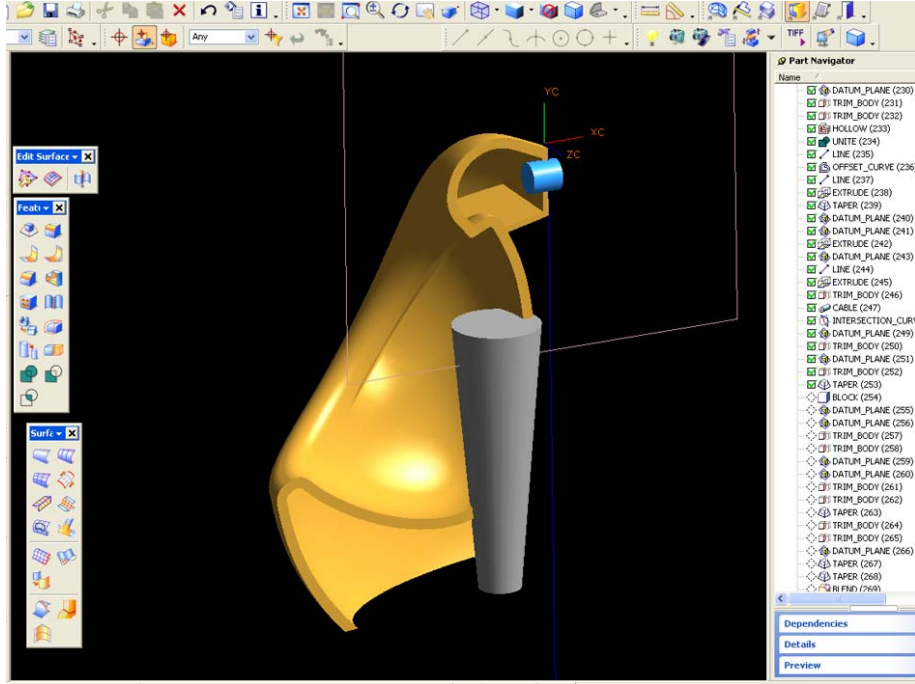
ŞEKİL 58: Ana katının önden görünümü



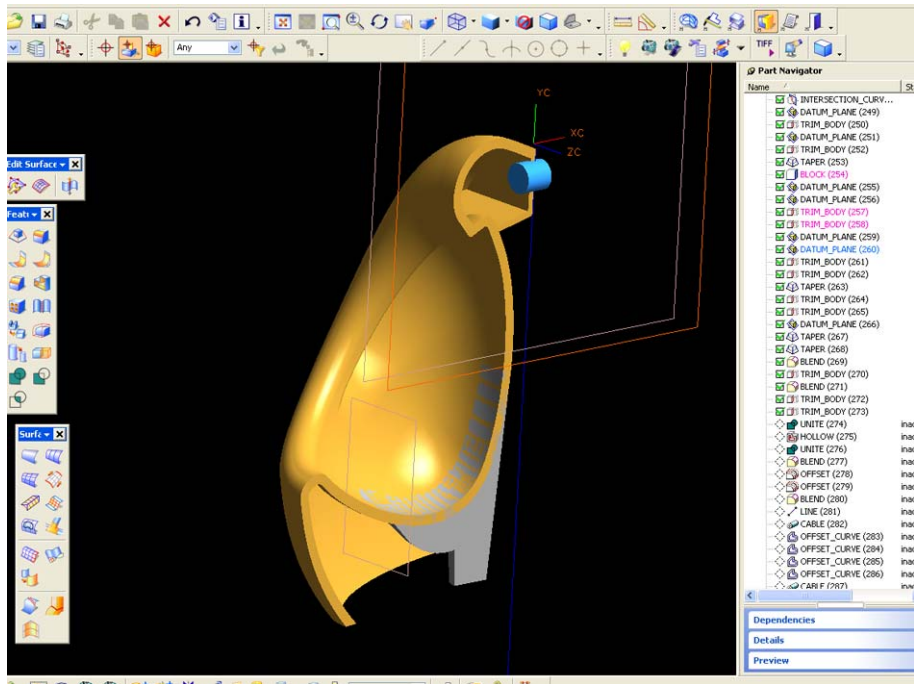
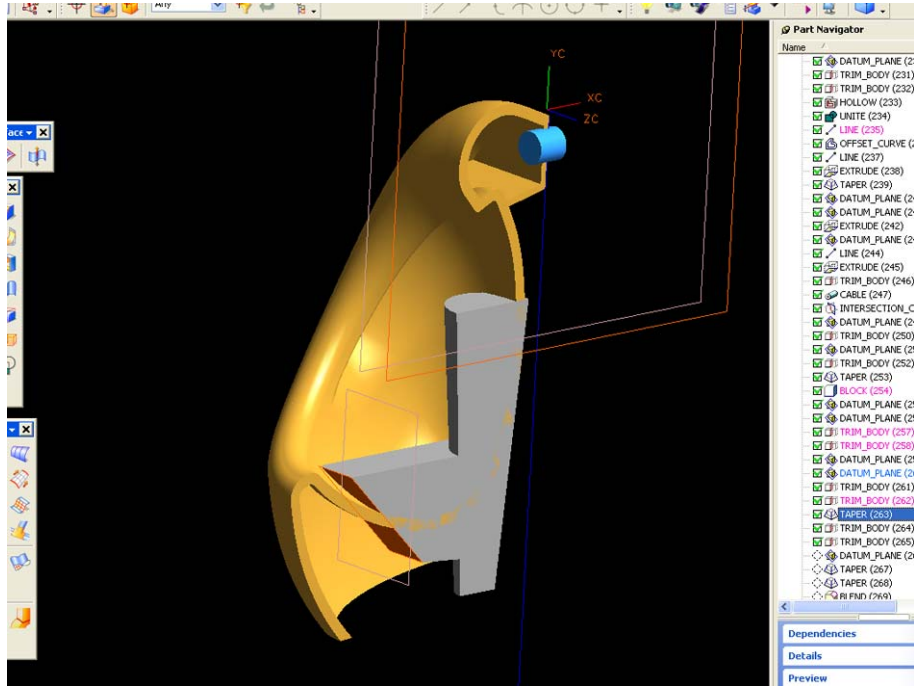
ŞEKİL 59: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla temiz su girişinin modellenmesi



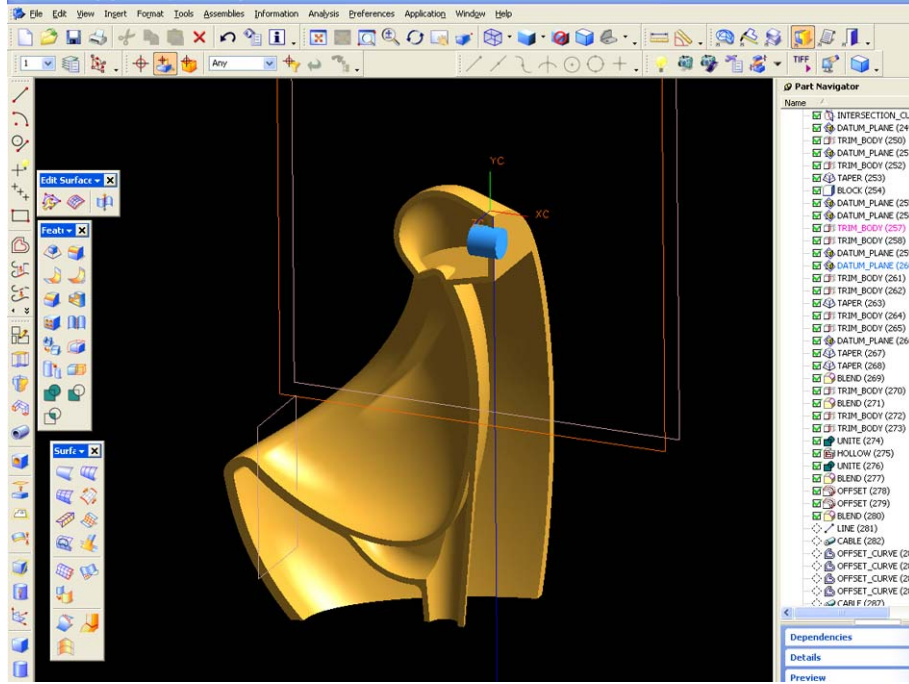
ŞEKİL 60: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla temiz su girişinin modellenmesi



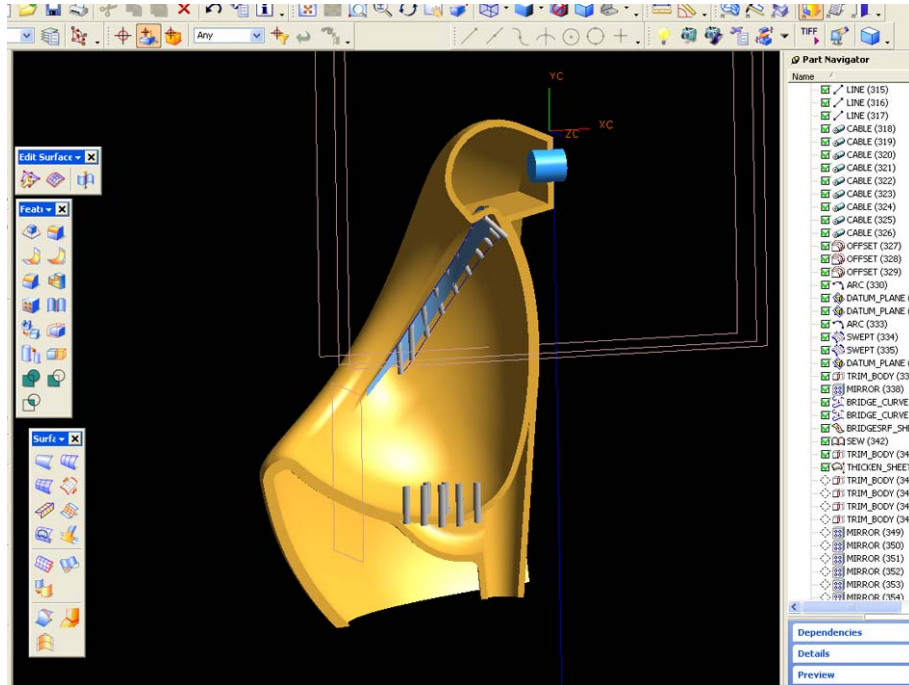
ŞEKİL 61: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katılar aracılığıyla pis su çıkışının modellenmesi



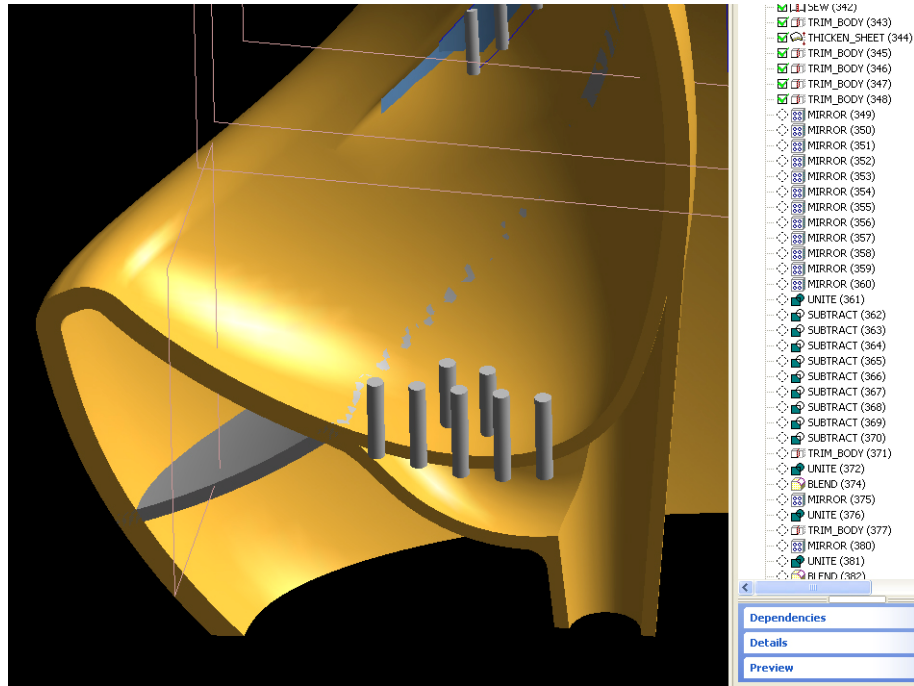
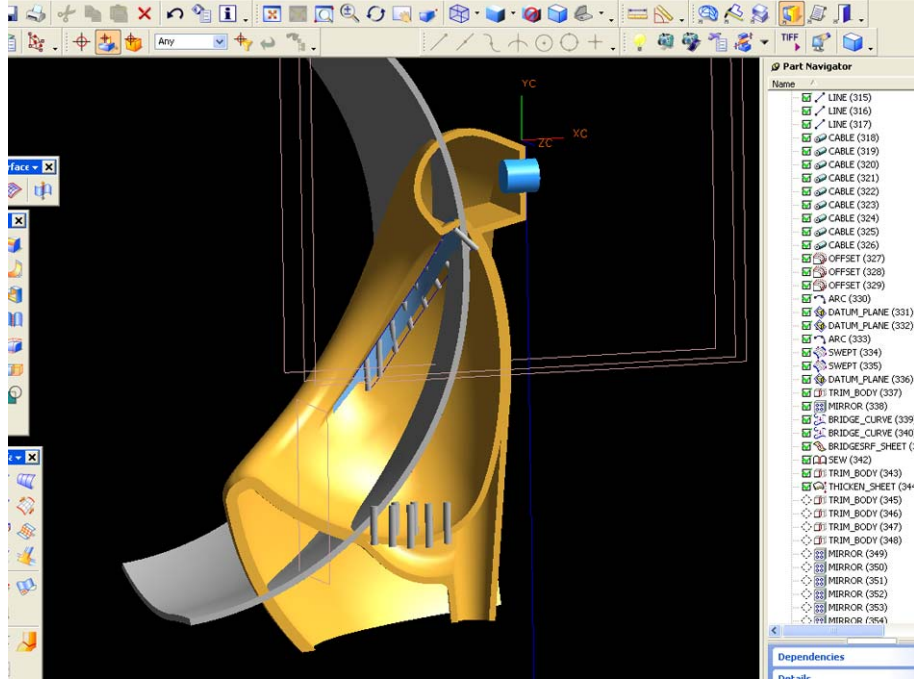
ŞEKİL 62: Ana katının yüzeyleri ve yardımcı katlar aracılığıyla pis su çıkışının modellenmesi



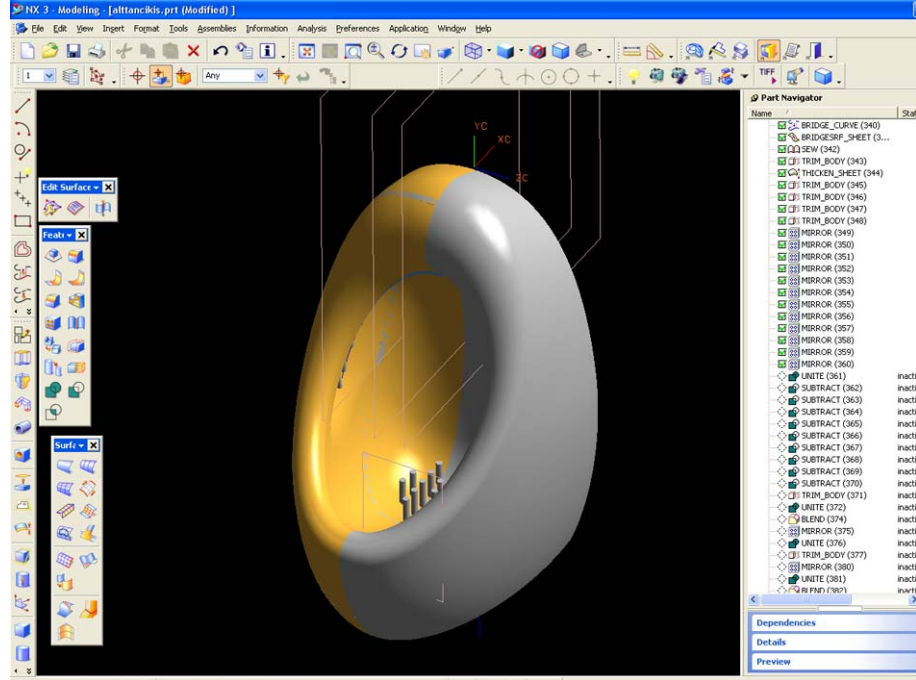
ŞEKİL 63: Ana katının tamamlanmamış kesit görünümü



