

ÖZGÜN İÇ MEKAN BİLEŞENLERİNİN ÜRETİMİNDE
BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM

MEHMET ALİ ALTIN

SANATTA YETERLİK TEZİ
İÇ MİMARLIK ANASANAT DALI
Danışman: Prof. Dr. Meral Nalçakan

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Temmuz2012

SANATTA YETERLİK TEZ ÖZÜ

ÖZGÜN İÇ MEKAN BİLEŞENLERİNİN ÜRETİMİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM

Mehmet Ali ALTIN

İç Mimarlık Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Temmuz 2012

Danışman Prof. Dr. Meral NALÇAKAN

Yapı bileşenleri ve malzeme, endüstrileşmeyle birlikte seri üretimler sonucu standart form, fonksiyon özellikleri ve düşük maliyetlerle sunulur hale gelmiştir. Bu durum, tasarımcıları tekil ve özgün bileşen tasarım ve üretimi yerine seri üretimle üretilmiş bileşen ve malzemelerin standart özelliklerine uyan tasarımlara yöneltmiştir. Geçmişte, tüm bileşenleriyle tasarım üretim bütünlüğü içinde tekil olarak üretilen yapı üretiminden uzaklaşmıştır. Ancak günümüzde, elle üretimi zor ya da çok maliyetli tasarımlar esnek üretim yöntemlerinin ortamı olan bilgisayar destekli tasarım ve üretimle kolaylıkla, yüksek kalite ve düşük maliyetle tekil olarak üretilebilmektedir.

Bu çalışmada, özgün iç mekan bileşenlerinin bilgisayar destekli tasarım ve üretimle tekil olarak tasarlanarak üretilmesi ele alınmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin iç mimarlık disiplini için özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde kullanımı ve potansiyelleri araştırılmakta, diğer disiplinlerdeki uygulamalardan farkları ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

ABSTRACT

COMPUTER AIDED DESIGN AND MANUFACTURING FOR PRODUCTION OF UNIQUE INTERIOR DESIGN COMPONENTS

By the inventions of industrialization, building materials and components are changed to be served with standardized form, functional properties and low prices. Due to this situation, instead of designing and producing unique and original components, designers tended to design in order to fit into standardized properties of mass produced materials and components. Therefore, designers get apart from the unity of design and production which were once together to produce unique buildings. Today, designs which were once too much expensive or difficult to produce manually can be produced uniquely, easily, with high quality and low prices. It is achieved by flexible production methods and computer aided design and manufacturing.

In this study, design and production of unique interior design components by computer aided design and production will be discussed. The research on the fact that uses and potentials of computer aided design and manufacturing in interior design discipline is shown and differences of applications between other disciplines are exhibited.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mehmet Ali ALTIN'ı “Özgün İç Mekan Bileşenlerinin Üretiminde Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim” başlıklı tezi 02 Temmuz 2012 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, İç Mimarlık Anasanat Dalı Sanatta Yeterlik tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Prof. Dr. Meral NALÇAKAN
Üye : Doç. Dr. Leyla TOKMAN
Üye : Doç. Dr. Meral ERDOĞAN
Üye : Doç. Dr. Şebnem YALINAY ÇİNİÇİ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Özlem MUMCU UÇAR

Prof. Sıdika Sibel SEVİM
Anadolu Üniversitesi
Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürü



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Üretim modelleri ve birim maliyetleri gösteren grafik.....	11
Şekil 2 Fabrikasyonda bileşen hiyerarşisi.....	21
Şekil 3 Başlangıç geometrisinin hedef geometrisine değişimini metal boru bükme işlemi üzerinden açıklanması.....	25
Şekil 4 Karl Ulrich 'in tasarım diyagramı	28
Şekil 5 Karl Ulrich'e göre farklı tasarımcı tipleri.....	30
Şekil 6 John Parsons'un 1952 yılında geliştirdiği makine için Amerikan Patent Ofisine başvurduğu patentteki kanat çizimi	54
Şekil 7 CAD/CAM CNC programlama için iş akışı şeması.....	64
Şekil 8 Öklid düzlemindeki düzgün mozaikleme çeşitleri	86
Şekil 9 Yarı-düzgün mozaikleme örnekleri	87
Şekil 10 Art Cam Pro yazılımında hazırlanmış kesim çizimi ve yuva yapma işlemi sonrası	95
Şekil 11 Lamina Design yazılımında hazırlanmış parçalardan birisi	96
Şekil 12 Sayısal tektoniklerin karşılaştırmalı değerlendirme tablosu.....	115
Şekil 12 Sayısal tektoniklerin karşılaştırmalı değerlendirme tablosu.....	115
Şekil 13 Slayt kütüphanesi iş akışı şeması.....	139
Şekil 14 “Dalga” CD Ünitesi tasarım ve üretim aşamaları.....	154
Şekil 15 Grasshopper eklentisi ile yatay düzleme serilmiş dilimler	158
Şekil 16 CNC kesim için hazırlanan takım yolu çizimleri	159
Şekil 17 Dilimler ve profillerin ilişkisi	162

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1 tabaka kontrplak levhadan CNC kesim ile iki adet masa yapıldığı bir kendin-yap açıklaması.....	32
Resim 2 IAAC (Institute for advanced architecture of Catalonia) Barselona Fab Lab .	40
Resim 3 Bir mekandonatısının tanıtım detayı.....	47
Resim 4 Farklı parçalardan oluşan konvansiyonel bir torna ve benzer parçaların bir kontrol ünitesiyle desteklendiği CNC torna.....	57
Resim 5 Pek çok işlemi programlı bir sıra ile hızla uygulayabilen bir yatay işleme merkezi.....	59
Resim 6 Aynı kurulumda 3 ve 5 eksen sayısına sahip yatak tipi CNC frezeler	61
Resim 7 CNC cihazının 2 boyutlu bir şekil için elle programlanması (Solda Şekil ve G-kodu sağda kontrol paneli kumanda ekranındaki görünüm).....	63
Resim 8 Bilgisayar modeli ve plastik malzemedeki katmanlı üretimle elde edilmiş fiziksel model.....	67
Resim 9 Kabuk modeli oluşturan parçalar.....	71
Resim 10 Poligon modelleme ile modellenmiş iki küre, küreyi oluşturan üçgenler ve çizgiler(solda), üçgenlerin yumuşatılmasıyla oluşturulmuş pürüzsüz yüzeyli benzetim(sağda).....	72
Resim 11 NURBS ile modellenmiş organik formu oluşturan eğriler formun üzerinde görülüyor.....	72
Resim 12 Basit geometrik şekiller olan küpten kürenin çıkarılmasıyla elde edilen yeni form ve iki formun arasında kesişimlerinden oluşan üçüncü form görünüyor.....	73
Resim 13 Maxscript'le hazırlanmış kesit alma betiği ara yüzü, kesiti alınan model ve kesitler.....	77
Resim 14 Grasshopper eklentisinin arayüzü ve betikle Rhinoceros'ta elde edilen çizim.....	78
Resim 15 3DS Max yazılımında 3 boyutlu bir modelin kesitlere bölünmesi.....	80
Resim 16 Loft tekniği ile yüzey geometrisinin oluşturulması.....	81
Resim 17 KPF architects tarafından tasarlanan ve SITU Studio tarafından uygulanan lobi mobilyaları üretiminde kesit alma laminasyon tekniği ile kullanılmıştır.....	82
Resim 18 Mafoombey uygulaması	83
Resim 19 LADG tarafından tasarlanan boşluklu paralel istifleme örneği oturma elemanları.....	84
Resim 20 dBd Studio tarafından gofret ızgara tekniğiyle tasarlanan ve uygulanan duvar depolama ünitesi	85
Resim 21 Gaudi 'nin Casa Vicens'te yarattığı kurallı geometriye sahip küresel formlu kullenin çatısını eş formda kare seramiklerle kapladığı görülmektedir(solda). Güell Sarayı'ndaki burgulu kuralsız geometriye sahip bu baca ise birbirinden farklı forma sahip üçgen ve dörtgen seramiklerle kaplanmıştır. (ortada- detayı sağda).....	88
Resim 22 Kurallı bir form olan silindir mozaiklendiği zaman birbirinin eşi poligonlar meydana gelir(solda), kuralsız bir formun parçaları ise çoğunlukla birbirinden tamamen farklı ölçü ve şekilde ortaya çıkar(sağda).....	89
Resim 23 Yaratılmak istenilen form poligon sayısı arttıkça daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır ancak belli bir değerden sonra poligon sayısının artması formun ortaya çıkmasına çok fazla katkı sağlamaz. Bunun yanında formun mozaikleme yoluyla üretimini zorlaştırır.....	90
Resim 24 Huyghe + Corbusier Harvard Projesi	91

Resim 25 Projenin tasnif ve montaj aşamaları.....	91
Resim 26 Projenin üretiminde kullanılan üçgen parçalar	92
Resim 27 CATIA yazılımında levha metal bükme modülünde hazırlanmış 3 boyutlu model ve modelin aynı yazılım içinde açılmış hali	93
Resim 28 Rhinoceros yazılımında NURBS ile elde edilen formun açılmasından oluşan eğrisel cidarlı yüzeyler ve 3DS Max yazılımında poligon modelleme ile hazırlanan modelin açılması sonucunda oluşan çizgisel cidarlı poligon yüzeyler.	94
Resim 29 Rhinoceros yazılımında modellenmiş form(solda) ve Lamina Design yazılımında farklı birleşim detayları uyarlanmış açılımlar	94
Resim 30 Alüminyum malzemeden tasarlanmış bir kitaplık biriminin belli yük altında değişik noktalarındaki gerilmeleri ve belli süre sonunda oluşacak deformasyonu gösteren sonlu eleman analizi	95
Resim 31 Veev Design tarafından gerçekleştirilen peyzaj düzenlemesinde kullanılan “Field Rupture” yerleştirmesi(solda), yerleştirmede metal levhalar bir kumaş esnekliğinde bükülmüş bir form elde edilmek üzere üzerinde kesikler açılarak zayıflatılmıştır.	97
Resim 32 Entry Paradise Pavilion’da kumaştan üretilmiş iç mekan düzenlemesi	98
Resim 33 Farklı freze uçları ve malzeme üzerinde bıraktıkları izler.....	100
Resim 34 Tool Hide’in üretiminde kullanılan takım yolları ve CNC frezede üretimi .	100
Resim 35 Üretim bittikten sonraki görüntüsü.....	101
Resim 36 Office DA tarafından tasarlanan Laszlo dosya dolapları.....	102
Resim 37 Mimar Florencia Pita tarafından yapılan duvar enstalasyonu	104
Resim 38 Tesviye ile MDF levha üzerine işlenen vakum kalıbı ve vakumlama işlemi	104
Resim 39 O/K Apartment’daki parçalardan birisine ait CAD çiziminde kaburgaların geçeceği yerler gözüküyor.	106
Resim 40 O/K Apartment atölye üretiminden görüntüler	107
Resim 41 O/K Apartment’ın üretimi bitmiş görüntüleri	107
Resim 42 CNC boru bükme makinesi ve farklı çaplara bükülmüş ve birleştirilecek borular.....	108
Resim 43 Bernhard Franken tarafından tasarlanan BMW “Brandscaping” pavyonunda çift eğrili konstrüksiyon, CNC boru bükme makinesi ve farklı çaplara bükülmüş ve birleştirilecek borular	108
Resim 44 Office DA tarafından yapılmış çoklu kullanımlı kalıp projesi.....	109
Resim 45 <i>Soul Chair</i> için köpük malzeme ile üretilen deneysel kolçak prototipleri ...	117
Resim 46 <i>Soul Chair</i> için köpük malzeme ile üretilen tasarım geliştirme prototipleri	117
Resim 47 <i>Soul Chair</i> için gerçek malzemesi ile üretilen Alpha tipi üretim öncesi prototip.....	118
Resim 48 <i>Soul Chair</i> için gerçek malzemesi ve üretim tekniği kullanılarak üretilen ve kullanım testleri uygulanan beta prototip	119
Resim 49 <i>Soul Chair</i> için Pro E CAD yazılımında malzeme dayanımını test etmek için üretilen sayısal prototip.....	119
Resim 50 Bernhard Franken tarafından tasarlanan Dynaform pavyou için üretilen kısmi prototip.....	122
Resim 51 MIT Ray ve Maria Stata Center beton ve çelik strüktür modeli	126
Resim 52 MIT Ray and Maria Stata Center	128
Resim 53 BMW Fuar Pavyonu	128
Resim 54 BMW Fuar Pavyonu’nun Maya yazılımındaki form denemeleri.....	129

Resim 55 BMW fuar pavyonu için yük analizi	130
Resim 56 BMW fuar pavyonunun kontrplak levhalardan üretilmiş strüktür üzerinde montaj denemesi yapılan gerçek ölçeğinde prototipi	130
Resim 57 BMW fuar pavyonunun yüzeyi için akrilik levhaların şekillendirildiği kalıpların CNC freze ile üretimi ve şekillendirilmiş levhalar	131
Resim 58 Slayt Kütüphanesinin Beaux-Arts Binası içindeki konumu	133
Resim 59 Slayt Kütüphanesinin çevresiyle ilişkisini gösteren 3 boyutlu görselleştirme	133
Resim 60 Slayt Kütüphanesinin Doğu ve Kuzey duvarları ve takım yollarının kullanıldığı Kuzey ve Batı duvarlarının içten görünüşü	134
Resim 61 Slayt Kütüphanesi duvarlarındaki gözetleme delikleri için üretilen deneysel kısmi prototipler	134
Resim 62 Slayt Kütüphanesi duvarları için üretilen prototipler ve içlerinde açılan boşluklar	135
Resim 63 Slayt Kütüphanesi Kuzey, Güney ve Batı duvarlarının görüntüsü ve o duvarları oluşturan takım yolu çizgileri	136
Resim 64 Slayt Kütüphanesi duvarlarını oluşturan parçaların tasnifi ve etiketlenmesi	137
Resim 65 Slayt Kütüphanesinin montaj akışını gösteren çizimlerden bir tanesi	137
Resim 66 Slayt Kütüphanesi Doğu duvarının montajı	138
Resim 67 Slayt Kütüphanesi Doğu duvarının görüntüsü ve gözetleme deliklerinden detay	139
Resim 68 Minimal Complexity yerleştirmesi yapım aşamaları	140
Resim 69 Minimal Complexity yerleştirmesi	141
Resim 70 Minimal Complexity için yapılan ilk prototip	141
Resim 71 Minimal Complexity için yapılan parça gerilim testi prototipi	142
Resim 72 Minimal Complexity için yapılan ikinci fiziksel prototip	142
Resim 73 Voronoi Hafif Mekan Bölücü'nün ön ve arka görünüşleri	144
Resim 74 Voronoi Hafif Mekan Bölücü için 1/5 ölçekli deneme maketi	144
Resim 75 Tekil parçaların kesilmesi için üst üste bindirilen patronlar	145
Resim 76 Parçaların birleştirme için Pepakura Designer yazılımında kontrolü	146
Resim 77 Katlama, birleştirme ve istifleme işlemleri	146
Resim 78 Mukavvanın ezilerek zayıflatılmasında kullanılan araç ve işlem aşamaları	146
Resim 79 Voronoi hafif mekan bölücünün parçalarının vida ve somunlarla bir araya getirilmesi	147
Resim 80 Voronoi hafif mekan bölücünün kararlı olmayan boşluklu hali	147
Resim 81 Voronoi hafif mekan bölücüyü taşıyıcı hale getiren destek kapakları ve bitmiş hali	148
Resim 82 "Dalga" CD depolama ünitesini oluşturan birbiri içine geçmiş iki form	151
Resim 83 "Dalga" CD depolama ünitesinin üretimindeki 3 ana alt bileşen	152
Resim 84 Üretim verilerinin oluşturulmasında kullanılan Grasshopper tanımı	155
Resim 85 Grasshopper eklentisinde hazırlanan betikteki parametrik değişimler ve forma etkisi	156
Resim 86 Dilimler üzerinde farklı yerlere konumlanan profil kanalları	156
Resim 87 Grasshopper eklentisi ile formun dışına taşan profillerin tespiti	157
Resim 88 CNC freze ile dilimlerin ve tabanın işlenişi	161
Resim 89 Profillerin konvansiyonel aletlerle hazırlanışı	163

Resim 90 Profilleri oluşturan parçalar ve profillerin dilimler üzerindeki kanallara sabitlenmesi	163
Resim 91 Taban üzerine yerleştirilen dilimler.....	164
Resim 92 Frezede eksiltildikten sonra bükülen taban	164
Resim 93 Sökülür-takılır hale dönüştürmek üzere kamalarla geçme denemeleri.....	165
Resim 94 Dilimler üzerine kamaların gireceği boşlukların açılması ve kamaların taban üzerine yapıştırılması.....	166
Resim 95 “Dalga” CD depolama ünitesinin prototipinin duvar ve parça montajı.....	166
Resim 96 “Dalga” CD depolama ünitesinin prototipinin sınanması	167
Resim 97 Parçaların boyama işlemleri	167
Resim 98 Tabanın boyasının zımparalanması	168
Resim 99 Son ürün olarak “Dalga CD depolama ünitesi.....	168
Resim 100 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi	169
Resim 101 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi	169
Resim 102 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi	170
Resim 103 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi	170

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SANATTA YETERLİK TEZ ÖZÜ.....	i
ABSTRACT.....	ii
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	iii
ÖZGEÇMİŞ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
RESİMLER LİSTESİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem.....	1
1.2. Amaç.....	2
1.3. Önem.....	3
1.4. Varsayımlar.....	3
1.5. Sınırlılıklar	5
1.6. Tanımlar.....	5
1.7. Yöntem.....	7
2. ÜRETİM, TASARIM VE MALZEME İLİŞKİLERİ.....	9
2.1. Üretim tarihine üretim modelleriyle bakış.....	9
2.1.1. Elle üretim ve zanaat.....	12
2.1.2. Seri üretim, standartlaşma, tasarım ve mühendislik	14
2.1.3. Esnek üretim ve kitlesel özelleştirme.....	17
2.2. Ürün, bileşen ve malzeme ilişkileri	19
2.2.1. Özgün bileşenler.....	21
2.2.2. Bileşen, alt bileşen üretim işlemleri: Malzeme işleme.....	22
2.3. Tasarım üretim birlikteliğinin değişimi	27

2.3.1.	Tasarım modelleri ve tasarımcılar.....	28
2.3.2.	Tasarım modelleri, tasarımcı ve üretim ilişkileri	30
2.3.3.	Kendin-Yap	31
2.3.4.	Zanaatkarlar, tasarımcılar ve ürün ilişkileri	34
2.4.	Zanaatkar tasarımcı.....	38
2.4.1.	Zanaatkar tasarımcının çalışma ortamı	39
2.5.	Yapı tasarımı ve üretimi.....	42
2.5.1.	Yapı Tasarımı ve üretiminde bütünlükten ayrılış.....	43
2.5.2.	Yapı tasarım ve üretiminin diğer üretim biçimleriyle ilişkileri	44
2.5.2.1.	Yapı ustası ve mimarın malzeme ile ilişkileri	45
2.6.	Bölüm değerlendirmesi	48
3.	BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM.....	51
3.1.	Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin gelişimi.....	52
3.1.1.	Kuralsız geometrilerin üretiminde bilgisayar destekli üretim.....	53
3.1.2.	Bilgisayar Destekli Tasarım.....	54
3.2.	Bilgisayar destekli üretim cihazları	55
3.2.1.	CNC cihazları.....	55
3.2.1.1.	Konvansiyonel cihazlar ve CNC arasındaki farklar	56
3.2.1.2.	CNC cihazlarda hareket.....	59
3.2.1.3.	Eksenler	60
3.2.1.4.	CNC programlama.....	61
3.2.2.	Robotlar.....	65
3.2.3.	Katmanlı üretim cihazları.....	66
3.3.	Bilgisayar destekli üretimle bilgisayar destekli tasarımın ilişkisi.....	68
3.3.1.	CAD yazılımlarının sınıflandırılması.....	68
3.3.2.	3 boyutlu bilgisayar modellerinin yaratılmasında farklı yöntemler .	70

3.3.3. Bilgisayar modellerinin üretim için kullanımı	73
3.3.4. Farklı yazılımlar arasında veri paylaşımı ve veri formatları	74
3.4. Betikler (Script)	75
3.5. Bilgisayar destekli üretimle yapı bileşeni tasarımında yeni tektonikler	79
3.5.1. Kesit Alma	80
3.5.2. Mozaikleme	86
3.5.3. Katlama	92
3.5.4. Tesviye	98
3.5.5. Kalıplama	103
3.6. Bölüm değerlendirmesi	110
3.6.1. İç mekan bileşenlerinin üretiminde uygun CAM cihazlarının değerlendirmesi... ..	111
3.6.2. İç mekan bileşenlerinin CAM ortamında üretimine uygun tasarım ortamı olarak CAD yazılımlarının değerlendirilmesi	111
3.6.3. Özgün iç mekan bileşenlerinin üretimi için sayısal tektoniklerin değerlendirmesi	111
4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİMLE ÖZGÜN İÇ MEKAN BİLEŞENLERİNİN TASARIMI VE ÜRETİMİNDE PROTOTİPLER	115
4.1. Prototipler	116
4.1.1. Prototiplerin sınıflandırılması	116
4.1.2. Tekil üretimler için prototipleme	120
4.2. Farklı ölçeklerde özgün yapı bileşenlerinin tasarım ve üretiminde bilgisayar desteği ve prototipleme üzerine alan çalışması	123
4.2.1. Büyük ölçekli bir eğitim yapısı: MIT Ray ve Maria Stata Center .	125
4.2.2. Geçici olarak inşa edilmiş bir fuar pavyonu: BMW Fuar Pavyonu	128
4.2.3. Orta ölçekte bir iç mekan projesi: Slayt Kütüphanesi.....	131
4.2.4. Küçük ölçekli bir yerleştirme: Minimal Complexity	140

4.2.5. Deneysel tekil mobilya tasarımı: Voronoi hafif mekan bölücü	143
4.3. Bölüm değerlendirmesi	148
5. BİR BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM DENEMESİ: “KESİT ALMA TEKTONİĞİ” İLE TASARLANMIŞ VE ÜRETİLMİŞ BİR CD (COMPACT DISC) DEPOLAMA ÜNİTESİ.....	150
5.1. Özgün bir iç mekan bileşeni olarak “Dalga” CD depolama ünitesi.....	150
5.1.1. “Dalga” CD depolama ünitesinin tasarım ve üretim süreci	152
5.1.1.1. Tasarım aşaması	153
5.1.1.2. Üretim verilerinin hazırlanması aşaması	153
5.1.1.3. Parça üretimi aşaması	159
5.1.1.4. Montaj aşaması	161
5.1.2. Denemenin değerlendirilmesi	171
5.1.2.1. Tasarım ve üretim süreci açısından	171
5.1.2.2. Malzeme açısından	171
5.1.2.3. Ölçek açısından.....	172
5.1.2.4. Çalışma ortamı açısından.....	172
5.1.2.5. Tasarımcı alt yapısı açısından.....	173
5.2. Bölüm değerlendirmesi	173
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	175
6.1. Eğitime etkileri açısından	176
6.2. Tasarımcının rolü açısından	177
KAYNAKÇA	178
TEZ EKİ	186

1. GİRİŞ

Bu bölümde çalışmanın ele aldığı sorun kısaca ortaya konulmakta, amaçlar açıklanmakta, ilgili kişi ya da kurumlar için taşıdığı önem vurgulanmakta, varsayımlar belirtilmekte, sınırlılıklara değinilmekte özel anlam taşıyan kavramların tanımları verilmekte ve araştırma yöntemi aktarılmaktadır.

1.1. Problem

İç mimari tasarım, iç mekan donatılarının ve bileşenlerinin, estetik ve işlevsellikle bir araya geldiği bir bütün olarak tanımlanmaktadır. Tasarımcı donatıları ve bileşenleribir araya getirirken başvurabileceği iki yol öne çıkmaktadır.

- Tasarımcı, iç mimari tasarımda kullanacağı donatı ve bileşenleri tasarlanmış veya elle ya da endüstriyel olarak üretilmiş ürünler arasından seçebilir,
- Tasarımcı, iç mimari tasarımda kullanacağı donatı ve bileşenleri kendisi tasarlayarak bir zanaatkara ürettirebilir.

İkinci yol iç mimari tasarıma özgün donatı ve bileşenlerin katılmasında çok daha fazla olanak sunmaktadır. Ancak özgün formların oluşturulması konvansiyonel cihazlar, standart ölçü, işlev ve özellikteki alt bileşenler, malzemeler ve bunlara bağlı zanaat teknikleriyle olanaklı değildir. Standart alt bileşen ve malzemelerle ancak standartlaşmış formlara ulaşılabilir. Standart dışı özgün formlara sahip donatı ve bileşenlerin, konvansiyonel cihazlar, standart malzeme ve alt bileşenler ve zanaat teknikleriyle üretimi riskler içermekte, çoğunlukla kalite, maliyet ya da üretim süresi açısından sorunlar ortaya koymaktadır. Endüstriyel ürünler ise standart kalitede, standart formlarda, düşük maliyet ve yüksek hızla her an piyasaya sürülmektedir. Seri üretimin yüksek üretim hacimleriyle elde ettiği bu avantajlar, tekil zanaat üretimlerinde yakalanamamaktadır.

Teknolojik gelişimler, üretim tarihi boyunca üretim şekillerini, üretim için kullanılan yöntem, alet ve malzemeleri değiştirdiği gibi, tasarımcı, üretici ve ürün arasındaki ilişkileri de değiştirmiştir. Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim olguları da üretimde değişimi meydana getiren önemli aşamalardan birini oluşturmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle tekil üretimler için de seri üretimle elde edilen üretim hassasiyeti, hız ve düşük maliyet mümkün hale gelmiştir. Bu durum tekil ve özgün üretimlerin kapılarını aralamıştır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim endüstriyel tasarım alanında tasarımcıların ürün prototiplerini hızla ve hassasiyetle oluşturarak, seri üretimler öncesinde son denemelerini yaptıkları bir alan olarak, mimarlıkta ise standart dışı formların tasarımı ve üretiminde kullanılmaktadır. Üretim yöntemleri ve ele aldıkları ölçekler açısından birbirinden farklı olan bu iki alanda özellikle standart dışı geometrileri performans kriterleri içinde üretmek üzere bilgisayar destekli tasarım ve üretim tercih edilmektedir. İç mimarlık ölçek olarak bu iki alan arasında yer almakta, tasarım ve üretim açısından da bu iki alandan farklılaşmaktadır. Bu nedenle özgün iç mekan donatı ve bileşenlerinin tasarım ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretimin, iç mimari tasarım perspektifiyle ele alınması bir ihtiyaçtır.

1.2. Amaç

Bu çalışmanın amacı, iç mekan tasarımında özellikle bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojisindeki yeniliklerle, tasarımcılara hazır bileşen ve donatıları seçmek yerine form ve fonksiyon açısından özgün bileşen ve donatıları tasarlayıp üretmek imkanı tanıyacak teknikleri araştırmak, farklı alanlardaki bu tekniklerini iç mimarlık kapsamında iç mimarların kullanımı için uyarlanabilirliğini ortaya koymaktır.

Bu amaca ulaşmak üzere aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır?

1. Genel olarak üretim, tasarım ve malzeme arasındaki ilişki tarih içinde ne şekilde gelişmiştir, bu gelişim tasarımcı ve üreticiyi nasıl etkilemiştir?
2. Ürün, bileşen ve malzeme ilişkisi nasıldır?
3. Özgün bileşen nedir?

4. Mimarlık alanında elle üretimden, seri üretime geçişte meydana gelen farklılaşmalar nelerdir?
5. Standartlaşmanın yapı tasarımına etkisi nasıldır?
6. Özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde uygun bilgisayar destekli tasarım yazılımları ve bilgisayar destekli üretim cihazları nelerdir?
7. Yapı bileşeni tasarımı ve üretiminde ortaya çıkan dijital tektonikler özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde nasıl kullanılabilir?
8. Özgün iç mekan bileşenlerinin bilgisayar destekli tasarım ve üretiminde diğer alanlara göre ortaya çıkacak farklılaşmalar neler olacaktır?
9. Özgün iç mekan bileşenlerinin bilgisayar destekli tasarım ve üretiminde tasarım ve üretim süreci nasıl olacaktır?
10. Özgün iç mekan bileşenlerinin bilgisayar destekli tasarım ve üretiminde tasarım ve üretim ortamı nasıl olacaktır?
11. Özgün iç mekan bileşenlerinin bilgisayar destekli tasarım ve üretiminde tasarımcının rolü nasıl olacaktır?

1.3. Önem

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, özgün iç mimari bileşenleri tasarlamak ve üretmek için bilgisayar desteğinden faydalanmak isteyen tasarımcılar için önem taşımaktadır. Araştırmanın iç mimarlık eğitiminde bilgisayar desteği ile özgün bileşen tasarım ve üretimini içeren ders müfredatını geliştirmeyi hedefleyen araştırmacılar için faydalı olacağı tahmin edilmektedir. Bulguların, özgün bileşen tasarımı için prototip üretim hizmeti veren ya da esnek üretim olanaklarına sahip iç mekan donatısı ve bileşeni üretimi yapan firmalar için de faydalı olacağı düşünülmektedir.

1.4. Varsayımlar

Bu tezde aşağıdaki varsayımın doğruluğu araştırılmaktadır:

Seri üretimle elde edilen standart alt bileşenler, fabrikasyonla bir araya getirilen seri üretim ürünlerde maliyet ve zamanlama açısından avantajlar sağlarken, tekil fabrikasyon üretimler için kullanıldıklarında form ve fonksiyon uyumsuzlukları oluşmakta ve çoğunlukla toleranslı bir üretim yolu benimsenmektedir. Yapı üretimi tekil bir üretim olarak bu toleransların en çok gözlendiği üretimlerden birisidir. Bütünün özgün bir forma ve fonksiyona sahip olabilmesi için alt bileşenlerin tasarımı ve üretiminin de tasarımcı tarafından yapılması gerekmektedir. Yapı üretimi gibi çok sayıda bileşenin bir araya gelmesinden oluşan büyük üretimlerde her bileşenin ayrıca tasarlanması ve üretilmesi, ürünlerin birbiri ile mükemmel uyumunun sağlanması çok zordur. Seri üretimin tekil çözümler üretmek üzere, faydalandığı kitlesel özelleştirmeyapı üretimi için de yol açıcudur. Böylece seri üretimle standart ölçü ve formda üretilen alt bileşenler yerine, tekil üretimin ihtiyaçlarına göre farklı form ve ölçüde bileşenlerin üretilmesi ve bu bileşenlerin yapı bütünü içinde toleranssız biçimde birleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Kitlesel özelleştirme tasarımcının, bileşen üretimine de dahil olmasını, malzeme ve üretim yöntemlerine üretim düzeyinde hakim olmasını gerektirmektedir.

İç mekan tasarımı ölçek açısından böyle bir hakimiyete çok daha fazla olanak tanımaktadır. İç mimarın tekil olarak üretilmiş özgün içmekanbileşen ve donatılarını tasarlamak ve üretmek üzere bilgisayar destekli tasarım ve üretimden faydalanması, iç mimarı zanaatkarlara yaklaştıracak üretimin içine daha çok dahil edecektir. Bu anlamda bilgisayar destekli tasarım ve üretimle üretimi giderek kolaylaşan prototipler iç mimarın sürece katılımında fayda sağlayacaktır.

Bu tezde şu görüşlerin doğruluğu test edilmeye gerek görülmeden olduğu gibi kabul edilmiştir:

1. Tarama yapılan yabancı kaynaklardan elde edilen bilgiler evrenseldir.
2. Literatür taraması sonucu ulaşılan ve sunulan kıyaslamalı örnekler evreni temsil niteliğine sahiptir.
3. Tezin uygulama bölümünde ele alınan deneme için aşağıdaki kabuller ortaya konulmuştur.

- a. Denemeyi yapan araştırmacının CAD/CAM yazılımı kullanım bilgisi araştırma için yeterlidir.
- b. Denemeyi yapan araştırmacının malzeme ve üretim bilgisi araştırma için yeterlidir.
- c. Denemede yardımcı olan zanaatkarların üretim bilgisi araştırma için yeterlidir.
- d. Deneme için kullanılan cihazın özellikleri araştırma için uygundur.
- e. Deneme için seçilen örneklem evreni temsil etme niteliğine sahiptir.

1.5. Sınırlılıklar

- Literatür taraması sonucu ulaşılan bilgiler farklı disiplinlerin konusu olan çok geniş bir alandan derlenmiştir. Bu derleme konu bağlamıyla sınırlandırılmıştır. Bu sınırlılıklar, konu bağlamından uzaklaşmamak için alt başlıkların ilk paragraflarında *italik yazı* karakteriyle açıklanmıştır.
- Çalışmada, üretim başlığı altında yer alan bilgiler, sanayileşme hareketlerinin ilk olarak ortaya çıktığı, Batı Avrupa ve ABD'den derlenmiştir. Dünyanın farklı bölgelerinde benzer hareketler farklı zamanlarda etkin olsa da üretimin tarihi perspektifini çok daha belirgin bir çerçevede yansıtmak üzere diğer bölgelerdeki gelişimlerden çalışma içinde bahsedilmemiştir.

1.6. Tanımlar

Çalışmada konuyla ilgili terimlere ait tanımlar bağlamlarından koparmamak üzere metin içinde aktarılmıştır. Çalışmada kullanılan yabancı kaynaklı kelimeler ve özel terimler tez ekindeki sözlük başlığı altında aktarılmıştır. Bunun yanında farklı anlamlarıyla karışıklık yaratabileceği düşünülen terimler aşağıda çalışma içindeki anlamlarıyla tanımlanmıştır:

- “CAD” bu çalışmada İngilizce ‘deki *Computer Aided Design* kelimelerinin kısaltması olan *Bilgisayar Destekli Tasarımı* ifade etmektedir. CAD kısaltması ile bilgisayar ortamında tasarlama faaliyetlerinin tümü ve aynı zamanda bu

faaliyetlere olanak tanıyan bilgisayar yazılımları ifade edilebilmektedir. Bu ifadelerin aynı terim tarafından karşılanmasının yaratacağı karışıklık sebebiyle çalışma içinde bilgisayar yazılımlarına karşılık gelen *CAD* terimi, “*CAD yazılımları*” şeklinde belirtilmektedir. Aynı şekilde *Computer Aided Manufacturing* kelimelerinin kısaltması olan “*CAM*” terimi de hem *Bilgisayar Destekli Üretim*in tümünü hem de *Bilgisayar Destekli Üretim*i için kullanılan yazılımları ifade etmektedir. Karışıklığı önlemek üzere bilgisayar yazılımları, çalışmada, “*CAM yazılımları*” şeklinde belirtilmiştir.

- İngilizce ‘de mimarlık mesleğini zanaat olarak yürüten ortaçağ mimarlarına “*master builder*” denilmektedir. Türkçe ‘ye tam tercümesi *usta-inşacı* olan bu tamlama Türkçe’de *mimar* kelimesi ile karşılık bulmaktadır. Günümüz modern mimarlarını ve geçmişteki mimarları da kapsayan *mimar* kelimesi zanaat dönemi mimarlarını anlatmak üzere yeterli gelmediği için karışıklığı önlemek amacıyla bina inşaat faaliyetlerinde görev alan tüm zanaat ustalarının başındaki usta anlamıyla “*yapı ustası*” zanaat dönemi mimarlarını tanımlamak üzere tercih edilmiştir.
- Çalışma içinde yer alan *özgün iç mekan bileşen* tanımı, tekil üretimle üretilebilir bileşenlerden form ve fonksiyon açısından farklılaşan bileşenleri tanımlamak amacıyla kullanılmıştır. Tekil üretim ve zanaat teknikleriyle üretimi zor eğrisel ve organik Kartezyen formlara sahip bileşenler bu ifadenin şekilsel karşılığıdır. Bunun yanında seri üretimle elde edilen bu türden formlar bu tanımın dışında tutulmuştur.
- Çalışma içinde ele alınan “*tasarımcı*” tanımı, mimar, iç mimar, endüstri ürünleri tasarımcısı ve mühendisleri kapsayan tasarım eğitimi almış ve tasarım yapan kimseleri nitelemektedir. Yapı tasarımı pek çok disiplinin beraber ya da tekil olarak katılımının söz konusu olduğu bir alandır. Bu sebeple tasarım faaliyetine katılan yukarıdaki disiplinlerden herhangi birisinin nitelemek üzere çalışma içinde “*tasarımcı*” kelimesi genel bir anlamla kullanılmıştır.
- “*Model*” kelimesi bu çalışmada bilgisayar ortamında yaratılan sanal modelleri ifade etmek üzere kullanılmıştır. Bu tanım dışında ele alınan ölçekli fiziksel modeller “*fiziksel model*” tamlamasıyla belirtilmiştir.