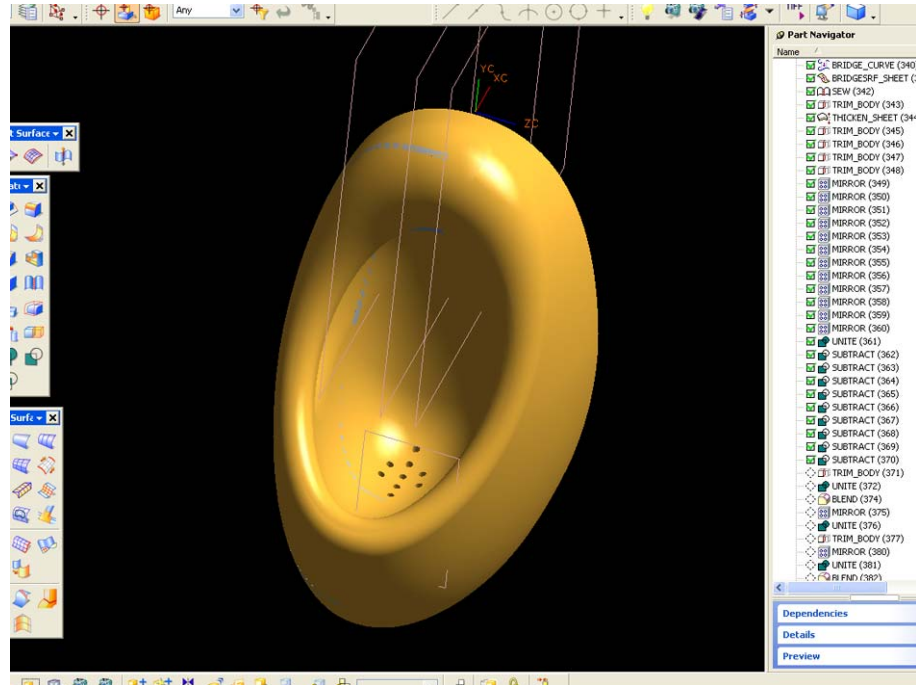
ŞEKİL 64: Ana katının üzerinde temiz su girişleri ve pis su çıkış yerlerinin tespiti



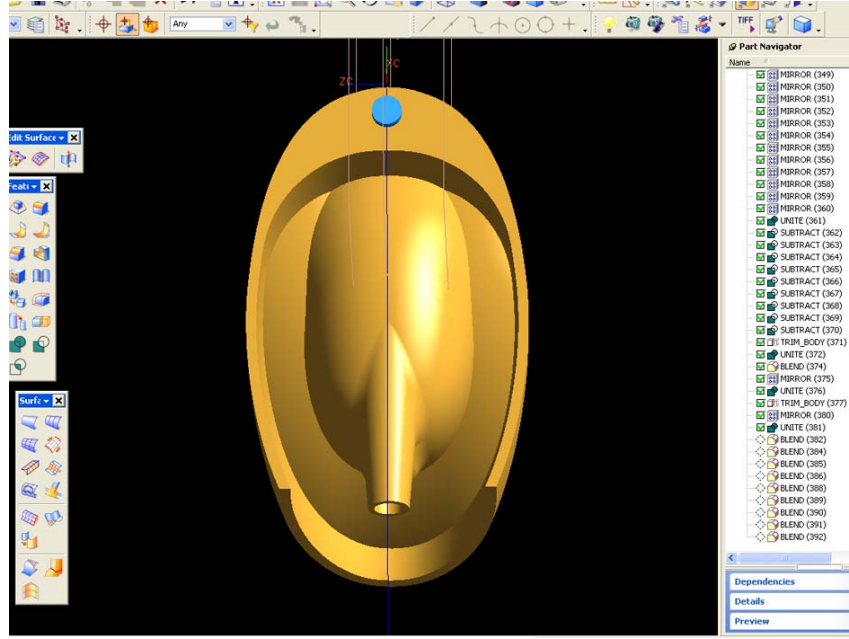
ŞEKİL 65: Modelde pis su çıkışını gizleyen eteğin boş döküme çekilmesi işlemi



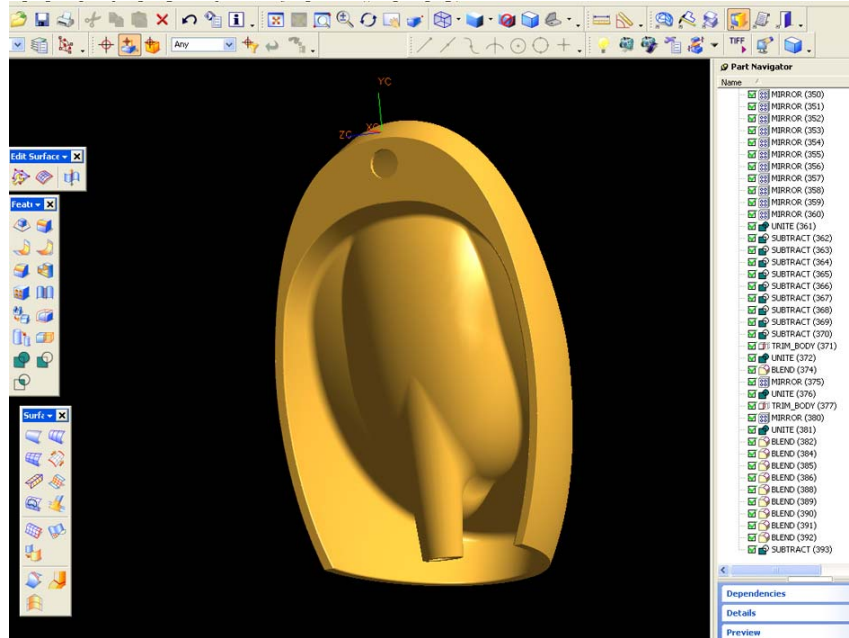
ŞEKİL 66: Modelin iki parça halindeki genel görünümü



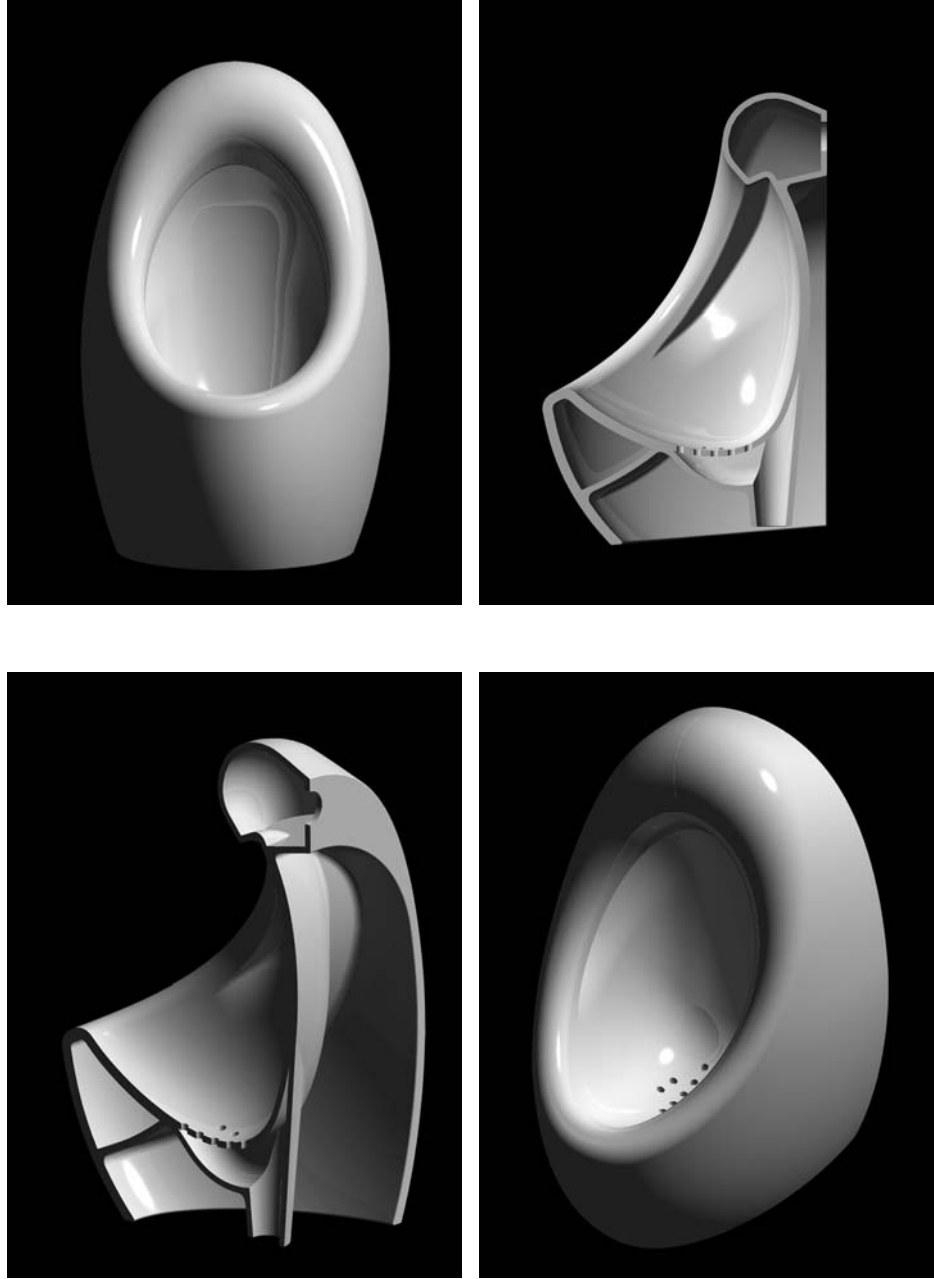
ŞEKİL 67: Modelde temiz su girişi ve pis su çıkışı oluşturan deliklerin açılması ve modelin tamamlanmış ön görünümü



ŞEKİL 68: Modelin arkadan görünümü



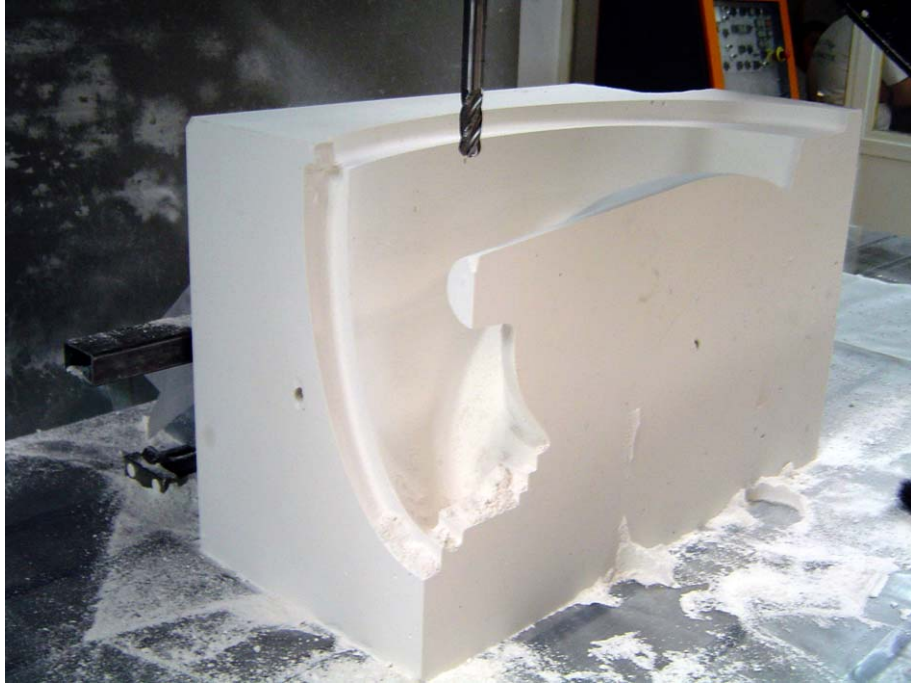
ŞEKİL 69 Modelin arkadan farklı görünümü ve keskin kenarlarının yumuşatılması işlemi



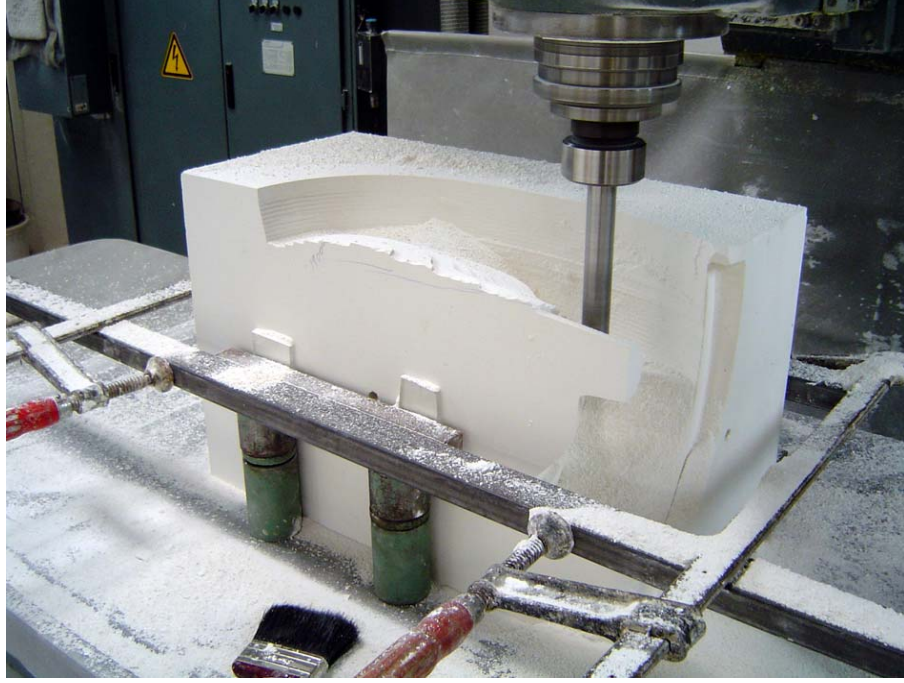
ŞEKİL 70: Modelin üzerine yardımcı görsel malzemenin atandığı farklı görünüşleri



FOTOĞRAF 11: Alçı bloğun CNC tezgâhına yerleştirilmesi



FOTOĞRAF 12: Alçı bloğun CNC tezgâhında işlenmeye başlanması



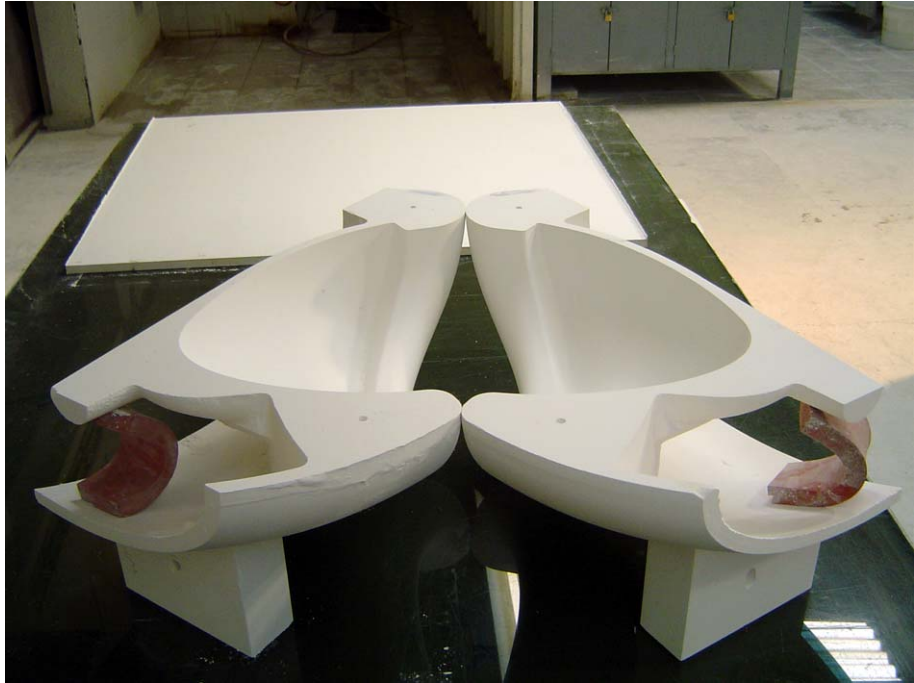
FOTOĞRAF 13: Modelin önce arka yüzeyleri işlenmiştir.