1.7. Yöntem

Bu çalışmada, çalışmanın kuramsal alt yapısını oluşturmak üzere tarama ve verilerin sınanması içindenemeyöntemikullanılmıştır.

Tarama yöntemi aşağıdaki başlıklarda kullanılmıştır:

- Üretim, iç mimari üretimlerin parçası olduğu yapı üretiminden bağımsız olarak ele alınarak tarihi perspektifiyle taranmışve bulgular ortaya konulmuştur.
- Tasarım, tasarımcı ve zanaatkar kavramları farklı tanımları ve karşılaştırmalarıyla taranmışve konu ile ilgili olarak bulgular ortaya konulmuştur.
- Malzeme ve bileşenin tanımı, malzemelerin bileşenleri oluşturmak üzere şekillendirilmeyöntemleritaranmışve bulgular ortaya konulmuştur.
- Yapı tasarım ve üretimi tarihsel perspektifi ile araştırılmış diğer üretim biçimlerinden farkları ortaya konulmuştur.
- İç mekan tasarımı ve uygulamasında malzeme ve bileşen araştırılmış ve diğer yapı bileşenlerinden farkları ortaya konulmuştur.
- Özgün yapı bileşenlerinin tasarımında bilgisayar kullanımı farklı ölçeklerle taranmışve bulgular ortaya konulmuştur.
- Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin gelişimi, farklı bilgisayar destekli tasarım, üretim yöntemleri ve cihazları taranmışve bulgular ortaya konulmuştur.
- Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kullanımıyla yapı tasarımı ve üretiminde ortaya çıkan yeni yapım tektonikleri, örnekler üzerinden taranmışve bulgular ortaya konulmuştur.

Çalışmada deneme yöntemi aşağıdaki aşamalarda kullanılmıştır:

- Özgün forma sahip bir iç mekan bileşeninin bilgisayar ortamında tasarımı, üretim verilerinin hazırlanması, bilgisayar destekli üretim cihazında üretimi, montaj ve bitirme işlemleri deneme yöntemiyle kayda alınmış ve bulgular ortaya konulmuştur.

Araştırma sonucunda ulaşılan veriler yorumlanarak, sonuç ve öneriler ortaya konulmuştur.

2. ÜRETİM, TASARIM VE MALZEME İLİŞKİLERİ

Bu bölümde, üretim, tasarım ve malzeme kavramları tarihi perspektifi göz önünde bulundurularak ele alınacaktır. Üretim tekniklerinin gelişimi teknolojik ve iktisadi perspektifte ele alınacak, üretim, tasarım ve malzemenin ilişkisi ve bu ilişkinin gelişen ve değişen yapısı aktarılacaktır. Teknolojik gelişimlerle birlikte üretim ve tasarımdaki değişimler, tasarımcı ve üreticinin rollerindeki farklılaşmalar, malzeme işleme teknolojilerindeki gelişimler aktarılacaktır.

2.1. Üretim tarihine üretim modelleriyle bakış

Pek çok disiplinin konusu olan üretim kavramı bu çalışmada teknolojik gelişimlerin, tasarımcı, zanaatkar ve ürün üzerindeki etkileri yönleriyle ele alınmıştır. Çalışmanın bu alan dışındaki tanımları ve farklı açıklamaları bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

Üretim, TDK sözlüğünde iktisat terimleri başlığı altında “Mal ve hizmetleri bir dizi işlemde geçirerek biçim, zaman ve mekân boyutuyla faydalı hale getirmek veya faydalılıklarını artırmaya yönelik her türlü etkinlik¹.” olarak tanımlanmaktadır. Konu ile ilgili bir başka kavram olan imalat ise yine aynı sözlükte: “Hammaddelerin veya aramalların (yarı mamul malların) bileşimi, niteliği, durumu veya biçiminin değiştirilerek işlenmiş mallara dönüştürülmesi².” olarak tanımlanmaktadır. İmalat kavramı bu tanımla üretim çatısı altında daha özel bir konumu ifade etmektedir. İmalat, makine, araç ve işgücünün kullanımıyla kullanım ya da satış için üretmek anlamında kullanılmaktadır. İmalat, el işinden yüksek teknoloji içeren üretime kadar pek çok insan faaliyetini içermesine karşın çoğunlukla ham maddelerin bitmiş ürünlere büyük ölçekte dönüşümlerinin yapıldığı sanayi üretimleri için kullanılır. Bazı imalat biçimleri daha önceki imalatların ürünleri olan bileşenlerin, bir araya getirilmesi ya da

¹ Türk Dil Kurumu, **Bilim ve Sanat Terimleri Sözlüğü, İktisat Terimleri Sözlüğü 2004**, <http://tdkterim.gov.tr>, 12.05.2009.

²Aynı.

işlenmesi sonucu elde edilen ürünleri içermektedir. Bu tip üretimlere fabrikasyon adı verilir.

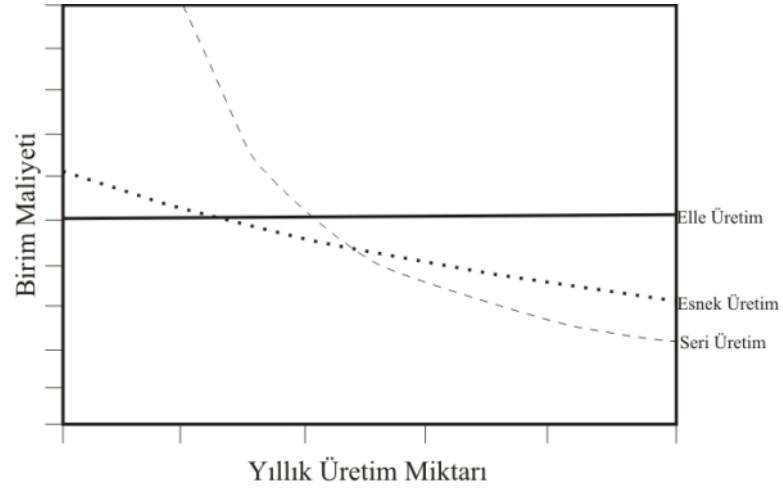
Tarihin farklı dönemleri boyunca üretim, dönemin koşullarına göre şekillenmiş ve farklılaşarak bu koşullara uyum sağlamıştır. Üretim çoğunlukla dönemin ihtiyaçlarından ve iktisadi yapısından etkilenmiş ve bu durum üretici ve tüketicilere yansımıştır. İktisadi olarak üretim, satılabilir bitmiş ürünlerin kabul edilebilir kalite, işlevsellik ve sürede en düşük maliyetle ortaya çıkarılmasıdır. Tarih boyunca üretimi iktisadi olarak etkileyen 3 temel üretim modeli varlık göstermektedir. Amerikan Milli Araştırma Konseyi raporuna göre bu modeller:

- elle üretim,
- seri üretim ve
- esnek üretim olarak

tanımlanmaktadır³. Bu modeller üretimi pratik anlamda da farklılaştırmıştır. Bu üretim modellerinedaha yakından bakıldığında, üretim hacimlerinin ve birim ürün maliyetinin üretim modelleri üzerinde önemli etkileri olduğu göze çarpmaktadır. (Şekil 1) Elle üretimde, ürün birim maliyeti sipariş miktarından bağımsız olarak üretime bağlıdır. Bu tür üretimlere zanaat işleri örnek verilebilir. Seri üretimde, üretim hattına azımsanmayacak ölçüde bir yatırım yapılır. Üretim hattı bir kere oluşturulduktan sonra ek ürünlerin elde edilmesinde gereken iş gücü ve malzeme maliyeti giriş maliyeti ile kıyaslandığında çok küçüktür. Seri üretim hattı verimli olarak çalıştığında birim ürün maliyetleri çok düşer ancak tekil ürünler üretilmesinde kullanılacakları zaman bu tür üretimler, uzun tedarik süreleri ve yüksek yatırımlar gerektirir. Esnek üretim ise bir üretim modeli olmaktan çok bir hedeftir. Başarılı olunduğu durumlarda, esnek üretim, yeni bir ürüne geçişte üretim alanının yeniden düzenlenmesindeki maliyeti ve zamanı azaltır.

³National Research Council Staff, **Information Technology for Manufacturing: A Research Agenda**, (Washington: National Academies Press, 1995), s.49

Modeller üretim için önemli bir kriter olan üretim miktarlarına göre kıyaslandığında, elle üretim çok özelleşmiş ürünlerin az sayıda üretimi için diğer modellere göre daha avantajlıdır, yüksek miktarlarda üretim gerektiğinde seri üretim daha avantajlıdır, esnek üretim ise orta miktarda ürünün kısmen özelleştirilmesi gerektiğinde daha avantajlıdır⁴.



Şekil 1 Üretim modelleri ve birim maliyetleri gösteren grafik

National Research Council Staff, **Information Technology for Manufacturing: A Research Agenda**, (National Academies Press, Washington: 1995), s.50'deki grafikten Türkçe 'ye çevrilerek uyarlanmıştır.

Üretim süreklilik anlamında iki türe ayrılabilir: devamlı ve ayırık üretim. Devamlı üretim madde ve malzemelerin üretimine dayanır. (örnek olarak: kimyasal ürünler) Ayırık üretim (örnek olarak: arabalar, uçaklar ve diğer montaj gerektiren ürünler) farklı ürünlerin yapılmasını ve çoğunlukla şekil verme ve montaj işlemlerini içerir. Ayırık üretimde fabrika, hammaddeleri (kömür, demir, yün) tek bir aşamada nihai ürünlere dönüştürmez. Çoğunlukla nihai ürün pek çok bileşenden oluşturulur. Bileşenler çoğunlukla alt bileşenlerden oluşturulur ve hammaddeden nihai ürünün meydana çıkışına kadar pek çok aşamadan geçilir. Yapı üretimi de ayırık üretim içinde yer alır.

⁴Aynı, s.49

2.1.1. Elle üretim ve zanaat

“Zanaatkar denilince akla hemen şöyle bir görüntü gelir: Bir marangoz dükkanını penceresinden gözetlediğinizde, içeride, çevresinde çırakları ve aletleri olan yaşlı bir adam görürsünüz. Burada bir düzen hakimdir, sandalyelerin bir kısmı dikkatlice kümelenmiştir, odayı ahşap yongaların taze kokusu doldurmuştur; marangoz, kakma işi mobilyasına bir çentik daha atmak için tezgahının üzerine eğilmiştir. Dükkan yolun aşağısındaki bir mobilya fabrikasının tehdidi altındadır⁵.”

Elle üretim, ilk üretim biçimidir. Elle üretim, isim olarak el aletleriyle üretimi çağrıştırmakla birlikte, aslında tekil siparişler üzerine yapılan tekil üretimleri ifade etmektedir. Bu üretim şeklinde aletler yoğun olarak kullanılmakla beraber, aletlerin kullanılmasında farklı enerji kaynaklarıyla birlikte, üretenin de bedensel ve zihinsel olarak birebir katkıda bulunduğu bir süreç gözlenir. Elle üretimin, tercih sebebi çoğunlukla çok özelleşmiş ürünlerin üretilmesine duyulan ihtiyaçtır. Elle üretim için marangozluk, demir ustalığı gibi zanaat dalları örnek verilebilir. Bu ve benzeri zanaat dallarının tarih içindeki gelişimi elle üretim modelinin gelişimine de ışık tutmaktadır.

Üretimin önemli parçalarından biri olan zanaat pek çok farklı terim ve kelimeyi de beraberinde barındırır. Zanaat halk içinde sanat olarak, zanaat işiyle uğraşan kişiler ise zanaatkar ya da sanatkar ya da zanaatçı ya da sanatçı olarak ifade edilir. Zanaatkar bu çalışma içinde, bir iş için kullanılacak malzemelerin işlenmesinde gereken fiziksel ve zihinsel becerilere ve bilgiye sahip kişi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım zanaatkarları yapılan işte çok az ya da hiç zihinsel beceri ortaya koymayan işçilerden ayırmaktadır.

Zanaatkarlar çoğunlukla işlemekte hakim oldukları malzemeyle ya da üretmekte hakim oldukları ürünle birlikte anılmışlardır. Marangozlar ahşap, demirciler metal, duvarcılar tuğla ve taştan yapılan duvarların üretimi için gerekli bilgi ve beceriye hakimdirler. Bu bilgi ve beceri usta, kalfa ve çirak şeklindeki hiyerarşik yapı içinde nesilden nesille aktarılmıştır.

⁵ Richard Sennett, **Zanaatkar**, (İstanbul: Ayrıntı, 2009), s.31

Elle üretimin gelişimi: Makineleşme

“Modern esnaf-zanaatkarın yüz yüze geldiği en büyük ikilem makinedir. Peki bu insan elinin yerini alan dost bir alet midir yoksa düşman bir alet mi? Hünerli el işinin ekonomik tarihinde, makineleşme çoğu kez bir dost olarak başlamış ve bir düşman olarak sona ermiştir. Dokumacılar fırıncılar ve çelik işçileri, bunların hepsi sonunda kendi aleyhlerine dönen makinelere kucak açmışlardı⁶.”

Elle üretimin ve zanaatkarlığın gelişimindeki en önemli aşamalardan birisi makineleşmedir. Makineleşme, bir anda tüm zanaat alanlarında etkisini göstermemiştir. Günümüzde bile halen makineleşmenin etkisine girmemiş pek çok zanaat alanı bulunmaktadır. Makineleşme, zanaat alanında çalışanların sahip olması beklenen kas gücü, beceri ve bilgiden, kas gücünün ağırlıkla kullanıldığı alanlarda zanaatçının varlığını değiştirdi. Makineleşme ile zanaatkarın becerilerinin ötesine geçen ve böylece üretimde farklılıklar ortaya koyan kaliteye bağlı değişimler de ortaya çıkmıştır.

Makineleşmenin etkileri ve elle üretimdeki değişimler

Zanaatkarlık uzunca bir süre insanoğlunun malzemeyi şekillendirmede elindeki aletlerle malzeme üzerinde ortaya koyduğu mücadelesinin simgesiydi. Makineleşmeyle zanaatkarın malzeme ile mücadelesinde sınırlarının ötesine geçmesi mümkün hale gelmiştir. Makineleşmeyle üretim verimliliği artarken üretim kalitesi de zanaat tezgahlarının kalitesinin çok ötesine geçmeye başlamıştır. Özellikle metal gibi sert malzemelerin işlenmesinde elde edilen kesinlik ve hassasiyet basit aletlerin elde ettiğinin çok üzerindedir. Zanaat üretimlerinin makineleşmesindeki bir başka etken de işlenen malzemeye verilecek formla ilgilidir. Zanaatkarlar, malzemeyi elle biçimlendirmekte zorlandıkları zaman farklı çeşitte aletlerden yardım alırlar. Bazı durumlarda belli formları vermek üzere zanaatkarların kas güçleri yetersiz kalır. Bu durumda gücün verimli aktarımı ya da su ve buhar gibi başka bir gücün kullanılabilmesi için makinelerden faydalanırlar. Bazı durumlarda ise zanaatkarların becerileri yetersiz

⁶Aynı, s.111

kalır. Elleriyle biçimlendiremeyecekleri kadar düzgün bir silindiri üretebilmek üzere tornadan faydalanmaları buna örnek oluşturabilir⁷.

Makineleşmeyle, elle üretimde yakalanan kalite artışı gibi somut iyileştirmeler yanında zanaatkarların üretim içindeki konumları değişmiştir. Zanaatkar atölyeleri, daha önceden hem tekil üretimler hem de seri bir takım üretimler için çalışırken, seri üretimlerin makineleşmeyle beraber fabrikalarda çok daha hızlı ve ucuza üretilmesi sonucu seri üretimdeki etkilerini neredeyse tamamen yitirmişlerdir. Bu durum zanaatkarların belli bir takım el sanatları dışında seri üretimdeki varlıklarını, sipariş üzerine tekil üretimlere kaydırmıştır. Günümüzde pek çok zanaatkarın sipariş üzerine tekil üretimler gerçekleştirdiği elle üretim modeli devam etmektedir.

2.1.2. Seri üretim, standartlaşma, tasarım ve mühendislik

Zanaatkarların malzemeye olan duyusal ilişkileri, tamamen otomatik hale gelmiş üretimlerin yakalayamayacağı bir esneklik ve çeşitlilik sağlamaktaydı⁸. Yatırımcılar, zanaatkarların da var olduğu vasıflı iş gücüne dayanan bu üretim yöntemini yavaş buluyorlar ve üretimi hızlandıran, daha az vasıflı iş gücüne dayanan bir üretimi hedefliyorlardı. Böyle bir sistem için ilk gelişmeler, 19.yy'ın başlarında ABD'de ortaya çıktı.

Geleneksel zanaat üretiminde tek bir ürün bir usta zanaatkar ya da onun kontrolündeki çıraklar tarafından, her bir üretim için farklı biçimde organize olan ve farklı aletlerin kullanıldığı bir dizi işlemin sonucunda ortaya çıkar.

⁷Robert B. Gordon, **Texture of Industry : An Archeological View of the Industrialization of North America.**(Cary, NC, ABD: Oxford University Press, 1997), s.353

⁸ Nick Callicott, **Computer-Aided Manufacture in Architecture**(Oxford,ABD:Architectural Press, 2001), s.26.

“Amerikan sistemi, bu işlemleri rasyonel hale getirerek, her aşamada farklı bir aletin sadece tek bir işi yapan vasıfsız bir işçi tarafından kullanıldığı böylece ayrı parçalarda meydana gelecek farklılıkların en aza inerek birbirinin aynısı ürünlerin ortaya çıktığı bir üretime geçiştir⁹.”

Bu sistem, Eli Whitney tarafından 19.yy.’ın başında “değiştirilebilirparçalar” kavramıyla ortaya konulmuştur. Bu şekilde, makineleşmeyle, zanaat ustalarının hiçbir zaman ulaşamayacakları bir standartlaşma sağlanacak ve el işçiliğinin üretimdeki payı en aza indirilecektir. 19.yy’ın başında ortaya atılan bu fikir 20.yy.’ın üretim sistemini değiştirmiştir¹⁰.

Frederic Winslow Taylor 1885 te yayınladığı kitabında, üretimdeki sürekliliğin üretim hattının mümkün olduğu kadar kısa, bağımsız görevlere bölünmesiyle sona erdirilmesinin verimliliğe katkısı üzerine bilimsel görüşlerini sunmuştur. Frank Gilberth in zaman ve çalışma teknikleri bu bilimsel çalışma ile birleşince endüstriyel üretimde hızla maksimum verimliliğe ulaşılmıştır¹¹. Böylece seri üretimin bilimsel altyapısı da oluşturulmuştur.

“Değiştirilebilir Parça” kavramı, endüstride fabrikasyona dayalı pek çok alanda karşılık bulmuştur. Fabrikasyonda daha önceden üretilmiş parçalar, yeni bir ürünü meydana getirmek üzere birleştirilir. Montaj için gelen parçalar standart ölçü, form ve kalitede olduğu zaman, montaj, parçaların üretiminden bağımsız bir süreç olarak yürütülebilir.

Ürün ölçülerini standartlaştırma, bazı alanlarda eski Roma’dan beri uygulanan bir yöntemdir. Özellikle tuğla ve kiremit gibi kalıplanarak üretilen ürünlerde, üretim kalıpları aynı olduğu için ölçülerin standartlaşması rastlanılan bir

⁹ Jeffrey L. Meikle, **Design in the USA**, (Oxford, İngiltere: Oxford University Press, 2005), s. 23

¹⁰ Aynı, s.25

¹¹ Dennis P. Hobbs, **Lean Manufacturing Implementation : A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer**, (Boca Raton, ABD:Ross Publishing, 2003), s. 14.

uygulamaydı¹².Halihazırda uygulanan bu yöntemin üreticiler tarafından pek çok ürüne yaygınlaştırılması çok zor olmamıştır.

Zanaatkardan tasarımcı ve mühendise

19. YY endüstrileşmesinde rekabet de büyük bir etkendi ve rekabette yatırımcıları öne geçirecek iki yöntemöne çıkmıştır:

- Üretim hattının, rasyonel hale getirilmesinden elde edilecek hız ve verimlilikle kaliteyi artırmak, maliyetleri ucuzlatmak böylece düşen maliyetlerle daha ucuza satarak rekabet şansını artırmak.
- Ya da ürünlerini görüntüsüyle, kullanışlılığıyla diğer ürünlerden farklılaştırarak, çeşitlendirerek rekabet şansını artırmak.

İkinci yöntem dekoratif sanatların yoğun olduğu alanlarda daha çok karşılık bulmuştur. Porselen yemek eşyaları, mobilya üretimi gibi alanlarda ürünlerin farklılaştırılması için müşterilerin zevklerinden anlayabilecek ve modayı takip eden kimselere ihtiyaç duyulmuştur. O dönemlerde akademik olarak çizim eğitimi almış kimseler çoğunlukla buna ihtiyaç duyan üreticiler tarafından döneme hitap eden form ve süslemeler konusunda yardımcı olmak üzere işe alınmışlardı. Ancak bu sanatçıların, makineleşmiş üretim yöntemleriyle ilgili çok az bilgisi vardı ve farklı bir tür mühendis-tasarımcı tipi bu alanda uzmanlaşmaya başladı¹³. Bu durum tasarım ve üretim arasında bir kopuşa neden oldu. Tasarım üretimden çok önce biten bir süreç olarak üretimden bağımsız bir hale geldi. Bu durumda fabrikasyon seri üretimin verimlilik odaklı üretim aşamaları büyük rol oynamıştır.

¹²Cecil D. Elliot, **Technics and Architecture** (Cambridge, Massachusetts, ABD: MIT Press, 1994), s.35.

¹³John Heskett, **Design : A Very Short Introduction**,(Oxford, İngiltere: Oxford University Press, 2005), s. 17.

Fabrikasyon seri üretim, iki aşamada ele alınan bir süreçtir. Otomatik olarak çalışan ya da bir vasıfsız işçi tarafından kontrol edilen makinelerde form ve ölçü olarak belli bir takım toleranslar dışında birbirinin aynısı parçalar üretilir. Bu parçaların üretiminden tamamen bağımsız olan montaj sürecinde ise, parçalar belli bir düzen içinde farklı bir makine ya da işçi tarafından birleştirilir. Montaj hattı terimi, ürünün, her birisi ayrı bir parçayı monte eden işçilerin önünde sırasıyla hareket ederek oluşturulmasını ifade eder. Bu sistemde, işçiler üretimin yalnızca kendilerine ayrılan kısmında yapmaları gereken işleri en hızlı ve doğru şekilde yapmak zorundadırlar. Ürünün tasarımı, standart ürün parçalarının üretilmesi, onları üretecek makinelerin ve tüm üretim hattının planlanmasından çok önce mühendisler ve endüstri ürünleri tasarımcıları tarafından yapılır. Seri üretimin hedefi tasarımı bitmiş bir ürünü mümkün olan en çok sayıda üretmektir.

Seri üretim ürün kalitesi, üretim hızı ve maliyetler açısından büyük gelişimler yaratmış olsa da ürün çeşitliliği anlamında kısıtlamalar oluşturmaktadır. Seri üretim hatlarının başlangıç maliyetleri sebebiyle ürünler ancak uzun süre, çok miktarda üretilirse verimlilik sağlanabilmektedir. Rekabet için ürünlerdeki çeşitlilik talebi endüstri ürünleri tasarımcılarını farklı formlar aramaya yöneltmiştir. Çeşitliliği artırmak üzere sıklıkla değiştirilen tasarımlar ve denenilen yeni formlar, belli bir ürünün üretim miktarını ve üretimde kalabilme süresini düşürmüştür. Bu yeni yaklaşım, seri üretim yerine özelleştirilebilen esnek bir üretime ihtiyaç doğurmuştur.

2.1.3. Esnek üretim ve kitlesel özelleştirme

Esnek üretim modeli, seri üretimin karlı olabilmek üzere ihtiyaç duyduğu minimum üretim miktarına gerek duyulmayan ve üretim hattında yapılacak değişikliklerin hızla ve düşük maliyetle yerine getirilebildiği bir üretimi hedefler. Esnek üretim, seri üretimin yerine geçen bir modelden çok seri üretimi de destekleyen bir modeldir.

Esnek üretimde bilgisayar destekli tasarım ve üretim kilit öneme sahiptir. Esnek üretimle sağlanmak istenilen endüstriyel üretim kalitesinde düşük miktarda üretimler, bir bilgisayar programına dönüştürülen tasarımların bilgisayar destekli üretim cihazlarını

yönetmesiyle mümkün olur. Tasarımda yapılan hızlı değişimler tüm üretim hattının değiştirilmesi yerine sadece üretim cihazını yöneten programın değiştirilmesiyle çözümler.

Kitlesel özelleştirme

Esnek üretim modeli, seri üretimin pazarda sürekli olarak meydana gelen talep değişikliklerine kolaylıkla uyarlanabilmesi hedefiyle ortaya çıkmış bir kavramdır. “Bu uyarılma, kitlesele özelleştirme(mass customization) kavramı altında üretim, pazarlama ve üretim planlamasını da içine alan bir sistemi oluşturmuştur¹⁴.” Kitlesele özelleştirme, seri üretimin standart üretimlerinin pazardaki değişik ürünlere olan talebi karşılayamaması üzerine doğmuştur. Kitlesele özelleştirme, yüksek miktarlarda, hızlı ve standart ürünler üreterek maliyetleri düşüren seri üretimle, düşük miktarda yavaş ancak çeşitli ürünler üretilen elle üretim modellerinin birleştirildiği bir modeldir. Bu modellerde ürünler üretim sırasında veya sonrasında hızla farklılaştırılabilir. Kavramı ortaya koyan, Stan Davis kitlesele özelleştirmeyi şöyle tanımlamaktadır:

“Kitlesele özelleştirme ile endüstri ekonomisinin ulaşılabildiği aynı yüksek rakamdaki müşteriye ulaşılabilir ve aynı zamanda her birisiyle aynı endüstrileşme öncesinin özelleşmiş pazarlarında olduğu gibi bireysel olarak ilgilenilebilir¹⁵.”

Kitlesele özelleştirme, kullanıcıların da belli oranlarda ürünlerin tasarımına dahil edildiği, ürünlerin kullanıcılar tarafından kişiselleştirilebildiği bir üretim biçimini ortaya koymaktadır. Bu üretim şekli teknolojinin ve özellikle bilgisayarların yoğun olarak kullanıldığı bir esnek üretim modelini gerektirir. Farklı kullanıcıların taleplerinin toplanması ve üretimi yapacak cihazların bu talepler doğrultusunda otomatik olarak yönlendirilmesi gerekmektedir.

¹⁴ B. Joseph Pine, **Mass Customization: the new frontier in business competition**, (ABD: Harvard Business School Press, 1993), s. ix.

¹⁵ “Stan Davis, **Future Perfect**, (Reading: Addison-Wesley, 1987), s. 167” Frank Piller, MC definition discussion-A focused view on the term, <http://www.configurator-database.com/definitions/mass-customization/mc-definition-discussion> adresindeki web sitesinden 26.08.2010’da alınmıştır.

Kitlesel özelleştirme ile bilgisayar destekli üretim cihazlarında minimum parça sayılarına gerek duyulmadan, standart dışı parçalar fabrikasyon sırasında mükemmel uyumu sağlayacak şekilde düşük miktarlarla ya da tekil olarak üretilebilir. Böylece tekil fabrikasyon üretimler, seri üretim kalitesinde ve düşük maliyetle elde edilebilir. Bilgisayar destekli tasarım, parametrik özellikleriyle bu üretim biçimini destekler. Tasarım üzerindeki değişimler izin verilen parametrelerin değişimi ile sağlanır, böylece tasarımın bütünlüğü korunurken, üretim yönteminin sınırlılıkları içinde kalır.

Üretim teknolojilerindeki gelişmeler, farklı üretim modellerinin ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur. Ortaya çıkan yeni modellerle birlikte tasarlayan, üreten ve tüketen arasındaki ilişkiler de sürekli değişime uğramıştır. Tasarlayanla üretenin aynı kişi yani zanaatkarlar olduğu elle üretim modelindeki tasarımcı-üretici ilişkisi seri üretimle birlikte tasarım ve üretimin ayrı kişiler tarafından yerine getirildiği verim odaklı bir sisteme dönüşmüştür. Esnek üretimle birlikte bu ayrışma, bilgisayar kontrollü esnek üretim cihazları ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle tüketicinin de tasarlama ve üretim içine dahil olduğu farklı bir tasarımcı-üretici-tüketici ilişkisi ortaya çıkarmıştır.

2.2. Ürün, bileşen ve malzeme ilişkileri

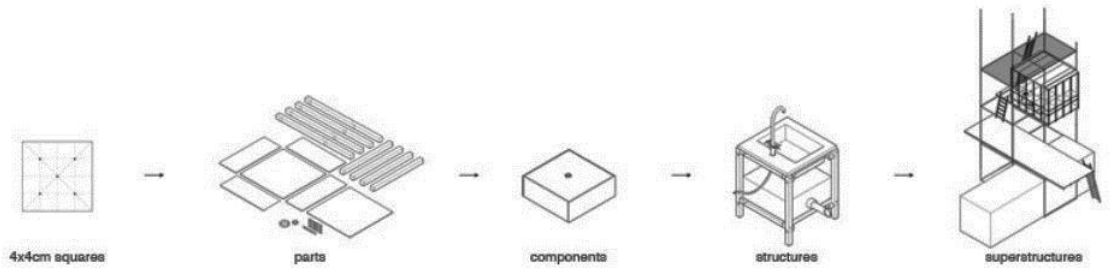
Malzeme üretimi, şekillendirilmesi ve kullanımı ile farklı disiplinlerin alanlarına giren çok geniş bir konudur. Bu çalışmada malzeme, iç mekan tasarımında bileşen olarak kullanılacak ürünlerin üretilmesinde tasarımcının kontrol altında tutabileceği alanların ortaya çıkarılabilmesi açısından ele alınacaktır. Malzemenin, diğer disiplinlerdeki tanımlamaları, sınıflandırmaları ve kullanımı bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

Malzeme kavramı çok farklı alanlarda, tanımlara sahiptir. Bu tanımlar çoğunlukla tanımlandığı alanda varoluş biçimine göre ortaya konulmaktadır. Malzeme, elle tutulur bir nesne olabildiği gibi, bir kimyasal tepkimenin ögesi olan, görülemeyecek ve dokunulamayacak derecede küçük maddelerde tanımlanmakta ya da bir hikayenin, bir şiirin yazımında kaynak, yardımcı, yol gösterici olan düşünsel ve yazınsal alt yapı olarak da değerlendirilebilmektedir. Tüm bu tanımlamalarda ortak yan malzemenin bir ürünün elde edilmesi sürecinde katkı sağlayan öğeler olmasıdır.

Pek çok ürünün elde edilmesinde malzemelerin dönüşümü ve şekil değiştirmesi sonucu ortaya çıkan bileşenler rol oynar. Bileşenler, bütünü meydana getiren parçalardır. Ürünler çoğunlukla tek bir malzemedan üretilmeyecek kadar karmaşıktır. Özellikle fabrikasyon üretimlerde, bir ürünün meydana getirilmesinde pek çok üretim ve montaj işlemi aynı anda ya da ardıl olarak uygulanır. Ürünün ortaya çıkarılmasında ürünü oluşturan daha küçük bileşenlerden faydalanılır. Bileşenler ürün içindeki fonksiyonlarına göre farklı alt bileşenlerden ve o alt bileşenler de daha alt bileşenlerden meydana gelir. En alttaki bileşenler ise malzemelerin şekil değiştirmesi sonucu oluşturulur. Endüstriyel olarak ardıl şekillendirmelere hazır sunulan ve başka malzemelerin değişimi ile elde edilen, bu halleriyle kendi başına bir işleve sahip ya da bir ürünün parçası olmayan ahşap, çelik levha ve profiller gibi ürünler de malzeme olarak anılır. Bu malzemeler tekrar şekil değiştirerek bileşenleri meydana getirir.

Bileşenlerle ilgili bir başka tanım da fabrikasyon ve montajla ilgilidir: Malzemelerin şekillendirilmesiyle parçalar oluşturulur, parçaların bir araya gelmesiyle bileşenler, bileşenlerin birleşiminden yapılar ve yapıların bir araya gelmesiyle de üst yapılar oluşturulur¹⁶.(Şekil 2) Bahsedilen hiyerarşik dizilimde, mimari bir bakış açısı ile bileşenler ve yapı arasında donatılar da eklemek mümkündür. Böylece, bileşenlerin birleşimi ile donatılar, donatıların birleşimi ile de yapıların oluşturulduğu söylenebilir. Parçalar, yapısal parçalar ve bağlantı-montaj parçaları olarak ayrılırlar ve kendi başlarına işlevi olmayan bu ürünler biraraya gelerek bileşenleri oluşturarak işlev kazanırlar. Alt bileşenler, bir araya gelerek daha üst bileşenleri oluşturur. Donatılar farklı görevleri olan bileşenlerin, fonksiyonel ya da yapısal ilişkiler kurması sonucu ortaya çıkar. Yapılar donatıların aynı şekilde ilişki kurması ile oluşan daha üst düzeydeki bir hiyerarşik konumdadır. Üst yapılar yapıların birbirileri ile kurduğu benzer ilişkilerle ortaya çıkar.

¹⁶<http://openstructures.net/pages/9#deel6b> adresindeki web sayfasından 11.07.2012 tarihinde alınmıştır.



Şekil 2 Fabrikasyonda bileşen hiyerarşisi

<http://openstructures.net/pages/9#decl6b> adresindeki web sayfasından 11.07.2012 tarihinde alınmıştır.

2.2.1. Özgün bileşenler

Bileşen ve malzemenin fabrikasyona bağlı yukarıdaki tanımı, karmaşık üst yapıların düzen ve hassasiyetle oluşmasında, birbirine bağlı bileşenler, bileşenleri oluşturan alt bileşenler, bileşenlerin bir araya gelmesiyle elde edilen donatıların ve yapıların mükemmel uyumunu zorunlu hale getirmektedir. Hiyerarşik bir sıra ile devam eden birleşimlerin uyumu ancak bileşenlerin özelliklerini belirleyen ve sınırlayan belli kuralların uygulanmasıyla mümkün olabilmektedir. Hiyerarşik sıralamada en düşük seviyedeki parçalardan başlayarak ölçü ve geometrik özellikler açısından sınırlandırılmış üretimler bileşenlerin form olarak da sınırlandırılması doğurmaktadır. Bu durum yüksek miktarda üretimleri hedefleyen seri üretimlerde sorun oluşturmaz. Seri üretimlerin üretim hacimleri, ürünü oluşturan bileşenlerin özgün olarak tasarım ve üretimine imkan sağlayacak kadar büyüktür. Tekil üretimler ise özgün bileşen üretimi için endüstriyel olarak sağlanan parçaların sunabildikleriyle sınırlandırılmışlardır.

Bu duruma, tekil mobilya üretimi üzerinden örnek verilmesi gerekirse: İç mekan depolama donatısı basit bir dolap bileşeninin iskeletini oluşturan yapısal parçalar olan ahşap kompozit levhaların üreticileri tarafından belirlenmiş standart ölçüleri ve yüzeysel özellikleri vardır. Bağlantı ve montaj için kullanılan parçalar da modüler tasarıma olanak tanımak üzere belli fiziksel özelliklerde ve ölçüdedirler. Dolap iskeleti dolap bileşeninin bir alt bileşenidir, başka parçaların birleştirilmesiyle ya da şekillendirilmesiyle oluşmuş olan kapak, menteşe, kulp ve ayaklar daberir alt bileşendir. Bir dolabın tekil olarak üretiminde; üretici, dolabı oluşturan alt bileşenlerin özellikleri

ve formu açısından o alt bileşenleri endüstriyel olarak üreten ve pazarlayan firmaların ortaya koyduğu standartlara uymak zorundadır. Tekil olarak fabrikasyonla üretilen ürünlerin alt bileşenlerinin de tasarlanarak üretilmesi tekil üretim yapan üreticinin üretim hacminin çok ötesinde bir üretime ihtiyaç duymaktadır; bu ancak seri üretimle karşılanabilir.

Bir mobilyanın tekil olarak üretilmesi örneğinde de görüldüğü gibi tekil fabrikasyon ürünlerin alt bileşenlerinde özgün tasarım ve üretimler ortaya koymadaki güçlükler, ürünlerin de özgün form ve fonksiyonlara sahip olabilmelerini engellemektedir. Tekil fabrikasyon üretimlerde özgünlüğün sağlanabilmesi için alt bileşenlerin de ürüne uygun olarak tasarlanarak üretilmesi gereklidir.