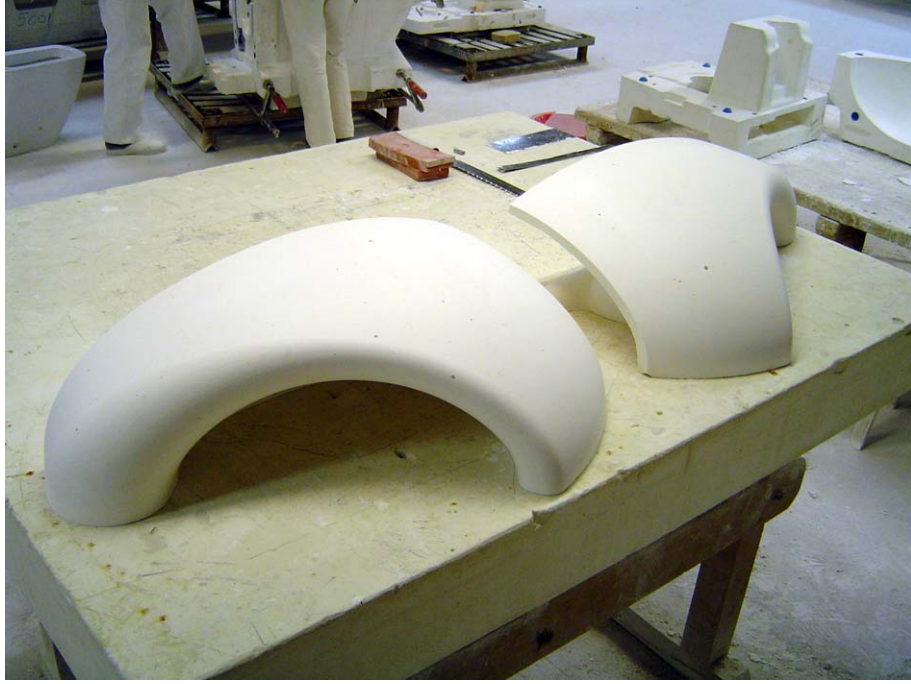
FOTOĞRAF 14: Modelin yan yüzeylerinin işlenmesi



FOTOĞRAF 15: İki parça halinde üretilen modelin ilk parçası



FOTOĞRAF 16: İki parça halinde üretilen modelin parçaları



FOTOĞRAF 17: İki parça halinde üretilen modelin parçaları



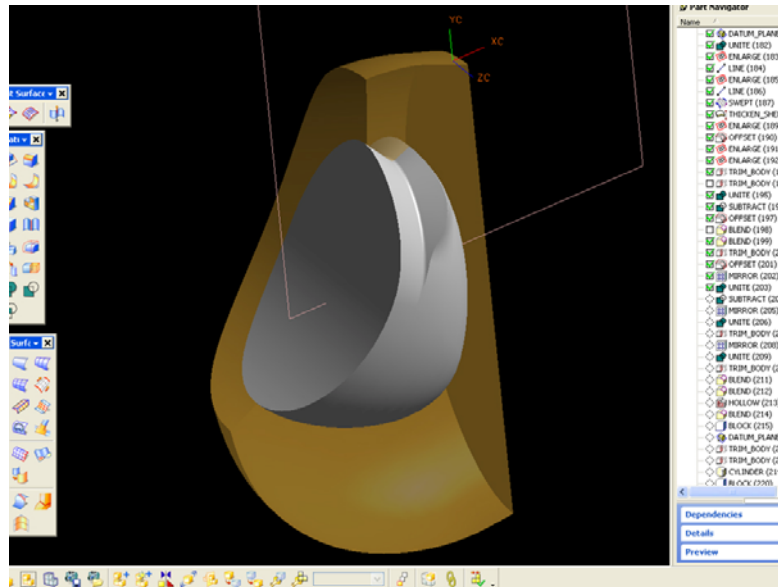
FOTOĞRAF 18: Birleştirilmiş modelin n ve arka görünümleri

Modelin değerlendirilmesi sonucunda;

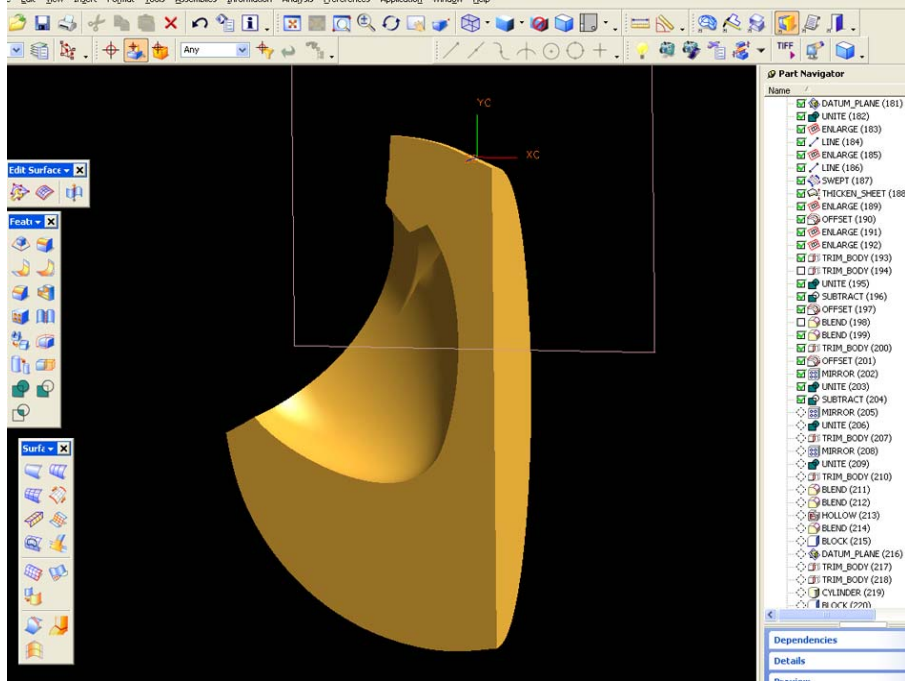
- Modelin pis su çıkışının arkaya verilerek burada kullanılacak sifonu biraz daha gizlemeye,
- Yan yüzeylerdeki masif alanın kurutma ve pişme aşamalarında deformasyona uğrayacağı düşünülerek boş döküme çekilmesine,
- Haznede yıkamanın yapılacağı bölgede yumuşak bir set oluşturulmasına karar verildi.

3.3. Maket Model Üzerinde Yapılan Analizler Doğrultusunda Yeni Modelin Hazırlanması

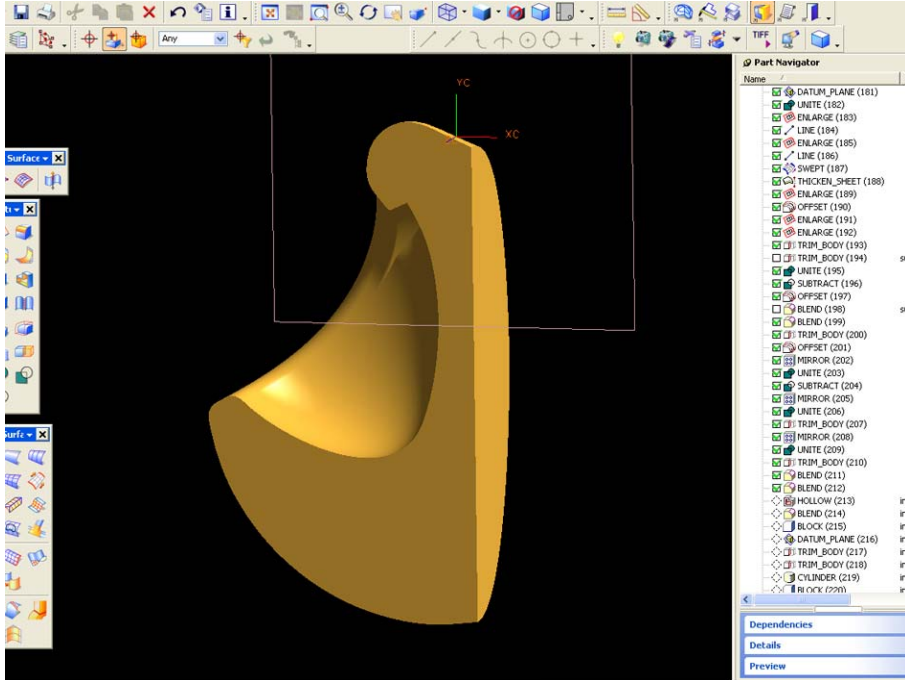
Modellemede kullandığımız yazılımın parametrik olması sayesinde modelimizi geliştirmek için “model history” bölümünden ana katı ve haznenin oluşturulduğu zamana geri dönüp istediğimiz değişiklikleri yaptım. Bu sayede ana katıyı ve hazneyi tekrar modellemekle vakit kaybetmedik. Bundan sonraki yaptığım işlemlerde “blend” adı verilen komutla katının ağız kenarlarının yumuşatılması işlemlerinin “model history” bölümünden güncelleştirilmesi ve değerleri üzerinde değişiklik yapılmasıyla devam ettim (Şekil 71 – 73).



ŞEKİL 71: Parametrik olan modelde hazne ve ana katı üzerinde yapılan değişiklikler sonrasındaki genel görünüm

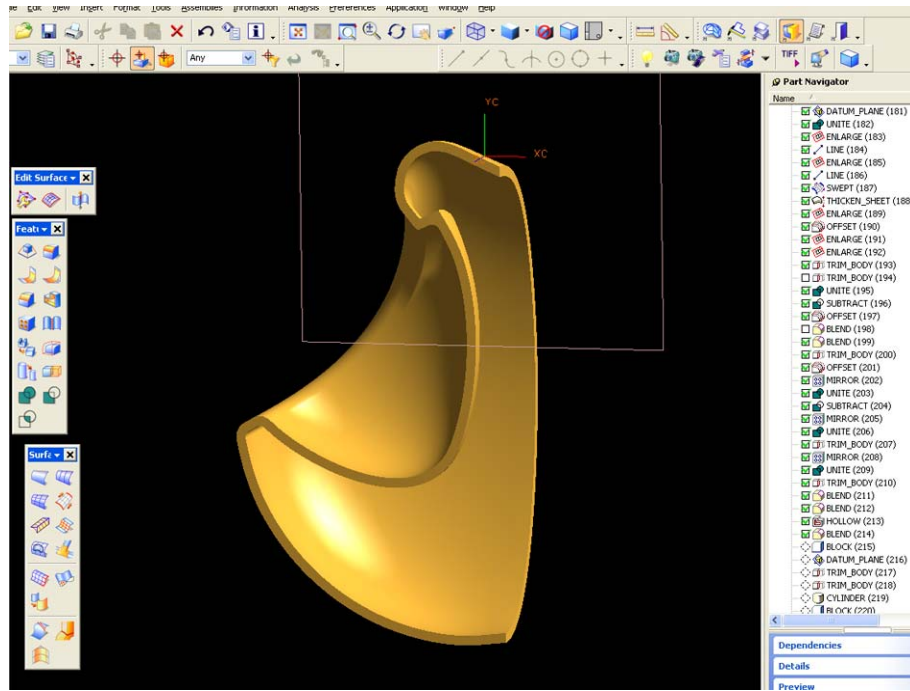


ŞEKİL 72: Haznenin ana katıdan çıkarılması suretiyle şekillendirilmesi

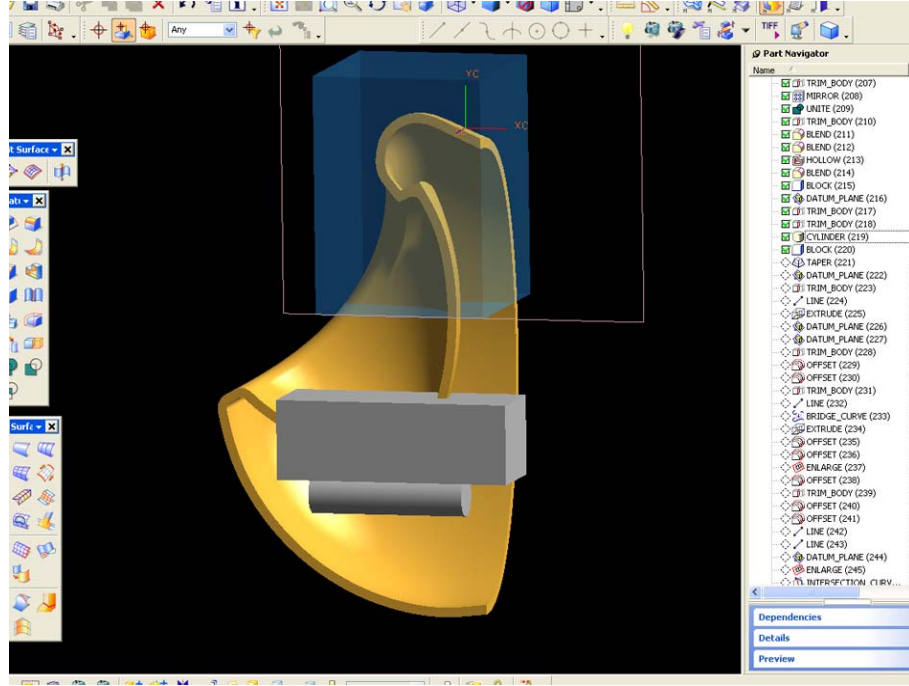


ŞEKİL 73: Ana katının üst ve ağız bölgesindeki yüzeylerin “blend” (kaynaştırma) komutu aracılığıyla yumuşatılması işlemi

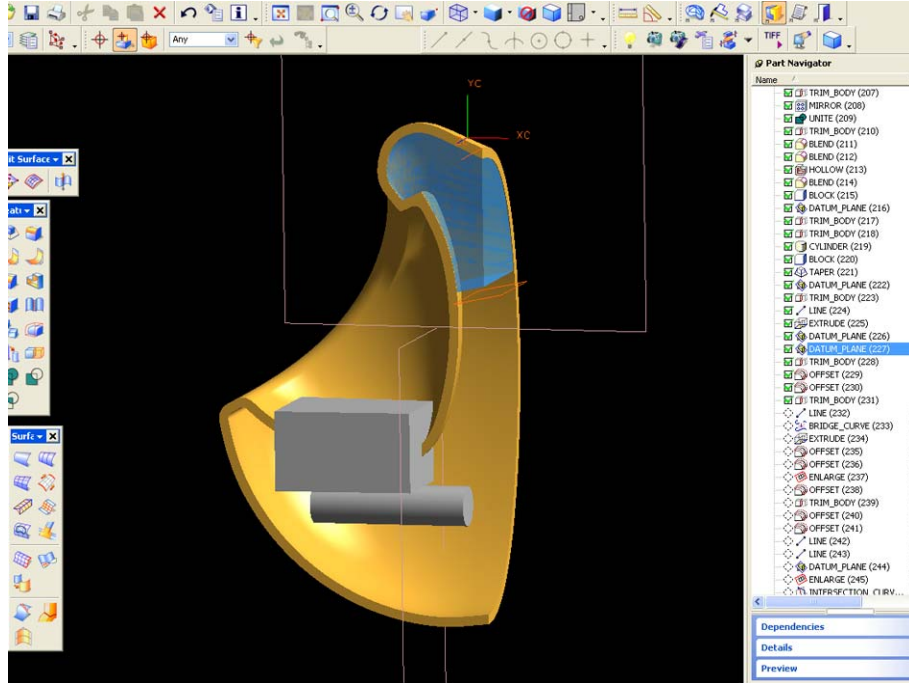
Ana katının simetrik yarı parçasını ileride kopyalayıp kullanabileceğimiz için sadece yarı parçasıyla çalışmak genel anlamda bize kolaylıklar sağlamaktadır. Ana katının yarısını “hollow” (oyuk) komutuyla 11 mm masif kalınlık oluşturacak şekilde boşalttım. (Şekil 74) Daha sonra yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının modellemelerini gerçekleştirdim. Burada daha önceki modele göre yüzey eğrilerinin değerlerini değiştirdiğim için temiz su girişinin modellenmesinde kullandığım katıyı kesmek için kesim işleminde kullandığım yüzeyleri baştan tanımlamak durumunda kaldım. (Şekil 75) Bu tip bir durumda karşılaşılabilecek en büyük güçlük güncellenen işlem ile daha önce yapılan işlem arasındaki parametreler arasında farklılık olmasıdır. Bu gibi durumlarda bazı ana ve yardımcı katıları baştan modellemek gerekebilir.