Bileşen ve alt bileşenlerin tasarım ve üretiminde malzemelerin şekillendirilmesindeki yöntemler ve uygun malzeme özellikleri önemlidir. Takip eden başlık altında malzemelerin şekillendirilmesi ele alınacaktır.

2.2.2. Bileşen, alt bileşen üretim işlemleri: Malzeme işleme

Ürün, bileşen ve malzeme arasındaki hiyerarşik ilişki malzemelerin şekil alarak alt bileşenleri oluşturmasında da ortaya çıkar. Özellikle endüstriyel olarak kullanıma sunulan hazır malzemeler, elde edilebilir geometrileri ve boyutlarıyla farklı üretim yöntemlerini işaret eder. Malzemenin şekil değiştirmesiyle ürün elde edilmesinde 3 ana işlem çeşidi ortaya çıkmıştır¹⁷:

- Ekleme
- Eksiltme
- Şekillendirme

¹⁷ M.Veltkamp, **Free Form Structural Design**, (Amsterdam: IOS Press, 2007), s.30

Bu 3 ana işlem çeşidi, üretim başlığı altında yer alan üretim modellerinden elle üretim, seri üretim ve esnek üretimin her üçü için de uygun işlemlerdir. Üretim modelleri değişirken üretimin ele alınışı, üretim stratejileri ve üretim için kullanılan cihazlar değişmekte ancak malzemenin şekil değiştirmek üzere maruz kaldığı işlemler genellikle aynı kalmaktadır. Kolarevic, bu üç başlığa bir de iki boyutlu üretim başlığını ekleyerek dört ana işlem olarak değerlendirir. İki boyutlu üretim, aslında eksiltme başlığında değerlendirilebilecek bir işlem olarak iki boyutlu kesim işlemlerini ifade eder¹⁸. Schodek malzemeye şekil verme işlemlerini daha farklı bir bakış açısı ile

- mekanik işleme ve malzeme eksiltme;
- şekil değiştirme, kalıplama ve döküm;
- bir araya getirme ve eklemeli işlemler

başlıkları altında gruplandırmıştır¹⁹. Bu gruplama içinde bir araya gelen farklı malzeme işleme yöntemleri incelendiğinde, ekleme, eksiltme ve şekil verme başlıklarının içindeki yöntemlerin benzeri olduğu gözlemlenmektedir.

Malzemeler üretim farklılıklarıyla ele alındığında ise aşağıdaki özellikler öne çıkmaktadır²⁰:

- Başlangıçta sıvı halde olan sonra dökülebilen yayılabilen ya da katmanlaşan daha sonrasında sertleşen; eklemeli işlemlerdeki malzemeler,
- Eksiltmeli işlemlerde kaldırılabilen, gereken katılığa sahip malzemeler,
- Elastik (ve plastik) özelliklere sahip, eğme ve sündürmeye dayanıklı, şekil verme işlemlerinde kırılmayacak malzemeler,

¹⁸ Branko Kolarevic, **Architecture In The Digital Age- Design And Manufacturing** (New York: Spon Press, 2003), s. 34

¹⁹ Daniel Schodek, **Digital Design and Manufacturing**, (New Jersey: John Wiley, 2005), s.255

²⁰ M. Veltkamp, **A.g.e.**, s.24

- Düzlemsel levhalar halinde 2 boyutlu üretim işlemlerinde kesilebilir malzemeler.

Malzemelerin geometrik tanımlamaları ile üretim farklılıklarına göre ele alınan özellikleri birlikte düşünülerek var olan üretim yöntemleri arasında uygun yöntemin seçimi yapılabilir. Başlangıç geometrilerine, sonuç geometrilerine ve malzeme özelliklerine bağlı olarak farklı malzemeler farklı üretim işlemleri içine dahil olabilirler.

Eksiltme

Eksiltmeli malzeme işlemede, malzeme çıkartılarak, daha büyük hacimlerden bir şeklin kesilmesi ya da kazınmasıyla yeni bir şekil elde edilir. Elde edilmek istenilen yeni geometrik şekle göre uygun olan bir geometrik eksiltme yöntemi seçilir²¹. Eksiltme işlemleri gereken katılığa sahip hemen her malzeme ile uygulanabilmektedir.

Ekleme

Ekleme işlemleri başlangıçta bir şekle sahip olmayan malzemelerin, agrega sıvıların püskürtülmesi, dökülmesi, köpüklerin şişirilmesi ya da toz ya da sıvı katmanlar halinde katılaştırılmasını içerir. “Bilgisayar kontrollü üretimler dışındaki üretimler kendisi de bir üretimi gerektiren kalıplara ihtiyaç duyar²².” Kalıpla üretimlerde kimyasal olarak ya da ısı olarak sertleşen akışkan malzemelerin dökülmesi ya da bir kalıp içine kuvvet yardımıyla itilmesi söz konusudur. Eklemeli işlemlerde kullanılan malzemelerin akışkan doğası sebebiyle çoğunlukla hacimsel kalıplar kullanılır.

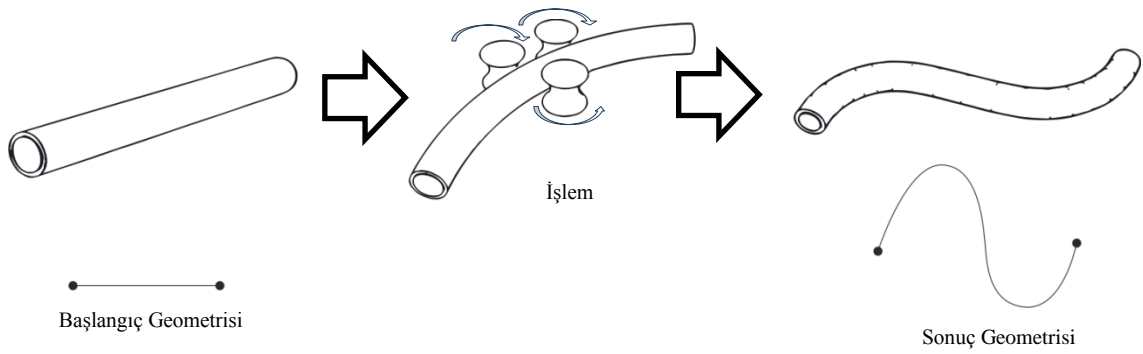
²¹ Aynı, s.27.

²² Aynı, s.26.

Şekil verme

Şekil verme işlemleri, basınç, nem ya da ısı gibi yüklerle ve bazen hepsinin kullanımıyla geometrilerin bir şekilden diğerine dönüştürülmesidir. Şekil verme işlemleri daha önce başka malzemelerden üretilmiş öğeleri değiştirmek üzere uygulanır.

Şekil verme işlemlerinin düzensiz şekiller yaratmak üzere kullanımı malzemenin istenen şekil değişikliğine bozulmadan (kırılmadan) ya da malzeme özelliklerinde bir düşüş olmadan dayanabilmesine bağlıdır. Metaller genellikle bu şekil verme işlemlerine uygundur. Isıyla şekillendirilebilen plastik malzemeler de çoğunlukla şekil verme işlemleri için uygun malzemelerdir.



Şekil 3 Başlangıç geometrisinin hedef geometrisine değişimini metal boru bükme işlemi üzerinden açıklanması

Kalıplama ve döküm

“Kalıplar, eklemeli işlemler ya da şekil verme işlemlerinde geçici olarak bir öğenin geometrisini kısıtlamak için kullanılır²³.” Kalıplar, üretim tarihi boyunca malzeme şekillendirmenin en önemli araçlarından birisi olmuştur. Özellikle standart ölçü ve şekle sahip bileşen ve ürünlerin üretiminde kalıplardan sıklıkla faydalanılır. Kalıplar kendisi de bir malzemenin şekillendirilmesiyle oluşan ve başka malzemeleri şekillendirmek üzere kullanılan araçlardır. Kalıpların üretildiği malzemeler, şekillendirilmesinde kullanılacak malzemeden, malzemeye vereceği şekilden, şekillendireceği malzemenin

²³Aynı, s.29.

şekil alma işleminden etkilenir. Örnek olarak, akışkan polyester reçinesi su geçirmez özelliklere sahip malzemedен, sıvı çelik ya da camın döküleceği bir kalıp sıcağa dayanıklı bir malzemedен üretilmek zorundadır. Aynı zamanda malzemeler sonuç geometrisine ulaşmak üzere ısı değiştirme ya da kimyasal tepkimenin sonuçlanması ardından kalıp malzemesinden ayrılabilmelidir. Kalıbın malzemesinin seçiminde bu durum da bir etkidir. Karmaşık formların şekillendirilmesinde esnek malzemedен üretilmiş kalıplar da kullanılır. Bu kalıplar malzeme formunu aldıktan sonra esnetilerek şekli ortaya çıkmış olan sonuç ürünün kalıptan çıkarılmasına yardımcı olur. Kalıpların formları da şekillendirecekleri malzemenin özelliklerinden ve elde edilmek istenilen formdan etkilenir.

Kalıplar, bir şeklin çoğaltılmasında defalarca kullanılabilceği ve bu sebeple dayanıklı malzemedен üretilmek zorunda olabileceği gibi; üretim sonrasında şeklin oluşmasına yardımcı olduktan sonra bozulup atılmak üzere ucuz ve kırılğan malzemelerden de üretilir. On binlercesi aynı kalıptan üretilen plastik şişelerin sert metal alaşımından kalıpları ve inşaatlardaki ahşap malzemedен üretilen beton kalıpları bunlara örnek verilebilir. Endüstriyel seri üretimlerde kullanılan kalıplar çoğunlukla dayanıklı malzemelerden üretilerek defalarca kullanılırlar. Kalıplar özellikle kuralsız organik formların üretiminde çok işe yararlar. Eksiltme yöntemiyle tekrar tekrar üretime sokulması zor ya da imkansız şekillerin bir kalıp yardımıyla çoğaltılması mümkündür. Kalıplar ilk üretimler oldukları için başka bir kalıp yoluyla üretilemezler. Bu sebeple üretimleri pahalı ve zordur. Seri üretimlerde üretim için gerekli bir minimum parça sayısının varlığı kısmen kalıpların bu yüksek maliyetlerine dayanır. Kalıplar standartlaşmanın da önemli bir unsurudur. Her yeni üründe bir başka şeklin oluşturulması kalıpların her defasında değiştirilmesini gerektirir ve bu durum seri üretimlerde fizibilite açısından uygun bir yaklaşım değildir. Bu tür ihtiyaçlarda esnek üretim ve esnek üretime uygun üretim cihazları tercih edilir.

Malzeme ve bileşen başlığı altında ortaya konulanlarla tekil fabrikasyon ürünler için özgün bileşenlerin üretimi için iki temel ihtiyacın olduğu ortaya çıkmaktadır:

- Bileşenlerin fabrikasyon içinde mükemmel uyumu sağlayacak şekilde tekil olarak tasarımı,
- Bileşenlerin üretileceği malzemelerin tekil olarak şekillendirilmesi.

Bu iki ihtiyaç zanaatkarlar ve tasarımcılar olmak üzere tasarım ve üretime bağlı iki iş gücünü işaret etmektedir.

2.3. Tasarım üretim birlikteliğinin değişimi

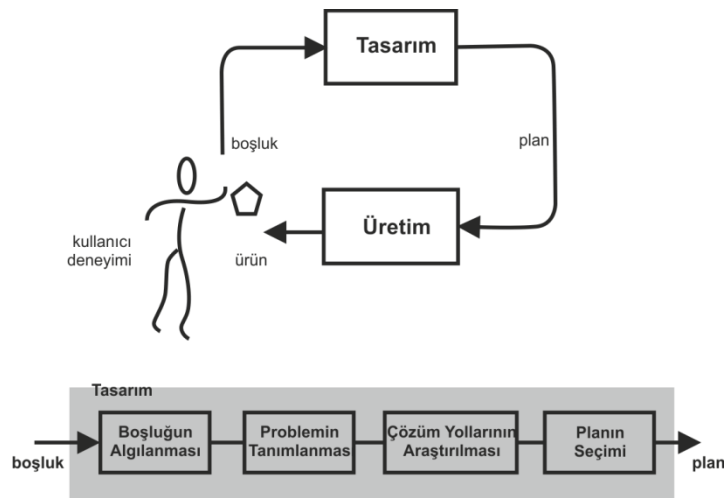
Pek çok alanda, alana özel tanımlamaları yapılmış olan tasarım kavramı bu çalışmada tasarımı ilişkili olan “tasarımcı ve zanaatkar” özneleri merkeze alınarak aktarılmaya çalışılacaktır. Literatürden seçilen tasarıma yönelik tanımlamalar bu öznelerle ilgili olanlar arasından seçilerek çalışmaya katılmıştır. Çalışmada Karl Ulrich ‘in tasarım ve tasarımcı üzerine tanım ve sınıflandırmalarından, Richard Sennett ‘in zanaatkar ile ilgili tanımlarından karşılaştırmalı olarak faydalanılmıştır.

Karl Zürich’e göre:

“Tasarım, kullanıcı deneyimlerinde bir boşluk algılanmasıyla başlayan, yapay bir olgunun planlanmasına neden olan ve ardından o olgunun üretimiyle sonuçlanan bir problem çözme eylemidir. Olgunun geniş anlamıyla, istemli yaratılan herhangi bir ürünü, fiziksel eşyaları, hizmeti, yazılımı, grafikleri, bina, peyzaj ve işlemleri ifade eder²⁴....Tasarımın oluşması için öncelikle kullanıcı deneyimindeki boşluğun algılanması, boşluğa neden olan problemin tanımlanması, çözüm yollarının araştırılması ve sonuçta çözüm için bir planın seçilmesi gereklidir²⁵.” (Şekil 4)

²⁴Karl Ulrich, **Users, Experts and Institutions in Design. Handbook of New Product Development Management**, Der: Christoph Loch, Stylianos Kavadias, (Oxford:Butterworth-Heinneman, 2008) s.422

²⁵Aynı. s.422-423.



Şekil 4 Karl Ulrich'in tasarım diyagramı

Karl Ulrich, **Users, Experts and Institutions in Design**. Handbook of New Product Development Management, Der: Christoph Loch, Stylianos Kavadias, (Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008) s.422'deki şekilden Türkçe 'ye uyarlanmıştır.

Karl Ulrich tarafından ortaya konulan tasarım için gereken boşluğun algılanması, problemin tanımlanması, çözüm yollarının araştırılması ve planın seçimi aşamaları bütün halinde tasarım olarak ele alınarak üretimden ayrı tutulmakta, üretim ancak bu planlar üzerinden yürütülen ayrık ancak kontrollü bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Tasarımın üretimle ilişkisi farklı tasarım modelleri ve farklı tasarımcı tipleri için farklı durumlar ortaya koymaktadır.

2.3.1. Tasarım modelleri ve tasarımcılar

“Tasarım, bir problemi çözen insan yapısı bir aracın yapımının planlanmasıdır. İlk tasarım biçimi şüphesiz kullanıcı tasarımıydı, bu durumda plan üçüncü bir şahıs olan tasarımcı yerine kullanıcının kendisi tarafından üretiliyordu. Uzman tasarımcılarla kullanıcı tasarımcılar arasındaki ilk fark büyük olasılıkla mimarlıkta ortaya çıktı. Mısırlıların piramitleri inşa ettiği dönemde uzman tasarımcılar ile kullanıcı tasarımcılar birbirlerinden ayrıldılar. Büyük yapıların tasarımında, uzman tasarımcıların kullanıcı tasarımcılara göre daha avantajlı olması, bu ayrımı körükledi. Tasarım faaliyeti takip eden bir kaç bin yılda daha profesyonel ve kurumsal hale geldi. Endüstri devriminin tamamlandığı 19. yy'den sonra uzman tasarımcılar aldıkları farklı eğitimlerle birlikte farklı profesyonel görevler üstlendiler. Bu iki

sebeple ortaya çıktı, uzmanlığın karşılaştırmalı olarak ortaya çıkan avantajları ve kurumların seri üretimin faydalarını sonuna dek kullanmak üzere oluşturulmuş olması²⁶.”

Karl Ulrich günümüz tasarım ve üretimi için 3 ayrı tasarım modeli ortaya koyar:

- kullanıcı tasarımı,
- özel tasarım ve
- genel tasarım²⁷.

Bu üç tasarım modeli için aşağıdaki 3 tasarımcı tipini ortaya koymaktadır:

- kullanıcı tasarımcı,
- uzman tasarımcı ve
- kurumsal tasarımcı.

Kullanıcı tasarımı, kullanıcının kendisi için tasarladığı modeldir. Bu tasarım modelinde, tasarlayanın elde edeceği üründen kalite beklentisi düşüktür. Kullanıcı tasarımları, ardıl olarak çoğunlukla kullanıcı tarafından üretimi de içerir. Tasarım ve üretim çoğunlukla aynı süreç içinde gerçekleşir. Üretim için kullanılacak malzeme ve araçlar düşük teknoloji içerir. Üretim araçları el işine uygun araçlardır. Her ne kadar, kullanıcı tasarımcıların çoğunlukla uzmanlık alanları için tasarlanmış teknolojik araçları kullanarak üretim yapamayacakları düşünülse de kullanıcı tasarımcıların katılımına olanak sağlayan teknolojik üretim cihazları da bulunmaktadır. Bunlardan en çok bilineni kullanıcıların kendi tasarımlarını üretebilmelerini sağlayan bilgisayar yazıcılarıdır.

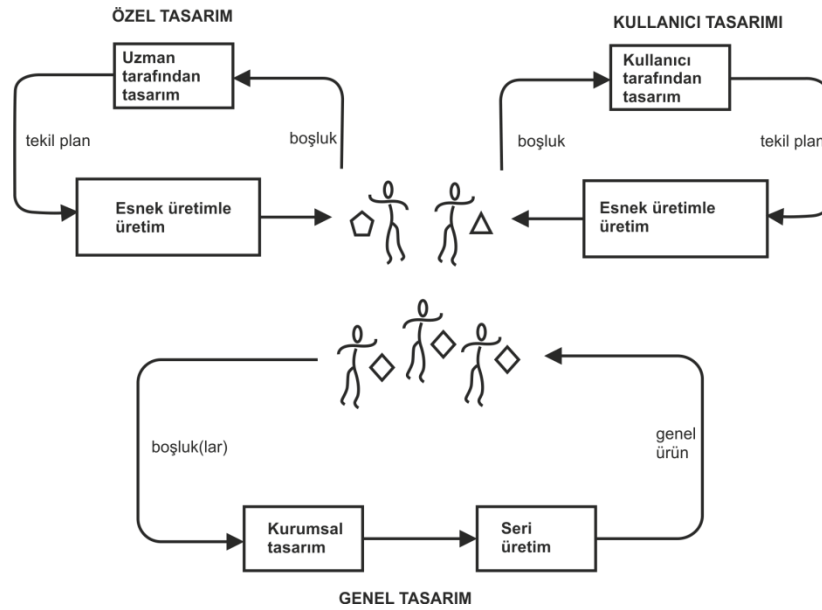
Özel tasarım modelinde de el işine uygun üretim yöntemleri tekil bir ürünün üretilmesi için kullanılabilir ancak özel tasarım modelinde kullanıcı, problemi çözecek planı yapmak üzere bir uzmanla anlaşır. Bu modele örnek olarak, bir iç mekan tasarımı için iç

²⁶Aynı. s.421.

²⁷Aynı., s.425

mimarlarla anlaşılması ya da bir makine için makine mühendisinden yardım istenilmesi örnek verilebilir.

Genel tasarım modelinde, tasarım, bir grup kullanıcının ihtiyaçlarının aynı olduğu öngörüsü üzerine yapılır ve seri üretimle yüksek miktarlarda üretilir. Üretimi ve tasarımı kontrol eden bir kurum genel tasarım modeli içinde yer alır. Genel tasarım bu alanda özelleşmiş bir grup tasarımcı tarafından yürütülür. Üretim yüksek miktarlarda elde edilir ve elde edilmeden önce tasarım ve üretim öncesi aşamalarında ön üretimlerle sınılanır.(Şekil 5)



Şekil 5 Karl Ulrich'e göre farklı tasarımcı tipleri

Karl Ulrich, A.g.e.s.425'deki şekilden Türkçe 'ye uyarlanmıştır.

2.3.2. Tasarım modelleri, tasarımcı ve üretim ilişkileri

Kullanıcı tasarımından, genel tasarıma doğru ilerlerken tasarım ve üretimde kullanılan ve ihtiyaç duyulan teknolojilerde artış gözlemlenir. Kullanıcı tasarımı ürünler elle genel amaçlı araçlarla üretilirken, özel tasarımcıların tasarımları zanaatkarların atölye makineleri, genel tasarımlar ise fabrika ortamında belli görevlere özelleşmiş makinelerle üretilir. Yine benzer şekilde kullanıcı tasarımından genel tasarıma doğru ilerledikçe üretimde kullanılacak malzemenin elde edilmesi zorlaşır. Kullanıcı tasarımları, kağıt,

kumaş, ip gibi kolay bulunabilir malzemelerden üretilebilirken, özel tasarımlar ahşap yonga levhalar, metal profiller, boyalar ve yapıştırıcılar gibi daha zor elde edilir ve özelleşmiş malzemelerle üretilir, genel tasarım ise fabrika ortamı dışında üretime girebilmesi zor dökme demir, plastik gibi malzemeleri kullanabilir.

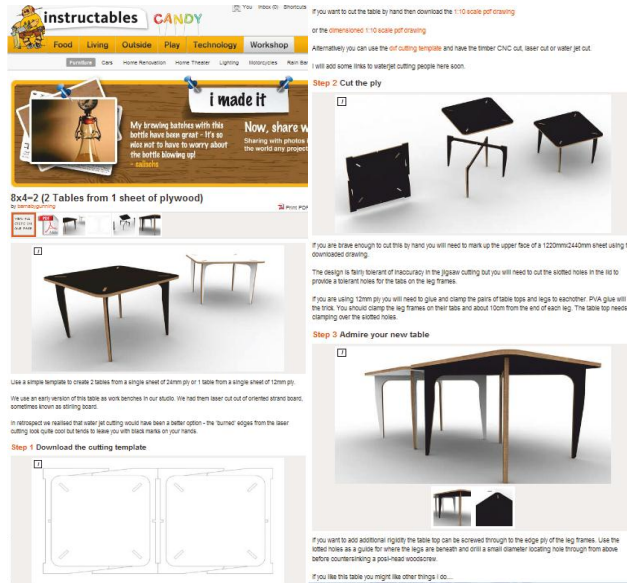
Kullanıcı tasarımcılarla, uzman tasarımcılar birbirlerinden tasarım bilgisi ve tecrübesi açısından farklılaşırken, uzman tasarımcılar bu bilgi ve tecrübenin aktarımı için belli hizmet bedelleri talep etmektedir. Kullanıcının ihtiyaç duyduğu tasarım kendi yaratabileceğinden çok daha karmaşıkta bu bedeli ödemeye razı olabilir. Ya da kendisi tasarlayarak üretmek ya da yaptırmak yoluna başvurabilir. Uzman tasarımcılar da genel tasarım yapan kurumlardan farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma daha çok üretimde meydana gelmektedir. Seri üretimde işlenebilen malzeme çeşitleri ve elde edilen üretim kalitesi çoğunlukla tekil üretimler için kullanılan üretim yöntemleriyle sağlanamamaktadır.

Tekil üretimlerin, endüstriyel seri üretim kalitesinde, endüstriyel malzemeler ve malzeme şekillendirme yöntemleriyle ekonomik olarak üretilebilmesi, tekil üretim alanındaki önemli ihtiyaçlardan birisidir. Bu alandaki gelişmelerin esnek üretim, bilgisayar destekli tasarım ve üretim kavramları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bilgisayarlar uzman tasarımcılar tarafından yoğun olarak kullanılırken, esnek üretim için bilgisayarların ya da bilgisayar kontrollü cihazların kullanımı halen endüstriyel seri üretimin yani genel tasarımın tekelinde yer almaktadır.

2.3.3. Kendin-Yap

Kurumsal tasarımcıların sahip olduğu üretim teknolojileri ve uzman tasarımcıların sahip olduğu tasarım bilgisi, iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte bir alt tasarım grubuna kolaylıkla aktarılabilir hale gelmiştir. Sosyal paylaşımın yüz yüze olduğu, bilgilerin basılı kaynaklardan elde edildiği dönem, yerini ilgi alanlarına göre özelleşmiş sosyal paylaşım ortamlarında çoklu ortamlarla desteklenmiş, sanal etkileşimli paylaşımlara terk etmeye başlamıştır. Özellikle kullanıcı tasarımcıların dahil oldukları kendin-yap(*do-it-yourself*) gruplarında paylaşım ortamının değişimi bu yöndeki gelişimi

çok farklı bir noktaya getirmiştir. Kullanıcı tasarımcılar, tasarımlarını ve buluşlarını adım adım resimli anlatımlarla, videolarla paylaşabilmektedir. Benzer konularda tasarımlar yapmış diğer kullanıcı tasarımcılar tasarlama ve üretim yolu üzerine eleştirilerini ve katkılarını yine benzer bir yolla yanıtlayarak etkileşime geçebilmektedir. Bu çeşit bir bilgi paylaşımı kendin-yap motivasyonuna sahip pek çok kullanıcı tasarımcının fark ettikleri bir boşluk için uzman tasarımcılara başvurma ihtiyacını da azaltmaktadır. Bu yönde hizmet sağlayan sosyal paylaşım sitesi *instructables.com* iyi bir örnek oluşturabilir.(Resim 1) MIT(Massachusetts Institute of Technology) Media Lab 'dabaşlayan proje kendin-yap ile ilgilenenlerin yemek tarifleri oluşturmaktan, güneş enerjisi ile çalışan cihazlar yapmaya kadar pek çok bilgiyi paylaştıkları bir platform halindedir²⁸. Bu yolla disiplinler arasındaki sınırlar kalkmaktadır. Bir elektronik mühendisinin paylaştığı tasarım, bir endüstri ürünleri tasarımcısı ya da iç mimara ilham kaynağı olmaktadır.



Resim 1tabaka kontrplak levhadan CNC kesim ile iki adet masa yapıldığı bir kendin- yap açıklaması

<http://www.instructables.com/id/8x42-2-Tables-from-1-sheet-of-plywood/> adresindeki web sitesinden 21.03.2011 tarihinde alınmıştır.

²⁸<http://www.instructables.com/about/> adresindeki web sitesinden 30.01.2011 tarihinde alınmıştır.

Aydınlanma filozofu John Locke, insanların kendi mallarına ancak doğayla iş gücünü karıştırarak sahip olabileceklerini söylemiştir²⁹.Günümüz tüketici toplumunda insanlar sahip olmak için ancak başkasının ürettiği malları satın almaktadır. “*Design It Yourself*” kitabının yazarı Ellen Lupton, kendin-yap kültürünü kendin-tasarla olarak ele alıyor. Ellen Lupton’a göre “...kendin-yap ve kendin-tasarla birbiriyle ilişkilidir ancak aynı anlamda değildirler. Kendin-yap en basit anlamıyla yeni bir şey almak yerine, basit bir çözüm üretmektir. Kendin-tasarla ise işin yapılmasının ötesine geçilmesi, sonuç ürüne anlam katan bir estetikle yapılması demektir³⁰.” Bu durum kullanıcıları giderek uzman tasarımcılara yaklaştırır.

Kendin-yap hareketi bu yaklaşımla, uzman tasarımcıların ve genel tasarımın dayatmasına kullanıcılar tarafından bir karşı duruş olarak demokratik bir akımdır. Kullanıcı tasarımcılar pasif tüketiciler olmaksızın tasarımın bir parçası gibi hissetmek üzere kendileri tasarlama ve üretme eylemlerine girişirler, bu girişimler de sosyal ağlarla, üretimi ve tasarımı basitleştiren teknolojilerle desteklenir.

“*Know-how* olarak bilinen patentlerle ve tescillerle korunan sanayi ve üretime uygun uzmanlığa ve özelleşmiş üretim araçlarına ihtiyaç duyan kurallı bilgi, yerini *How-to* olarak bilinen sadece işin başarılmasını hedefleyen, kalite beklentisi düşük, gayri resmi, detaylardan arındırılmış “nasıl yapılır?” bilgisine bırakıyor³¹.”

Uzman tasarımcılar için de benzer bir tabloyu görmek mümkündür. Ellerindeki malzemeler ve üretim yöntemleri merkezîyetçi seri üreticiler tarafından sağlandığı için uzman tasarımcılar üretim ve malzeme çeşitliliği açısından kurumsal tasarımcılar kadar özgür değildirler.

²⁹ Ellen Lupton, **D.I.Y. Design It Yourself**, (Newyork: Princeton Architectural Press, 2006), s.26

³⁰ Lilly Irani, “**The Politics and Practice of Designing It Yourself**”, *Ambidextrous Magazine*, 2(2008),s. 9

³¹ Ayala Zapata, “**21st Century D.I.Y Architecture**”, Virtual Conference on Sustainable Architectural Design and urban Planning, 15.09.2007, www.reciclarq.org/pdf/21st_century_DIY_architecture.pdf adresindeki web sitesinden 3.2.2011 tarihinde alınmıştır.

Kullanıcı tasarımcıları kendin-yap yoluyla giderek uzman tasarımcılar ve seri üreticilerin kontrolündeki tasarım ve üretim alanına dahil eden teknolojik gelişmeler, uzman tasarımcıları da seri üreticilerin elindeki üretim teknolojilerine ve malzeme işleme yöntemlerine sahip olabilir duruma getirmektedir. Özellikle esnek üretim yöntemlerine erişim giderek kolaylaştığından uzman tasarımcıların önünde hazır bileşen üreticilerinin sunduklarının çok daha fazlasını tasarlayabilecekleri ve üretebilecekleri araçlar artık ulaşılabilir durumdadır. Bu araçlar, halihazır bilgiler ve internet üzerinde konuya özelleşmiş sosyal paylaşım sitelerindeki bilgilerle birleştirilerek özel tasarımlar üretmek üzere giderek kolaylaşmakta ve gelişmektedir. CAD/CAM ortamları kurumların elinde bulunan özgün bileşenler tasarlama ve üretme imkanının uzman tasarımcıların da kullanımına açılmasını sağlamaktadır.

2.3.4. Zanaatkarlar, tasarımcılar ve ürün ilişkileri

Tasarım ve tasarımcı kelimeleri üretim başlığı altında da belirtildiği gibi daha çok Endüstri Devrimi sonrası üretimlerle anılan kavramlar olmakla birlikte, tasarım zanaatkarların çok eskiden beri üretimle birlikte sürdürdükleri bir eylemdi. Zanaatkarların bu alandaki güçlerinin, anılmıyor olmasının en önemli nedenlerinden birisi tasarımın üretimden bağımsız bir süreç olarak tanımlanmamış olmasıydı. Üretim her iki unsuru da barındırıyordu. Richard Sennett durumu şu şekilde özetler:

“Her iyi zanaatkâr, somut pratikler ve düşünme arasında bir diyalog kurar; bu diyalog birbirini besleyen alışkanlıklara doğru evrilir ve bu alışkanlıklardan sorun çözümü ve sorunu bulma arasında bir ritim oluşturur.”³²

Zanaatta, tasarım, üretimin öncülü ya da ardılı değildir. Tasarım ve üretimin başladığı ya da bittiği birbirini takip eden süreç yerine tasarım ve üretimin girift biçimde iç içe geçtiği bir bütün zanaat üretimi vardır.

³² Richard Sennett **A.g.e.**, s.20

Endüstri devrimi ile birlikte tasarım üretimden ayrıldığında işin fikri ve yapılışı birbirinden ayrılır. Richard Sennett'e göre içinde iş olan her şeyde fikir vardır. Sennett 'in öğretmeni Hannah Arendt'iniş yapan insanla ilgili iki tanımı yol gösterici olabilir. İlki, *Animal laborens* yani kendini dış dünyaya kapatan bir göreve tutsak olmuş insan, diğeri *Homo faber'dir*. Latince 'den gelen bu sözcük Arendt'in tanımına göre iş yapan insandır ancak Homo faber üretimi durdurup akıl yürütür ve tartışır³³. Bu durumda zanaatkar *Animal laborens* iken tasarımcı *Homo Baber'dir*. Sennett, Arendt'in bu sınıflamasını eksik bulur. Ona göre *Animal laborens* de tartışır ancak bunu Homofaber gibi başkalarıyla değil kullandığı malzemeyle yapar. Duygulanma ve düşünce yapış süreci içindedir³⁴. Tasarım üretimin içinde yer alır. Fikir ürünün içinde gizlidir ve onu üründen damıtıp almak imkansızdır.

Karl Ulrich 'in tasarım modelleri ve tasarımcılar üzerine yarattığı sınıflama farklı durumlara göre tasarım ve üretim arasındaki ilişkiyi açıklamak üzere yardımcı olmakla birlikte zanaatkarları tasarlama eylemi dışında bırakarak, üreten olarak konumlandırmaktadır. Endüstri devrimiyle birlikte zanaatkarı fikirsel faaliyetlerden ayıran seri üretim mekanizmaları, tasarımcı ve üreten olmak üzere iki ayrı özneyi dayatmıştır.

Endüstri Devrimiyle birlikte pek çok zanaat alanı üretim sahnesinden silinmiştir. Nalbantlık, yemenicilik, sepetçilik gibi gündelik hayatın ihtiyaçlarına hizmet eden zanaat alanları, seri üretimle sağlanan daha ucuz ve kaliteli ürünlerin gündelik hayatı ve toplumun ihtiyaçlarını derinden değiştirmesi sonucu gereksiz hale gelmiştir. Bir diğer sebep de bu türden zanaatların ürettiği ürünlerin tekil özellikler barındırmaması, ürünlerde endüstrileşme sonrası seri üretimlerin hedefi olan genel kullanıcı ihtiyaçlarının hedeflenmiş olmasıdır. Genel kullanıcı ihtiyaçları için yüksek miktarlarda, kaliteli ve ucuz üretimin endüstriyel olarak karşılanması bu türden zanaatların sona ermesinde ya da güç kaybetmesinde en belirgin etkenlerdir.

³³ Aynı, s.16,17.

³⁴ Aynı.

Kullanıcı ihtiyaçlarının seri üretimin genel tasarım modeliyle karşılanamayacağı kadar özelleştiği durumlarda tekil üretimlere duyulan ihtiyaç, endüstriyel olarak sağlanan malzemelerle oluşturulan, tekil üretimleri ayakta tutmuştur. Bu şekilde çalışan ve sipariş üzerine tekil üretimler gerçekleştiren pek çok zanaatkar günümüzde varlıklarını devam ettirmektedir. Ancak varlıkları geleneksel zanaatkarlara göre büyük değişimlere uğramıştır:

“...Adam Smith bu durumu çok bilinen raptiye fabrikası örneği üzerinden şu şekilde açıklar: Geleneksel raptiyecilik zanaatı onu oluşturan görevlere bölünmüştür: telin çekilmesi ve kesilmesi, raptiye başının üretimi ve tele takılması, ucunun sivriltilmesi vb... Birbirinden bağımsız her görev atölyede birbiri peşi sıra duran işçilere dağıtılır.

Geleneksel, zanaatkar bu görevleri sırasıyla yapar ve böylece gereken bilgiye ve sürecin tüm kontrolüne hakim olurdu. Üretim atölyesinde bu görevler bölündüğünde, basitleşti, mekanik ve rutin hale geldi. Zanaatkar, işin belli bir parçasıyla sınırlandırılmış, “detay işçisi” haline geldi...”³⁵

Üretimin başından sonuna üretime hakim olan zanaatkar yerine yapılan işin belli kısımlarında uzmanlaşmış zanaatkarlar, işin tümünden habersiz biçimde detay işçileri durumuna dönüşmüştür. Bu durum, tekil üretim yapan zanaatkarların çoğunlukla ham maddenin (malzeme ve alt bileşenlerin) elde edilmesi sürecine katılımını sınırlamış hatta imkansız hale getirmiştir. Malzeme başlığında da ele alındığı üzere fabrikasyona dayalı tekil üretimlerde ham malzemenin yerine seri üretimle elde edilmiş alt bileşenler geçmektedir. Bu alt bileşenlerin tasarım ve üretiminde de zanaatkarlar söz sahibi değildirler.

Endüstriyel üretimlerle ortaya çıkan yeni malzeme çeşitleri bazı zanaatların üretim süreçlerini ve sonuç ürünlerini etkilemiştir. Marangozların ve demir ustalarının geleneksel zanaat uygulamalarında elde ettikleri doğal özelliklerdeki ham maddelerin zanaat teknikleri ile şekillendirilmesi yerine endüstriyel olarak standart özelliklerde sunulan alt bileşenler kullanılabilir hale gelmiştir. Bu durum üretim süreçlerine dahil

³⁵SeanSayers, “The Concept of Labor: Marx and His Critics” Science & Society 71, 4: 431-454, Temmuz 2007

olan zanaatkarların üretim için gereken bilgi ve tecrübesinin farklılaşmasına, üretim için kullanılan aletlerin değişmesine sebep olmuştur. Tekil üretim yapan bu zanaatkarlar kurumlardan bağımsız olsalar bile elde edebildikleri alt bileşenler, üretebildikleri formları montaj kurallarına ve standart alt bileşenlerin özelliklerine kısıtlamıştır.