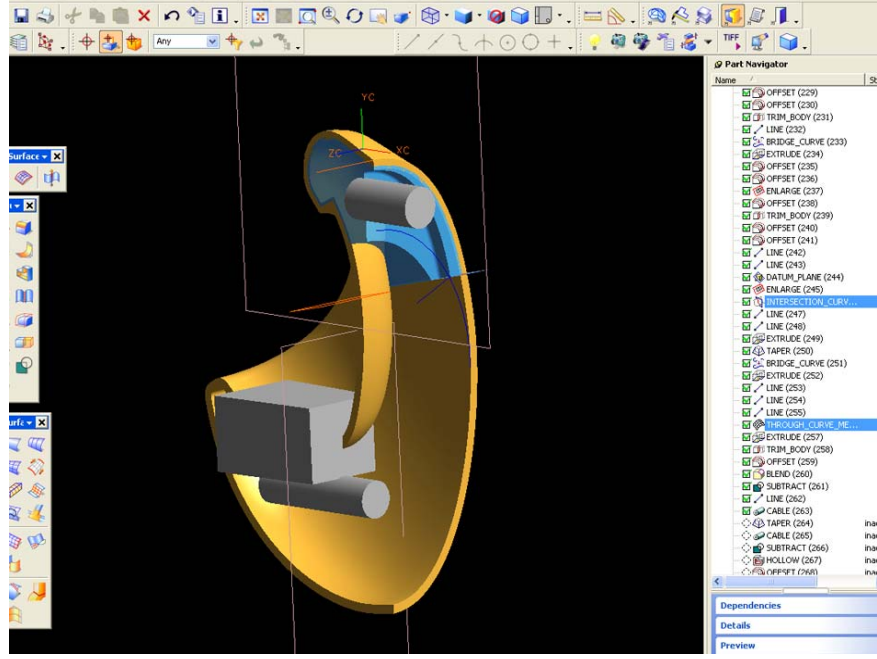
ŞEKİL 74: Ana katının “hollow-oyuk” komutuyla masif bölgelerindeki et kalınlığının oluşturulması



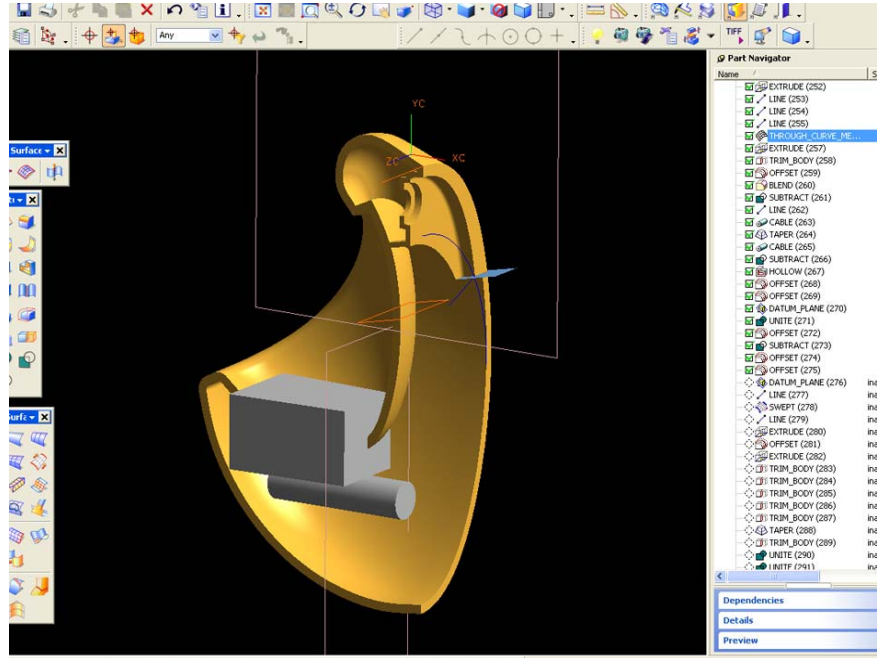
ŞEKİL 75: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi



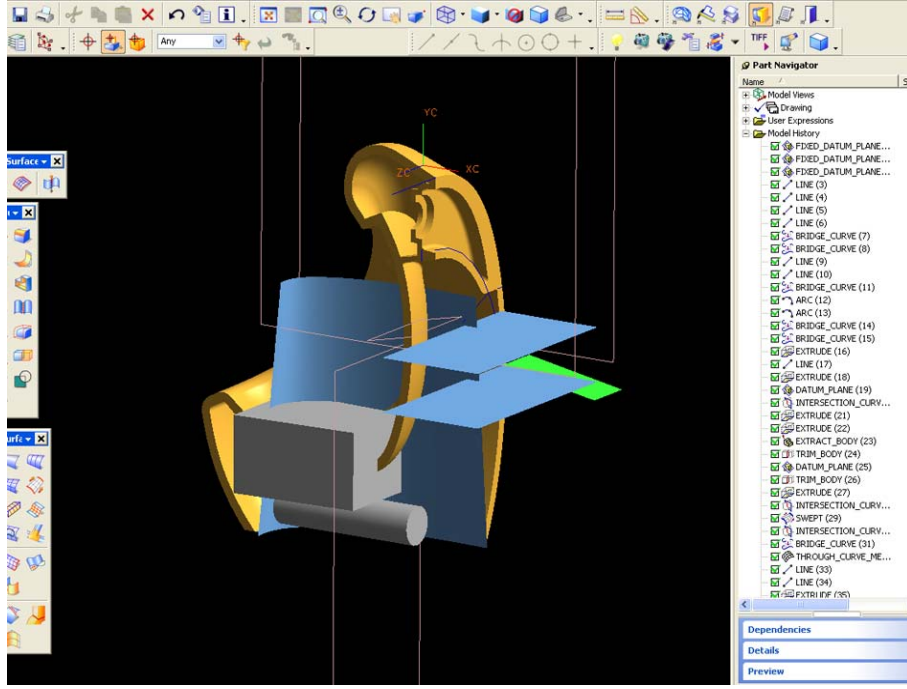
ŞEKİL 76: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi



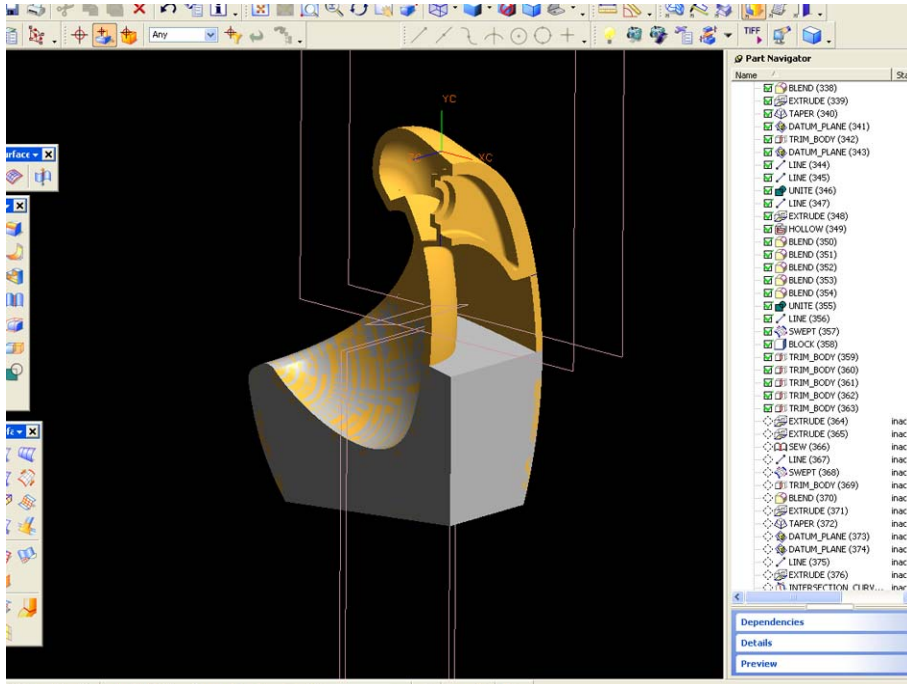
ŞEKİL 77: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi



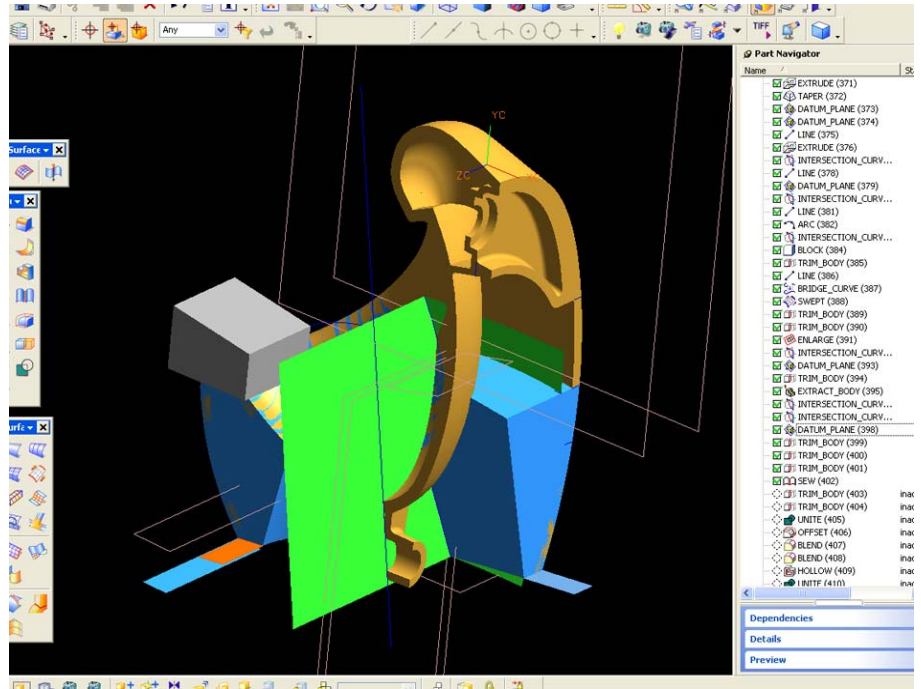
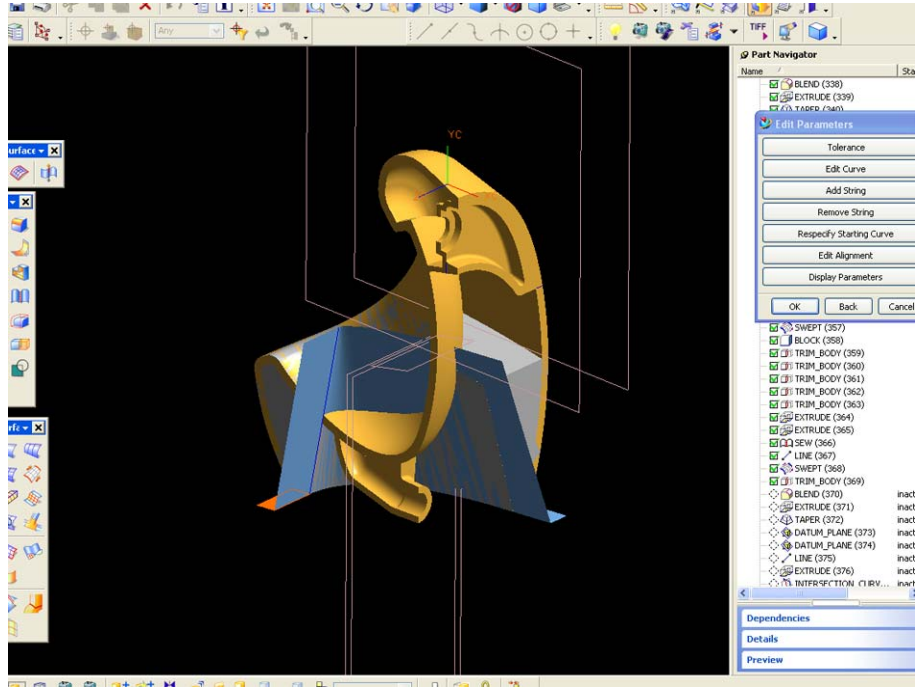
ŞEKİL 78: Ana katı üzerinde yardımcı katılarla temiz su girişi ve pis su çıkışının şekillendirilmesi



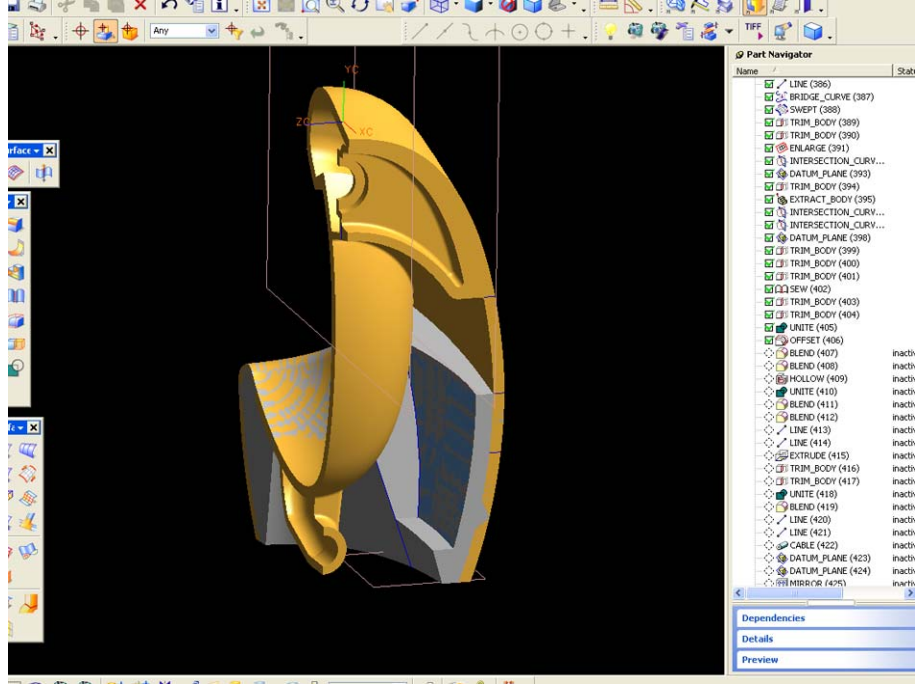
ŞEKİL 79: Ana katı üzerinde, yardımcı yüzeylerle boş döküme çekilecek olan alanın tespiti