Endüstri Devrimi sonrasında endüstrinin ortaya çıkardığı ürünlerin bakım ve tamiratına olan ihtiyaç farklı zanaat kolları da ortaya çıkarmıştır. Bunlara oto tamirciliği, kaportacılık ve boyacılık örnek verilebilir. Bu zanaat alanları ürünlerin üretimi sürecinde bizzat yer almamakla birlikte, seri üretimle elde edilen ve parçalara bölünerek küçük görevlere dağılan üretimin belli kısımlarını kurumsal kontrolden bağımsız şekilde, kendi sermayesi ve emeğiyle yenileme, bakım ve tamir gibi tekilişler için bağımsızlaştırmışlardır. Bu türden zanaat içinde ham malzemeye form verme yerine seri üretimle sunulan hazır bileşenlerin değiştirilmesi ve seri üretim hattından çıktığı formuna tekrar kavuşturma çabası öne çıkmaktadır. Zanaatkarlar iş ortamları, sermayeleri, bilgi ve beceri anlamında bağımsızdır ancak ürettikleri ve sundukları hizmet seri üretimle elde edilen bileşenlere bağımlıdır.

Günümüzde endüstrileşmenin etkisine rağmen ayakta kalabilmiş zanaat alanları ele alındığında özelleşmiş kullanıcı ihtiyaçlarının hedeflendiği tekil üretim gerçekleştirilen ya da tekilhizmet verilen alanlar olduğu gözlemlenmektedir.

Günümüzde endüstriyel olarak standart özelliklerle sunulan ham maddelerle tekil üretimler yapan zanaatkarlar ve tekil ürünlerin üretimi için tekil planlar üreten tasarımcıların yolları kesişmektedir. Aslında bu kesişme ilk defa gerçekleşmemektedir. Bir başka tasarımcı tipi olan kurumsal tasarımcılar, seri üretime girecek ve büyük miktarlarda üretilecek ürünlerin tasarımdan kaynaklı kusurlarının ortaya çıkarılması için prototip üretim sürecini ortaya koyarlar. Seri üretimler öncesinde elde edilen biricik ve tekil üretimler olan prototiplerin üretimi seri üretimlerin hız ve verimliliğe odaklanmış üretim yöntemlerinden farklı bir üretim yöntemine ihtiyaç duyar. Bu üretimlerin gerçekleştirilebilmesi ancak elle üretim ve zanaat teknikleriyle mümkün olabilmıştır. Bu durum tasarımcıların uzun süre zanaatkarlarla ortak çalışmasına sebep olmuştur.

2.4. Zanaatkar tasarımcı

Tekil ve özgün bileşenlerin üretiminde zanaatkarların giderek standartlara bağımlı hale geldikleri gözlemlenmektedir:

- bu durumu aşmak için ellerindeki bilgi, beceri ve teknoloji yetersizdir.
- Tasarımcıların üretimden önce sona eren tasarım yaklaşımları tekil ve özgün bileşenlerin tasarım ve üretiminde uygun bir yaklaşım değildir.

CAD/CAM' le tasarım ve üretimin birleştiği yeni bir ortam, tekil ve özgün bileşenlerin tasarım ve üretiminde yol açıcudur. CAD/CAM ortamlarıyla tasarım ve üretimin birlikte ele alındığı var olanlardan farklı bu yeni yaklaşıma yalnız başına tasarım ya da zanaat demek eksik olacaktır. Arendt'in *Homo faber* ve *Animal laborens* tanımlamalarının bir bileşimi bu tasarım-üretim biçiminde gözlemlenmektedir.

Bir marangozun çekiç ve önündeki malzemeyle olan ilişkisi bilgisayar destekli tasarım ve üretim yoluyla tasarımcı tarafından malzemeye yansıtılmaktadır. Bu süreç bilinen anlamıyla bilgisayarın çizimleri daha hassas ve hızlı yapmak üzere kullanılmasından farklıdır. Çizim için bilgisayar kullanımında, başka bir ortamda ya da zihinde bitirilmiş tasarımın görselleştirilmesi için bilgisayar desteği alınması söz konusudur. Malzeme ve üretimle ilgili geliştirmeler ya başka bir disipline bırakılır ya da tasarımcı tarafından düşünülse bile bilgisayar bu geliştirmede bir araç değildir. Bilgisayar destekli tasarımın bilgisayar destekli üretim hedefiyle ele alındığı durumda ise tasarımcı bir zanaatkar gibi malzemeyle konuşur, malzemenin nasıl form alacağını araştırır. Bu tartışmanın yapıldığı platform ise bilgisayar destekli tasarımdır. Tasarımcının malzemeyle tartıştığı bu süreci zanaatkarın malzemeyle yaptığı tartışmalardan ayıran ise zanaatkarın sürecinin kayda alınamaz oluşudur. Oysa bilgisayar destekli tasarım ardında bilgi işlem verilerinden oluşan bir iz bırakır. Tasarımcının takip ettiği süreç bu verilerden ortaya çıkarılabilir. Bu sebeple bu yeni yaklaşım ne yalnızca zanaat ne de yalnızca tasarımdır. Tasarımcının, CAD/CAM ortamında malzeme ve ürünle zanaatkar gibi ilişkiye girmesi ve zanaatkar tasarımcı olarak üretime dahil olmasıdır.

Zanaatkar tasarımcı malzeme ile tartışmaları bilgisayar ortamında yerine getirirse de fiziksel gerçeklikte bu tartışmaları değerlendireceği prototiplerle sınavacağı, geri dönüşlerin ve değerlendirmelerin yapılacağı platform zanaatkar tasarımcının çalışacağı yerdir.

2.4.1. Zanaatkar tasarımcının çalışma ortamı

“Atölye zanaatkarın yuvasıdır. Geleneksel olarak gerçekte de böyledir: Ortaçağlarda zanaatkarlar, çalıştıkları yerlerde uyurlar, yerler, içerler ve çocuklarını yetiştirirlerdi. Atölye aileler için bir yuva olmasının yanı sıra küçük mekanlardı, her birinde en fazla on, on beş kişi bulunurdu; Ortaçağ atölyesinin yüzlerce ya da binlerce insan çalıştıran fabrikalarla hiçbir benzerliği bulunmazdı³⁶.”

Animal laborens ve Homo faber’ in birleştiği atölye artık üretimden uzak tasarımcı stüdyosu ya da yukarıda bahsedilen ortaçağ zanaatkarının atölyesi olamaz. Bu atölye fikrin ve malzemenin bulunduğu ve tartıştığı özel bir mekan olmalıdır. Bu türden atölyelere farklı örnekler de meydana çıkmaya başlamıştır.

Fablab(Fabrication Laboratory)

“Tasarımcılar tasarlar, mühendisler onların mühendisliğini yapar ve inşaatçılar onları inşa eder. En yüksek seviyedeki tanımdan, en alt seviyedeki detaya, fiziksel inşayış akışlarında belirgin bir ilerleyiş vardır. Her aşamadaki iş modellerle vücut bulur, öncelikle bir şey nasıl görünecek, sonra nasıl çalışacak sonra da nasıl üretilecek. Eskiden bu modeller dokunulabilir nesnelere, sonra bilgisayar grafikleri haline geldiler. Bilgisayar ve fabrikasyonun birleşmesiyle artık, bitler(Ç.N.: *Bilgisayarda en küçük hafıza birimini temsil eden tanım*.) ve atomlar arasında, nesnelere imajları yerine kendilerini tarayan ve basan üç boyutlu giriş çıkış cihazlarıyla, fiziksel ve sayısal arasında ileri geri gitmek mümkün. Bu araçlar bir şeyin modeli ile o şeyin kendisi arasındaki sınırları bulanıklaştırıyor ve tasarım, mühendislik ve inşa işlevlerini yeni bir mimari anlayışta birleştiriyor.³⁷”

³⁶ Richard Sennett, *A.g.e.*, s.75

³⁷Neil Gerhenfeld, *FAB The Coming Revolution On Your Desktop-From Personal Computers to Personal Fabrication*, (New York: Basic Books, 2005), s.103

Fab Lab günümüzde tasarım alanında eğitim veren pek çok yüksek öğretim kuruluşunun bünyesinde barındırmaya başladığı, esnek üretime olanak tanıyan kolay kullanılabilir bilgisayar destekli üretim cihazlarının bir arada sunulduğu prototipleme laboratuvarlarını tanımlamak için kullanılmaktadır. Fab Lab, Neil Gershenfeld tarafından, MIT Center for Bits and Atoms 'da (Atomlar ve Bit'ler Merkezi) temelleri atılmış, bilgisayar destekli tasarım ve üretimin imkanlarıyla donatılmış, kişisel ihtiyaçlara odaklı ihtiyaçlara kişisel çözümlerin ortaya konulduğu prototipleme laboratuvarlarıdır. İlk *Fab Lab*'lar küçük ebatlı bir LASER kesici, bir folyo kesici, küçük bir freze ve elektronik devreler üretmek üzere gerekli parçaları içermektedir. Zanaatkarların da sıklıkla kullandıkları bu cihazların diğerlerinden farkı ise bilgisayar kontrollü olarak çalışabilmeleriydi. (Resim 2) Bu laboratuvarlarda sıradan ilköğrencilerinden, robot tasarımcılarına kadar her alandan insanın yaratıcılıklarını ortaya koyarak, süs eşyalarından, çalışır elektronik sistemler ve robotlara kadar çok değişik yelpazede tasarımları üretmeleri sağlanmaktadır.



Resim 2 IAAAC (Institute for advanced architecture of Catalonia) Barselona Fab Lab

Fotoğraf: Mehmet Ali ALTIN, 08.07.2009

Tech shop

Bir diğerk atölye tipi ise Techshop'lardır. *Tech shop*'lar ABD'de farklı yerlerde şubeleri bulunan, üretim dışından insanların projelerini hayata geçirmesine olanak tanıyan prototipleme merkezleridir. Üyelik sistemiyle çalışan *Tech shop*'lar, üyelerinin, barındırılan esnek üretim cihazlarını kullanabilmeleri için hizmet sunmaktadır. *Fab Lab*'lara göre çok daha gelişmiş ve çeşitli cihazı sunan Techshop'ların esnek üretim cihazları arasında *CNC frezeler, tornalar, CNC nakış cihazları, endüstriyel dikiş makineleri, CNC plazma* ve *LASER* kesim cihazları bulunmaktadır. *Tech shop*'lar çok pahalı cihazlar içeren bir fabrikanın kapılarını sıradan insanlara açmış hali gibidir. *Tech shop*'larda CAD/CAM ortamında çalışmak üzere gerekli bilginin isteyen üyelere verildiği kurslar da bulunmaktadır. Üretim için gerekli malzeme de yine atölye içindeki mağazadan sağlanabilmektedir³⁸.

Tech shop ve *Fab Lab* gibi daha kurumsal atölyeler yanında hobi tutkunlarının bir araya gelerek ilgi alanlarına uygun cihazları toplayarak oluşturdukları, kullanım kuralları ve üretilebilenlerin gruplar arasında değişkenlik gösterdiği atölyeler de bulunmaktadır.

Farklı kullanımların ve ürünlerin hedeflendiği bu atölyelerde ortak olan seri üretim dışında tekil üretimler için esnek üretim teknolojilerini içeren bir üretimin yapıyor olmasıdır. Deneysel bir süreç izleyen üretim aşamaları tekrarı yapılabilecek üretimler olarak birer prototiptir. Tüm atölyelerde proje sahipleri CAD/CAM ortamlarını kullanarak, tasarım ve üretimin içine bizzat dahil olarak, üretimi kendileri gerçekleştirmektedir.

³⁸ www.techshop.ws adresindeki web sayfasından 30.07.2011 tarihinde alınmıştır.

2.5. Yapı tasarımı ve üretimi

Yapı üretimi, tarımdan sonra en eski endüstri olarak ikinci sırada sayılabilir. Yapı üretiminin kökeni İ.Ö. 12000'de Taş Devrine kadar gitmektedir³⁹. İlk yapılar, insanların kendileri için çevreden buldukları toprak, taş ve ağaç gibi malzemelerle ürettikleri yapılarıdır. Teknikteki gelişimler, yapı üretimine de yansdı, kamusal olarak kullanımı olacak daha büyük yapıların inşası için gerekli uzmanlaşma oluşmaya başladı. Mimarlık, mühendislik ve yapı üretiminin tek bir “yapı ustası”nın kontrolünde ilerlediği bu sistem yapıların ve yapı üretim tekniklerinin disiplinler arası ayrışmayı zorunlu hale getirmesine kadar uzun yıllar devam etti⁴⁰. Yapı üretimi hakkında ilk yazılı belge olan İ.Ö. 1792 ile 1750 arasında taş tabletlere kazınmış Hammurabi Kanunlarında, yapı üretim standartları ve hatalı yapıların ustalarına uygulanacak cezalar belirtilmiştir. Hammurabi Kanunlarında belirtilen cezalar, yapı ustalarının hem tasarım hem de inşadan sorumlu olduklarını, malzeme ve malzemeye uygun tasarım konularında yeterli bilgiye sahip olmak zorunda olduklarını göstermektedir⁴¹. Yapı ustalarının hakim olduğu bu dönemlerde tasarım ve üretim beraber ilerleyen bir süreçti. Yapı ustaları üretimi kendi başlarına yapamazlardı bunun için birlikte çalıştıkları ya da emirlerinde çalışan başka iş gücüne ihtiyaç duymaktaydılar. İş gücü belli zanaat alanlarında gruplanarak bir usta etrafında uzmanlık kazanmıştı.

Roma imparatorluğu döneminde yapı üretimi tekniklerinde ve mühendislik alanındaki gelişmeler ön plana çıkmıştır. Roma döneminde de öncesinde olduğu gibi yapı tasarımı ve üretimi yapı ustasının kontrolünde gerçekleşmiştir. Mimari ve yapı üretimi alanında yazılı ilk kaynak olarak kabul edilen, "Mimarlık Hakkında On Kitap" (*De Architectura Libri Decem*)” Marcus Vitruvius Pollio tarafından İ.Ö. 40 dolaylarında yazılmıştır. Kitap, Roma yapı sanatının ve zanaatkarlığının geldiği noktayı gösterir. Bu eserin amacı,

³⁹ Barbara J. Jackson, **Construction Management Jumpstart**, (Alameda, ABD: Sybex, 2004), s.4

⁴⁰ Aynı., s.5

⁴¹ L. Jeffrey Beard, **Design-Build : Planning Through Development**, (New York: McGraw-Hill, 2001), s. 15.

genç mühendis ve mimarlara, inşaat için gerekli olan bilgileri vermektir. Deneme yanılma yoluyla elde edilen ve ayakta kalan yapılarla sınıranan keşif bilgileri, yapı üretimi rutini içine yazılı bilgi olarak aktarılmaya ilk bu kitapla başlamıştır⁴². Ortaçağ ve Rönesans boyunca Vitruvius'un kitabı üzerine başka yeni kitaplar da yazılmış ve yapı üretim bilgisi sonraki kuşaklara aktarılabilmiştir. Vitruvius'un kitabı, usta olmanın yıllar süren tecrübe ile elde edildiği ve çoğunlukla çıraklık döneminde ustanın bilgilerinin gözlemlenmesiyle devam eden bir süreç olduğu gelişim sürecinin, yapı ustasının sahip olduğu bilgilerin bir bütün halinde öğretilir hale getirilmesi açısından önemlidir. Bu şekilde, bilgiler gözlem yoluyla değil, çizimler ve yazı yoluyla çok daha hızlı biçimde aktarılır hale gelmiştir.

2.5.1. Yapı Tasarımı ve üretiminde bütünlükten ayrılış

“Rönesans öncesinde ustayı taklit, vekalet ve ritüele dayalı ata erkil zanaatkarlık kaçınılmaz bir çöküşe doğru geriledi. Rönesans'la birlikte zanaat ve sanat arasındaki farklar daha belirginleşti. Rönesans zanaatkarı yaptığı işte aradığı özgünlükle Orta Çağ zanaatkarından farklı bir tutum izledi. Atölye düzeni Orta Çağ atölyesinden farklı değildi; farklı olmaya çalışanlar kalfa ya da çıraklar değil ustanın ta kendisiydi⁴³... Orta Çağ loncaları bir şehrin atölyelerindeki bireysel farklılıklara vurgu yapma eğiliminde değildi; loncanın kolektif denetim çabası nedeniyle bir kupa ya da bir palto kimin yaptığından çok nerede yapıldığıyla anılırdı⁴⁴.”

Rönesans boyunca gelişen çizim yöntemleri ve bu yöntemlerin tasarımcı ve uygulamacı arasında bir dil oluşturarak, tasarımın uygulamayı uzaktan yönetmesine imkan tanır hale getirmesidir⁴⁵. Bu yaklaşım tasarımı, çizim, maket, uygulama yönergeleri gibi temsiller yoluyla iletişim kuran bir dil haline getirmiştir. Usta-çırak ilişkisi ile var olan, uygulamalı ve inşa sürecinde görerek öğrenmeye dayalı eğitim sistemi yerini bu dilin öğrenildiği ve bu dil yoluyla tasarımların elde edildiği temsiller sistemine bırakmıştır.

⁴² Aynı.

⁴³ Richard Sennett, **A.g.e.**, s.92.

⁴⁴ Aynı, s.94.

⁴⁵ Alfonso Corona Martinez, **Architectural Project**, (College Station, Texas: Texas A&M University Press, 2003), s.3

Temsil yöntemleriyle yazılı dil haline gelen yapı tasarımı, bu dilin yazarı olan mimarı da, ürettiği binadan başka belgesi olmayan isimsiz yapı ustalarından çok daha farklı ve entelektüel bir alanda konumlandırmıştır.

Rönesans sonrasında tasarım, mühendislik ve yapı üretiminin ayrışmasındaki en belirgin süreç Endüstri Devrimi'dir. Endüstri devriminin tüm toplumda yarattığı değişim fark gözetmeksizin yapı üretiminde de etkili olmuştur. Endüstri devrimi boyunca, üretim ve teknik verimlilik çarpıcı biçimde büyümüştür. Verimliliği artıran seri üretim makineleri ve yeni tür üretim organizasyonları onları barındıracak, eskilerden çok farklı tasarımlar ve yapı üretimini gerekli kılmıştır. Bu durum yapı tasarımında uzmanlığı gerekli hale getirmiştir. Büyüyen şehir merkezlerinde fazlalaşan tasarımcı ihtiyacı, yapı üretimi için sahaya bağımlı olması gereken yapı üreticileri ile tasarımcılarının ayrılmasına neden olmuştur. Endüstri devriminin, verimliliği artırmadaki itici gücü olan iş gücünün bölünmesi, yapı üretiminde de etkin olmuş; böylece yapı üretiminin entelektüel işlemi olan tasarım ve fiziksel eylemi olan inşaat birbirlerinden ayrılmaya başlamıştır.⁴⁶

2.5.2. Yapı tasarım ve üretiminin diğer üretim biçimleriyle ilişkileri

Yapı ustasının tüm tasarım ve üretim sürecini kontrol ettiği zanaat tipi üretim modelinden, yapı tasarım ve üretiminde uzmanlaşma ve iş gücünün bölünmesine geçiş, üretim verimliliği açısından tıpkı diğer üretim alanlarındaki gibi büyük farklar yaratmıştır. Pek çok üretim süreci makineleşmiş ve üretim aşamaları hızlanmıştır. Yapı üretiminde gözlenen bu değişim, endüstri devrimi sonrasında seri üretimle birlikte diğer üretim alanlarında meydana gelen değişimlerle benzerlikler göstermektedir. Diğer üretim türlerinde, zanaatkarların ürünlerin tasarım ve üretimlerini birlikte yürüttükleri elle üretim modelinin giderek seri üretime evrilmesi, atölyelerin fabrikalara, zanaatkarların ise bu fabrikalardaki işçilere dönüşmesi, tasarımın üretimden çok önce

⁴⁶ Aynı, s.20

bittiği farklı bir sürecin ortaya çıkmış olması, yapı üretiminde de benzer şekilde ortaya çıkmış görüntülerdir.

Günümüzde, yapı üretimi pek çok bileşenin bir araya getirilerek bütünü oluşturulduğu bir fabrikasyon üretimdir. Yapı üretiminin diğer üretim süreçlerinden farklı seri üretimin fabrikasyon mantığının yapı üretim sürecine tam olarak yansımaları engellemektedir. Bu fark yapı üretiminde meydana çıkan ürünlerin her ürün için farklı bir değişkenler bütünü ortaya koymasındır. Seri üretimin fabrika ortamında yürütüldüğü koşullarda, üretim ve tasarıma etki eden değişkenler kontrol altında tutulabilmektedir. Yapı üretimi ise üretimin yapılacağı alanın topografyasından, ikliminden, barındıracağı kişi ya da nesnelere ve sayısız pek çok değişkenden etkilenerek her ürün için tekil ve özgün tasarımların oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Böylece seri üretimde, malzemenin tüm özelliklerinin göz önünde bulundurularak, büyük hassasiyetle detaylandırıldığı ve üretim başladığında çok az ya da hiç soru işareti kalmamış ürün temsilleri, yapı tasarımında aynı hassasiyet içinde oluşturulamamaktadır. Seri üretimlerin düşük toleranslı yüksek hassasiyetteki montaj hatları yerine, yerinde üretimler, standartlaşmış ölçü ve özelliklerine rağmen uyarlamalara maruz kalan hazır bileşenler, seri üretim standartlaşmış bileşenlerle, zanaat teknikleriyle üretilmiş bileşenlerin karma biçimde kullanılması sıklıkla rastlanılan görüntülerdir. Yapı üretiminde, tasarımın üretimden ayrı bir süreç haline geldiği modern uygulamalarda, tasarımcı üretkenleri kontrol etmektedir. Bu kontrol sürekli yenilenen çizimlerle ve değiştirilen detaylarla sürdürülmektedir. Bu yaklaşımın seri üretimin verime odaklı süreçleriyle karşılaştırılması olanaklı değildir. Yapı üretimi doğası itibarıyla her aşamasında bir özelleşmeye ihtiyaç duymaktadır.

2.5.2.1. Yapı ustası ve mimarın malzeme ile ilişkileri

Yapı tasarımı ve üretiminin birbirinden ayrılmasından ortaya çıkan en önemli sorunlardan birisi de bir zanaatkar olan yapı ustasının malzeme ile olan ilişkisinin, üretim alanlarının uzağında yapılan tasarımlarda elde edilemiyor olmasıdır. Richard Sennett bu durumu şu şekilde özetler:

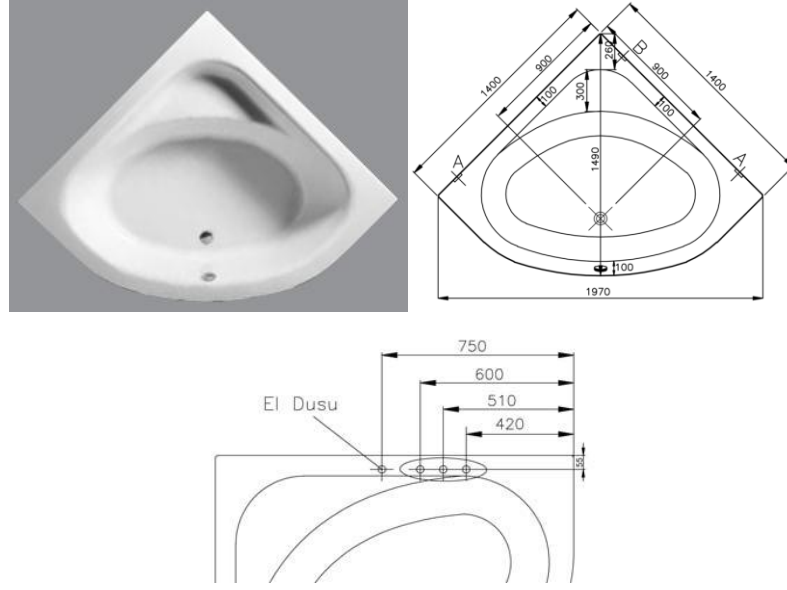
“Malzemeyle ilgili sıkıntıların mimarlık geçmişinde uzun bir tarihi vardır. Sanayi döneminden önce az sayıda birkaç büyük ölçekli bina projesi günümüzde CAD tarafından üretilebilecek kesinlikte ayrıntılı çalışma çizimlerine sahipti. Papa 5. Sixtus altıncı yüzyılda Roma’daki Piazza del Popolo’yu hayalinde canlandırdığı binaları ve kamusal alanları konuşmalarında anlatmak suretiyle yeniden yaptırmıştı;bu sözlü talimatlar sayesinde duvarcılara, camcılara ve mühendislere alanda özgürce ve uyumlu halde çalışabilecekleri geniş bir inisiyatif verilmişti. Ozalitler on dokuzuncu yüzyılın sonunda yasal bir zorunluluk haline geldi. Öyle kağıt üzerindeki görüntüler ile hukukçuların sözleşmeleri eşdeğer kılındı. Dahası, ozalit çizimler tasarımda kafa ve el arasındaki belirleyici bir kopuşa da işaret ediyordu; bir şeyin düşüncesi o şey inşa edilmeden önce zihinde tamamlanmış oluyordu.⁴⁷”

Yapı ustasının kontrolündeki yapı üretiminde deneme yanılma ile elde edilen yeni buluşlar ve eski yapı üretim teknikleri birleştirilerek tasarımlar vücut buluyordu. Yapı ustasının, malzemenin şekillendirilerek yapı bileşenlerinin üretimine olan katkısı yeni buluşları ve yeni tasarımları mümkün kılıyordu. Tasarım, tasarım ve malzeme arasında giden gelen iki yönlü bir süreç olarak devam ediyor, tasarım malzemeyi şekillendirirken, malzemenin aldığı farklı şekiller ve kazanabildiği yeni işlevler de tasarımı yönlendiriyordu. Yapıyı oluşturan alt bileşenler, yapıya özel olarak tasarlanıyor ve yapı içinde üretiliyordu. Endüstri devrimiyle birlikte üretim ve hammaddenin hazır olarak sunulurluğu arttı. Endüstri devrimi çok daha fazla çeşitte ürünün, standartlaştırılmış olarak, düşük maliyetlerle tüketime sunulmasını sağladı. Yapı ustasının yapı üretim sürecinde yer alan ahşap, taş, gibi farklı malzemeler üzerine uzmanlığa sahip zanaatkarları organize ederek, ham malzemelerin şekillendirilmesinde elde ettikleri deneme-yanılma ve keşfe dayalı süreç, yerini önceden şekillendirilmiş yapı bileşenlerinin seçimine bırakmıştır. Yapı ustasının, farklı malzemelerin şekillendirilmesinde ve bir araya getirilmesindeki özgün detaylar üretme zorunluluğu yerine, bileşenleri üreten firmaların kendi ürünleri için ürettikleri detayları ezberleyen ve uygulayan bir tasarım yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

Hazır bileşenler, seri üretimler sonucu elde edildikleri ve özelden çok genele hitap etmek üzere tasarlandıkları için belirli şablonlara uyan, çoğunlukla birim tekrarına ve

⁴⁷ Richard Sennett, **A.g.e.** s.60.

modüler tasarıma imkan sağlayan, belirli standart ölçülerde ve formlarda üretilmektedirler. Bu ürünler, ürün kataloglarıyla, tanıtılmaktadır.(Resim 3) Tasarımcıların hazır bileşenlerle tasarımdaki işlevleri, birbiri ile uyumlu bileşenleri seçerek bir araya getirmeye indirgenmektedir. Belli standart form ve ölçüde üretilen bu bileşenlerden ortaya çıkan tasarımlar ise birbirinin benzeri mekânsal formların ortaya çıkmasını zorunlu hale getirmektedir.



Resim 3 Bir mekandonatısının tanıtım detayı

http://depo.vitra.com.tr/2009/001_5390094_TR.PDF adresindeki web sitesinde bulunan Vitra Thera ürün broşürü(Mayıs 2008) s. 1-2'den 18.08.2010 tarihinde alınmıştır.

Seri üretimle elde edilmiş standart bileşenlerin şekilsel dayatmaları sonucunda ortaya çıkan benzer formlar, uzun süre tasarlananla üretilebilen arasında giderek büyüyen bir farkı doğurmuştur.

Seri üretimle elde edilen standart alt bileşenler, fabrikasyonla bir araya getirilen seri üretim ürünlerde maliyet ve zamanlama açısından avantajlar sağlarken, tekil fabrikasyon üretimler için kullanıldıklarında form ve fonksiyon uyumsuzlukları oluşmakta ve çoğunlukla toleranslı bir üretim yolu benimsenmektedir. Yapı üretimi tekil bir üretim olarak bu toleransların en çok gözlemlendiği üretimlerden birisidir. Üretim, tasarım ve malzeme başlığında da ele alındığı gibi bütünün özgün bir forma ve

fonksiyona sahip olabilmesi için alt bileşenlerin tasarımı ve üretiminin de tasarımcı tarafından yapılması gerekmektedir. Yapı üretimi gibi çok sayıda bileşenin bir araya gelmesinden oluşan büyük üretimlerde her bileşenin ayrıca tasarlanması ve üretilmesi, ürünlerin birbiri ile mükemmel uyumunun sağlanması çok zordur. Seri üretimin tekil çözümler üretmek üzere, faydalandığı kitlesel özelleştirmeyapı üretimi için de yol açıcıdır. Böylece seri üretimle standart ölçü ve formda üretilen alt bileşenler yerine, tekil üretimin ihtiyaçlarına göre farklı form ve ölçüde bileşenlerin üretilmesi ve bu bileşenlerin yapı bütünü içinde toleranssız biçimde birleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Kitlesel özelleştirme tasarımcının, bileşen üretimine de dahil olmasını, malzeme ve üretim yöntemlerine üretim düzeyinde hakim olmasını gerektirmektedir. Bu şekilde tasarımcı bilgisayar destekli tasarım ve üretimle sağlanan kitlesel özelleştirme ile yapı ustasının parçalar, alt bileşenler, bileşenler, yapılar ve üst yapı bütünü düzeyindeki tasarım ve üretim hakimiyetine tekrar kavuşmuş olacaktır.

2.6. Bölüm değerlendirme

Üretim tarihi boyunca üretimdeki değişimlerden en çok etkilenenlerin, üretenler ve ürün olduğu gözükmektedir. Ürün özellikleri ve maliyeti ile farklılaşıp çeşitlenirken, üreten de ürünle olan ilişkisi bağlamında farklılaşmıştır. En eski üretim biçimi olan elle üretimde fikir ve pratiğin buluştuğu zanaat üretimleri, zanaatkarın pratiklerinin makinelerin iş gücüne devrildiği seri üretime geçişte en önemli unsur olan standartlaşmadan faydalanmıştır. Standartlaşma ve iş gücünün uzmanlıklara bölünmesi sonucu zanaatkarın fikir ve pratiği birleştirdiği atölyeler fabrikalara, zanaatkarlar ise tasarımcılar ve vasıfsız işçilere dönüşmüştür. Bu dönüşüm fikir ve pratiğin ayrılmasına fikrin pratiğin öncülü olduğu ayrık bir sistemde standart özellikte ürünlerin, piyasa ihtiyaçlarının öngörülmesiyle üretilmesine yol açmıştır. Seri üretimin, ürün maliyetlerini düşüren standartlaşma girişimleri zamanla tüketicinin çeşitlilik taleplerini karşılayamaz hale geldiğinde daha esnek bir üretime ihtiyaç doğmuştur. Bu üretim bilgi işlem teknolojilerinin özellikle CAD/CAM ortamlarının dahil olduğu farklı bir yapılanmayı ortaya çıkarmıştır. Standartlaşmanın en önemli dayanaklarından birisi olan ürün sayısı ve birim ürün maliyeti arasındaki ters orantının esnek üretim ile kırılması daha önceden kurumların ve büyük girişimlerin elde edebildiği düşük maliyetli ve kaliteli üretimi,

standart dışı üretimler için de mümkün hale getirmiştir. Esnek üretim, seri üretimle birlikte üretim dışında konumlandırılmış kişilerin de üretime dahil olabilmelerini sağlamıştır. İletişim teknolojilerindeki artışla birlikte paylaşılabilir hale gelen tasarlama ve üretme bilgisi ile disiplinler arasındaki sınırlar erimeye başlamıştır. CAD/CAM ortamları üzerinden farklı türden bir atölye de ortaya çıkmıştır. Bu atölye ne zanaatkar atölyelerine ne de seri üretim fabrikalarına benzememektedir. Fikrin ve pratiğin tekrar bulunduğu bu atölyelerde tasarım ve üretim CAD/CAM ortamlarında tıpkı zanaatkar atölyelerinde olduğu gibi birlikte yürür. Tasarımcılar, tekil üretimleri CAD/CAM ortamları yardımıyla ortaya çıkararak zanaatkar atölyelerindeki gibi malzeme ve üretim yöntemleriyle iç içedir. Tasarımcılar bu atölyelerde, sadece tasarımcı ya da zanaatkar değildir, ikisinin bir birleşimidir.

Malzemenin şekillenerek, bileşenleri oluşturması bileşenlerin bir araya gelerek ürünleri meydana getirmesi sürecinde üretim tarihi boyunca üretim teknikleri açısından pek çok yenilik ortaya çıkmıştır. Çok geniş olan üretim bilgisine sahip olmak üzere uzmanlaşma kaçınılmazdır. Disiplinler arasındaki sınırların bulanık hale geldiği yeni atölyelerde uzmanlaşma çok daha farklı bir alanda disiplinleri bir araya getirmektedir. CAD/CAM ortamında farklı disiplinler benzer dilleri konuşarak, internet üzerinde paylaşımında bulunarak, ihtiyaç duydukları disiplin dışı bilgilere ulaşabilmektedir. Bu bilgiler malzeme bilgilerini ve üretim tekniklerini de içerir. Üretimler hızla ve düşük maliyetle prototipler haline gelir ve standart dışı ürünlere ulaşılır. Sıradan insanlar ya da seri üretimin yüksek maliyetli yapılanmalarına ulaşma imkanı bulunmayan uzman tasarımcılar da özgün üretimler gerçekleştirebilir. Standartlaşmış malzemelerle ve zanaat teknikleriyle gerçekleştirilmesi mümkün olmayan özgün formların ortaya çıkarılması da yine bu atölyelerde esnek üretim ve bilgisayar destekli üretim cihazlarıyla mümkün hale gelmektedir.

Seri üretimle elde edilen standart yapı bileşenleri ile ancak standart form ve malzeme etkileri yaratılabildiği görülmektedir. Özgün iç mekan tasarımlarını üretimle sonuçlandırabilmek üzere, tasarımların üretime geçebilmesini sağlayacak özgün bileşenlerin de tasarlanması ve üretilmesi gereklidir. Bu sürecin ortaya çıkmasında tasarımcının tıpkı yapı ustası gibi hem tasarım hem de üretim sürecinin içinde yer

alması gerekmektedir. Esnek üretim modeli ve kitlesel özelleştirme bu anlamda yol açıcıdır. Bu şekilde, tasarımcılar CAD/CAM ortamında yapı ustasının elde ettiği tasarım üretim bütünlüğünü yakalayarak, dışında kaldıkları üretimin içine dahil olabilirler. CAD/CAM ortamı bütünlük içinde kullanılarak üretim öncesi ön denemelerin yapıldığı prototiplerin üretimine olanak tanımaktadır.

Özgün bileşenlerin tasarım ve üretimi için steril tasarım ofisleri yerine prototiplerin üretileceği ve denemeler ve geliştirmelerin yapılacağı bilgisayar destekli üretim cihazları ile desteklenmiş farklı bir çalışma ortamının gerekliliği gözlemlenmektedir. Sonuç ürünlerin CAD/CAM ortamlarında, malzeme ve üretim tekniklerinin tasarımlarla bulunduğu farklı bir atölyede ortaya çıkması bu atölyede çalışan tasarımcıları da zanaatkarlara yaklaştırmaktadır. Tasarımcı zanaatkarın özgün iç mekan bileşenleri üretmek üzere tasarımdan üretime ve üretimden tasarıma veri akışını sağlamak için kullanabildiği tasarım araçları arasına bilgisayar destekli tasarım yanında bilgisayar destekli üretimi de katması ve her ikisini ilişki içinde kullanabilmesi gereklidir.