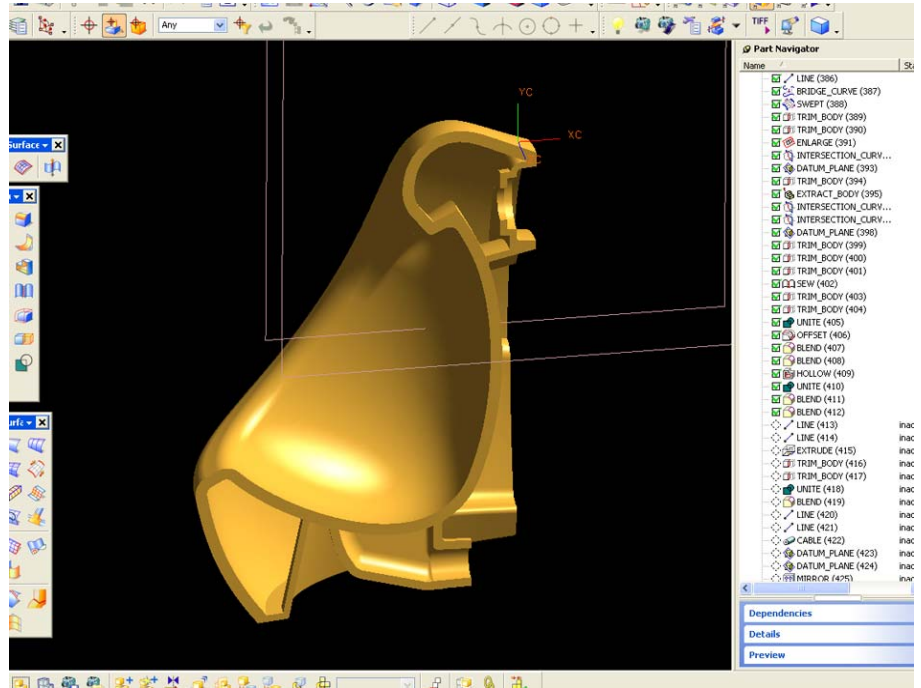
ŞEKİL 80: Boş döküme çekilecek alanı oluşturacak olan ana katı



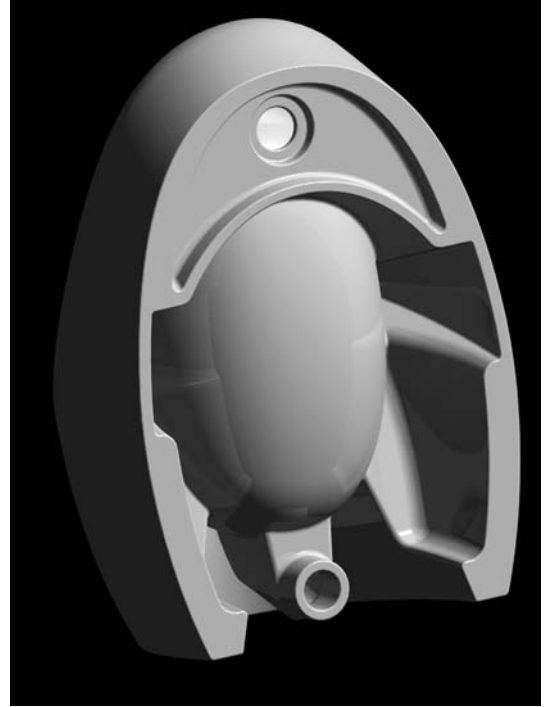
ŞEKİL 81: Boş döküme çekilecek alanı oluşturacak olan ana katının biçimlendirilmesi



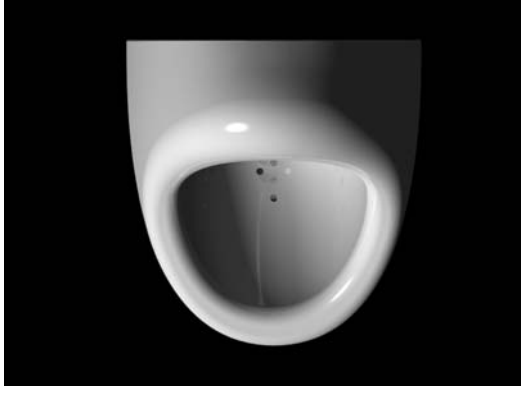
ŞEKİL 82: Boş döküme çekilecek alanı oluşturacak olan ana katının biçimlenmiş görünümü



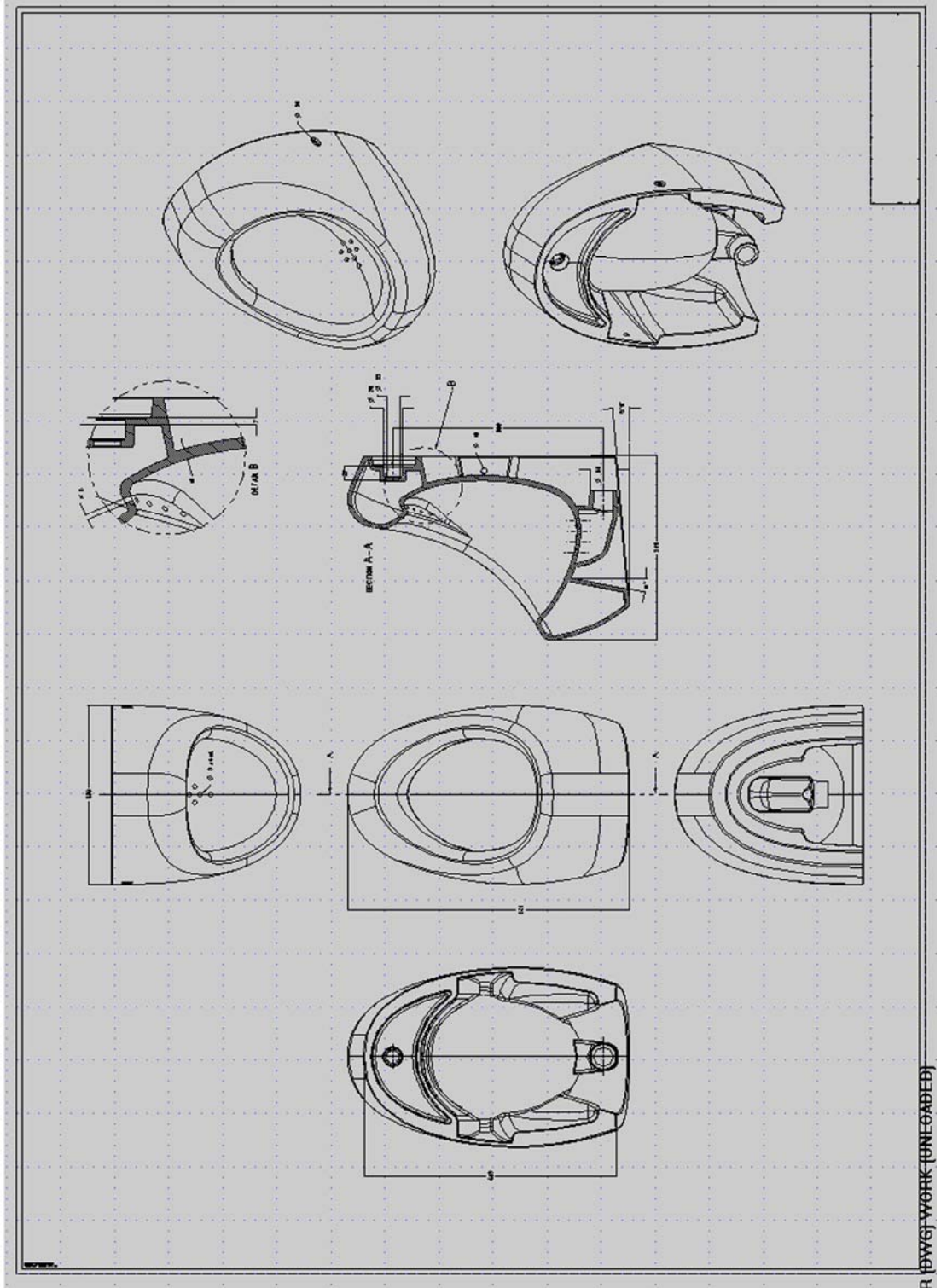
ŞEKİL 83: Ana katının kesiti



ŞEKİL 84: Malzeme atanmış modelin ön, arka ve arkadan perspektif görünüşleri

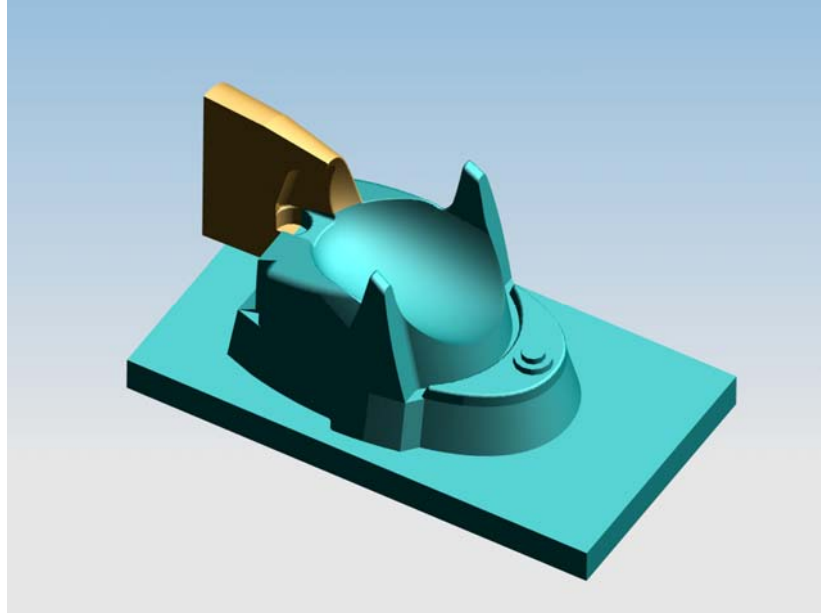


ŞEKİL 85: Malzeme atanmış modelin üst, alt ve önden perspektif görünüşü

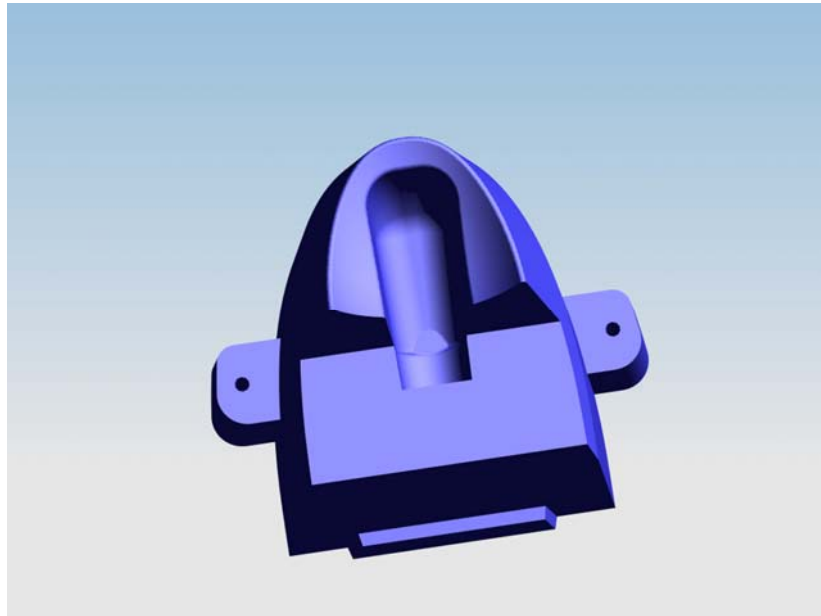


ŞEKİL 86: Üretime geçecek modelin teknik çizim paftası

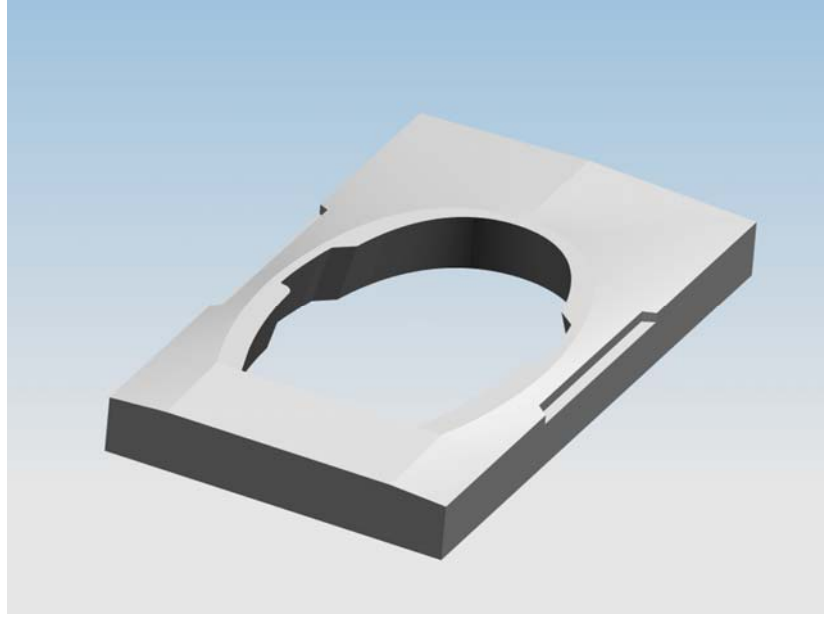
3.4. Hazırlanan Model Doğrultusunda Gerçekleştirilen Kalıp Tasarımı ve Uygulaması



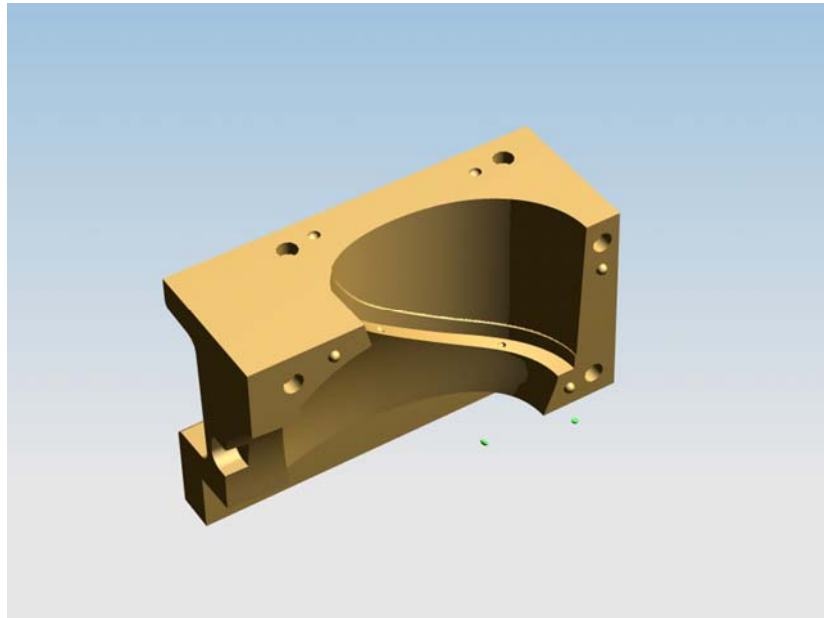
ŞEKİL 87: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın arka parçası



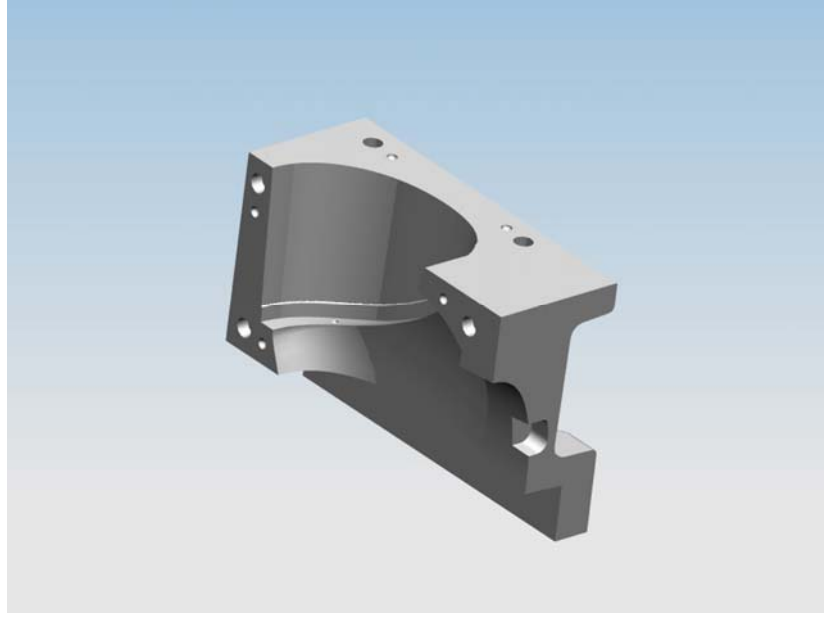
ŞEKİL 88: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın alt parçası



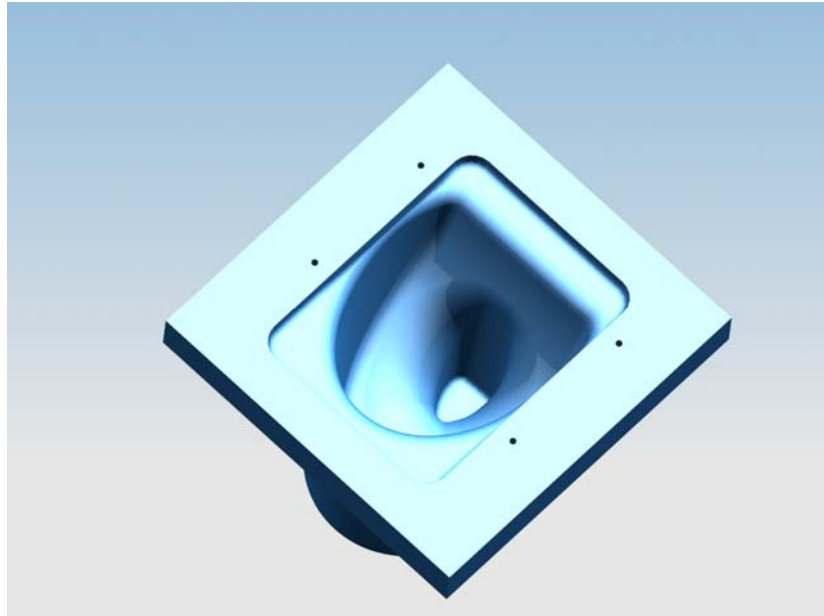
ŞEKİL 89: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, mal alma kasnağı



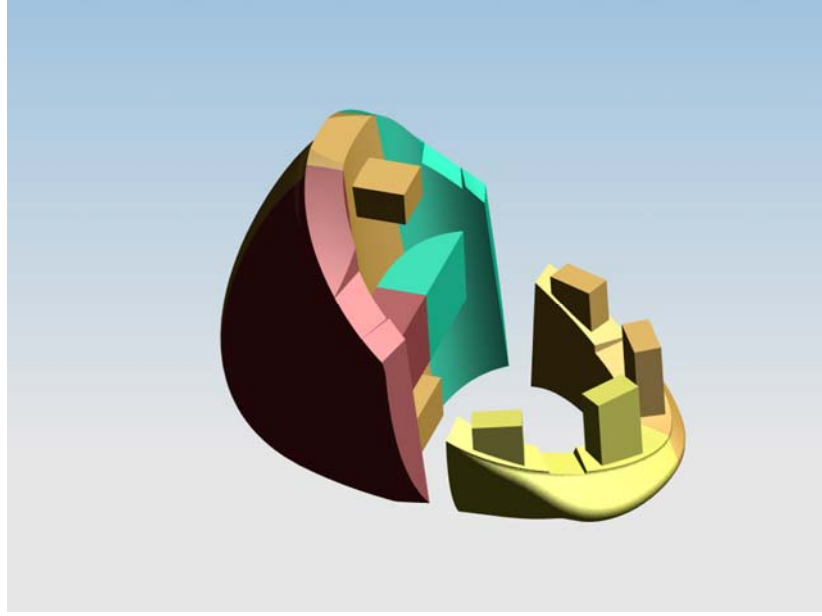
ŞEKİL 90: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın sol yan parçası



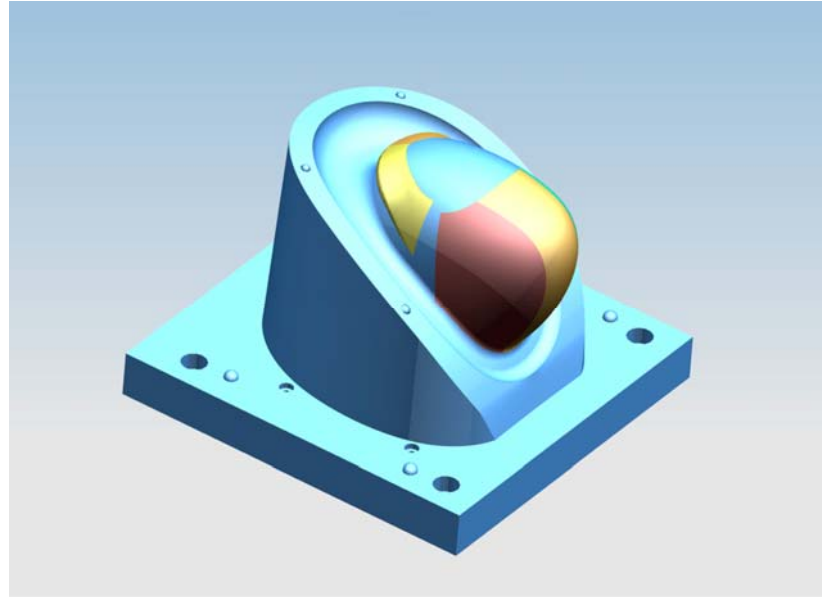
ŞEKİL 91: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın sağ yan parçası



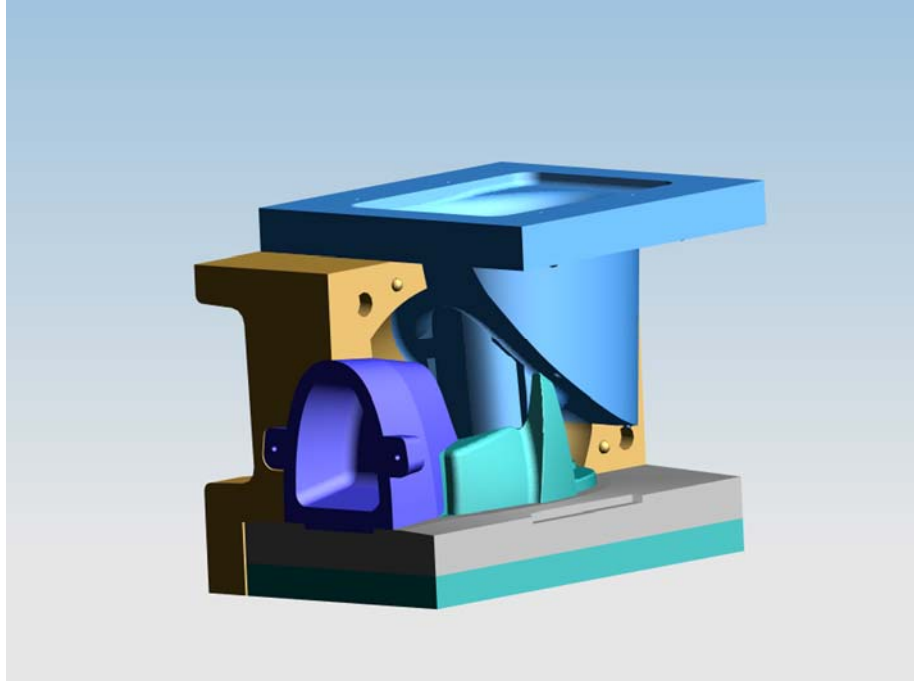
ŞEKİL 92: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın üst parçası



ŞEKİL 93: Bilgisayar ortamında hazırlanan katlıardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, çekirdekler



ŞEKİL 94: Bilgisayar ortamında hazırlanan katlıardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın üst parçası ve çekirdeklerinin görünümü



ŞEKİL 95: Bilgisayar ortamında hazırlanan katılardan modelin çıkarılmasıyla elde edilmiş, kalıbın oturma biçimini gösteren genel görünümü

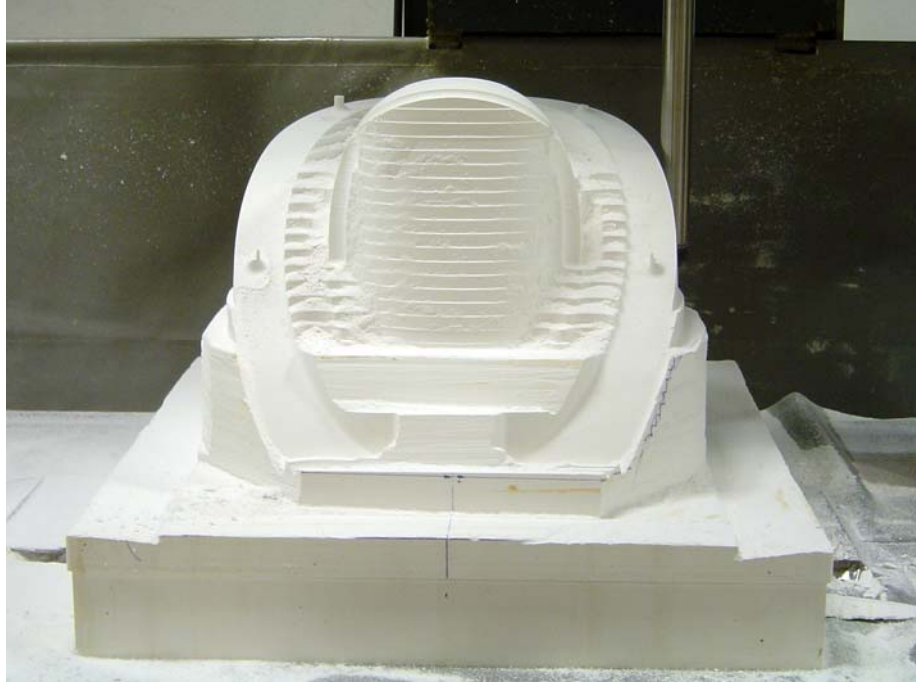
3.5. Gerçekleştirilen Kalıp Tasarımının Uygulaması



FOTOĞRAF 19: Kalıp üst parçasının CNC' de işlenmesi



FOTOĞRAF 20: Kalıp üst parçasının dış görünümü



FOTOĞRAF 21: Kalıp üst parçasının iç bölümünün işlenmesi süreci



FOTOĞRAF 22: Kalıp üst parçasının işlenmiş görünümü



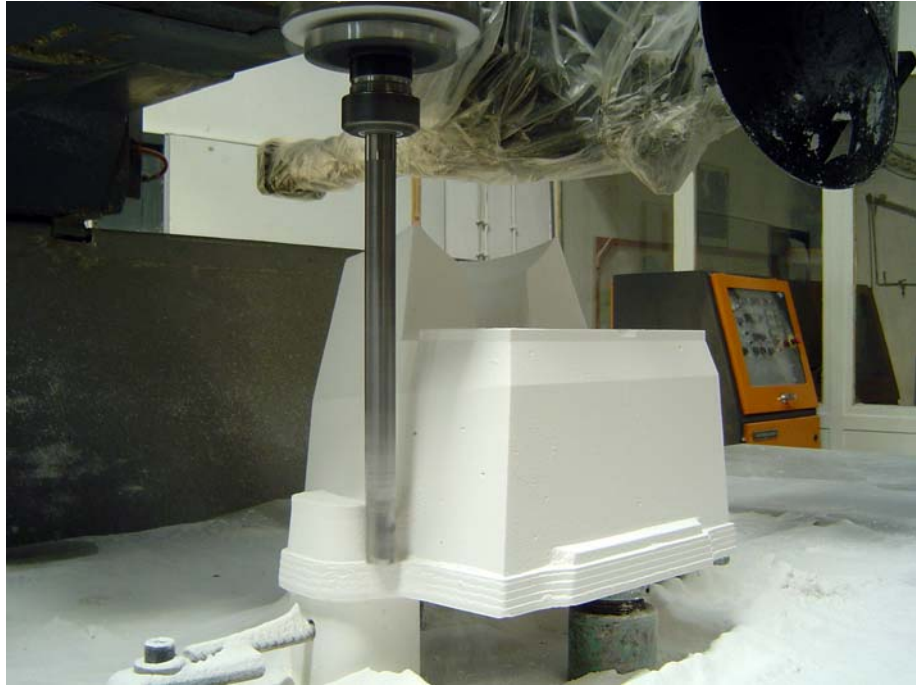
FOTOĞRAF 23: Kalıp parçaları işlendikten sonra küçük rötuşlara tabi tutulabilir.



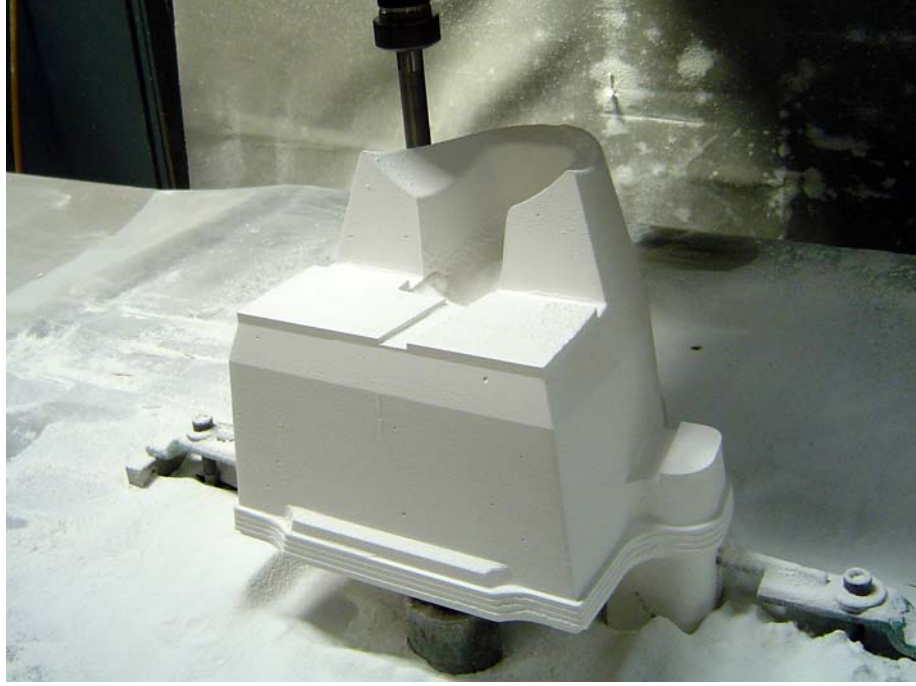
FOTOĞRAF 24: Kalıp arka parçasının işlenişi



FOTOĞRAF 25: Kalıp arka parçasının işlenmiş görünümü



FOTOĞRAF 26: Kalıp alt parçasının işlenişi



FOTOĞRAF 27: Kalıp alt parçası

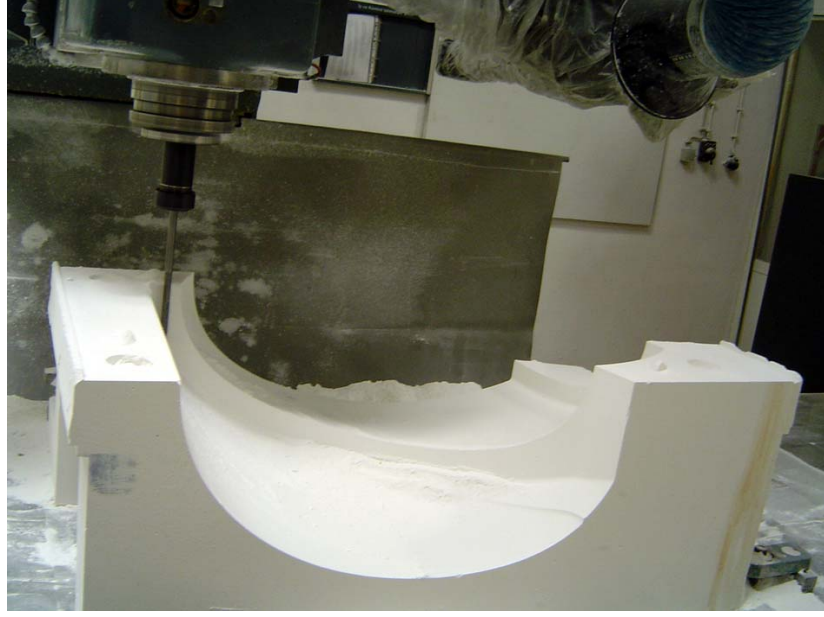


FOTOĞRAF 28: Mal alma kasnağı ve çekirdeklerin rötüşlanmamış görünümü



FOTOĞRAF 29: Kalıp çekirdeklerinden detay.