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim kavramları bu çalışma içinde mimari ve iç mimari tasarım ve üretimde kullanım potansiyelleri açısından ele alınmıştır. Diğer disiplinlerdeki kullanımları, çalışma ile bağlantılı yönleriyle katılmıştır. Bilgisayar destekli tasarım teknolojilerindeki gelişimler halen hızla devam eden bir seyir içindedir. Bu sebeple çalışma içinde yer alan gelişimler tez hazırlık sürecinde ulaşılabilen teknolojilerden derlenmiştir.

Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin özgün iç mekan bileşenlerinin üretiminde kullanım potansiyeli, bileşenlerin prototiplerinin üretileceği ve geliştirmelerin yapılacağı atölyenin barındıracağı teknolojilerin, bu atölyeyi kullanacak tasarımcının hakim olması gereken teknolojilerin ortaya çıkarılması açısından önemlidir. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim ortamlarının bilgisayar üzerinde tasarlama ve üretim verisi hazırlama amacıyla kullanılan CAD/CAM yazılımları ve hazırlanan verilerle çalışan bilgisayar destekli üretim cihazlarıyla somutlaştığı görülmektedir. Günümüzde tasarımla ilgili neredeyse tüm alanlarda farklı özellikte bilgisayar destekli tasarım yazılımı kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli üretim cihazları da üretim ihtiyaçlarına göre farklılaşan şekillerde pek çok üretim alanı için farklı özellikler sergilemektedir. İç mimarlık alanı için uygun bilgisayar destekli tasarım ve üretim ortamını oluşturmak, buna bağlı CAD yazılımları ve CAM cihazlarını, bu iki platformun iş birliğini sağlayacak teknik ve stratejileri iç mekan bileşeni tasarımı ve üretimi hedefiyle ortaya çıkarmak bir ihtiyaçtır.

Bu bölümde bilgisayar destekli tasarım ve üretim kavramları bahsedilen perspektif doğrultusunda ele alınacaktır, uygun ve tasarım ve üretim stratejileri ortaya konularak değerlendirilecektir.

3.1. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimin gelişimi

Bilgisayar destekli üretim, Joseph-Marie Jacquard tarafından icat edilen ve 1801 yılında Paris’te ilk kez sergilenen “programlanabilir dokuma tezgahı” ile ortaya çıkmıştır⁴⁸. Jacquard, farklı renklerde ipliklere sahip mekiklerden, delikli kartlar üzerindeki bilgiye göre gerekli olanı seçerek kullanan ve bu şekilde programlanmış bir deseni dokuyabilen bir dokuma tezgahı eklentisi geliştirmiştir. Bu eklenti ile dokuma tezgahları, istenen desene göre hazırlanmış kart değiştirilerek, birbirinden farklı desenleri dokumak üzere hızla değiştirilebilir hale gelmiştir. Bu yolla, dokuma tezgahı başında duran işçiye gerek kalmamış ve dokuma işi iplik ve kart sağlandığı sürece kendiliğinden yürütülebilir bir hale gelmiştir. Bu haliyle işgücü masrafını azaltan bir başka seri üretim makinesi gibi gözükse de Jacquard’ın makinesi, aslında bilgisayar destekli üretimin de başlangıcını işaret etmektedir. Dokuma üzerine özelleşmiş bu icat daha sonra bilgisayarların ilk mucidi olarak anılan Charles Babbage tarafından, matematiksel tabloların hesaplanması amacıyla 1812’de geliştirdiği “Çıkarma Makinesi”nde genel bir hesaplama aracına dönüşmüştür⁴⁹.

Tarihsel süreçte, bilgisayarların keşfinin, üretime dayandığı görülmektedir. Esnek üretim, günümüzde bilgisayarlar ve bilgisayar kontrollü üretim üzerinde yürüyen bir süreçtir.

Bilgisayar destekli üretim cihazları malzeme işleme ve şekillendirme açısından farklı formların ortaya çıkarılmasında da olanaklar sunmaktadır. Elle üretim ile istenilen kalitede üretilemeyecek ürünler bilgisayar destekli üretim cihazları ile hedeflenen kalitede üretilebilmektedir.

⁴⁸ Neil Gerhenfeld, **A.g.e.** s.35.

⁴⁹ Aynı, s.36

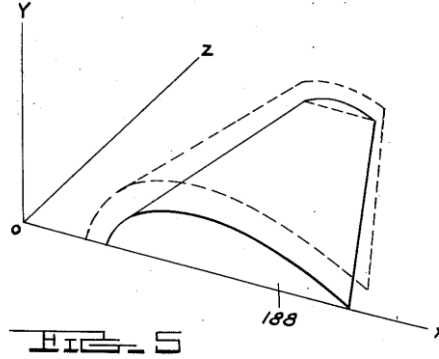
3.1.1. Kuralsız geometrilerin üretiminde bilgisayar destekli üretim

Bilgisayar destekli üretimi ortaya çıkarangüçlerden en önemlisi bir örnek olmayan 3 boyutlu eğrisel formların elle üretilmesindeki güçlüklerdir. Bu formlara en çok otomobil ve uçak endüstrisinde ihtiyaç duyulmuştur. Üretim tarihi boyunca, üretimde çığır açan gelişimlerin çoğunlukla işlenmesi zor bir malzemenin, işlenebilir hale getirildiği bir yöntemin keşfiyle ortaya çıktığı görülmektedir. Özellikle demir ve çeliğin işlenmesindeki yenilikler tarihin pek çok aşamasında üretim açısından farklı bir dönemin başlamasına neden olmuştur. Metal işlemede önemli araçlardan birisi olan evrensel frezenin bilgisayar kontrollü hale getirilmesi üretimi imkansız formların üretimindeki en önemli aşamalardan biridir.

Günümüzde hemen her üretim alanında kullanımı olan CNC cihazlarının ortaya çıkışı da metal malzeme ile üretimi imkansız olan formların üretilmesi çabasının bir sonucudur. Amerikan ordusu için ahşap helikopter pervanesi üreten John Parsons, 1952 yılında ahşaptan yapılan kanatlar yerine aynı forma sahip daha dayanıklı metal kanatlar üretme fikriyle yola çıkmış ve çok karmaşık kanat formunu o dönemde işleyebilecek bir freze cihazının geliştirilmesine çalışmıştır⁵⁰. Böylece metal işlemedeki bu yeni girişim yeni bir üretim sisteminin ve üretim için yeni bir düzenin kapısını aralayacak olan yenilikleri mümkün kılmıştır.

Parsons'ın makinesi ile sadece helikopter pervanesi değil gerekli bilgi kartlar yoluyla sağlandığı sürece başka formlar da üretilbilecektir. Parsons'ın makinesi Jacquard'ın dokuma tezgahından çok da farklı bir yolla çalışmıyordu ancak Parsons'ın makinesi ürünleri daha hızlı ve ucuza üretmek hedefiyle tasarlanmamıştı. Metal malzemenin elle üretilmeyecek formlara çevrilmesine olanak tanıyordu ve henüz yeni gelişmekte olan bilgisayar teknolojisinin üretime aktarılmasında öncü olmuştu. (Şekil 6)

⁵⁰<http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/index4.html> adresindeki web sitesinden 5.8.2010 tarihinde alınmıştır.



Şekil 6 John Parsons'un 1952 yılında geliştirdiği makine için Amerikan Patent Ofisine başvurduğu patentteki kanat çizimi

<http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/US-patent-Parsons-2820187-1958.pdf> adresindeki web sayfasından 5.8.2010 tarihinde alınmıştır.

3.1.2. Bilgisayar Destekli Tasarım

Bilgisayar destekli üretim cihazlarının ilk olarak ortaya çıktığı dönemde cihazlarda işlem yapılmasına olanak sağlayan ürün tasarımları halen çizim masaları üzerindeki beyaz kağıtlar üzerine cetveller, eğri şablonları ve kalemlerle yapılmaktaydı. Bu tasarımlar parçaların üretilmesi için, elle sayısallaştırılmaktaydı. Sayısallaştırma el emeğine dayanan delikli kartların oluşturulması süreciydi. Delikli kartlar bilgisayara veri aktarımında kullanılıyordu. Bilgisayarlar ise verilen bilgileri optimize ederek makineleri yönlendirmekteydi. Bilgisayar destekli tasarımın bu hali günümüzdekinden çok daha soyut ve karmaşık bir görünümdeydi.⁵¹ Bilgisayar teknolojisindeki gelişimlerle birlikte tasarımların analog ortamlarda yapılması ve ardından sayısallaştırma işlemlerinin elle yapılmasında harcanan zaman ve emek yerine, tasarımların bilgisayar ortamında yapılması fikri benimsendi. Böylece kağıt üzerinde elde edilen tasarımların ardıl olarak sayısallaştırılarak, cihazlara gönderilmesi yerine

⁵¹ David E. Weisberg, **The Engineering Design Revolution**, (2008), s.10, <http://www.cadhistory.net/contents.html> adresindeki internet sitesinden 6.2.2011 tarihinde alınmıştır.

bilgisayar ortamında elde edilen tasarımın, yine aynı ortamdan çıkmadan cihazlara veri sağlanabilmesi olanaklı hale gelmiştir.

Ivan Sutherland'ın ilk bilgisayar destekli tasarım yazılımı olarak bilinen “Sketchpad” tüplü bir ekran üzerine ışıklı bir kalem ile çizim yapılabilmesine olanak sağlıyordu. Bilgisayar destekli tasarımın gelişiminde bilgisayar teknolojisinin ve insan-bilgisayar etkileşimine olanak tanıyan ara yüzlerin gelişimi önemli olmuştur. Sketchpad 'in açtığı yoldan sonra 1970'lerde birçok bilgisayar destekli tasarım firması ortaya çıktı.

3.2. Bilgisayar destekli üretim cihazları

Bilgisayar destekli üretim cihazları, üretim için kullanılan belli başlı yöntemlerin uygulanmasında bilgisayarın uygulama aletlerini yönettiği bir sistemi ifade ettiği gibi aynı zamanda, bilgisayar teknolojisinin başlı başına yeni üretim yöntemleri ortaya çıkardıkları sistemleri de kapsamaktadır. Bilgisayar destekli üretim cihazlarının ekleme, eksiltme ve şekil verme işlemlerini kullanan ve aynı yöntem için birden çok cihaz çeşidinin bulunduğu geniş bir yelpazede oldukları görülmektedir. Bu geniş yelpaze içinde bazı cihazları işlem maliyetlerinin uygunluğu, bazıları ürün kalitesi, bazıları işleyebildiği malzemeler, bazıları ise yaratabildiği formlar açısından diğerlerinden farklılıklar göstermektedir. Gelişen teknoloji ve küresel rekabet şartlarının yoğun olarak yaşandığı endüstriyel üretimlerde yer alan bilgisayar destekli üretim cihazlarının sürekli bir gelişim içinde olması kaçınılmazdır. Bu gelişim içinde yeni teknolojiler ortaya çıkmakta ve bilgisayar destekli üretim cihazlarının yelpazesi daha da genişlemektedir.

3.2.1. CNC cihazları

CNC(*Computer numerically controlled*) cihazlar bilgisayar destekli üretim cihazlarının en yaygın kullanılan ve üretim tarihinde bilgisayar kontrolünün ilk olarak ortaya çıktığı üretim cihazlarıdır. CNC cihazlar çoğunlukla konvansiyonel üretim cihazlarının

bilgisayar kontrollü olarak geliştirilebilecek şekilde geliştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır⁵². Konvansiyonel cihazlara torna, tesviye aletleri ve frezeler gibi malzeme işleyerek parçalara şekil vermede kullanılan, kurulumları ve çalışmak üzere ihtiyaç duydukları işgücü benzer cihazlar örnek verilebilir. Konvansiyonel cihazların malzeme ile olan ilişkileri CNC cihazların malzeme ile ilişkilerine de yansımıştır. Bu sebeple birinci bölümde malzeme başlığı altında yer alan ekleme, eksiltme, şekil verme işlemleri CNC cihazlarda da kullanılır. Bunların yanında malzeme başlığı altında bahsedilen iki boyutlu işlemler özellikle CNC cihazlarda öne çıkan işlem türleridir. Konvansiyonel cihazlarda, işlemler daha önceden yapılmış tasarımlar ya da çizimler uyarınca bir operatörün anlık kontrolü ile yerine getirilir. CNC cihazlarda ise işlemler bir program doğrultusunda bir kontrol ünitesi tarafından otomatik olarak yerine getirilir.

3.2.1.1. Konvansiyonel cihazlar ve CNC arasındaki farklar

“Konvansiyonel bir işlem cihazı, bir baza ya da şasiyi, bir güç kaynağını, işin yapılabileceği yönlere hareketi sağlayan mekanizmaları, işlem aletinin kendisini (matkap ucu, freze bıçağı, testere vb.) ve tutamaç, mengene, makara, manivela gibi parçanın tutulmasında döndürülmesinde etki eden aletleri barındırır. CNC cihazları ise tüm bu sayılanlarla beraber motor ve kumanda, motorları kontrol etmek üzere bir kontrol ünitesi ve kontrol ünitesine komutları gönderen bir bilgisayarı da barındırır⁵³.” (Resim 4)

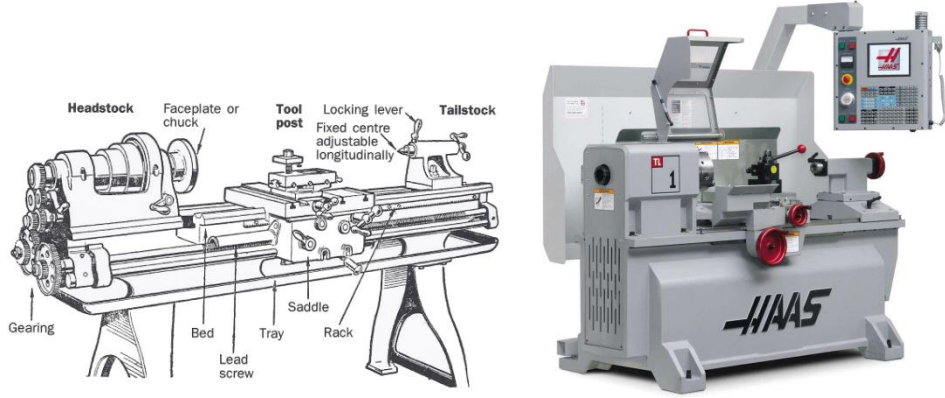
CNC, elle kontrol edilebilen makinelerin bilgisayar tarafından kontrol edilmesiyle insan hatasının ve işlemler arasında geçen zamanın en aza indirildiği bir sistemdir. İşlemleri yerine getirmekte kullanılan pek çok konvansiyonel cihaza uygulanabilir. Bu cihazların en bilinen örnekleri eksiltme işlemini uygulayan torna ve frezedir. Pek çok cihazda kesici bir ucun elle hareket ettirilmesi imkansız 3 boyutlu güzergahlarda bilgisayar kontrollü hareketi söz konusudur⁵⁴. Şekil verme işlemi yapan bir boru bükme makinesinde boru profilini bükme bağımsız tekerleklerin hareketi söz konusudur. Levha

⁵² Nick Callicot, **A.g.e.**, s.101

⁵³ Daniel Schodek, **A.g.e.**, s.239

⁵⁴ Nick Callicot, **A.g.e.**, s.102

malzemelere delik açan bir makinede ise delik açan ucun levha üzerinde iki boyutlu hareketinden bahsedilebilir.



Resim 4Farklı parçalardan oluşan konvansiyonel bir torna ve benzer parçaların bir kontrol ünitesiyle desteklendiği CNC torna

Nick Callicot, A.g.e. s.114'deki resim, ikinci resim, Anonim

Tüm CNC cihazlarında işlemlerin yapılabilmesi için işlemi yapacak bir aletin hareketi ve bu aletin uyguladığı bir enerji söz konusudur. *Tornada* enerji, işlenecek parçanın dönmesi ve ona şekil verecek bıçağın üzerinde hareket ederek parça kaldırmasıyla mekanik olarak sağlanır. *Frezede* ise parça üzerinde sürekli dönen bir bıçak hareket ederek mekanik güç ile parça kaldırır. İki boyutlu işlemlerde görülen enerji kaynakları olan plazma arkı ve LASER ısı işlemlerle malzemeye fiziksel olarak temas etmeden kesme işlemi yapılmasını sağlar. Yüksek elektrik akımı ile çalışan *EDM (Electrical discharge machine)* cihazı metal blokların bir telin hareket ettirilmesiyle kesilmesini sağlar. Su jeti yüksek basınçlı su ile her türden malzemenin hassas biçimde kesilmesine olanak tanır. CNC cihazları farklı enerji kaynaklarını istenilen şekilde hareket ettirerek, malzemelere istenilen işlemlerin uygulanmasını sağlar.

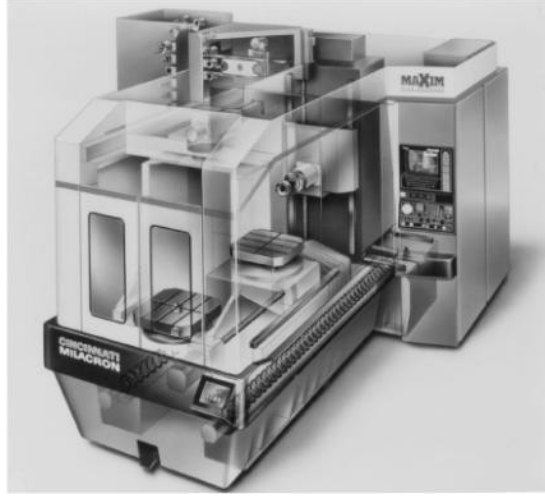
Farklı enerji kaynakları, belli işlemleri belli malzemeler üzerine uygulayabilmekte ve farklı sonuçlar elde edilmektedir. Örneğin, plazma arkı sadece elektrik ileten metal malzemeleri kesebilmektedir, LASER, plastik, kağıt, deri, kumaş ve ahşap gibi organik malzemeleri de kesebilmektedir, LASER kesme işleminin yanı sıra kazıma işlemi de yapabilmekte ancak her iki enerji türü de mermer ve granit gibi yoğun malzemelerin

kesiminde kullanılamamaktadır. LASER plastik malzemenin kesiminde kullanıldığında kesim yerlerinde mükemmel yüzeyler oluştururken, ahşabın kesim yerlerinde yanmasına neden olmaktadır. Metallerde ise yüksek ısıdan kaynaklı olarak yüzeyde renk değişimleri meydana gelebilmektedir⁵⁵. *Su jeti* neredeyse her tür malzemenin kesiminde kullanılabilmeyle beraber, levha kesimlerin dışında üç boyutlu formların işlenebilmesinde çok da başarılı değildir. Mekanik enerji kullanan torna cihazı silindirik formların işlenmesinde, malzeme açısından teorik olarak bir sınırlama olmasa da pratikte genellikle metal malzeme üzerinde çalışır. *Freze* cihazı üç boyutlu formların işlenmesinde mekanik enerjiyi kullanır. Metal, plastik ve ahşap gibi malzemelerin işlenmesinde farklı şekillerde kullanılan yukarıdaki cihazlarıyla örneğin sadece köpük malzemelerin kesilmesinde kullanılan sıcak kesim telleri gibi özel kullanımlara hizmet eden cihazlar da bilgisayar destekli olarak kullanılabilir.

Yukarıda bazı örnekleri verilen bilgisayar destekli üretim cihazlarının işleyebildikleri malzemeler, uygulayabildikleri üretim işlemleri, bu işlemleri uygularken oluşturdukları hareketler ve kullandıkları enerji kaynakları açısından oldukça farklılık gösterdikleri görülmektedir. Çoğu üretim cihazı üretilen ürüne ya da hedeflenen ürün formuna göre özelleştirilmiştir; bu üretim cihazları bilgisayar kontrollü hale getirildiklerinde bu özelliklerini büyük oranda muhafaza etmektedir. CNC cihazların esnek üretim başlığı altında ele alınıyor olmalarına karşın her malzeme ile çalışan, her formu üretebilen cihazlar olmadıkları ortadadır. Bununla beraber CNC işlem merkezleri birden çok işlemi sıralı olarak yerine getirerek üretim esnekliğini artırmaktadır. Yatay ve dikey işlem merkezleri özellikle metal işlemede büyük esneklik sağlayarak, birden çok konvansiyonel cihazın yaptığı işlemi ardıl olarak tek başına yapabilmektedir⁵⁶. (Resim 5

⁵⁵ Aynı, s.136

⁵⁶ Daniel Schodek, **A.g.e.**, s.242



Resim 5 Pek çok işlemleri programlı bir sıra ile hızla uygulayabilen bir yatay işleme merkezi

F.Steve Karar., R. Gill Arthur, and Peter Smid. "Unit 2 – CNC Machines". CNC Simplified. (Industrial Press, 2001). http://common.books24x7.com/book/id_9016/book.asp adresindeki web sitesinden 6.11 2009 tarihinde alınmıştır.

CNC cihazlar büyük oranda üretim yöntemleri ve üretebilecekleri ürünler bağlamında birbirlerinden farklılaşsalar da cihazların elle kontrolden bilgisayar kontrollü hale gelmelerinde kullanılan servo motorlarla sağlanan hareket ve bu hareketin işlenecek parçaya etkisi çoğunlukla ortak noktadır. CNC cihazlarda çoğunlukla alet bağlı bir işlem kafasının hareketi söz konusudur. Bilgisayar kontrolüyle sağlanan bu hareketler CNC cihazların ayırt edici özellikleridir.

3.2.1.2. CNC cihazlarda hareket

CNC cihazlarının geliştirilmesindeki en önemli ihtiyaçlardan birisi, konvansiyonel olarak kullanılan cihazlardaki hareket sınırlılıkları ya da bu hareketlerin kontrolündeki zorluklardır. Örnek olarak çok yüksek devirlerde dönen bir freze ucunun insan eli ile hareket ettirilmesindeki zorluklar ya da LASER ışını ile kesim yapan bir cihazın insan eli ile kontrolündeki imkansızlıklar sebebiyle bu cihazların bilgisayar kontrollü olarak çalıştırılması zorunludur. Konvansiyonel cihazlarda el yordamıyla hareket ettirilen manivelaların hassas olmayan ve tekrar ettirilemeyen aksenel hareketleri, üretimde istenilen kalitede sonuçlar ortaya koyamamaktadır. CNC cihazlar, servo motorlar ve onları kontrol eden kontrol ünitesi yardımıyla yüksek hassasiyete sahip, tekrarlanabilir

hareketlerle konvansiyonel yöntemlerle üretilmesi zor ya da imkansız parçaların üretiminde kolaylıklar sağlamıştır⁵⁷.

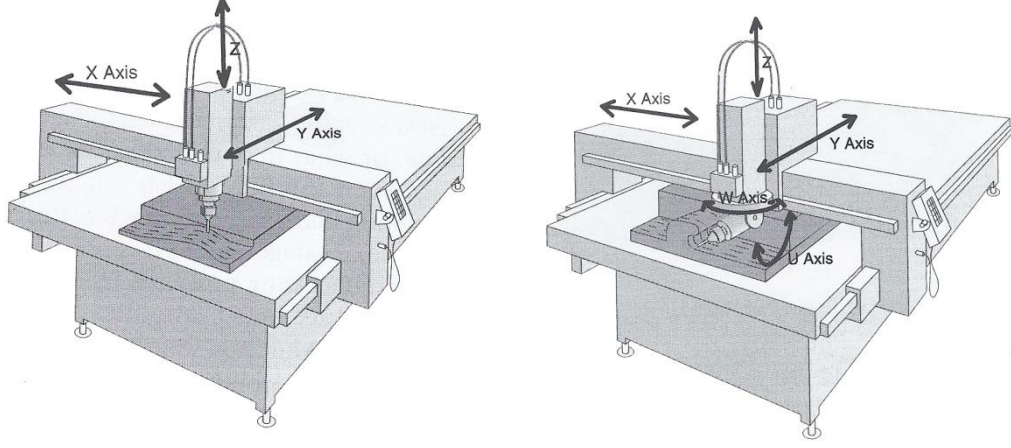
3.2.1.3. Eksenler

CNC cihazların hareket kabiliyetleri aynı zamanda onların üretebildikleri formların karmaşıklık düzeylerini de etkiler. 2 boyutlu levhaların kesilmesinden, tek boyutlu boru profillerin bükülmesine, ya da 3 boyutlu bir motor bloğunun alüminyum bir kütleden kazınarak çıkartılmasına dek pek çok karmaşıklık düzeyindeki üretim, CNC cihazlarının hareket kabiliyetlerinden etkilenmektedir. CNC cihazları çoğunlukla, bir yatağın üzerinde bağlı olarak bulunanham malzemenin üzerinde, işlemde kullanılacak enerjiyi ileten bir kafanın farklı eksenlerde hareketleri ile çalışmaktadır. Teorik olarak işlemi gerçekleştiren aletin, işlem yapılacak malzemenin tüm yüzeylerine etki edebilmesi işlem sonunda istenilen herhangi bir formun üretilmesine olanak sağlar. Ancak pratik anlamda bu durum çok da gerekli değildir. İki boyutlu levha malzemeler üzerinde kesim yapmak üzere, x ve y eksenlerinde hareket eden ve uygulanacak enerjiyi istenildiğinde açıp kapatabilen 2,5 eksenli bir cihaz yeterlidir. İki boyutlu bir malzeme üzerinde rölyef yaratılacağına ise z ekseninde de hareket edebilen 3 eksenli bir cihaza ihtiyaç duyulur. Daha karmaşık formların işlenmesi gerektiğinde işlem tablası üzerinde bağlı parçanın alt yüzeylerine ulaşmak üzere parçanın tablayla birlikte döndürülmesi ya da aletin parçanın arka yüzeylerine temas etmek üzere döndürülebilmesi gerekir. Bu durumlarda 4 ya da 5 eksenli cihazlar gerekir.(Resim 6)

CNC cihazlar endüstride çoğunlukla benzer işleri yapmak üzere sınırlı ayarlamalarla kullanılarak tesis edildikleri için çok eksen sayısına sahip, teorik olarak her formu işleyebilen cihazlar yerine ihtiyaca uygun eksen sayısına sahip cihazlar kullanılır. Eksen sayısının artması işleme kafasının karmaşık hareketlerini mümkün kılar ancak bu karmaşık hareketleri yönetecek programların da karmaşık hale gelmesini beraberinde getirir. Programların ve programlamanın zorlaşması ona harcanacak zamanın artmasına

⁵⁷Aynı, s.237.

ve iş veriminin düşmesine neden olur. Bu sebeple yapılacak işe uygun eksen sayısına sahip cihazların seçimi önemlidir.



Resim 6 Aynı kurulumda 3 ve 5 eksen sayısına sahip yatak tipi CNC frezeler

Daniel Schodek, A.g.e. s.241,242'deki resimler.

3.2.1.4. CNC programlama

CNC cihazların ortak noktası bir kontrol ünitesi tarafından yönetilmesidir. Bu kontrol ünitesi konvansiyonel cihazlarda operatörlerin yaptığı işleri yapmaktadır⁵⁸. Konvansiyonel cihazları kullanan usta operatörlerin bir cihazdan diğerine geçerken belli bir eğitim alması ve yeni cihazın kullanımına alışkanlık kazanması gerekmektedir. Farklı işlemlerde kullanılan cihazlara uygun kontrol ünitelerinin de bu cihazlara göre programlanmaları ve bu cihazları sürebilmek üzere ayarlanmaları gerekir. Böylece kontrol ünitesi bir torna, bir *freze* ya da bir bükme cihazı mı olduğunu anlayabilir⁵⁹.

CNC cihazlarda iki çeşit programlamanın olduğu söylenebilir. İlk programlama kontrol ünitesini cihazların servo motorlar, işlem yatağı, tutamaçlar ve işlem aletini içeren mekanik aksamına uygun hale getirmek üzere çoğunlukla cihaz üreticileri tarafından

⁵⁸ Aynı, s.249

⁵⁹ Aynı.

yapılan programlamadır. Diğer programlama ise kontrol ünitesinin parça işlemek üzere programlanmasıdır. Bu programlamayla insanların anlayabileceği dilde yazılan parça işleme bilgisi makine diline çevrilir. *G-code*, *HPGL(Hewlett Packard Graphics Language)* gibi evrensel hale gelmiş parça işleme dilleri, parça geometrisini oluşturmak için kullanılacak aletin takip edeceği yolları kontrol ünitesine tanıtmak üzere kullanılır. Kontrol ünitesi bu yönergeleri makinenin farklı aksamalarını çalıştıracak şekilde yorumlar.

CNC programlama teknikleri

Bir CNC parça programı makine işlemlerinin tamamını ifade eden bir seri komutu içerir. Bu komutlar temelde nesne geometrisinin dışında aynı zamanda uç değişimi ya da kesim hızı gibi verileri de içerir.⁶⁰ Bu veriler, CNC cihazının özelliklerinden, aletin hareket eksenlerinden etkilenir. Bu verilerin hazırlanmasında farklı yollar izlenir.

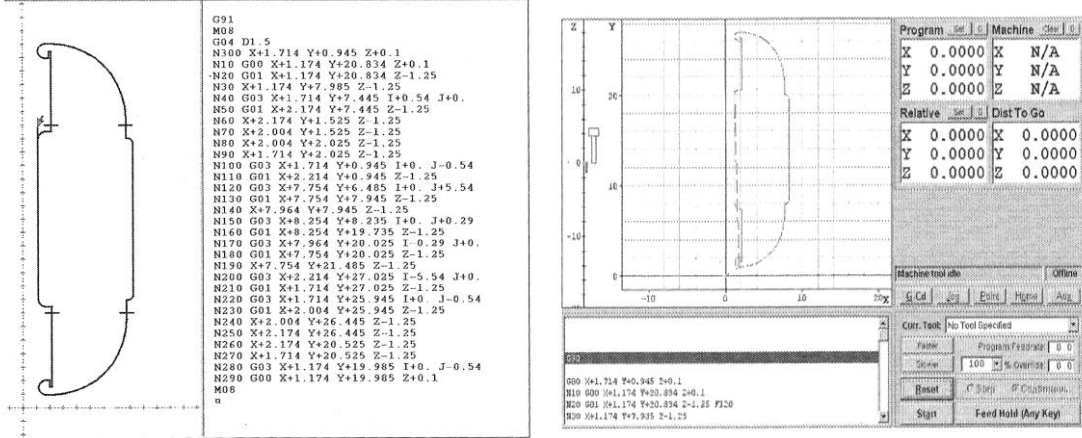
Elle programlama

Elle parça programlaması geleneksel olarak programın kelimelere adreslenmiş olarak yazılması üzerine kurulmuştur⁶¹. Bu programlama türünde, tecrübeli bir operatör mühendislik çizimlerini ya da prototipi kullanarak nesne üzerinde anahtar noktaları saptar ve bu noktalar arasında aletin takip edeceği yolu belirler. Operatör aletin takip edeceği yol ile birlikte uç değişimi, hareket hızı ve alet devri gibi sıralı makine işlemlerini de belirtmek zorundadır.

Bu yöntem basit geometrilerin kesimi gibi işlerde pratik çözümler sunabilir ancak karmaşık üç boyutlu şekillerin oluşturulması çok zordur. Programlama, kontrol ünitesi üzerindeki kontrol panelinden yapılabilir ya da bilgisayar ortamında yazılarak kontrol ünitesine yüklenebilir. (Resim 7)

⁶⁰ Nick Callicott, **A.g.e.**, s.107

⁶¹ Aynı.



Resim 7CNC cihazının 2 boyutlu bir şekil için elle programlanması (Solda Şekil ve G-kodu sağda kontrol paneli kumanda ekranındaki görünüm)

Daniel Schodek, A.g.e. s.239'daki resimler.

CAD/CAM programlama

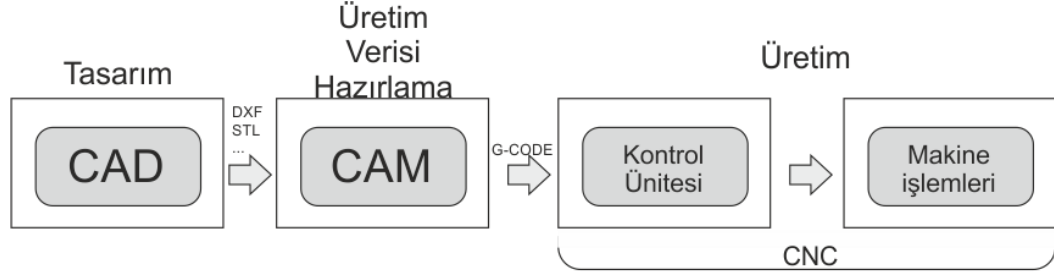
“Günümüzde, CAD/CAM paketleri parça programlama dilleri ile çalışmayı tamamen ortadan kaldırmıştır. Bu paketler gitgide CNC üretim işlemlerinin sürdürüldüğü temellerden biri haline gelmektedir⁶²”.

CAD/CAM yazılım paketleri ile programlamada öncelikle işlenecek parçanın CAD yazılımı verisine ihtiyaç duyulur. Bu veri elde edilmek istenilen parçanın paketin CAD yazılımı modülünde çizilmesi ya da bir başka yazılımda çizilerek CAM yazılımı modülüne aktarılmasıyla sağlanır. Aktarma işlemi için CAM yazılımı modülü tarafından kabul edilebilir bir format kullanılır. Aktarma işlemi için CAM yazılımı modülü tarafından kabul edilebilir bir format kullanılır. Üç boyutlu çizim verisi katı model ya da yüzey modeli olarak alınabilir. Bunun için SAT, IGES,VDA, DXF, CADL, STL ve ASCII veri formatları kullanılır⁶³.Bu veri CAM yazılımı tarafından uygun cihaz

⁶² Nick Callicott, A.g.e., s.109

⁶³P. Radhakrishnan, S. Subramanian, V.Raju, CAD/CAM/CIM, (New Age International, Delhi,Hindistan:2008), s.454

parametreleri belirlenerek *G-code*'a otomatik olarak çevrilir. Parça programı kontrol ünitesine gönderilir. Kontrol ünitesinin ekranında, görünen takım yolu bilgisi cihazla uyumlu olacak şekilde tekrar ayarlanabilir⁶⁴. (Şekil 7)



Şekil 7: CAD/CAM CNC programlama için iş akışı şeması

CAD/CAM yazılımı modülleri çoğunlukla bir üretim işlemi hedefiyle tasarlanır ve sunulurlar. Bu hedefler, 3 eksenli bir freze, bir torna, levha metal üretimi ya da döküm olabilir. Her paket hedeflediği üretim şeklinin üretim verilerini barındırır⁶⁵. CAM yazılımlarında üretim sırasındaki olası hataları önlemek için üretim sırasında cihazın işleyişi ve ham malzemenin alacağı sonuç görüntüsü simülasyon sonucunda görsel olarak sunulur.

Sayısallaştırma ve tersine mühendislik

CAD yazılımı paketlerinin nesne geometrisini değiştirmek için kullanılmasındaki kolaylık, tasarımcıların bunların kullanımını sadece tasarım üretmekte değil aynı zamanda 3 boyutlu tarama (*3D scanning*) teknikleriyle model yada prototip çalışmalarından alınmış tasarım verilerinin işlenmesinde de kullanılabileceği fikrini oluşturmuştur. Bu, tasarımcıların geleneksel yöntemlerle ve tekniklerle tasarım yapabilmelerini kolaylaştırmaktadır⁶⁶. Sayısallaştırma gerçekte var olan nesnelere değiştirilmesinde, bu nesnelere yeni parçalar eklenmesinde sıkıcı ve hassas olmayan elle

⁶⁴ Daniel Schodek, **A.g.e.**, s. 245

⁶⁵ Aynı., s. 251

⁶⁶ Nick Callicott, **A.g.e.**, s.109

ölçü alma işlemlerini 3 boyutlu tarayıcı cihazlarla yerine getirmekte ve CAD ortamında tasarım için gerekli sayısal verileri sağlamaktadır.

Tüm CNC programlama yöntemleri arasında tasarımcıların zaten tasarım araçlarından birisi haline gelen CAD ortamıyla benzerlikler içeren ve entegre biçimde çalışabilen CAM yazılımlarında programlama yapmak ve bu yazılımlar için CAD verisi sağlamak çok daha uygun gözükmemektedir.

3.2.2. Robotlar

Robotlar, endüstriyel üretimin en önemli araçlarından birisidir. Robotlar, üretim aşamalarında, tehlikeli, sıkıcı, çok fazla tekrar eden ya da bazı durumlarda çok hassasiyet isteyen işler için tercih edilirler. Robotları ve kullanılışlarını anlamak üzere CNC cihazları ile aralarındaki farklara odaklanmak, önemlidir. CNC cihazları çoğunlukla belli bir takım işlerin yapılması için özel olarak tasarlanmış cihazlardır. Robotlar, ekleme ve eksiltme işlemlerini ve daha pek çok ek işlemi tek başlarına yapabilirler. Robotların tek başına yerine getirebildikleri işleri yapmak üzere, farklı işlemlerde özelleşmiş pek çok CNC cihazı gerekir. Robotların programlanması CNC cihazlara göre daha güçtür⁶⁷. CNC cihazları alet kullanan insanların ellerindeki aletleri daha hassas ve hızlı hale getiren cihazlar olarak düşünülürse, robotlar aletleri değiştirmeden insan kolunun yerine geçen ve o kolun yapabildiklerinin kapasitesini artıran araçlar olarak anlatılabilir.