Parçanın CNC tezgâhında işlenmesi esnasında tezgâha montajı takoz tabir edilen ufak parçalar, model tezgâhtan çıktıktan sonra elle kesilerek düzeltilir.



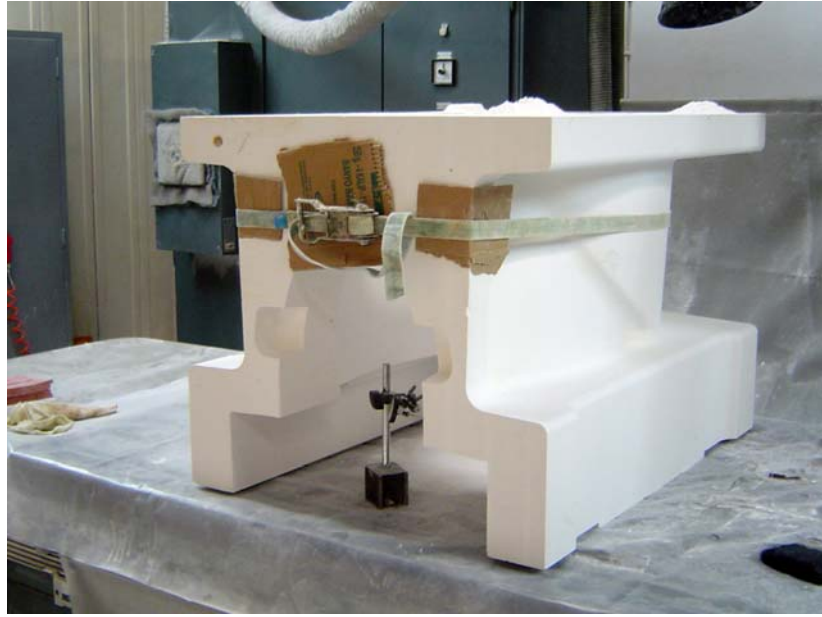
FOTOĞRAF 30: Kalıbın yan parçasının iç yüzeyi işlenirken



FOTOĞRAF 31: Kalıbın yan parçasının dış yüzeyi işlenirken



FOTOĞRAF 32: Kalıbın yan parçasının işlenmiş görünümü



FOTOĞRAF 33: Kalıbın yan parçaları



FOTOĞRAF 34: Kalıbın üst parçasının yan parçalara alıştırması esnasında kontrol için eritilmiş sabit kalem kullanıldı.



FOTOĞRAF 35: Kalıp parçalarının sahte pimleri kesilerek gerçek yuva ve pimler takılır



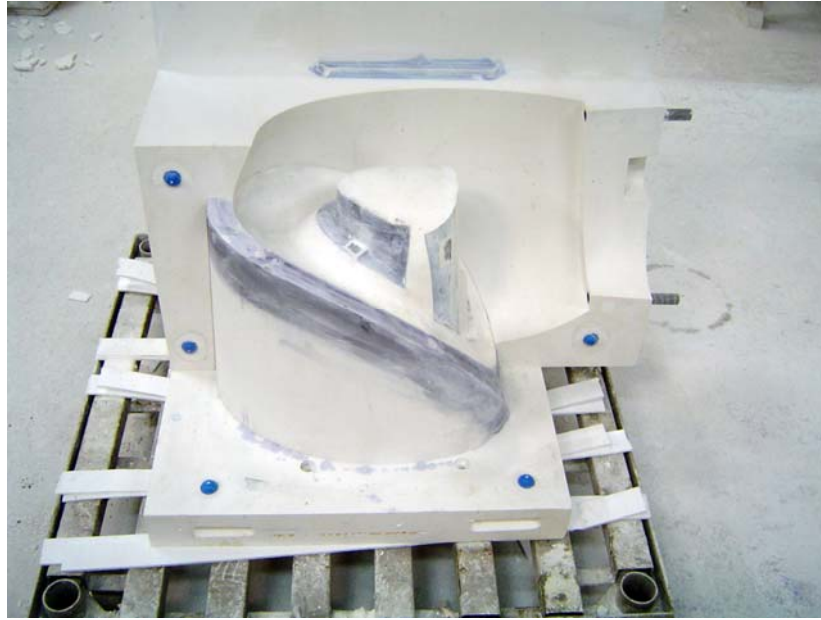
FOTOĞRAF 36: Kalıbın üst parçasının yan parçalara alıştırılması



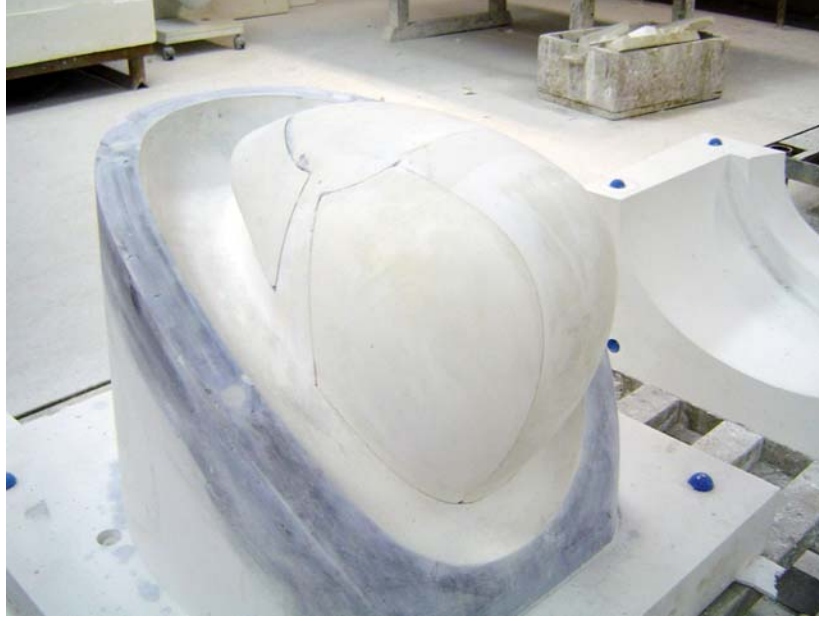
FOTOĞRAF 37: Yan ve üst parçaların alıştırma sonrası görünümü



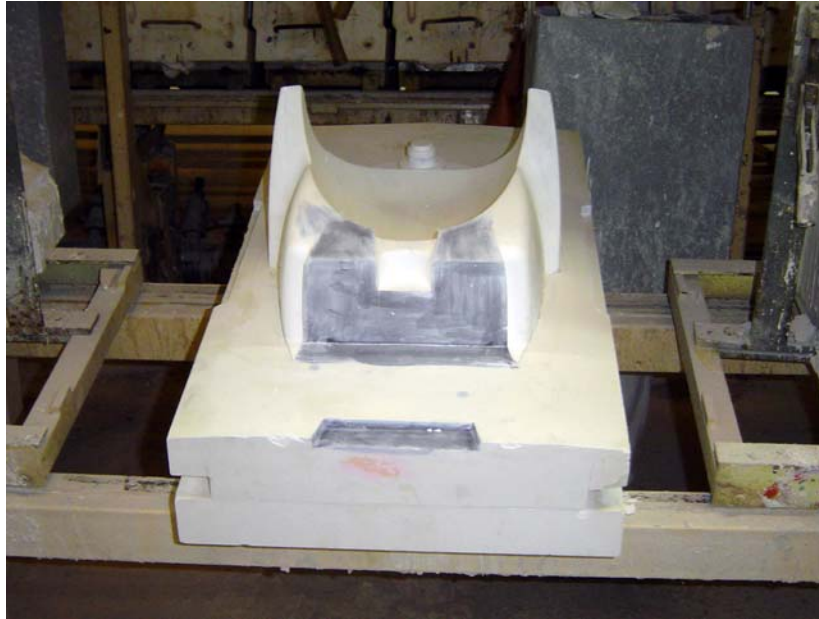
FOTOĞRAF 38: Yan parçalara döküm borularının montajı



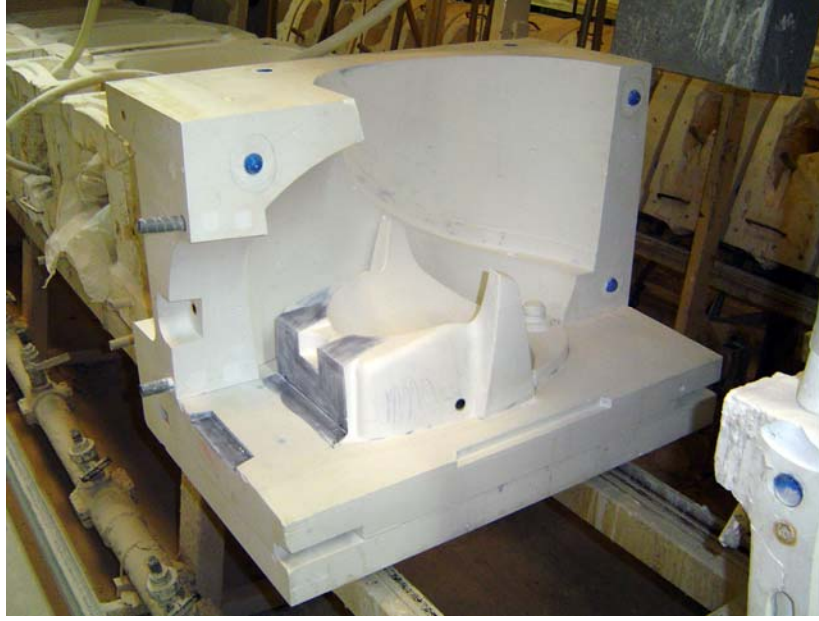
FOTOĞRAF 39: Kalıbın içinden genel bir görünüm



FOTOĞRAF 40: Üst parçaya çekirdeklerin yerleştirilmesinden sonraki görünümü



FOTOĞRAF 41: Alıştırılmaları ve rötuşları tamamlanmış kalıbın öncelikle alt parçası shanx tezgâha monte edilir.



FOTOĞRAF 42: Daha sonra yan parçalar monte edilir.



FOTOĞRAF 43: Üst parça oturtulur



FOTOĞRAF 44: Tezgâhtaki diğerkalıplarla birlikte döküm yapmak için yan parçalar birbirine tutturulur.



FOTOĞRAF 45: Kalıbın tezgâhta genel bir görünümü



FOTOĞRAF 46: Üst parçaya mıknatıslı çekirdekler yerleştirilir.

Döküm işlemi tezgâha entegre olan döküm boruları aracılığıyla yapılır. Döküm işleminden sonra çamurun kalıpta kalınlık alma süresi 1 saat 45 dakikadır. Döküm sonrasında döküm borularından 15 dakika boyunca hava verilir. Bu işlem hem döküm sonrasında mamul içinde artakalan çamurun süzülmesini hem de mamulün dirilik kazanmasını sağlar.



FOTOĞRAF 47: Döküm sonrası üst parça kalıptan ayrıldığında çekirdekler hazne içinde kalır.



FOTOĞRAF 48: Haznenin içinden çekirdekler alınır.



FOTOĞRAF 49: Alt parça kalıptan çıkarılır.



FOTOĞRAF 50: Döküm sonrası pis su giderinin pirinç bir boru yardımıyla kesilmesi



FOTOĞRAF 51: Kalıbın açılmasından sonra ürünün genel görünümü



FOTOĞRAF 52: Hazne üzerinde pirinç bir boru yardımıyla pis su deliklerinin açılması



FOTOĞRAF 53: Ürünün kalıptan ayrılmış görünümü



FOTOĞRAF 54: Ürünün önden görünümü

Mamul kalıp içinde 1 saat bekletildikten sonra mal alma ünitesi üzerine dirilik kazanması için bu ortamda bir gün bekletilir. Ertesi gün rötuşlanan ürün kurutma kabineine alınır ve 80°C'ta 10 saat süreyle bekletilir.



FOTOĞRAF 55: Ürünün kuru rötuşu



FOTOĞRAF 56: Ürünün kurutmaya alınması



FOTOĞRAF 57: Sırlama öncesi ürünün temizliği



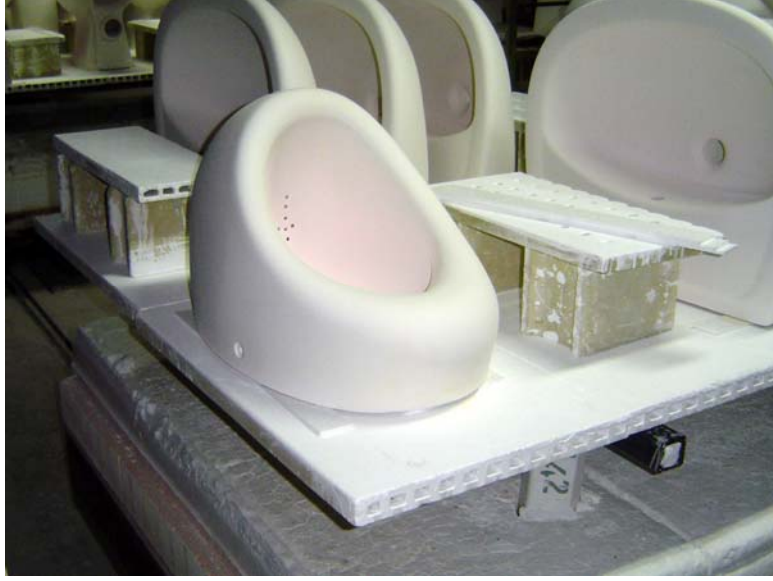
FOTOĞRAF 58: Yüzeydeki ölü bölgeler için gerekli olan manuel sırlama



FOTOĞRAF 59: Elektrostatik sırlama



FOTOĞRAF 60: Sırlama sonrasında ürünün pişme yüzeylerinin rötuşlanması.
Raflara yüklenen ürün tünel fırında 1200°C'ta 17 saatlik bir sürede pişirilir.



FOTOĞRAF 61: Ürünün fırın arabasına yüklenmiş görünümü



FOTOĞRAF 62: Ürünün fırına girişi



FOTOĞRAF 63: Pişirim sonrasında talaş ile fonksiyon testi

Pişen ürünün gerekli fiziksel kontrolleri yapıldıktan sonra tekrar talaşlı yıkama fonksiyon testine tabi tutulur.



FOTOĞRAF 64: Modelin genel görünümü

SONUÇ

Bu çalışmada seramik endüstrisinde bilgisayarlar aracılığıyla bir tasarımı yaratırken ve uygularken yaşanan süreç anlatılmıştır. Bu çalışma özellikle teknolojinin sanatla birlikteliğinin bir göstergesi olarak da düşünülebilir. Bir endüstri ürünü asla biricik değildir ve birbiriyle aynı standartları taşıyan kopyaları mevcuttur. İnsan elinin üretmiş olduğu hiçbir obje de birbirinin aynısı olamaz, bu standart ancak mekanize bir üretim sistemiyle elde edilebilir. Bu üretim sistemi endüstriyel seramik ürünlerin üretimi için de değişmezdir. Sanatın ve felsefenin ise burada müdahale ettiği nokta ise estetikle birlikte görsellik ve kavram yaratma çabasıdır.