Robotların CNC cihazlarla yapmanın mümkün olmadığı ya da robotlar kadar esnek şekilde yerine getirilemediği hassas montaj, birleştirme, boya, kaynak, vidalama gibi özellikle insan elinin yerini alan işlemlerdeki başarısı onları CAM cihazları arasında alternatif olmayana bir noktaya konumlandırmaktadır.

⁶⁷ Gramizo F. ve Köhler M., **Digital Materiality in Architecture**, (Baden:Lars Müller Publishers, 2008), s.55

3.2.3. Katmanlı üretim cihazları

Halen yoğun bir gelişim içinde bulunan bu tür üretim cihazlarının genel bir isimlendirmesi tam olarak oturmamıştır. “Hızlı prototipleme”, “Katı serbest-form üretim”, “Eklemeli üretim”, “3 boyutlu baskı” ve “Katmanlı üretim” olmak üzere pek çok isimlendirme mevcuttur⁶⁸. İsimlendirmelerin bu kadar çok olmasının sebebi henüz gelişen bir teknoloji olması ve bu teknolojiyi sunanların farklılıklarını ortaya koyma çabaları olabilir. Bu çalışmada üretim tekniğini açıklayıcı biçimde ifade ettiği için katmanlı üretim ismi kullanılacaktır.

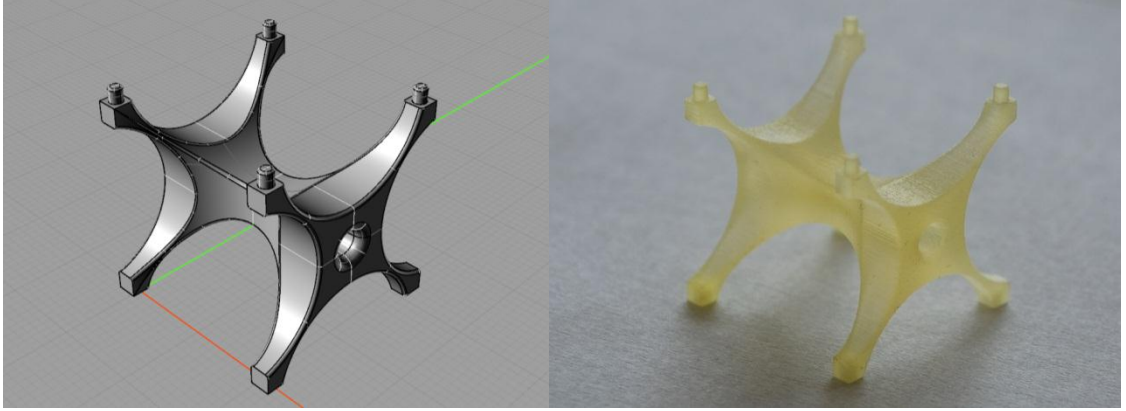
Katmanlı üretim, geleceğin üretim yöntemi olarak görülen ve halen gelişimini sürdüren eklemeli üretim işlemleri altındadır bir üretim tekniğidir. Katmanlı üretimin temelleri, diğer bilgisayar destekli üretim yöntemlerinde olduğu gibi konvansiyonel üretim cihazlarının bilgisayar desteğiyle çalıştırılması yerine bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kendisine dayanmaktadır. Katmanlı üretim uzunca bir süre ve günümüzde de seri üretime girecek ürünlerin ön denemelerinin yapılması için kullanılmıştır. Prototip üretimi konvansiyonel yöntemlerle uzun süren, pahalı ve zahmetli bir iştir. Üretim için sadece CAD yazılım verisine ihtiyaç duyan katmanlı üretim cihazları, prototip üretimini günler ve aylardan saatler düzeyine indirdikleri için hızlı prototipleme olarak da anılmaktadır.

Pek çok farklı çeşidi bulunan katmanlı üretim cihazlarının çalışma prensibi CAD yazılımıyla oluşturulmuş modelin bilgisayar ortamında katmanlara bölünmesi ve bu katmanların üretim cihazında ön görülen malzemeyle üst üste yığılması olarak özetlenebilir. Bu üretimde katmanların üretilmesinde en önemli unsurlardan birisi malzemenin ne şekilde işleneceğidir. Katmanların oluşturulmasında çok farklı teknikler kullanılmaktadır. Sıvı reçinelerin, katmanlar halinde ışıkla ya da ısıyla kürlenmesi ve bu işlemde LASER ışını ya da UV ışını kullanılması, toz malzemelerin yapıştırıcı malzeme

⁶⁸ Erkut Neğiş, **İmalatta Mükemmele Doğru; Otoinsşa Teknolojileri**, <http://www.turkcadcam.net/rapor/otoinsa/ozet.html> adresindeki web sayfasından 07.07.2011 tarihinde alınmıştır.

püskürtülerek ya da ısıtılarak katmanlar halinde katılaştırılması, plastik çubukların eritilerek üst üste katmanlar halinde yığılması ya da kağıt ya da ince metal levha malzemelerin katman katman kesilerek üst üste yapıştırılması bu tekniklere örnek verilebilir. Teknikler farklılık gösterirken elde edilen sonuç ürünlerin malzemeleri ve özellikleri bu tekniklerden etkilenmektedir.

Katmanlı üretim yöntemlerinin ortaya çıkış amacı prototipleri hızlı biçimde üretmek olsa da seri üretimlerin yapılacağı kalıpların elde edilmesinde de kullanılır. Elde edilen modeller kalıp yapımı için kullanılabilir özellikler sergiler. Tüm bunların yanında tekil üretimler için de belli sınırlılıklar içinde üretim olanağı sunar.



Resim 8 Bilgisayar modeli ve plastik malzemenin katmanlı üretimle elde edilmiş fiziksel modeli

Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros yazılımında modellenmiş ve Shapeways’de ürettirilmiştir.

Katmanlı üretim tasarımcılar için pek çok alternatif sunmaktadır. CAD yazılımlarında tasarlanmış modellerin doğrudan üretim cihazlarına aktarımı, hızla ve düşük toleranslarla üretimi, tasarımcıların hızlı denemeleri kolaylıkla yapabilmelerini sağlamaktadır. Üretilen malzemelerin çeşitliliği her geçen gün artmaktadır; tekil bileşen üretimleri de bu üretim cihazlarında yapılabilir hale gelmiştir. Çoğaltılarak kullanılması gereken bileşenlerin kalıplarının hazırlanması için de CAD verilerinden doğrudan üretim yapan bu cihazlar tercih edilebilir.

3.3. Bilgisayar destekli üretimle bilgisayar destekli tasarımın ilişkisi

Bilgisayar destekli tasarım bilgisayarlar ve yazılımlar üzerinde, bilgisayar destekli üretim ise farklı bilgisayar kontrollü cihazlar üzerindedevam eden iki ayrık süreçtir. Bilgisayar destekli üretimin gerçekleşebilmesinde bu iki ayrık sürecin bütünleşmesine ihtiyaç duyulur. Teorik olarak bilgisayar destekli tasarım yazılımları ile elde edilen parça tasarımlarının bilgisayar destekli üretim cihazları ile üretilmesi gerekmektedir ancak durum pratik uygulamalarda bu kadar kolay değildir. Bu başlık altında farklı uygulamalar için geliştirilmiş, CAD yazılımları ele alınacaktır.

3.3.1. CAD yazılımlarının sınıflandırılması

Bilgisayar destekli tasarım Ivan Sutherland'ın 1960'ta *Sketch Pad* uygulamasını geliştirmesinden bu yana oldukça farklılaşmış ve gelişmiştir. Bu gelişim, yazılımların çalıştığı bilgisayar ve ara birimler, yazılımların kolay kullanılabilirliği ve öğrenilmesi, yazılımların çalışma yöntemleri ve farklı alanlara uyarlanabilirlikleri, yeni 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme yöntemleri gibi pek çok farklı alanda devam etmektedir. Bilgisayar destekli tasarım, çok farklı alanlarda, birbirinden farklı özellikte yazılımlarla, farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının, çok geniş bir alanda hizmet vermesi bu teknolojilerin farklı sınıflandırmalara tabi tutulmasını gerektirir. Daniel Schodek bu sınıflandırmayı aşağıdaki şekilde yapmaktadır:

- Kullanıcılara göre (eğlence, mimarlık, havacılık, endüstriyel tasarım gibi),
- Farklı tasarım aşamalarına göre(kavramsal ya da şematik tasarım, tasarım geliştirme, üretim ya da inşa için tasarım gibi),
- Kullanıma göre(2 boyutlu grafikler, geometrik modelleme, render, canlandırma (animasyon), yapısal analiz gibi),
- Kullandığı model türleri ve gösterim tiplerine göre(Tel kafes modeller, yüzey modelleri ya da katı modeller gibi),
- Yazılımın işleyişine göre(özellik ve parçalara bağlı tasarım, parametrik ya da ölçüye bağlı tasarım olma kabiliyetleri),

- İletişim, dağıtım ve ortak çalışma kabiliyetlerine göre⁶⁹

Yukarıdaki sınıflandırmaya göre bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının yer aldığı farklı sınıflar bir yazılımın sadece tek bir sınıfta yer almasını gerektirmez. Bazı bilgisayar destekli tasarım yazılımları farklı alanlarda farklı kabiliyetleri bir arada sunabilir. Örnek olarak tasarım geliştirme yazılımları, katı modelleme ve tel kafes modelleme kabiliyetlerine sahip aynı zamanda nesne tabanlı ve hem mühendislik hem de endüstriyel tasarım alanları için kullanılıyor olabilir.

Kavramsal tasarımlar için kullanılan yazılımlar çoğunlukla malzeme atama, kaplama, gerçekçi ışık ve gölgelerle foto gerçekçi sunumlar yapma amacıyla kullanılırlar. Bu yazılımlarda oluşturulan 3 boyutlu modellerin ekrandaki resimsel görüntüsü onların üretim için önemli olan matematiksel hassasiyetlerinden daha önemlidir. Mimarlık ve iç mimarlık alanında çoğunlukla tercih edilen ve öğretilen yazılım türleri bu sınıf içinde yer alır. *3D Studio Max*, *Sketch-Up*, *Cinema 4D* gibi yazılımlar buna örnek verilebilir. *Rhinoceros* gibi kavramsal yazılımların bazıları geometrik modelleme, *3D Studio Max* gibi bazıları ise görselleştirme üzerine yoğunlaşmıştır. Kavramsal tasarım yazılımları tasarlanan ürünlerin, üretildiğinde görüneceği görüntüsünü gerçeğe çok yakın şekilde sunabilir ancak çoğunlukla elde edilen modeller o ürünün üretilmesinde faydalanılmak üzere kullanılamaz⁷⁰.

Bazı bilgisayar destekli tasarım yazılımları, tasarım bileşenlerine ulaşmak için barındırdıkları kütüphanelerden faydalanır. Mimarlık üzerinden bir örnek verilirse, duvar, pencere, döşeme, çatı gibi bina bileşenleri bu kütüphaneler içinde yer alır. Her bir bileşen, ilişkide bulunacağı diğer bileşenlere göre ölçülendirilebilir ve sınıflandırılabilir. Bu yazılımlar, 3 boyutlu değişimleri iki boyutlu çizimlere ve foto gerçekçi görselleştirmelere eş zamanlı aktarır ve iki boyutta ayrıca çizim yapma ihtiyacını ortadan kaldırır. Yapılan değişimler anlık olarak, farklı ölçeklerdeki 2 boyutlu

⁶⁹Daniel Schodek, *A.g.e.*, s.179

⁷⁰Aynı. s.183

planlarda ve kesitlerde de görünür hale gelir. Bu türden yazılımlara *Revit*, *MicroStation* ve *ArchiCAD* örnek verilebilir⁷¹.

3 boyutlu olarak üretilecek nesnelerin plan, kesit düzlemlerinde 2 boyutlu benzetimler aracılığıyla aktarılması halen uygulanan bir yöntemdir. Plan, kesit düzlemlerinde Öklid geometrileri ile ifade edilmesi kolay nesnelere için bu yöntemler kolay ve hızlı sonuçlar doğursa da çok eğrili yüzeylere sahip 3 boyutlu geometriler için tasarım ve üretim verisi üretme aşamalarında yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple farklı alanlar için özelleşmiş birbirinden farklı teknolojiler barındıran 3 boyutlu modelleme yöntemleri gelişmiştir. Pek çok CAD yazılımı birden çok yöntemi birlikte sunar. Modelleme yöntemlerinin seçimi de kullanılacağı duruma göre değişmektedir⁷².

3.3.2. 3 boyutlu bilgisayar modellerinin yaratılmasında farklı yöntemler

3 boyutlu bilgisayar modelleri matematik ve bilgisayar mühendisliği alanlarının çok karmaşık biçimde ele aldığı bir konudur, bu sebeple bu çalışmada konu ile ilgili olan biçimiyle ele alınacaktır.

3 boyutlu modelleme yöntemleri özellikle kullanılacakları alan bağlamında birbirlerinden farklılaşırlar. Modellerin kullanım alanları ve kullanım alanlarına göre gösterim ve üretim biçimleri birbirinden farklılaşır. Gösterim biçimi olarak iki ana başlık öne çıkmaktadır:

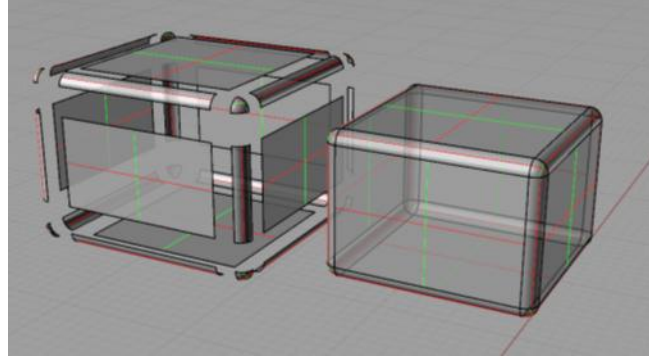
- katı modeller ve
- kabuk modeller.

⁷¹Aynı. s. 181

⁷²Aynı., s.180.

“Kıatı modeller, yaratılan modeli içi dolu bir hacim olarak kabul eder. Kıatı modellerle matematiksel olarak daha gerçekçi modeller retiler. Modeller gerçek dünya modelleri ile benzeştikleri için malzeme yoğunluğu, ağırlık merkezi gibi değerler ile simülasyonlar içinde kullanılabilirler. Kıatı modeller yaratılmalarındaki zorluklar nedeniyle genellikle gösterim amaçlı değil, mühendislik ve tıp alanı simülasyonlarında tercih edilir⁷³.”

Kabuk modeller, modeli yüzeylerden oluşan bir kabuk olarak ele alır ve içi boş kalınlıksız yüzeylerin oluşturduğu bu kabuk görselleştirme için kolaylıklar sunar. Kıatı modellere göre çalışması daha kolaydır. (Resim 9)

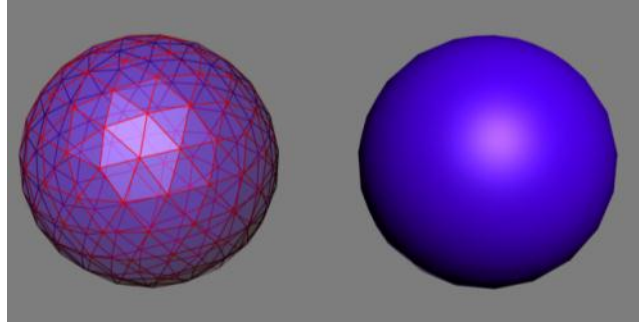


Resim 9Kabuk modeli oluşturan parçalar

Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros yazılımında oluşturulmuştur.

Modellerin retim yöntemleri de farklılıklar içerir. Poligon modelleme, 3 boyutlu modelin uzaydaki noktalar, onları birleştiren çizgiler ve çizgilerin arasında oluşan üçgenlerden meydana gelen bir poligon açı olarak yaratılmasını sağlar. Poligon modellerin görselleştirme için hesaplanması kolaydır. Ancak eğrisel yüzeylerin oluşturulmasında pek çok kk poligon kullanarak yüzeyleri böler ve gerçekte olmayan görsel bir benzetim yapar. Yüzeyler pürüzsüz değil kk üçgenler ve poligonlardan oluşan bir ağdır. Poligon modellemenin çok yaygın bir kullanımı bulunmaktadır. (Resim 10)

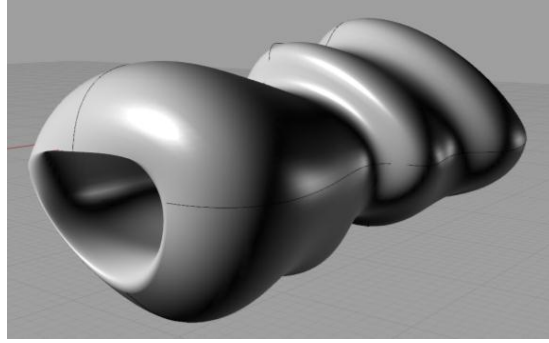
⁷³Aynı, s.187



Resim 10 Poligon modelleme ile modellenmiş iki küre, küreyi oluşturan üçgenler ve çizgiler(solda), üçgenlerin yumuşatılmasıyla oluşturulmuş pürüzsüz yüzeyli benzetim(sağda)

Mehmet Ali ALTIN, 3DS Max yazılımında hazırlanmıştır.

NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline) modelleme modeli noktaların yerine eğrilerin oluşturduğu bir ağ olarak üretir. Bu şekilde, eğrisel geometrilerin oluşturulması için üçgenleme yapılması gerekliliği ortadan kalkar. Modeller her ölçekte aynı eğriselliğe ve yumuşaklık düzeyine sahiptirler. Bu modelleme tekniği organik formların modellenmesinde daha uygun bir tekniktir. (Resim 11)

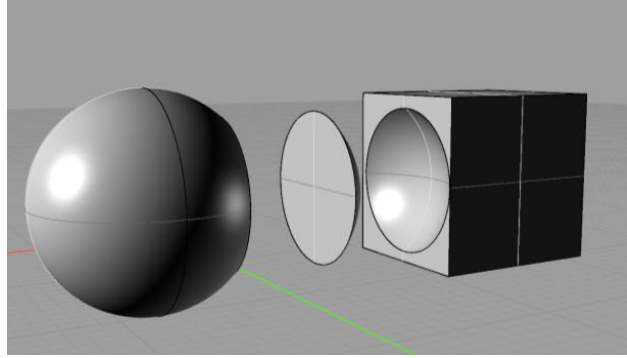


Resim 11 NURBS ile modellenmiş organik formu oluşturan eğriler formun üzerinde görülüyor.

Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros yazılımında hazırlanmıştır.

Basit geometrik formların modellenmesi (*solid modeling*) tekniğinde küp, silindir, küre gibi basit formların bileşim, kesişim ve çıkartma işlemleri ile farklı formlara

dönüştürülmesi benimsenir. Bu modelleme yöntemi teknik uygulamalara daha müsaitken, organik formların yaratılmasında çok etkili değildir⁷⁴. (Resim 12)



Resim 12Basit geometrik şekiller olan küpten kürenin çıkarılmasıyla elde edilen yeni form ve iki formun arasında kesişimlerinden oluşan üçüncü form görünümü.

Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros yazılımında hazırlanmıştır.

Pek çok modelleme yazılımı bahsedilen teknikleri kullanmak üzere farklı araçlar sunar. Bu araçlar yardımıyla modeller kısmen elle, kısmen otomatik olarak üretilir.

3.3.3. Bilgisayar modellerinin üretim için kullanımı

Görselleştirme ve simülasyon dışında 3 boyutlu modeller üretim verileri elde etmek üzere de kullanılabilirler. Üretim verisi elde etmek üzere kullanılacak 3 boyutlu modeller görselleştirme amaçlı olarak üretilmiş olanlardan farklıdır. Bu fark görselleştirme amacıyla üretilmiş modellerin yaratılmasında bilgisayarın hesaplama gücü ve bu hesaplama ayrılacak zaman göz önünde bulundurularak, bir yaklaşım mantığının benimsenmiş olmasıdır. Bu durum en çok poligon modellerde ortaya çıkar. Bu sebeple, katı modeller ve NURBS'ler üretim verisi oluşturulmasında çok daha uygun modelleme yöntemleridir ve bu amaçla kullanılan pek çok yazılım da bu yöntemleri tercih etmektedir.

⁷⁴ Simon Danaher, **Digital 3D Design**, (Cambridge: ILEX, 2004), s.80

“Mimarlık ve iç mimarlık alanında yoğun olarak tercih edilen *AutoCAD* yazılımı özellikle 2 boyutlu çizimlerin hız ve kolaylıkla gerçekleştirilmesi için kullanılır. Bu yazılımlar, çizimleri çizgi, yay, spline gibi birimlerle oluşturdukları için birim tabanlı yazılımlar olarak sınıflanırlar. Bu tür yazılımların çıktıları çoğunlukla kağıt üzerindedir. Bu sebeple ölçülendirme ve yazı özellikleri kapsamlıdır. Birim tabanlı yazılımların şekilleri 2 boyutlu çizgi formatında gösterebilme kabiliyetleri, levha malzemeler üzerine CNC kesimler yapılabilmesine ya da 2 boyutlu frezelemede kullanılabilmesine olanak tanır. Özellikle *AutoCAD*, 2 boyutlu CNC cihazlara veri aktarımında gerekli olan *G-code*’lerinin oluşturulması için çizimlerin yapıldığı ortam olarak sıklıkla kullanılır⁷⁵.”

“*CAD* yazılımları arasında en gelişmiş özelliklere sahip olduğu söylenebilecek yazılımlar tasarım geliştirme yazılımlarıdır. Bu yazılımlar, çok gelişmiş modelleme tekniklerini barındırırlar. Böylece çok karmaşık yüzeylerin matematiksel bütünlük içinde modellenbilmesi mümkün hale gelir. En çok kullanıldıkları havacılık, otomotiv ve endüstriyel tasarım alanlarında bu tür karmaşık yüzeyler sıklıkla talep edilir. Katı modeller olarak üretilen modellerin ağırlık merkezleri bilindiği için mühendislik hesaplamalarında ve simülasyonlarda kullanılabilir. Bu türde yazılımlar pek çok uzmanın bir arada çalışabileceği platformlar sunar ve çok büyük projeleri yönetmeyi kolaylaştırır. Tasarım geliştirme yazılımları, tasarımdan üretime kadar tüm süreci kontrol altında tutarak, yazılım eklentileriyle yapısal analizler üretir üretim kalıplarının ve CNC cihazlarına aktarılacak üretim verilerinin oluşturulmasında da kullanılır⁷⁶.”

Modelleme yönteminin seçimi üretim stratejisinden ve üretim tekniklerinden de etkilenmektedir. Bu sebeple belli bir modelleme tekniğinin tüm üretim yöntemleri için iyi sonuçlar ortaya koyması beklenemez. Tasarlana forma uygun üretim stratejisinin seçimi ardından uygun modelleme yöntemiyle üretim verilerinin elde edilmesi izlenmesi gereken yoldur.

3.3.4. Farklı yazılımlar arasında veri paylaşımı ve veri formatları

CAD yazılımları farklı alanlar için özelleşerek, farklı yöntemlerle farklı amaçlara hitap eden modeller oluştursalar da hepsi aynı platform olan bilgisayar üzerinde çalıştıkları için birbirleri ile iletişime geçmeye ve ortak çalışmaya ihtiyaç duyarlar. Pek çok *CAD*

⁷⁵ Daniel Schodek, *A.g.e.* s.184

⁷⁶ Aynı s. 185

yazılımı içe veri almak ve dışarıya veri aktarmak üzere bir takım dosya formatlarını benimsemiştir. Bu dosya formatlarını tanıyan diğer yazılımlar, dışa veri aktarmış olan yazılımın verdiği veriyi içe aktararak üzerinde değişiklikler yapmak üzere tümünden ya da parça olarak kullanabilir.

Herhangi bir CAD yazılımında tasarlanan bir modelin bir başka CAD ya da CAM yazılımında kullanılmasına ihtiyaç duyulduğunda, belli bir takım veri formatlarıyla iletişim kurmaları gerekmektedir. Yazılımların ürettiği farklı formatlardaki dosyalar bir yazılımın diğer bir yazılımın dilini anlamasını sağlar. Pek çok alana özelleşmiş yüzlerce CAD/CAM yazılımı olduğu düşünülürse, her yazılımın bir diğerinin veri formatını tanıması olanaksızdır. Bu sebeple, bazıları piyasaya daha önce girdiği için, bazıları başka formatların sunmadığı özellikleri barındırdığı için belli başlı veri formatları pek çok yazılım tarafından veri paylaşımı için kabul görmüştür. Her yazılımın yapılan çalışmayı tekrar kullanmak üzere saklayabildiği bir veri kayıt formatı mevcuttur. Bu format çoğunlukla, o yazılım içinde yaratılabilecek tüm nesnelere ve yöntemleri destekler. Yazılımların kayıt formatları dışında yazılımlar arası veri paylaşımını sağlamak üzere yazılımlar ve özelliklerinden bağımsız olarak ortaya çıkmış veri formatları da vardır. Veri formatları asıl olarak belli yoğunlukta ve özellikte verinin aktarımını hedefler. Bir nesnenin modellenmesindeki aşamalardan, parametrik özelliklerinden çok yalnızca modelin aktarımı birincil amaçtır. Kaydedilen veri hedef yazılımda açılarak kısmen ya da bütün olarak kullanılabilir. Kaynak yazılımda kaydedilen veriler bir genelleştirmeye tabi tutularak tekrar yorumlandıkları için, modellerin yaratılmasındaki teknik verileri, hiyerarşi yapılarını, parametrik özellikleri içermez. Bu sebeple, hedef yazılımda aktarılan modellerin tekrar işlenmesi ve yorumlanması çoğunlukla gereklidir.

3.4. Betikler (Script)

Betikler, farklı programlama dillerinde programlanmış uygulamalarda, uygulamanın işleyişi sırasında uygulamanın çekirdek programlama yapısından bağımsız olarak uygulama içinde dinamik değişimler yapmaya olanak sağlayan ve genellikle o programın yazıldığı programlama dilinden farklı bir dile sahip programlama dilidir.

Betikler, bağılı bulunduğu uygulama üzerinde çalışır ve hedef kullanıcıları uygulamanın programcıları değil uygulamanın son kullanıcılarıdır. Betikler uygulamaların, eksik kalan yerlerinin kullanıcıları tarafından doldurulması ya da uygulamanın kullanıcının ihtiyaçlarına göre esnetilerek özelleştirilmesi için kullanılır.

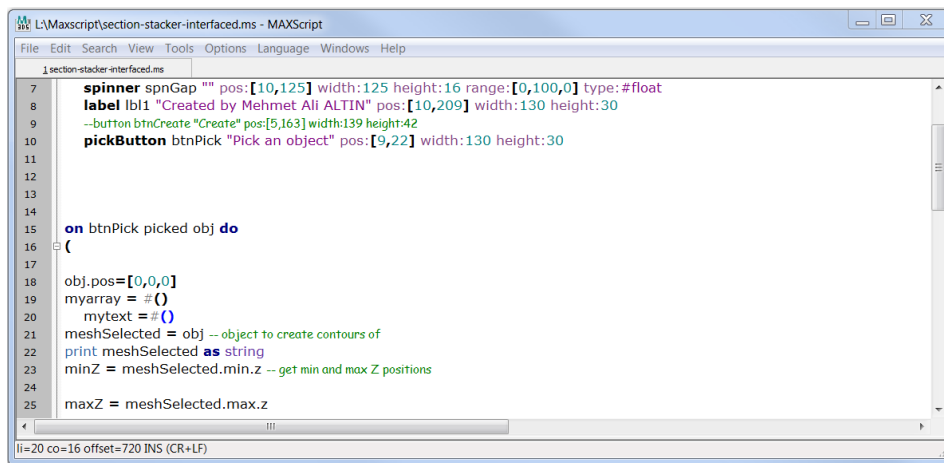
Pek çok CAD yazılımı betikler ile kullanıcının, uygulamayı kendi ihtiyaçları doğrultusunda geliştirmeleri için olanak sunar. Betikler uygulamanın programcıları için değil, kullanıcıları için oluşturulduğundan anlaması kolay ve uygulamanın içeriğinde var olan komutları içerir. CAD yazılımlarının çoğunda betikle uygulamanın kontrolüne olanak sağlanır. *AutoCAD* için *AutoLISP*, *3DSMax* için *Maxscript*, *Rhinoceros* için *RhinoScript* ve *Grasshopper*, *Maya* için *MEL* bunlara örnek verilebilir.

Betikler yardımıyla CAD yazılımları üretim için tasarım yapılabilir bir platform haline getirilebilir. Örnek olarak, *3DSMax* yazılımında tasarlanan bir modelin kesitlere bölünmesi şu aşamaları içerir:

- Modeli oluştur.
- Modeli ölç.
- Kesit platformunu yarat.
- Platformu modelin sıfır noktasına konumlandır.
- Model yüksekliğini kesit sayısına böl ve kesitler arası mesafeyi bul.
- Platformu sıfır noktasından kesit arası mesafe kadar hareket ettir. Kesit sayısı kadar kopyala.
- Her bir kopya platformu seç, kesit yarat düğmesine bas.
- Üst üste dizilen kesitleri, teker teker seç, tek bir düzlem üzerinde yan yana sırala.
- Her bir kesiti teker teker numarala.

Tüm bu süreç kesit sayısı az olduğunda sorun yaratmadan uygulanabilir. Ancak kesit sayısının çok fazla olduğu durumlarda, defalarca tekrarlanacak olan aynı fare hareketleri ile süre uzayacaktır ve birbirine benzeyen işlemler sırasından hata yapma olasılığı artacaktır.

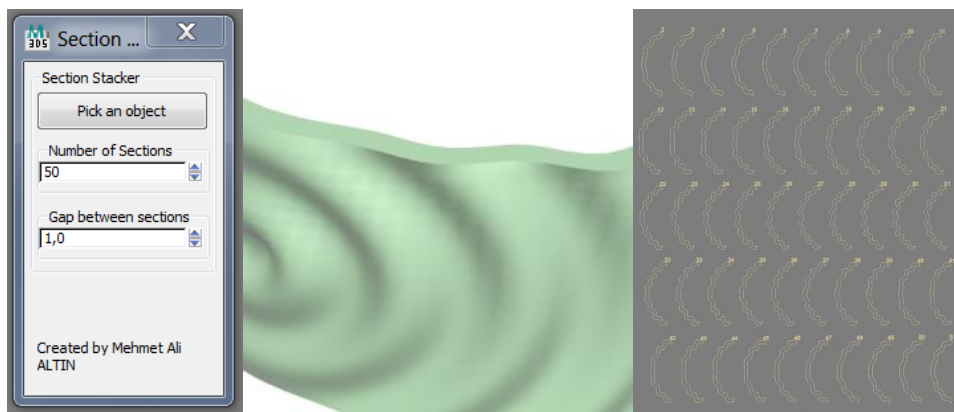
Kesitlerin oluşturulması için bir betik oluşturularak tüm bu işlem otomatik hale getirilebilir. Betiklerin yazılmasında, yukarıda satırlar halinde verilen emirlerden faydalanılır. Bu emirler, betik programının algoritmasıdır. “Algoritma”, bir sorunu çözebilmek için gerekli olan sıralı mantıksal adımların tümüne denir⁷⁷.” Algoritma içinde üç boyutlu model, kesit sayısı gibi kullanıcı tarafından verilmesi gereken bazı değerler bulunmaktadır. Bu değerlerin değişimi ile elde edilen sonuç da değişecektir. (Resim 13)



```

1 section-stacker-interfaced.ms
7 spinner spnGap "" pos:[10,125] width:125 height:16 range:[0,100,0] type:#float
8 label lbl1 "Created by Mehmet Ali ALTIN" pos:[10,209] width:130 height:30
9 --button btnCreate "Create" pos:[5,163] width:139 height:42
10 pickButton btnPick "Pick an object" pos:[9,22] width:130 height:30
11
12
13
14
15 on btnPick picked obj do
16 (
17
18 obj.pos=[0,0,0]
19 myarray = #()
20 mytext = #()
21 meshSelected = obj -- object to create contours of
22 print meshSelected as string
23 minZ = meshSelected.min.z -- get min and max Z positions
24
25 maxZ = meshSelected.max.z

```

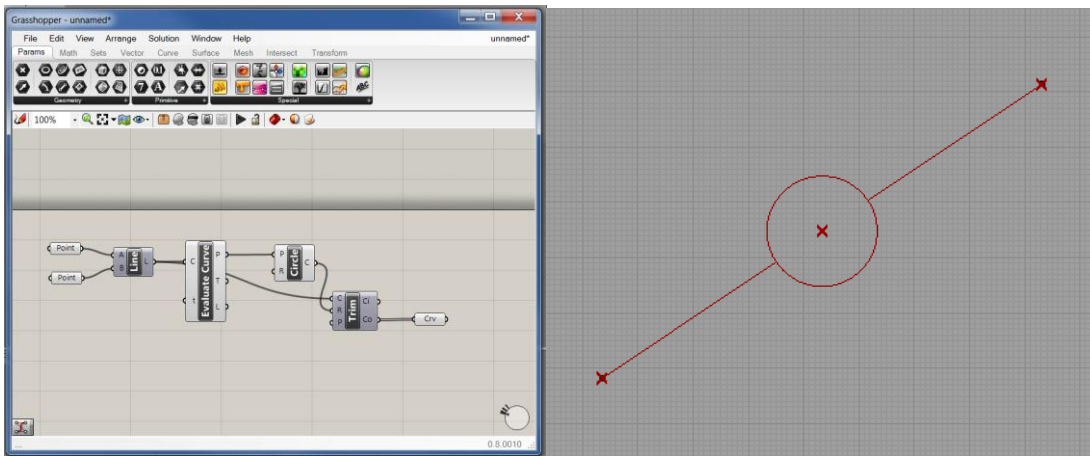


Resim 13Maxscript’le hazırlanmış kesit alma betiğiara yüzü, kesiti alınan model ve kesitler.

Mehmet Ali ALTIN, 3dsMax programında hazırlanmıştır.

⁷⁷ Teber Özceyhan, **Programlamaya Giriş ve Algoritmalar Ders Notları**, (2007), s.8 <http://web.inonu.edu.tr/~tozceyhan/pdfs/ALG%28Belge%29.pdf> adresindeki web sayfasından 15.07.2011 tarihinde alınmıştır.

CAD uygulamalarında betik yazımı her ne kadar uygulamanın kullanıcısı hedeflenerek kolaylaştırılmış olsa da kullanıcının uygulama operatörlüğünün ötesinde bilgilere ihtiyacı vardır. Bunlar programlamanın temellerini içerir. Bu durum bile pek çok kullanıcının bu alana ilgi göstermesini engeller. CAD yazılımlarının hemen hepsi artık standart hale gelen grafik ara yüzlerde düğmeler, ikonlar ve farenin hareketleriyle çalışır ya da bu sistemi destekler. Betik yazımı ise klavye ile komut girişine dayanır. *Rhinoceros* yazılımı, *Grasshopper* eklentisiyle betik yazımını grafik bir ara yüzde, ikonların, düğmelerin birbirine bağlandığı bir sisteme dönüştürmüştür. (Resim 14) Bu şekilde yaratılan programın akışı daha anlaşılır hale gelir, kullanılacak komutlar düğmeler şeklinde sıralı olduğu için yazım hatalarından kaynaklı program hataları engellenir, komutların ezberlenmesi gereksiz hale gelir.



Resim 14Grasshopper eklentisinin ara yüzü ve betikle Rhinoceros 'ta elde edilen çizim.

Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros yazılımında Grasshopper eklentisi ile hazırlanmıştır.

Betikler, tasarım yapılan CAD yazılımını üretim için benimsenen tasarım stratejisine uygun hale getirmek üzere yol açıcudur. Betikler CAD uygulamalarının çekirdek programından bağımsız eklentiler olduğu için tıpkı CAD verileri gibi paylaşılabilir ve içeriğine müdahale edilebilir. Bu sebeple, farklı üretim stratejilerinin CAD ortamında gelişiminde yararlanılan betikler internet ortamındaki paylaşım platformlarında açık kaynak kodlu olarak paylaşılır ve gelişim teşvik edilir. Bu paylaşım platformlarında herhangi bir tasarım-üretim problemi için başkasının paylaştığı bir betik içinde kısmi değişiklikler yapılarak özgün problemlere uygun hale getirilebilir.