İnsanoğlu bundan binlerce yıl önce de gerek gündelik kullanım için gerekse özel amaçlar için çeşitli eşyalar veya aletler tasarlayıp uyguluyordu. Tasarlanan bu objelerin her biri bir diğeri için örnek teşkil etmiş ve bir tasarım kendisini takip edecek olanı bir üst kademeye taşımıştır. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak için ürettikleri bu gereçlerde genelde amaçtan çok malzemenin ve görselliğin niteliği artmış, artan bu değerler sayesinde de “amaç”, malzemeye ve görselliğe, “malzeme ve görsellik” de amaca tesir etmeye başlamış, bu sayede objeler çok fonksiyonlu olacak şekilde tasarlanma sürecine girmiştir. “Küreselleşme” kavramında endüstriyel ürünlerin ticari anlamda pazarlanabilir olması gerekliliği vardır. Birbiriyle aynı işlevi taşıyan milyonlarca ürün dünyanın pek çok yerinde üretilmektedir. Bu ürünleri günümüz “tüketim toplumunda” talep edilmesini sağlayacak ve birini diğerdan üstün kılacak şey ise görsellik ve ürün “konsept”idir. Sanatın ve felsefenin ise ticari anlamda üretilen bir ürüne müdahale etmesi gerekliliği de burada başlayacaktır.

Bu görselliği artırmaya teknolojinin ve bilgisayarların desteği de büyük olmuştur. Teknolojik gelişmeler çerçevesinde donanım ve yazılımların son yıllardaki gelişim sürecini izlediğimiz zaman büyük ve sürekli bir ilerlemeyle karşı karşıya kalmaktayız. Son yirmi yıllık dönemi incelediğimizde donanımların pahalı ve yazılımların kısıtlı imkânlarla sahip olduğunu görmekteyiz. Bu süre zarfında bilgisayar destekli üretim ve tasarım kavramları gelişmiş, yazılımların işlevsel özellikleri

arttırılmış ve daha üstün donanımlar daha makul fiyatlara çekilerek bu iki kavramın küresel endüstride daha çok kabul görmesine sebep olmuştur. Böylelikle yazılımlar ve donanımlar özellikli alanlarda gelişim gösterme imkânı da yakalayabilmişlerdir.

Ülkemiz seramik endüstrisi de küresel endüstri gereklilikleri dâhilinde bilgisayar destekli tasarım ve üretime dayalı bir yolu takip etmektedir. Ancak burada yaşanan belli bir problem söz konusudur. Üretimde bilgisayar destekli tasarım söz konusu olduğu zaman bu konuda yetişmiş bireyleri bulmak konusunda sıkıntı çekmektedir. Firmalar bu konudaki açığını güzel sanatlar eğitimi almış çalışanlarını eğitmek yöntemiyle ya da bilgisayar destekli tasarımda kullanılan yazılımları iyi bilen teknik tabanlı eğitim almış bireylere yönelmek durumunda kalmıştır. SEREL A.Ş. Tasarım Proje Geliştirme Müdürü, Ferruh Baran'ın bu konuya yönelik sözleri dikkat çekicidir:

“Tasarım ve seri üretim alt yapı çalışmalarının manuel olarak yürütüldüğü 70 ve 80’li yıllara baktığımızda genel olarak güzel sanatlar kökenli öğrencilerin istihdam edildiğini görüyoruz. Ama bugün itibarı ile teknolojinin tüm olanaklarını kullanma zorunluluğundan dolayı genelde mühendis formasyonlu gençler firmalarda görev alıyor. Ama doğru pozisyona doğru birey yerleştiriliyor mu sorusuna cevap vermek zor... Ayrımları ve tespitleri doğru yapmak ve yönlendirmek gerekmektedir. Aksi halde hem işveren, hem de çalışan açısından kısa vadede belki mutlu olabilecekleri, ama orta ve uzun dönemde eleman sirkülasyonu, emek ve enerjinin boşa harcanması gibi istenmeyen durumların oluşması kaçınılmaz olacaktır... Sanatsal eğilime sahip mevcut müfredatın, mühendislik nosyonları ile zenginleştirilmesi halinde söylemlerime uygun gençlerin yetişebileceğini ümit ediyorum...”⁷⁴

Tasarımcı kullanacağı malzeme ve üretim koşulları hakkında temel bir bilgiye sahip olmalıdır. Bunun dışında endüstriyel anlamda bir ürün ortaya çıkarmak tamamen bir ekip işidir. İyi bir tasarımcı aynı zamanda iyi bir uygulamacı ya da üretimde çalışan iyi bir işçi kadar başarılı olamayabilir. Ama uygulanabilirlik ve üretimle ilgili sürekli olarak ekibinin diğer üyeleri ile diyalog içinde olmak zorundadır. Bilgisayar destekli tasarımla üretilebilen bir üründe eğer tasarım parametrik modellenmiş ise üretimde çıkacak aksaklıklar sonucu yapılacak olan değişiklikler veya ürünün geliştirilebilmesi adına tasarımcıya çalışma zamanı ve üretkenlik açısından büyük fayda sağlayacaktır. Bilgisayar destekli tasarımın ortaya çıkışındaki temel etken üretilen ürünlerdeki değerlerin hassasiyetidir. Bir tekrar yapımda ya da yeni uygulamada aynı değerlerin korunması bu sayede mümkün olacak; böylelikle işin hassasiyeti sağlanarak disiplinli bir standartlaşma süreci uygulanacaktır.

⁷⁴ Şerife Deniz ULUEREN, **Sektörel Bakış**, (Röportaj), “Seramik Türkiye”, Seramik Federasyonu Dergisi, Kasım-Aralık, No: 18, İstanbul, 2006, 43 s.

Hazırlanan çalışmanın uygulaması olan pisuar örneğinin tasarım süreci incelendiğinde; haznedeki yıkama fonksiyonu için iç yüzeyde oluşturulan eğrilerin fonksiyon denemesi için yapılmış olan maketle aynı değerlere sahip olması sağlandı. Aynı zamanda modelleme sürecinde belli standartlara uygun biçimde model üzerinde görsel anlamda istenilen değişiklikleri yapmak da parametrik modelleme sayesinde kolay oldu. Hazırlanan ürün, standart pisuarlara oranla üst segment bir çalışma olarak tasarlandı. Bu tip bir ürünü tasarlamada yaşanabilecek en büyük sıkıntı insanların hiç evrimleşmemiş olan boşaltım sistemine bir yenilik getiremeyecek oluşumuzdur. Bunun dışında bu tip ürünlerde geliştirilecek diğer unsurlar görsellik, seramik malzeme veya diğer komponentlerle (sensörlü sifonlar, soft close kapaklar) ilgili olabilir. Bu ürüne olan tasarımsal katkı tamamen görsellik ve üretilebilirlik üzerinedir.

Sağlık gereçlerinde dahi günümüzde artık konvansiyonel malzemedен farklı pek çok malzemenin kullanılıyor olmasından da görebileceğimiz gibi aslında endüstriyel kuruluşlarda çalışmak isteyen, plastik sanatlar veya tasarım okullarında yetişen insanların çoklu disiplinli bir eğitimden geçirilmelerinin faydalı olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKÇA

KİTAPLAR

AKKURT, Mustafa; **Bilgisayar Kontrolü Takım Tezgahları (CNC) ve Sistemleri**, İ.T.Ü., Makine Fakültesi, Birsen Yayınevi, İstanbul 1991 (İ.Alp ÇAM, “AutoCAD Programı ve CAD-CAM Sistemi Kullanılarak Ayaklı Lavabonun Ergonomik Açidan Araştırılması ve Yeni Bir Lavabo Tasarımının Geliştirilmesi”; Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No:0904.01.2, Proje Koordinatörü: Yard.Doç.İ.Alp ÇAM; Proje Grubu: Prof. Sevim ÇİZER, Arş.Gör. Semih ÖZKAN, Arş.Gör. Gürdal ÖZÇALIK, Yük. Lis.Öğr. Ş.Can TENELER. İzmir 1999., s.26’daki alıntı.)

AMIROUCHE, Farid M. L.; **Computer Aided Design and Manufacturing**, Prentice Hall, New Jersey, 1993

ATALAYER, Faruk; **Temel Sanat Öğeleri**, Anadolu Üniversitesi Yayınları; Eskişehir 1994

BAXTER, Mike; **PRODUCT DESIGN: A practical guide to systematic methods of new product development**, Chapman & Hall, London 1996

BIJL, Aart; **Computer Discipline and Design Practice: Shaping Our Future**, Edinburg University Press, Edinburg 1989

BRUN, Jean Marc; **From characteristic shapes to form features: a recognition strategy / Advanced CAD/CAM Systems, State-of-the-art and future trends in feature technology**, Edited by: R.Soenen, G.J.Olling; Chapman Hall, Great Britain 1995

CASALINGO Paesaggio; (Edited by) Meret Garba LIDELL, **Alessi: The Design Factory**; Academy Editions, Great Britain 1994

- COYNE, Robert F. - Eswaran SUBRAHMANIAN, (Edited by) John S. GERO, Mary Lou MAHER; **Modeling Creativity and Knowledge-Based Design**; Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, New Jersey 1993
- DAVIES, Brian L., A.J.ROBOTHAM, Alf YARWOOD; **Computer-aided Drawing and Design**; Chapman & Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras 1991
- EDMONDS Ernest; (Edited by) John S. GERO, Mary Lou MAHER; **Modeling Creativity and Knowledge-Based Design**; Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, New Jersey 1993
- ENCARNAÇÃO, José L; Rolf LINDNER; Ernst G. SCHLECHTENDAHL; **Computer Aided Design, Fundamentals and System Architectures**; Second Revised and Extended Edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1990
- ERBUĞ, Çiğdem; Özgür TAŞAR; **Bilgisayar Programlarında Kullanılabilirlik ve Arayüz Tasarımı İlişkisi, 8. Ulusal Ergonomi Kongresi, 25-26 Ekim 2001, D.E.Ü., İ.İ.B.F., Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İşleri Bölümü, İzmir 2001**
- FARIN, Gerald; **Curves and Surfaces for Computer-Aided Geometric Design**, Academic Press Ltd, London 1997
- FİLİZ, İ. Hüseyin; Türkay DERELİ; **An Introduction To Computer Aided Design/Drafting and AutoCAD**, Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekanik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep 1997
- FLURSCHEIM, Charles H., John WOOD; Allan WITHFIELD; Tom WILTSHIRE, (Edited by) Charles H. FLURSCHEIM; **Industrial Design in Engineering “a marriage of techniques”**; Springer-Verlag, London 1983

- GOETSCH, David L., John A. NELSON, S.Chalk WILLIAM, **Technical Drawing: Fundamentals, CAD, Design**, Delmar Publishers Inc., New York 1986
- GROOVER, Mikell P.; Emory W.ZIMMERS Jr.; **CAD/CAM: Computer Aided Design and Manufacturing**; Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984
- VAİZOĞLU Songül Acar, Faruk Tekbaş, Bilge A. Surlu; (**Editör**) Çağlar GÜLER; **Ergonomiye Giriş**; Ankara Tabip Odası, Ankara 2001
- HAWKES, Barry; **The CAD/CAM Process**; Pitman Publishing, Great Britain 1992
- JONES, Peter F.; **CAD/CAM: Features, Applications and Management**, Macmillan Press Ltd, Hong-Kong 1992
- KAUFFMAN Jr., Edgar; **What Is Modern Design**; The Museum of Modern Art, New York 1954
- LAMIT, Louise Gary, Vernon PAIGE; **CADD: Computer Aided Design and Drafting**; Merill Publishing Comp., Ohio 1987
- LAWSON, Bryan; **How Designers Think: The Design Process Demystified**, Architectural Press, 1997
- LUEPTOW, Richard M.; **Graphics Concepts**; Prentice Hall, New Jersey, 2000
- MARSH, Duncan; **Applied Geometry for Computer Graphics and CAD**, Springer – Verlag London Ltd. 1999
- Mc MAHON, Chris; Jimmie BROWNE; **CADCAM: principles, practice and manufacturing management**, Second Edition, Addison Wesley Longman Ltd., Edinburg 1998

- MEDLAND, A.J.; **The Computer Based Design Process**, Chapman & Hall, London - 1992
- RODRIGUEZ, Walter; **The Modeling of Design Ideas: Graphics and Visualization Techniques for Engineers**, Mc Graw Hill Book Comp., Singapore 1992
- SCOTT, Robert Gillam; **Design Fundamentals**; McGraw Hill Book Company; New York, Toronto, London, 1951
- STOVER, Richard N; **An Analysis of CAD/CAM Applications**, Prentice Hall Inc. New Jersey 1984
- SU, Bayram Ali; **Ergonomi**, Atılım Üniversitesi Yayınları – 5, Ankara 2001
- TUNALI, İsmail; **Tasarım Felsefesine Giriş**; Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul 2002
- VOISINET, Donald D.; **Computer Aided Drafting and Design “Concepts and Applications”**; Mc Graw Hill Book Company, U.S.A. 1987
- ZEID, Ibrahim; **CAD/CAM Theory and Practice**; Mc Graw Hill, Inc.; Singapore 1991

MAKALELER-BİLDİRİLER

- KAFTANOĞLU, Bilgin; **1.Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, Bildiriler, Bilgisayar Yardımı ile Tasarım ve İmalat Yöntemlerinin Mühendislikte Uygulamaları**; E.Ü., Müh.Fak. Yayınları, İzmir 1984
- KARAGÖZ, Yaşar; **Teknik Resim ve Makine Mühendisliği Eğitimindeki Önemi, TMMOB, IV. Ulusal Makina Mühendisliği ve Eğitimi Sempozyumu Rapor ve Bildiriler Kitabı**, İstanbul 2001

ONAR, Mustafa; “Makine Mühendisliğinde CAD/CAM”, Otomasyon Dergisi, Mart 1993

ÖZTEPE, Hamit, İsmail GERDEMELİ, Remzi ARSLAN, Serpil KURT; **Makine Mühendisliğinde Bilgisayar Destekli Teknik Resim Eğitimi**; TMMOB, II. Ulusal Makine Mühendisliği ve Eğitimi Sempozyumu, Rapor ve Bildiriler Kitabı; 15–17 Nisan 1993, İstanbul 1993

ULUEREN, Şerife Deniz; Sektörel Bakış, Röportaj, “Seramik Türkiye”, Seramik Federasyonu Dergisi; Kasım-Aralık, No: 18; İstanbul 2006

1.Ulusal Ergonomi Kongresi; Milli Prodüktivite Merkezi, 23-24 Kasım 1987, İstanbul 1997

ANSİKLOPEDİ

BAYAZIT, Nigan; “Tasarım” **Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi**, YEM Yayın, İstanbul 1997

TEZLER

DURŞUN, Erdal; **Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarımı ve İmalatı**, İ.T.Ü., F.B.E.,Yüksek Lisans Tezi, Ocak 1995

ARAŞTIRMA PROJESİ

ÇAM, Alp; “**AutoCAD Programı ve CAD-CAM Sistemi Kullanılarak Ayaklı Lavabonun Ergonomik Açından Araştırılması ve Yeni Bir Lavabo Tasarımının Geliştirilmesi**”; Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No:0904.01.2, Proje Koordinatörü: Yard.Doç.İ.Alp ÇAM; Proje Grubu: Prof.

Sevim ÇİZER, Arş.Gör. Semih ÖZKAN, Arş.Gör. Gürdal ÖZÇALIK, Yük.
Lis.Öğr. Ş.Can TENELER. İzmir 1999.

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Efe TÜRKEK

Doğum yeri ve yılı: Kütahya – 1978

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim:

Yüksek Lisans: 2002-Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Seramik Anasanat Dalı

Lisans: 1999-Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Seramik Anasanat Dalı

Lise: 1995-Kütahya Anadolu Güzel Sanatlar Lisesi, Resim Bölümü

İş tecrübesi: 2001- Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Araştırma Görevlisi.

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri: 1998 Türk Seramik Derneği

Alınan Burs ve Ödüller:

-68.Devlet Resim Heykel Yarışması, Seramik, Jüri Özel Ödülü, 2007

-66.Devlet Resim Heykel Yarışması, Seramik, Başarı Ödülü, 2005

Yayımları: Efe TÜRKEK, “Tarihsel Süreçte Batı Anadolu’daki Örneklerde, Tuvalet ve Banyo Ekipmanının Tasarım Açısından İncelenmesi”, Seramik Türkiye, Sayı:6 (Ekim-Aralık) 10/2004 Sf.121–127