3.5. Bilgisayar destekli üretimle yapı bileşeni tasarımında yeni tektonikler

“...Kenneth Frampton’un tanımıyla tektonikler, inşa teknolojisini, tasarımın bir bileşeni olacak ve ona form verecek şekilde ortaya koyma sanatıdır.... Bir binanın tektoniklerini üç ana faktör etkiler: malzeme, alet, bir başka deyişle malzemeyle çalışmanın olası yolları ve tasarım. Bilgisayarlar, malzemenin işlenmesinde ve tasarımda kökten değişimlere sebep olmuştur⁷⁸ ...”

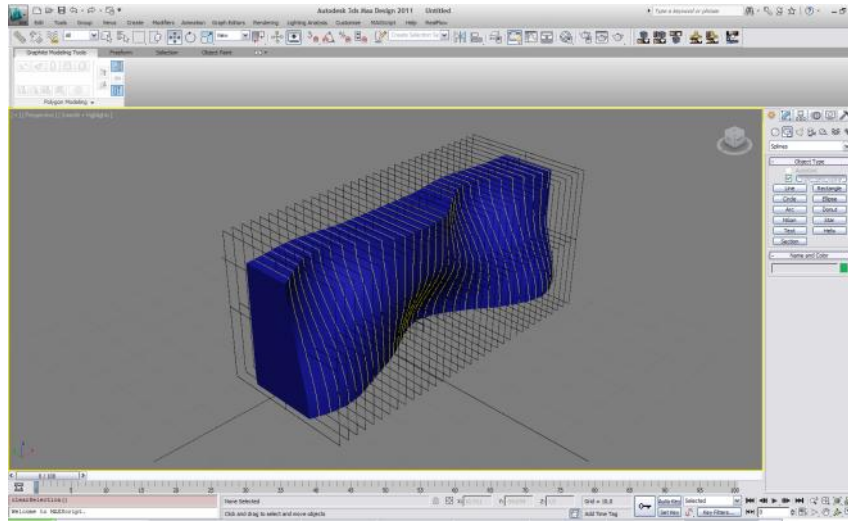
Bilgisayar destekli endüstriyel üretim teknikleri pek çok farklı alanda olanaklar sunmaktadır ve bunun yanında hızla gelişmeye devam ederek daha önce var olmadığı alanlara da girmektedir. Bu durum, yapı tasarımı ve üretimi alanı gibi pek çok endüstri alanının ürünlerinden faydalanabilen çoklu disiplinli çalışmaların gerektiği alanlarda çalışma evrenini sınırsız bir duruma getirmektedir. Bu evrenin sınırlanabilmesi ve kategorilere ayrılarak yeni stratejiler belirlenebilmesi ihtiyacı, yapı tasarımında ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretim çatısı altında uygulanmış örnekler, CAD/CAM yazılımlarının ve bilgisayar destekli üretim cihazlarının çalışma stratejileri, işlenebilen malzemeler üzerinden yeni tektoniklerin ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Bu tektonikler, tuğla bir duvarın inşasında gerekli olan tasarım ve üretim bilgisi, işgücü, malzeme ve teknolojinin bilgisayar destekli tasarım ve üretimdeki karşılığını ifade etmektedir.

Yapı tasarımında bilgisayar destekli üretimle yapı bileşeni tasarımında yeni tektonikler başlığı altında ele alınan sınıflandırmabüyük oranda Lisa Iwamoto’nun, “Digital Fabrications, Architectural and Material Techniques” adlı kitabındaki sınıflandırmadanyola çıkılarak ortaya konulmuştur. Iwamoto’nun ortaya koyduğu beş tektonik, literatür taraması sonucu elde edilen özgün iç mekan bileşeni tasarımı ve üretimi için uygun örneklerin tasarım ve üretim süreçleri üzerinde yapılandırılmalarıyla desteklenmeye çalışılmıştır.

⁷⁸ Hermann Kaufmann, Nerdinger Willfred ve diğerleri, **Building with timber paths into the future**, (Münih, Almanya: Prestel Verlag, 2011), s.56.

3.5.1. Kesit Alma

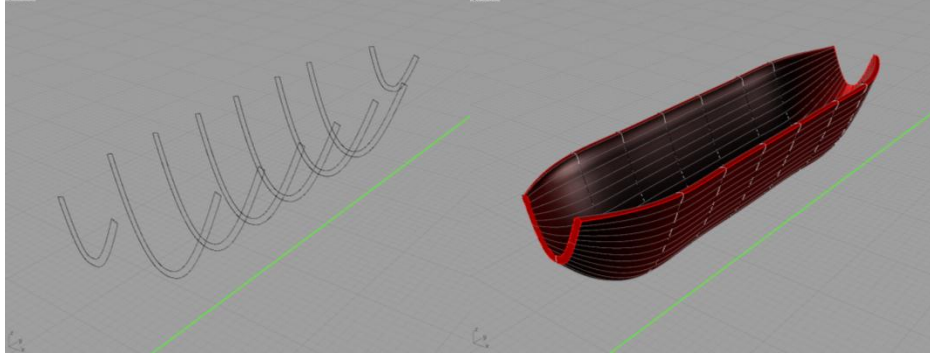
Plan ve kesitler gibi ortografik gösterimler mimarların başvurduğu en kıymetli temsil araçlarıdır. Kesit alma yöntemi, yüzeylerin kendisini inşa etmek yerine, bir dizi profilin yüzeyi takip eden cidarlarını kullanır. Modelleme yazılımlarının kesit alma komutlarıyla bilgisayar modelleri üzerinde, belirli aralıklarla, çok hızlı bir şekilde kesitler alınabilmektedir. (Resim 15)



Resim 15 3DS Max yazılımında 3 boyutlu bir modelin kesitlere bölünmesi

Mehmet Ali ALTIN, 3DS Max yazılımında 24.02.2011 tarihinde hazırlanmıştır.

Sayısal üretim teknikleri alanında yer almasına karşın, kesit almanın üretim alanında uzun bir tarihi vardır. Uçak ve gemi üretiminde, üretilmiş formların çift eğrili yüzeylerinin yapımında sıklıkla kullanılmaktadır. Uçak ya da gemi iskeletleri öncelikle kaburgalar şeklinde kesitlerden oluşturulur ve ardından yüzey malzemesi ile giydirilir. Gemi yapımı alanında, eğrisel kesitler üzerine giydirilmiş yüzeyi ifade eden İngilizce “loft” terimi, modelleme yazılımlarına da analogik olarak aktarılmıştır. Loft terimi bu yazılımlarda eğri ya da doğru bir çizgi boyunca yerleştirilmiş kesitlerin üzerine yüzeylerin örülmesini ifade eder. (Resim 16)



Resim 16Loft tekniği ile yüzey geometrisinin oluşturulması

Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros yazılımında 07.08.2011 tarihinde hazırlanmıştır.

Kesit alma yöntemiyle ortaya çıkan teknikler:

- kaburga oluşturma,
- laminasyon,
- paralel istifleme ve
- gofret ızgaradır (waffle grid).

Laminasyon uygulamalarında kesitler levha malzemelerden kesilerek aralarında boşluk kalmayacak şekilde birleştirilir. Çoğunlukla birbirlerine yapıştırılırlar. Laminasyon uygulamalarında, tasarımın yapıldığı yazılımda kesitler oluşturulurken kesit düzlemi malzeme kalınlığı kadar hareket ettirilir. Yapıştırma işlemi uygulanacağı için elde edilen ince katmanların oluşturacağı taraklı yüzeyler, ardıl işlemlere tabi tutulur. Bu işlemlerden birisi 3 eksenli freze ile yüzeylerin düzeltilmesidir. (Resim 17)

Bir başka teknik olan paralel istiflemeye kullanılacak kesit sayısı yaratılacak geometrinin karmaşıklığı arttıkça artar. Kesitlerin kenarlarıyla yüzey geometrisinin gösterilmesi için de kesit alma tekniği malzeme tektonikleriyle form ilişkisinin vurgulanmasında yardımcı olmaktadır⁷⁹.

⁷⁹ Lisa Iwamoto, **Digital fabrications, Architectural and Material Techniques**, (New York: Princeton Architectural Press, 2009), s.12



Resim 17KPF architects tarafından tasarlanan ve SITU Studio tarafından uygulanan lobi mobilyaları üretiminde kesit alma laminasyon tekniği ile kullanılmıştır.

http://www.situstudio.com/fabrication/#casestudies/architecture/architecture/01_ojs adresindeki web sayfasından 09.08.2011 tarihinde alınmıştır.

Elde edilecek 3 boyutlu form mümkün olan en ince 2 boyutlu levha malzemedен, en fazla sayıda kesit oluşturularak üst üste istifleme yoluyla üretilebilir. Bu üretim izohips eğrilerini kesit çizgileri kabul eden arazi maketlerinin üretimine benzemektedir. Bu üretim ile katı bir form elde edilir ve kesitlerin elde edildiği malzemenin kalınlığı ne kadar az olursa sayısal modelle inşa edilen modelin benzerliği o kadar fazla olur. Ancak

bu yöntem malzeme kullanımını açısından ekonomik bir çözüm değildir. Ayrıca kesit sayısı arttıkça, bileşen sayısı dolayısıyla bu kesitleri bir araya getirecek iş gücü ihtiyacı da artar.

Martti Kalliala, Esa Ruskepää'nın Martin Lukasczyk ile birlikte 2005 yılında Helsinki, Sanat ve Tasarım Üniversitesinde ürettikleri Mafoombey isimli proje bir iç mimari projede yatay istiflemeye örnek verilebilir. 2,5 metre küplük bir hacme sahip proje oluklu mukavva plakalar üzerine 3 boyutlu tasarım yazılımlarından elde edilen kesitlerin işlenmesi ve üstüste istiflenmesiyle oluşturulmuştur. 360 katmandan oluşan kütle hafif olduğu için taşınması kolay parçaların üst üste yapıştırıcı kullanmadan istiflenmesiyle elde edilmiştir⁸⁰. (Resim 18)



Resim 18Mafoombey uygulaması

Fotoğraf: **Timo Wright**, Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s.23,24' teki resimler.

3 boyutlu sayısal model üzerinde kesitleri daha az sayıda ve daha geniş aralıklarla elde ederek, malzeme sarfiyatında ekonomiyeye gidilebilir. Kesitler aralıkları daha geniş olarak yerleştirilir. Sonuç olarak boşluklu bir yapı ortaya çıksa da ulaşılması planlanan formu ortaya çıkarmak mümkündür. Dolu-boş olarak devam eden bu paralel kesitler, perspektifi, ışık ve gölge ile ritmi güçlendirir. (Resim 19)

⁸⁰ Aynı, s.22



Resim 19LADG tarafından tasarlananboşluklu paralel istifleme örneği oturma elemanları

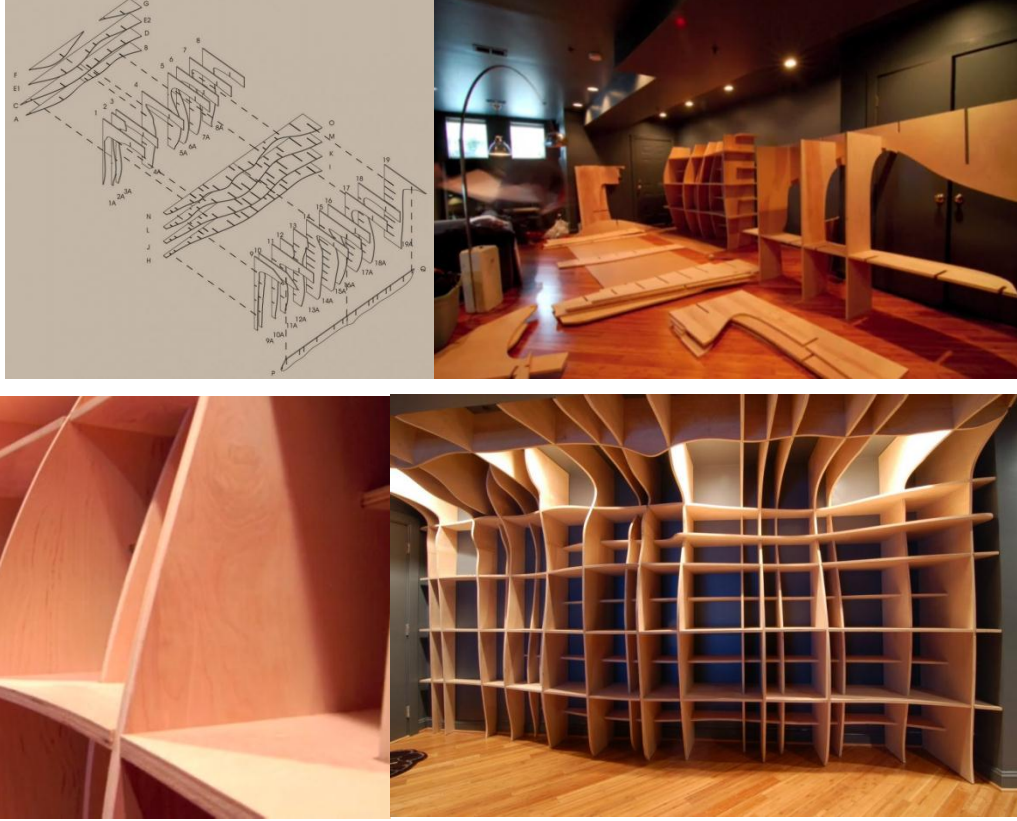
<http://theladg.com/projects/built/mercantile-lofts/> adresindeki web sitesinden 09.08.2011 tarihinde alınmıştır.

Bir diğer yöntem ise kesitlerin iki farklı eksende alınması ve birbiri içine geçirilerek formun oluşturulmasıdır. Gofret Izgara (waffle grid) olarak da bilinen bu yöntemle kendi başına ayakta duran formlar yaratmak mümkündür. Her iki eksende elde edilen kesitlerle 3 boyutlu form çok daha az malzeme harcanarak çok daha belirgin biçimde ortaya çıkarılabilir. Gofret ızgara tekniği ile birbirine kilitlenen kesitler taşıyıcılık da kazanmaktadır.Gofret ızgara tekniği iki eksende birbiri içine girebilen kesitlerden oluştuğu için bu kesitlerin birleşiminden elde edilen küçük boşluklar raf gibi faydalı boşluklar oluşturabilir. Böylece hem formu oluşturmak hem strüktürel kararlılığısağlamak, hem de işlevsel olarak hizmet etmek üzere kullanılabilirler⁸¹.

Kesit alma yöntemi bilgisayarların sunduğu olanaklarla, tasarım aşamasında elle çizimi, üretim aşamasında ise konvansiyonel aletlerle şekillendirilmesi olanaksızformların ortaya çıkarılmasında kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle iç mekan tasarımında yaratıcı

⁸¹ Aynı, s. 14

formlara sahip depolama hacimleri, asma tavan, bölücü eleman ve aydınlatma gibi başlıklar altında sayısız iç mekan donatısı için potansiyel sunmaktadır. (Resim 20)



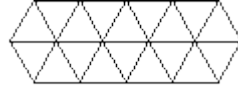
Resim 20dBd Studio tarafından gofret ızgara tekniğiyle tasarlanan ve uygulanan duvar depolama ünitesi

<http://www.dbdstudiollc.com> adresindeki web sayfasından 09.08.2011 tarihinde alınmıştır.

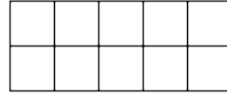
Kesit alma çoğunlukla ahşap kompozit ya da plastik gibi belli kalınlığa sahip levha malzemelerin 2 boyutlu işlemlerle kesilmesi ve birleştirilmesiyle oluşturulur. Bu sebeple bu tekniğin uygulanmasında 2,5 eksenli CNC cihazlar (2,5 eksenli CNC cihazlar, x ve y eksenlerinde yatay hareket gerçekleştiren ve z ekseninde delme, kesme gibi işlem ucunun tek seferde gerçekleştirdiği z ekseninde bağımsız hareketlere olana tanımayan cihazlardır.) tercih edilir. Frezeleme ya da LASER ile kesim kesit alma tekniğinde elde edilecek parçalar için uygun üretim yöntemleridir.

3.5.2. Mozaikleme

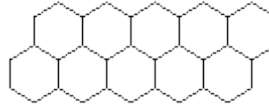
Mozaikleme birden çok parçanın bir form yaratmak üzere aralarında boşluk kalmayacak ve üst üste binmeyecek şekilde bir araya getirilmesi demektir⁸². Düzgün bir mozaikleme düzgün poligonların bir araya gelmesi ile oluşur. Düzgün poligonlar, eş kenarlı ve eş açılı poligonlardır. Öklid düzleminde sadece eşkenar üçgen, kare ve altıgenler bir araya gelerek bir düzlemi oluşturabilir. (Şekil 8)



Eşkenar üçgenlerden oluşan mozaikleme



Karelerden oluşan mozaikleme



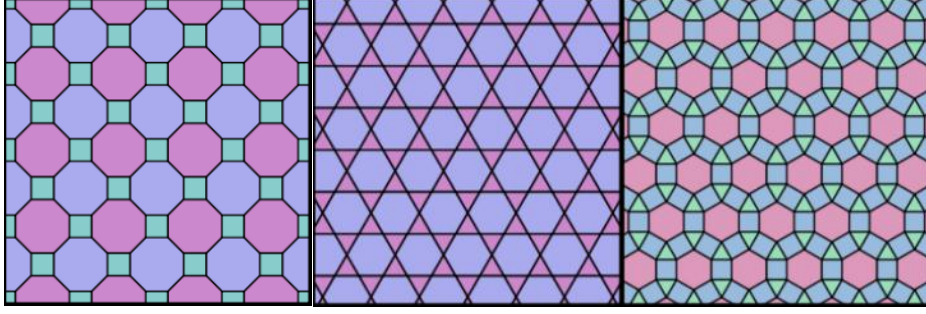
Altıgenlerden oluşan mozaikleme

Şekil 8 Öklid düzlemindeki düzgün mozaikleme çeşitleri

Math Forum, What is Tesselation?, <http://mathforum.org/sum95/suzanne/whattess.html> adresindeki web sitesinden 30.11.2010 tarihinde alıntılanmış, Türkçe 'ye çevrilerek uyarlanmıştır.

Farklı poligonların bir araya gelmesiyle ise yarı-düzgün mozaiklemeler ortaya çıkar. Bu türden mozaiklemelerde poligonlar çoğunlukla tekrar eden bir motif oluşturarak bir araya gelirler ve aralarında boşluk olmadan ve üst üste binmeden bir düzlemi doldurabilirler. (Şekil 9)

⁸² Math Forum, **What is tessellation** <http://mathforum.org/sum95/suzanne/whattess.html> adresindeki web sitesinden, 30.11.2010 tarihinde alıntı yapılmıştır.



Şekil 9 Yarı-düzgün mozaikleme örnekleri

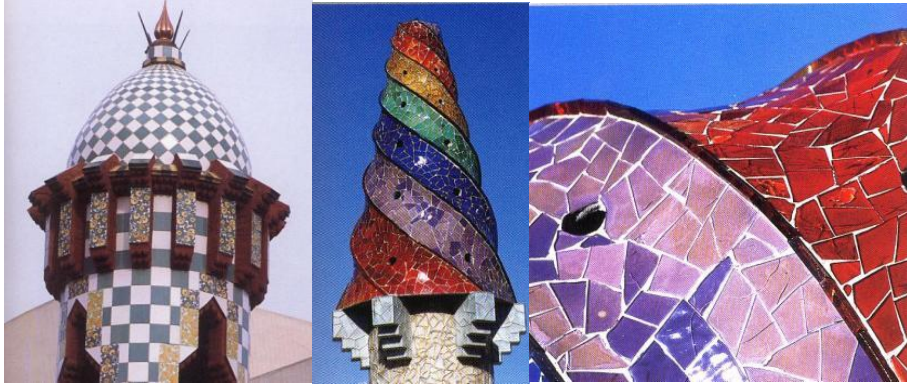
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_uniform_tilings adresindeki web sayfasından 08.12.2010 tarihinde alınmıştır.

Mozaikleme kağıt üzerindeki çizimlerle ve matematiksel olarak yukarıdaki gibi ifade edilirken, pratik anlamda pek çok uygulama alanı bulmaktadır. Kaldırımlarda kullanılan taşlar, pek çok dini yapının farklı renkli ve şekilli cam parçalarından oluşan vitrayları, yoğun iş gücü ve beceri kullanılarak mozaiklemeyle oluşturulmuştur. Mimarlar, özellikle büyük yüzeylerin küçük ebatlı ve eş formlu malzemelerle kaplandığı, tuğla duvarlarda, seramik kaplı zeminlerde farklı motifler oluşturmak için mozaikleme yönteminden faydalanmışlardır. Bu durum iki boyutlu yüzeylerin kaplanmasında görsel değeri yükselten motiflerin oluşturulması yanında, İslam sanatında özellikle bina cephelerinde ve iç mekan yüzeylerindeki taş oymacılığında da göze çarpmaktadır. 2 boyutlu yüzeyler yanında, 3 boyutlu formların oluşturulmasında da mozaikleme 3 boyutlu şekillerin belli düzen içinde bir araya getirilmesiyle uygulama alanı bulmuştur. Camilerdeki mihraplar bunlara örnek verilebilir.

Yukarıda bahsedilen şekliyle ele alınan 2 boyutlu ya da 3 boyutlu mozaikleme uygulamalarında göze çarpan en belirgin özellik, malzemeye şekil vermede karşılaşılan güçlükler nedeniyle belli bir kaç formun tekrarından büyük bir motifin oluşturulmaya çalışılmasıdır. Kalıpla ya da şablonla üretilen parçalar aynı ölçüde ve formda ortaya çıkarıldığı için mozaikleme yöntemiyle uygulamada birim tekrarından kaynaklı bir üretim kolaylığı sağlamaktadır. Bu durum özellikle 3 boyutlu formların mozaikleme yoluyla kabuk oluşturacak şekilde üretiminde zorluklar ortaya çıkarmaktadır. 3 boyutlu formlar organik şekilli ve kuralsız bir takım geometrik şekiller olduğunda bu formları mozaikleme yoluyla üretmek üzere kullanılan mozaik parçalarının şekil olarak farklılaşması zorunluluk halini alır. Çoğu zaman bu parçalar tekil parçalar olmak

zorundadır ki bu durumda binlerce parçanın farklı form ve ölçüye göre tekil olarak şekillendirilmesi, bu farklı parçaların bir araya getirilmesi zorunluluğu elle üretimi imkansız hale getirmektedir.

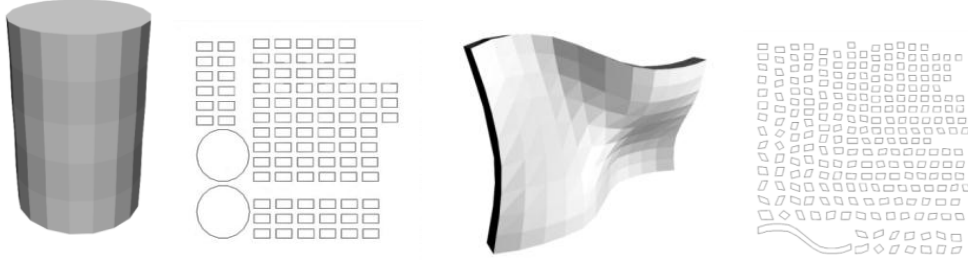
3 boyutlu formların mozaikleme yoluyla üretilmesi için ünlü İspanyol Mimar Gaudi'nin eserleri bir örnek oluşturabilir. Art Nouveau akımının önemli eserlerini tasarlayan mimar, organik formların yer aldığı yapılarının hem dış hem de iç cephelerinde seramik karoları yaratıcı biçimde kullanmıştır. Gaudi küre, silindir gibi kurallı ancak mozaikleme güç formlar yanında tamamen kuralsız organik formları da mozaikleme yöntemini kullanarak kaplamıştır. Gaudi'nin kuralsız formları seramik karolarla kaplarken eşit olmayan küçük üçgenlere bölmüş olması, bunun yanında kurallı formları kaplarken birbirinin eşi gibi gözüken dörtgenleri kullanmış olması mozaikleme yönteminin o dönemdeki farklı geometrik şekiller üzerindeki uygulamasına bir örnek teşkil eder. (Resim 21)



Resim 21 Gaudi'nin Casa Vicens'te yarattığı kuralı geometriye sahip küresel formu kulenin çatısını eş formda kare seramiklerle kapladığı görülmektedir (solda). Güell Sarayı'ndaki burgulu kuralı geometriye sahip bu baca ise birbirinden farklı forma sahip üçgen ve dörtgen seramiklerle kaplanmıştır. (ortada- detayı sağda).
Marina R. Eguaras Etchetto, **Antonio Gaudi Complete Works**, (Evergreen, Köln:2009), s.71, 207,206'daki resimler.

3 boyutlu bilgisayar modelleri, eskiden yoğun işgücü, beceri ve zaman gerektiren mozaikleme tekniğini farklı bir boyuta taşımıştır. 3 Boyutlu modelleme yazılımlarında tasarlanan formların ekranda görselleştirilebilmesi için eğrisel yüzeylerin üçgenlere ya da dörtgenlere bölünerek yaklaşık bir form oluşturulması sıklıkla izlenen bir yoldur. (Resim 22) Tessellation kelimesi, 3 boyutlu poligon modellemede formların daha küçük poligonlara bölünerek eğri olmayan yüzeylerden bir ağ oluşturulması, böylece bütün

olarak eğrisel olan yüzeylerin düzgün yüzeylerden meydana getirilmesini ifade eden bir terimdir.



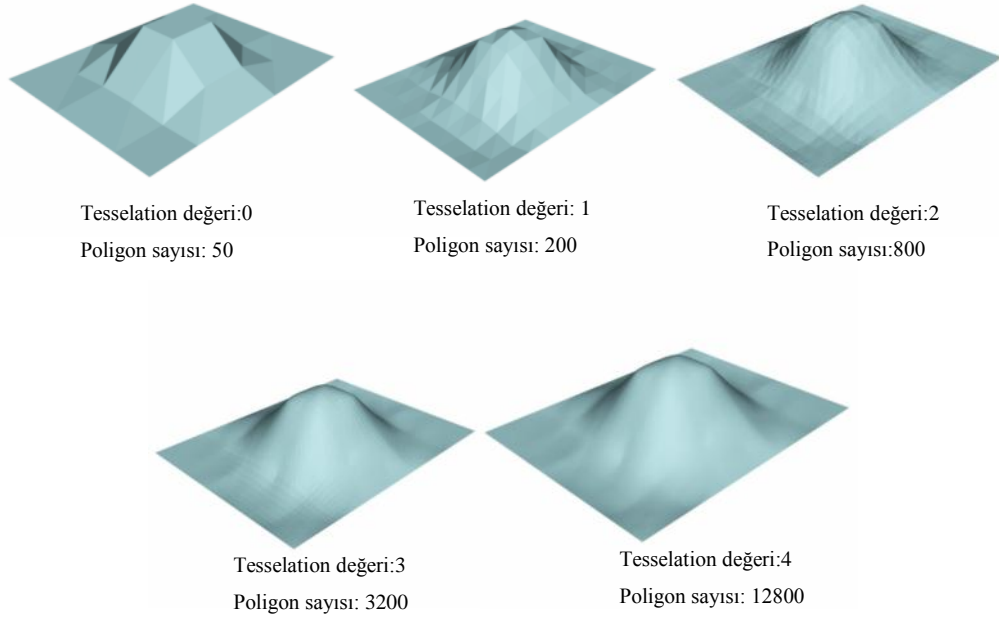
Resim 22 Kurallı bir form olan silindir mozaiklendiği zaman birbirinin eşi poligonlar meydana gelir(solda), kurlsız bir formun parçaları ise çoğunlukla birbirinden tamamen farklı ölçü ve şekilde ortaya çıkar(sağda).

Mehmet Ali ALTIN, 3dsmax yazılımında oluşturulmuş 3 boyutlu görselleştirmeler.

Mimari ve iç mimari uygulamalarda eğrisel yüzeylerin üretimi, hem çok zor ve pahalıdır hem de tasarlananla üretilenin ölçü ve geometri olarak farklı olması kaçınılmazdır. Mozaikleme yöntemiyle tek eğrili ya da çift eğrili yüzeyler küçük düzgün poligonlara bölüdüğü için levha malzemelerden üretimi mümkün olabilmektedir. Ancak özellikle çift eğrili formların küçük düzgün poligonlara parçalanması, bu poligonların istenilen malzemedan kesilmesi, çok sayıda parçadan oluşacak poligonların doğru biçimde birleştirilmesi, birleşim için gerekli detayların her poligon için çözümlenmesi elle hesaplama ve üretim için çok karmaşık ve zorlu bir süreci gerektirir ve sonuçların garantisi yoktur. Aktarılan süreçteki karmaşıklıktan ve insan becerisinin sınırlarından kaynaklı hataların ortadan kaldırılması, sonucun tasarıma uygun olması için gereklidir. Bu süreç bilgisayarda tasarlanan formun, bilgisayar ortamında poligonlara ayrılması, birleşme detaylarının bu ortamda hazırlanması, detaylandırılmış haliyle bilgisayar destekli üretim cihazlarına aktararak kesilmesi, katlanması ve pek çok parçadan oluşan karmaşanın düzenlenerek montajın yapılmasını kapsar.

Mozaikleme yöntemiyle üretilecek form bilgisayar ortamında modellenirken, poligonlardan oluşacak yüzeyin, geometriyi algılayacak kadar çok poligona bölünmesi istenir. Teorik olarak bölme işlemleri sonucunda poligon sayısı ne kadar çok artarsa

elde edilen form o kadar pürüzsüz bir görüntüye sahip olur ancak pratik olarak artan poligon sayısı ile birlikte modelleme yapılan bilgisayara yüklenen işlem yükü artar ve formu daha iyi algılayabilmek adına gerekenden çok daha fazla güç harcanır. (Resim 23) Aynı durum modelin fiziksel olarak üretiminde de sorunlar ortaya koyar. Poligon sayısı arttıkça poligonların üretilmesi, birleşim detaylarının hazırlanması, gruplanması, taşınması ve en önemlisi levha malzemeden üretilen poligonların birleştirilmesi için harcanan zaman ve iş gücü artacaktır.



Resim 23Yaratılmak istenilen form poligon sayısı arttıkça daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır ancak belli bir değerden sonra poligon sayısının artması formun ortaya çıkmasına çok fazla katkı sağlamaz. Bunun yanında formun mozaikleme yoluyla üretimini zorlaştırır.

Mehmet Ali ALTIN, 3dsmax yazılımında hazırlanmıştır.

2004 yılında sanatçı Pierre Huyghe, Harvard Üniversitesi Tasarım Okulu öğretim elemanı ve öğrencilerinin birlikte tasarlayarak disiplinlerarası bir çalışma ile oluşturdukları “Huyghe+Corbusier:Harvard Project” mozaikleme örneği olabilir. Form, Huyghe tarafından sergilenecek gösteri için kukla tiyatrosu olarak, Harvard

Üniversitesi içinde bir geçiş noktasında kurulmuştur⁸³. Büyük form, polikarbonat malzemeden kesilmiş üçgenlerden oluşturulmuş ve bu üçgenler birbirlerine bağlanacakları kısımlarda katlanarak yan yana getirilmiştir. Sırasıyla yan yana getirilerek bağlanan üçgen yüzeyler kısa bir montaj aşaması sonunda içinde bir sahnenin ve seyirciler için oturma yüzeylerinin olduğu yarı kapalı formu oluşturmuştur. Form kenarlarından katlanarak güçlendirilerek birleştirilmiş üçgen yüzeylerin dizilimi ile ayakta kalabilmiştir⁸⁴. (Resim 24,Resim 25,Resim 26)



Resim 24Huyghe + Corbusier Harvard Projesi

Fotoğraf:Florian Holzherr, Lisa Iwamoto, A.g.e., s.46'daki resimler

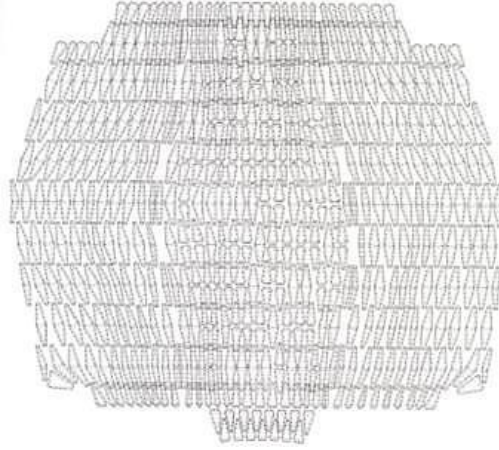


Resim 25 Projenin tasnif ve montaj aşamaları

Fotoğraf:Florian Holzherr, Lisa Iwamoto, A.g.e., s.49'daki resim

⁸³ Lisa Iwamoto, A.g.e., s.46.

⁸⁴<http://www.absolutearts.com/artsnews/2004/11/19/32538.html> adresindeki web sitesinden 4.01.2011 tarihinde alınmıştır.



Resim 26 Projenin üretiminde kullanılan üçgen parçalar

Fotoğraf: Florian Holzherr, Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s.47'deki resim.

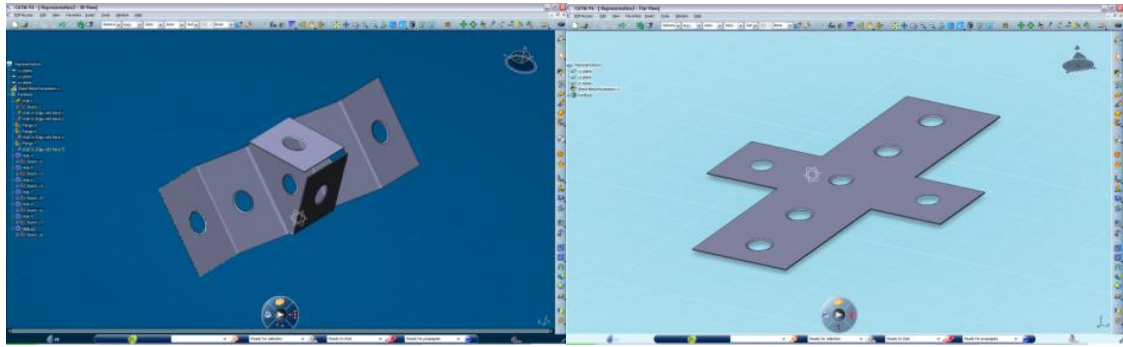
Mozaikleme yöntemi yüzeylerden meydana gelen bir kabuk oluşturmak için kullanıldığında kağıt, metal ya da plastik gibi kalınlıkları ihmal edilebilir ve katlamayla şekil alabilir malzemeler daha uygundur. Bu türden malzemelerin işlenmesinde 2,5 eksenli CNC cihazlar, frezeleme, su jeti ya da LASER enerjileriyle kullanılabilir. Mozaikleme içi dolu hacimsel formlar için kullanıldığında frezeleme yoluyla parçaların kendisini ya da onları üretmek için kullanılacak kalıpları şekillendirmek yolu izlenebilir. Parçaların yeteri kadar küçük ebatlı olması onların katmanlı üretimle elde edilmiş kalıplar ya da modellerden üretilmesine de olanak tanır.

3.5.3. Katlama

Katlama düz bir yüzeyi 3 boyutlu bir hale çevirir. Katlama sadece form üretmek için değil aynı zamanda geometrik taşıyıcı yapılar yaratmak için de güçlü bir tekniktir⁸⁵. Katlama, normalde düzlemsel olan malzemelere uygulandığında direnç ve katılık kazandırır. Katlanarak form verilen yüzey malzemeler normalde geçemeyecekleri açıklıkları geçebilir, taşıyamayacakları yükleri taşıyabilirler. Katlama malzeme tüketimi açısından da ekonomiktir.

⁸⁵ Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s.62

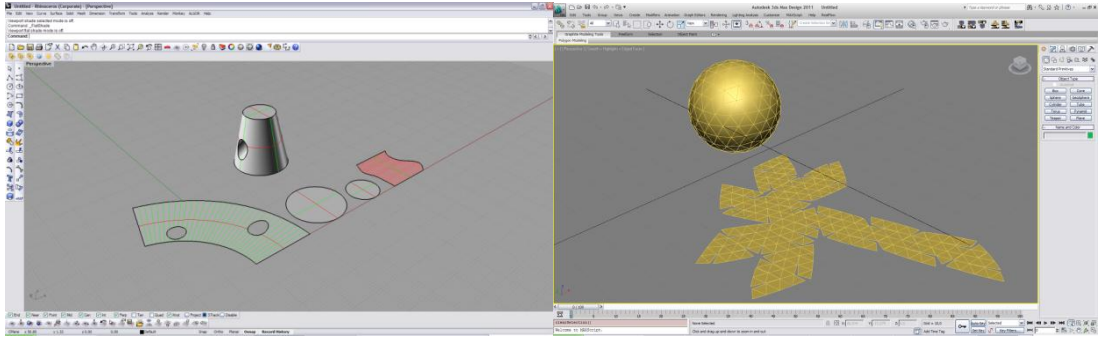
Katlama endüstriyel alanda pek çok uygulama bulmaktadır. Özellikle ambalaj sanayisinde katlama yöntemiyle bükülen oluklu mukavvalar ürünlerin güvenle ve kolaylıkla taşınmasını sağlar. Metal ürünlerin pek çoğunun üretiminde katlama tekniğinden faydalanılır. Bilgisayar kasalarının metal kılıfları, iç mekan havalandırmasında kullanılan metal kanallar katlama tekniği ile üretilir. Katlama tekniği *CATIA*, *Solidworks* gibi CAD yazılımlarında, yazılım içinde bir üretim modülü olarak hizmet verir. Bu yazılımlar metal malzeme için katlama limitlerini, katlamaya uygun formları hazır olarak barındırır. Katlama yapılarak üretilmiş formu açarak, CNC cihazlarda kesilebilecek 2 boyutlu yüzeyleri de oluşturur. (Resim 27)



Resim 27 CATIA yazılımında levha metal bükme modülünde hazırlanmış 3 boyutlu model ve modelin aynı yazılım içinde açılmış hali

Mehmet Ali Altın, CATIA V6'da hazırlanmıştır.

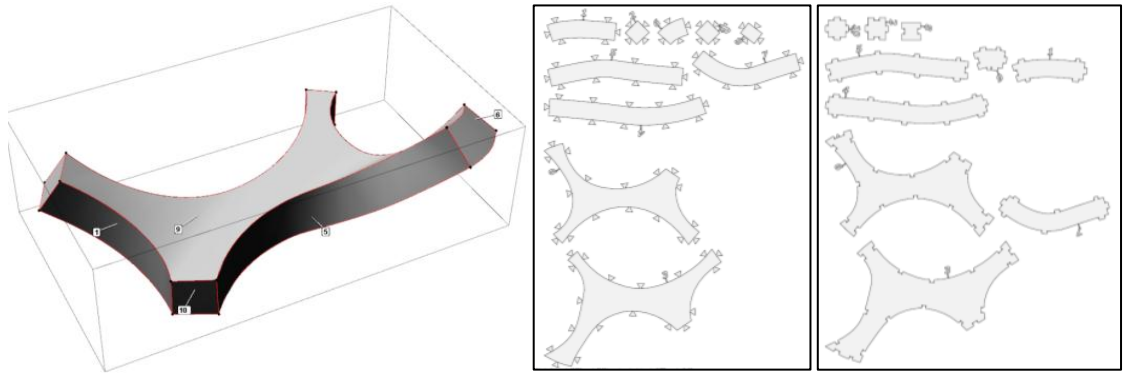
Rhinoceros yazılımı da 3 boyutlu olarak yaratılan katı cisimlerin tek eğrili yüzeylerini düzlem üzerine yayabilen komutlar içerir. 3 boyutlu modellerin onları oluşturan yüzeylerine açılabilmesi için nesnelerin modellenmesi sırasında izlenen yollar önemli rol oynar. (Resim 28) *3D Studio Max* yazılımı poligonları temel alan bir modelleme altyapısına sahiptir. Yaratılan formların yüzeyleri farklı büyüklükteki poligonların biraraya gelmesi ile oluşturulur. Bu poligonlar eğriselliğe sahip olmayan düzgün yüzeylerdir ve tek bir düzlem üzerine serilerek bir levha malzemedeki kesilebilirler. *Pepakura Designer*, 3 boyutlu formların açılarak sadece kağıt malzemedeki fiziksel olarak üretilebilmesi için tasarlanmıştır. Yazılım, açılımların birbiri ile birleşeceği kenarları numaralandırır ve kolaylıkla yapıştırılabilmesi için bu kenarlara ek parçaları otomatik olarak ekler.



Resim 28Rhinoceros yazılımında NURBS ile elde edilen formun açılmasından oluşan eğrisel cidarlı yüzeyler ve 3DS Max yazılımında poligon modelleme ile hazırlanan modelin açılması sonucunda oluşan çizgisel cidarlı poligon yüzeyler.

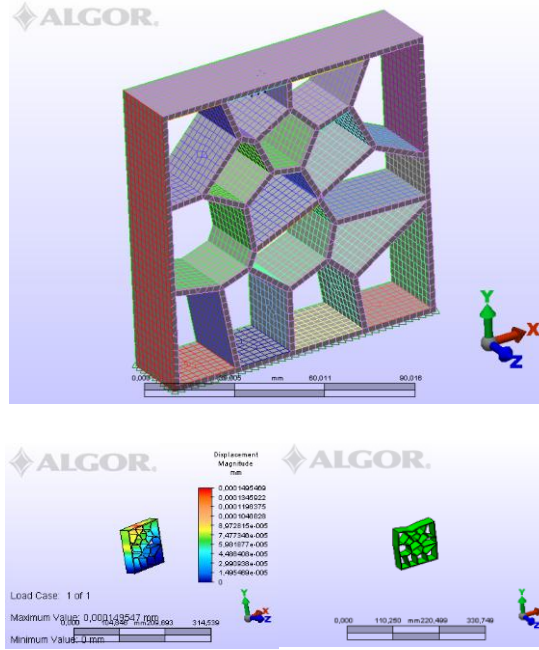
Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros ve 3DS Max yazılımlarında hazırlanmıştır.

NURBS eğrileri ile yaratılan formların kolaylıkla açılabilmesini sağlayan *Lamina Design* yazılımı farklı malzemeler üzerine çalışabilmeye de olanak tanır. Bu malzemeler için farklı birleştirme yolları sunar, elde edilen açılımları seçilen farklı birleştirme yöntemlerine göre düzenler ve numaralandırır (Resim 29). Bilgisayar ortamında tasarlanan formların karmaşıklığı arttıkça farklı yüzeyler üzerindeki dirençlerin tahmin edilmesi imkansızlaşmaktadır. Bu sebeple yine bilgisayar ortamında sonlu eleman analizi (*Finite Element Analysis*) yazılımları 3 boyutlu sayısal formları fiziksel gerçeklikteki malzeme ve yüklerle simülasyona almaktadır. Sonuçlar rakamsal olarak ya da grafiikle aktarılmakta taşıyıcılıkta sorun yaşatabilecek noktalar formun değiştirilmesiyle düzeltilebilmektedir. (Resim 30)



Resim 29Rhinoceros yazılımında modellenmiş form(solda) ve Lamina Design yazılımında farklı birleşim detayları uyarlanmış açılımlar.

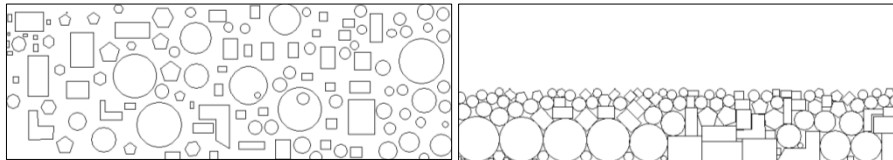
Mehmet Ali ALTIN, Rhinoceros ve Lamina Design yazılımlarında hazırlanmıştır.



Resim 30 Alüminyum malzemeden tasarlanmış bir kitaplık biriminin belli yük altında değişik noktalarındaki gerilmeleri ve belli süre sonunda oluşacak deformasyonu gösteren sonlu eleman analizi

Mehmet Ali ALTIN, Algor Design Check yazılımında hazırlanmıştır.

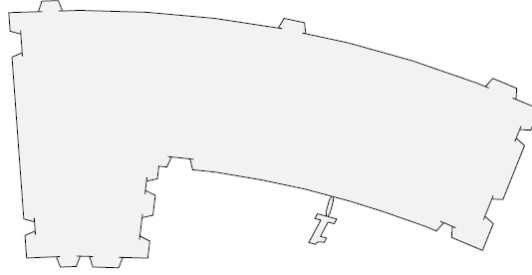
Katlama yönteminde formlar pek çok parçanın bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Bu parçalar çoğunlukla kalınlık değerleri ihmal edilerek iki boyutlu olarak değerlendirilebilecek, levha malzemelerden elde edilir. Farklı boyut ve şekillerdeki bir çok parçanın, belli ölçülerde gelen ahşap, çelik, alçı panel vb. gibi levha malzemelerden kesiminden ortaya çıkacak artık malzemeler çoğunlukla başka işlemlerde kullanılabilir özellikte değildirler. Malzeme israfını önlemek üzere kesilecek parçalar bilgisayar yazılımları tarafından geometrilerine en uygun şekilde dizilerek işlem cihazlarına bu şekilde gönderilir. Bu işleme yuva yapma (*nesting*) denir. CAM yazılımları yuva yapma özelliğini çoğunlukla modül olarak içinde barındırır. (Şekil 10)



Şekil 10 Art Cam Pro yazılımında hazırlanmış kesim çizimi ve yuva yapma işlemi sonrası

Mehmet Ali ALTIN, Art Cam yazılımında hazırlanmıştır.

Çok parçanın kesilmesi söz konusu olduğunda, birbirine benzeyen bu parçaların montaj sırasında birbirinden ayırt edilmesi gerekecektir. Parçaların, montaja bağlı belli bir düzen içinde kodlanmasıyla bu sorun çözüme kavuşturulabilir. Kodların parçaların üzerine işlenmesi gerektiğinde, üretim yöntemine göre farklılık gösteren yollar izlenebilir. LASER kesim ve CNC frezelemede bu kodlar belirsiz bir şekilde malzeme üzerine kazanabilir. Kodlar üretim sırasında takip edilerek, elle yazılabilir ya da montaj sırasında çıkarılmak üzere daha önceden basılmış etiketler yapıştırılabilir. *Lamina Design* yazılımı bu işlem için daha yaratıcı bir yöntemi otomatik olarak sunmaktadır. Yazılım numaralandırmayı parçanın üzerinden daha sonra kopartılabilir bir ayrıntı olarak parçayla beraber kesilecek şekilde parçaya iliştiirmektedir. (Şekil 11)



Şekil 11 Lamina Design yazılımında hazırlanmış parçalardan birisi

Katlama yöntemi uygulanan malzemeye göre farklı üretim yöntemleri ve detaylarla elde edilebilir. Katlama yapılacak malzemenin esnek özelliklerinin olması ya da ısı ya da basınç altında bu özelliklere kavuşması gerekmektedir. Plastikler ısı ile esneklik kazanmaktadırlar. Pleksiglas gibi plastik malzemelerin, katlanarak 3 boyutlu formlara şekillendirilmesinde tüm levhanın ısıtılarak karmaşık kalıplarda bekletilmesi yerine bükülecek kısımdan çizgisel olarak ısıtılmasıyla katlama işleminin uygulamasına rastlanır. Mukavva kutuların oluşturulmasında da belli kalınlıktaki mukavva malzemelerin katlanılacak kısımlarının çizgisel basınç altında zayıflatılmasıyla katlama işleminin kolaylıkla elle yapılabilir hale getirilmesi sağlanır. Metal levhalar katlama için büyük preslere ihtiyaç duyarlar. Bu presler onlarca tonluk yüksek basınç altında metali açılı olarak bükerek katlama işlemini gerçekleştirirler. Bunun yanında malzemenin delikler açılarak zayıflatılmasıyla bu bükme işlemleri elle de yapılabilir hale gelmektedir. Özellikle çok büyük yükleri taşıması beklenilmeyen formların üretiminde

bu yola başvurulur. (Resim 31) Metal katlama işlemi için aynı zamanda su jeti ve LASER'in aşındırıcı gücü de kullanılabilir. Bu cihazlar metali belli oranda kazıyarak katlama yapılacak alanda çizgisel bir inceltme sağlarlar ve katlama bu alanda kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Üretim malzemesi olarak kumaş seçildiğinde katlama için zayıflatma değil güçlendirme gereklidir. Katlama çoğunlukla kumaşın kumaşa eklendiği yerlerde dikişle yapılır ve üst üste binen kumaş parçaları bu kısımda bir kalınlık oluşturur. (Resim 32) Katlama işleminde çoğunlukla aynı malzemenin üstüste gelerek daha kalın bir bölge yaratmasına rastlanır bu durum yapıyı güçlendirse de bazı durumlarda görsel olarak çok iyi olmayan sonuçlar ortaya çıkarabilir. Katlama sonucu bir araya gelecek malzemelerin birleştirilmesinde de malzemenin cinsine göre yapıştırıcı, kaynak ya da vida gibi bağlayıcı malzemelere gereksinim duyulabilir. Bu ek malzemeler ve uygulama yöntemleri de ortaya çıkacak görüntünün estetik değerini etkileyecektir.



Resim 31 Veev Design tarafından gerçekleştirilen peyzaj düzenlemesinde kullanılan “Field Rupture” yerleştirilmesi(solda), yerleştirmede metal levhalar bir kumaş esnekliğinde bükülmüş bir form elde edilmek üzere üzerinde kesikler açılarak zayıflatılmıştır.

Veev Design, <http://www.veevdesign.com> adresindeki web sitesinden 25.04.2011 tarihinde alınmıştır.



Resim 32Entry Paradise Pavilion'da kumaştan üretilmiş iç mekan düzenlemesi

Fotoğraf: **Chris Bosse**, Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s.46'daki resim.

Katlama yöntemi, katlaması kolay 2 boyutlu levha şeklindeki malzemelerin işlenmesiyle uygulanır. Bu malzemelerin kağıt, metal ve plastik gibi katlama için uygulanacak güce dayanması ve şekil değişimi sırasında kırılmaması, zarar görmemesi istenir. CNC freze, su jeti, ya da LASER ile kesilebilir. Katlama işleminin kendisi katlama açısı bilgisayar kontrollü olarak ayarlanabilen CNC presler ile yapılabilir.

3.5.4. Tesviye

Tesviye, çoğunlukla dekoratif sanatlarda uygulama bulan geleneksel bir üretim tekniği olan oymacılığa benzer. Tesviye ile malzemeler eksiltme yoluyla katmanlar halinde bir bütün malzemedan çıkarılır ve üç boyutlu rölyefler oluşturularak yeniden şekillendirilir⁸⁶. Geleneksel oymacılık el ile ve el aletleri kullanılarak zanaatçının, malzeme ile birebir ilişkisi içinde yapılan bir zanaat türüdür. Makineleşme ile birlikte

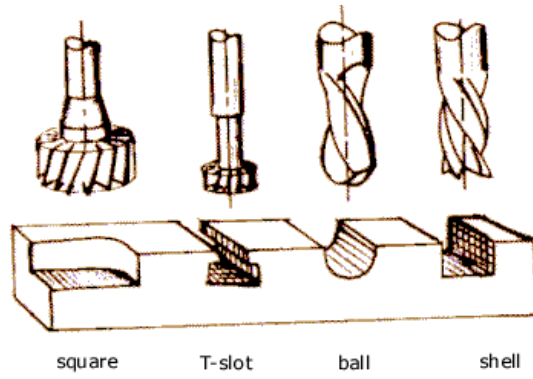
⁸⁶ Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s.90

bu el sanatı özellikle elle işlenmesi imkansız metal malzemelerin oyulabilmesinde freze adı verilen cihazlara dönüşüm yapmıştır. Frezeler çoğunlukla dönen bir ucasahip işlem kafasının 3 ekseninde hareket ederek malzemeyi oymasıyla eksiltme yapılmasına olanak sağlar. Bilgisayar kontrolünün bu cihazlara uyarlanmasıyla, frezelerin her üç ekseninde eş zamanlı hareketi sağlanmış ve bu şekilde evrensel tezgahlarda işlenmesi imkansız çok eğrili formların işlenmesi mümkün hale gelmiştir.

Tesviye işlemi için kullanılan CNC cihazlar eksen sayılarına göre artan oranda karmaşıklığa sahip geometrileri işleyebilmektedir. Üç eksenli bir CNC freze plan düzleminde serbestçe hareket ederken, dikey Zekseninde eş zamanlı hareket sağlayarak rölyefler oluşturur. Eksen sayısı arttıkça, plan düzlemi dışında, blok halindeki malzemenin yan yüzeyleri ve altı da işleme girebilir. Ancak üç eksenin üzerinde eksen sayısına sahip cihazlarla çalışmak daha karmaşıktır, daha özelleşmiş bilgiye ihtiyaç duyar. 3 eksenli cihazlarda işlenmiş parçaların konumlarını değiştirerek tekrar aynı cihazda işleme alınmasıyla daha çok eksene sahip cihazların yapabildiklerinin gerçekleştirilmesi, bu türden cihazlara olan ihtiyacı azaltmaktadır. Bu sebeple 3 eksenli cihazlar çok daha yaygın kullanım alanı ve destek bulmaktadır⁸⁷. Bu cihazlara uygun yazılımlara ulaşmak daha kolaydır.

3 eksenli CNC frezeler, malzemelerin doğal özelliklerini çok farklı platformlara çekebilecek şekilde yaratıcı kullanımlar içine alınabilmektedir. Tesviye çoğunlukla malzemelerin yüzey kalitesini pürüzsüze yakın bir şekilde artırmak için kullanılsa da değişik profile sahip işlem uçlarının malzeme çıkarırken arkada bıraktığı izler dekoratif özellikleri sebebiyle tercih edilebilir. (Resim 33)

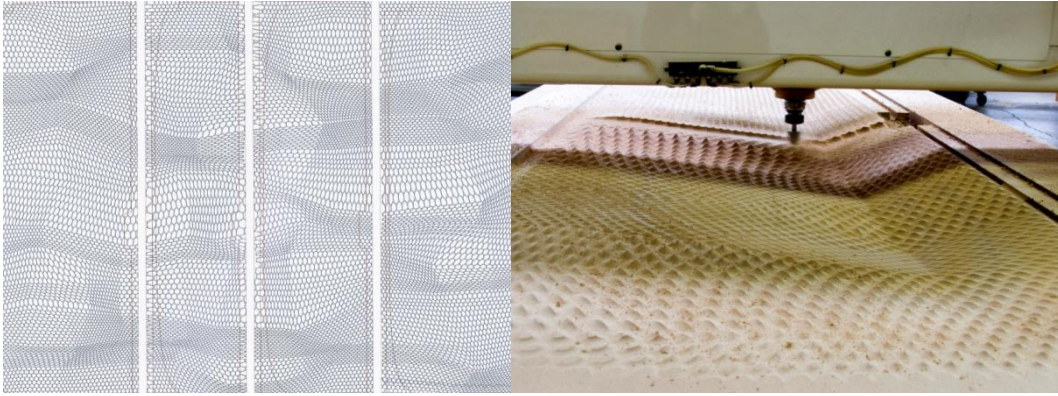
⁸⁷ Aynı.



Resim 33Farklı freze uçları ve malzeme üzerinde bıraktıkları izler

<http://quanon.wordpress.com/page/2/> adresindeki web sayfasından 01.05.2011 tarihinde alınmıştır.

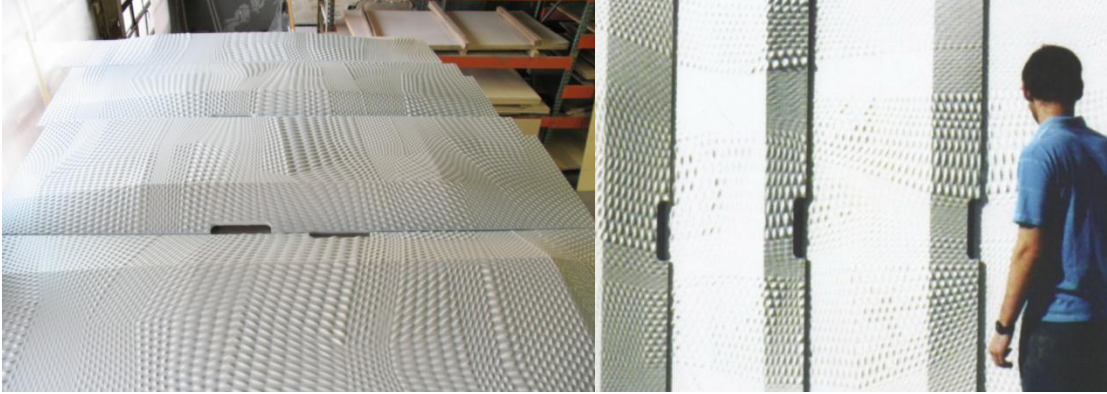
Ruy Klein'ın 2006 yılında yaptığı Tool-Hide isimli proje, freze uçlarının profillerinin yaratıcı biçimde kullanımına örnek oluşturabilir. Dört adet dolap kapağının CNC frezede işlenmesiyle ortaya çıkan proje, tasarımcının belirlediği takım yolunda belli profile sahip freze ucunun dolaşmasıyla üretilmiştir. Freze ucunun dokunduğu yerde ucun profilini alan malzeme dokunmadığı yerlerde tepeler oluşturmuş ve takım yolunun kesişimler yapmasıyla malzeme yüzeyi sürüngen derisini andıran bir görünüme kavuşmuştur⁸⁸. (Resim 34,Resim 35)



Resim 34 Tool Hide'in üretiminde kullanılan takım yolları ve CNC frezede üretimi

Fotoğraf: Ruy Klein, Lisa Iwamoto, A.g.e., s.104'teki resim.

⁸⁸Aynı, s.103



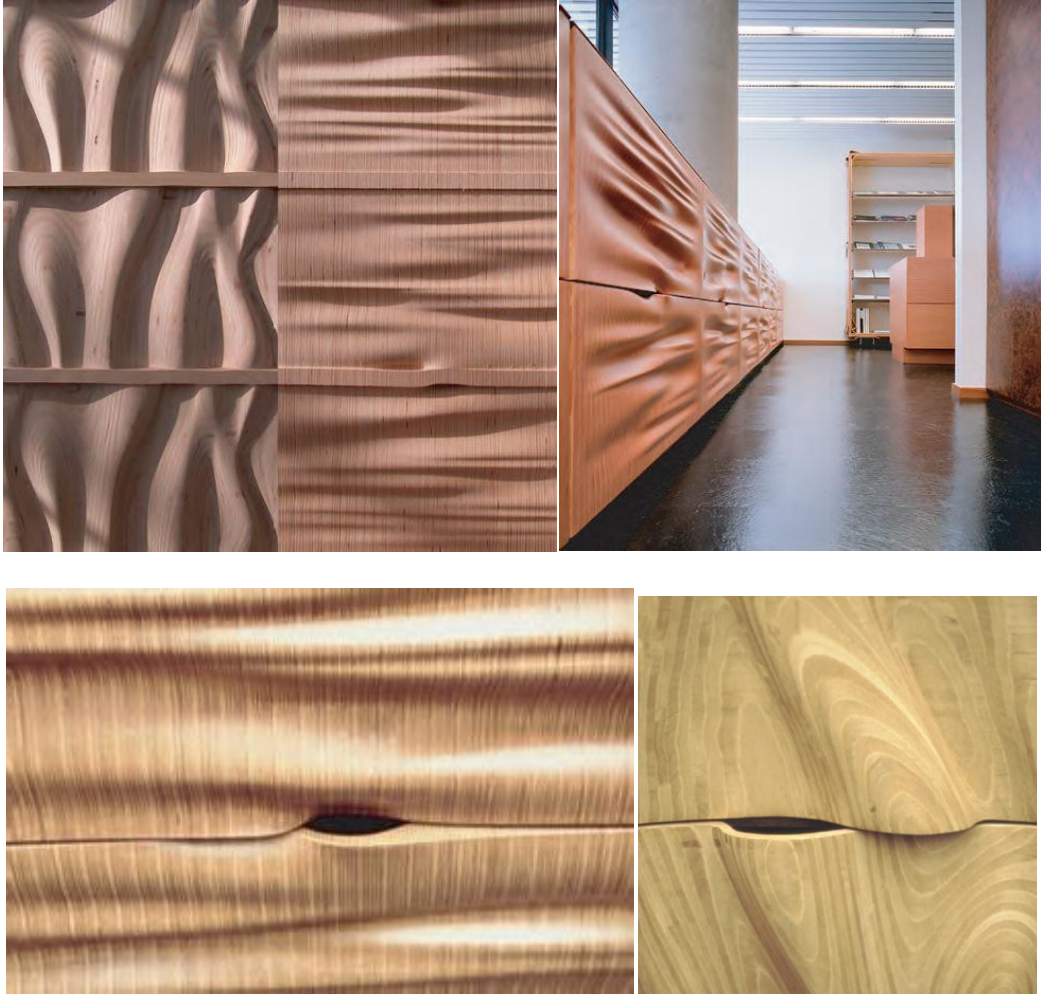
Resim 35 Üretim bittikten sonraki görüntüsü

Fotoğraf: Ruy Klein, Lisa Iwamoto, A.g.e., s.105'teki resim.

Ahşap, mermer gibi bazı doğal malzemeler ve kontrplak gibi kompozit malzemeler yapılarında damarlar ve malzeme birleşimlerinin belirginleştiği çizgisel hatlar barındırır. Ahşap ve mermer bu dokuları için tercih edilir. Özellikle ahşabın doğal dokusunun ön plana çıkarıldığı uygulamalara rastlamak mümkündür. Kompozit malzemeler de farklı malzemelerin üst üste sıkıştırılmasıyla kesitlerinde çizgilerin olduğu et kalınlıkları ile estetik olarak potansiyeli olan görüntüler sergiler.

Office DA tarafından 2002'de tasarlanan Laszlo Dosya Dolapları kapaklarında bu türden bir yaklaşımı görmek mümkündür. Doğal ahşap malzemenin damarlı yapısı ön plana çıkarılarak 3 boyutlu işlemede bu damarların forma uygun eğrilere dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Kapakların üzerindeki yükseltilemlerle kulp açıklıkları da oluşturulmuştur (Resim 36).

Tesviye yöntemi gelişmiş, çok eksenli CNC freze cihazları ile üretilebilecek çok karmaşık geometrilerden çok, yüzeysel malzeme etkileri yaratmakta kullanılmaktadır. Tesviye yöntemi ile, tasarımcıların yaygın olarak varlık gösteren 3 eksenli CNC frezelerin özellikleri ile farklı malzemelerin özelliklerini birleştirmesi sonucu özgün malzeme etkileri ortaya çıkaracağı, mimaride ve iç mekanda süslemenin farklı bir şekilde yeniden unsur olacağını söylemek mümkündür.



Resim 36Office DA tarafından tasarlanan Laszlo dosya dolapları

Fotoğraf: **Nader Tehrani**, <http://www.officeda.com/> web adresindeki ürün kataloğundan 01.05.2011 tarihinde alınmıştır.

Tesviye yöntemi farklı çeşitte malzemelerin işlenebilmesine olanak tanımaktadır. Tesviye yöntemiyle işlenecek malzemeler 2 boyutlu olarak değerlendirilebilecek levha malzemeler olsa bile yüzeyden belli miktarda malzeme kaldırılacağı için malzemelerin işlem yüzeylerine dik olacak şekilde belli bir kalınlığa sahip olmaları gerekmektedir. Tesviye yöntemi için geçerli işlem cihazı en az 3 eksene sahip CNC frezedir. Tesviye yönteminde CAD ortamındaki tasarımın CAM ortamında tekrar uyarlanması bu sebeple CAD verilerini sadece G-kodlarını çevirmenin ötesinde takım yolu oluşturmak ve bu takım yolunun tekrar düzenlenebilmesi için CAM yazılımında çalışabilmek gereklidir.

Takım yolunu takip edecek freze uçları da üretim için önemli bir değişkendir. CAM yazılımları bu türden problemleri beraberinde gelen ve yenileri eklenebilen freze uçları veri tabanı ile kolaylaştırmıştır. Tesviye yöntemi tasarımcının üretimle iç içe olmasını üretim takibi yerine üretim araçlarını kullanmasını gerektirmektedir.

3.5.5. Kalıplama

Kalıplama, seri üretim ürünlerin büyük bir çoğunluğunda uygulanır. Birbirinin aynısı standart ürünlerin, presleme, sıvama, dökme yoluyla çoğaltılmasında kalıplardan faydalanılır. Seri üretimde, ürün tasarımı ve üretiminin en temel unsurlarından birisi olduğu için üzerine yapılan geliştirmeler bu alanı çok derinleştirmiş ve genişletmiştir. Kalıpcılık, tarih boyunca özel bir zanaat alanı olmuştur, günümüzde ise seri üretimle birlikte daha dayanıklı ve verimli kalıpların üretilmesi mühendisliğin en önemli konularından birisidir. Yapı üretiminde kalıplanarak üretilmiş bileşenler sıklıkla kullanılır. Yapı üretimindeki en eski bileşenlerden birisi olan tuğla ve kiremitler, seramik karolar, vitrifiye elemanları, cam, ondüle çatı kaplamaları, plastik pencere ve kapı profilleri ve başka bir çok bileşenin üretiminde kalıplamaya başvurulur. Kalıplamayla üretilmiş bu ürünler yapı üretiminde genelde çoğul olarak kullanılırlar. Yapı tasarımında ise bu ürünlerin tasarımı değil genellikle sadece seçimi yapılır. Uygun özelliklere sahip ürünler seçilerek çoğul olarak tasarıma katılırlar. Kalıplama diğer tüm tektoniklere göre çok daha fazla tasarım alternatifi sunar. Bu alternatifler bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kalıplama işlemlerine uygulanmasıyla daha da artmıştır. Seri üretimin en önemli üretim işlemlerinden birisi olan kalıplama için bilgisayar desteği de en geniş haliyle sağlanmaktadır. Şekil verme ve eklemeli işlemler için gereken kalıpların tasarımından, bu kalıpların işlenmesi için gereken cihazlara kadar hemen her noktasında bilgisayar desteğinden faydalanılabilmektedir.

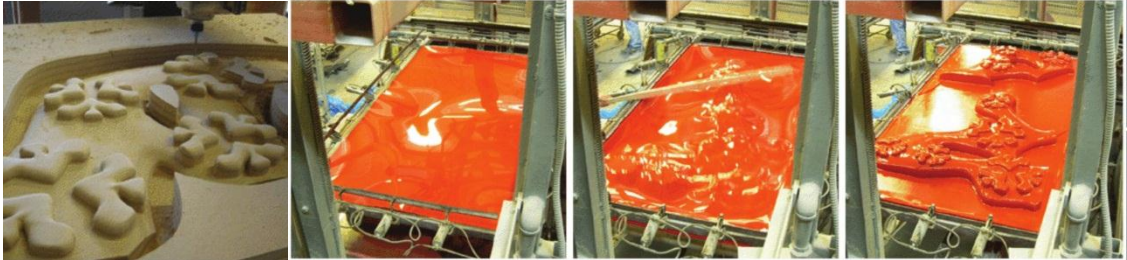
Kalıplama, seri üretimle birlikte anıldığı için çoğunlukla endüstriyel üretimler içinde yer alan bir üretim stratejisi olarak görülür ve genellikle mimar ve iç mimarların kısıtlı bilgiye sahip olduğu bir alandır. Bunun yanında, mimar ve iç mimarların da özgün yaklaşımlar ortaya koyabileceği tekil üretimler vardır. Bu üretimler çoğunlukla, bağımsız zanaatkarlar tarafından tekil işler için uygulanmaktadır. Örneğin, ısıtıldığı

zaman esneklik kazanan akrilik ve *PVC* levhalar, sıcakken kalıp üzerine serilerek vakumlanabilir. Bu, kolay üretim yöntemi pek çok özgün tasarım alternatifi sunar. Bu üretim yöntemi için endüstriyel seri üretimdeki gibi dayanıklı, pahalı ve üretilmesi zor kalıplara ihtiyaç yoktur. Kalıplar çoğunlukla yüzeysel formlar üretmek üzere yüzeysel özelliklere sahiptir. Bu türden kalıplar ucuz köpük malzemelerin (ör. *Poliüretan*) ya da ahşap kompozitlerin (örn.*MDF*)bilgisayar kontrollü olarak tesviye edilmesiyle oluşturulabilir. Kalıp malzemesinin plastiğin esneklik kazanması için gerekli olan sıcaklığa dayanması yeterlidir. Kalıplar bir başka bilgisayar destekli üretim cihazı olan katmanlı üretim cihazları ile de üretilir. (Resim 37,Resim 38)



Resim 37Mimar Florencia Pita tarafından yapılan duvar enstalasyonu

Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s.,115'teki resim.



Resim 38 Tesviye ile *MDF* levha üzerine işlenen vakum kalıbı ve vakumlama işlemi

Lisa Iwamoto, **A.g.e.**, s. 144'teki resim.

Yüzeysel kalıplar, çoğunlukla plastik ya da metal gibi esnek malzemelerin form değiştirmesinde kullanılsa da kimyasal tepkime sonunda katılaştıran akışkan reçinelerin cam elyafı ya da kumaşı gibi malzemelere emdirilerek katmanlar halinde sıvanması da üretimi kolay kalıplarla eğrisel yüzeyler oluşturma imkanı tanır. Fiberglas olarak adlandırılan bu kompozit malzemenin organik formların plastik malzeme ile üretiminde ve formların başka malzemelere aktarımı için gereken kalıpların üretiminde geniş bir uygulama alanı vardır.

Kalıplamayla elde edilen bileşenler, başka bir bileşenin alt bileşenleri olabilir. Bu durumda aynı kalıptan çıkan pek çok parçanın birbiri ile birleşim detayları da kalıplara yansımalıdır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim, birleşecek parçaların toleranssız şekilde bir araya gelmesinde kolaylık ve kesinlik sağlar.

Sulan Kodlatan ve Bill MacDonald tarafından tasarlanan iç mekan projesi O/K Apartment bu iki duruma örnek verilebilir. Sulan Kolatan 2000 yılında Aspen Tasarım Konferansındaki sunumunda projenin tasarım ve yapım sürecini anlatmıştır⁸⁹:

“... Daire, bilgisayarla üretilmiş (CAM) parçaların ulaştırılması için ne cadde tarafından, ne de çatı vinciyle elverişli değildi. Var olan çok zor koşullar altında hareket etmek zorunda olduğumuz için, fabrikadaki şablonları, lobi girişinden koridor ve asansörden geçecek şekilde, parçaların varış noktasına kadar olan yolu hesaba katarak üretmek zorundaydık. Dertsiz bir ulaşım ve montaj için parçaların kesitlere bölünmesi sistemi geliştirildi. Bu aynı zamanda dairenin inşa aşamalarını da etkiledi.

Kaburga (Ç.N. İngilizce'deki “fuselage” kelimesi, uçak gövdelerinin kaburgalar oluşturularak üretilmesini ifade etmektedir.) kalıp imalat yöntemi, CNC makinalarla kesilmiş yüksek yoğunluklu fiber, kontrplak ya da alüminyum kaburgaları kullanır... Tabi ki bu yöntem, kaburgaların yerlerinin değiştirilmesi ya da yeniden düzenlenmeleriyle, seri olmayan tekil üretimler için oldukça kolay ayarlanabilir... Kalıbın hazırlanması işleminin bir parçası olarak, kaburgalar arasındaki boşluklar köpükle doldurulmuş ve kaburga kontürlerinden faydalanılarak tıraşlanmıştır. Ardından renklendirilmiş fiberglas katmanları üzerine koymak için sert bir kaplama ile kaplanmıştır. Kalıpların akışkan ve eğrisel formları çıkarılmalarını kolaylaştırmıştır. Fiberglas, sürekli (çift eğrili), kendisini taşıyabilen, dayanıklı ve su

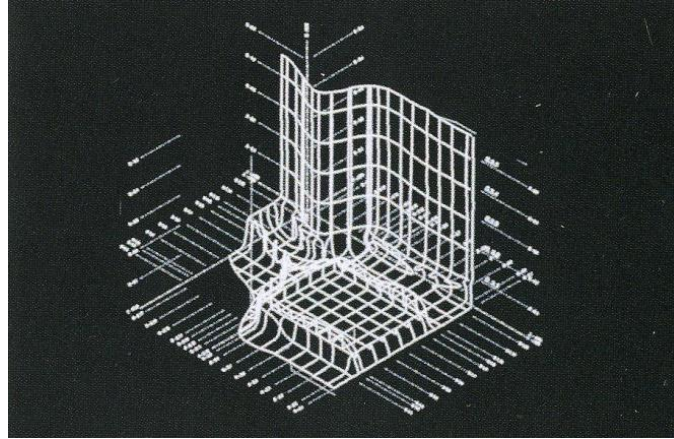
⁸⁹ Sulan Kolatan, William MacDonald, “Lumping” Architectural Design, 72,1(2002), s.81-83.

geçirmez yapısı için tercih edilmiştir... Yapısal olarak malzeme gerilim ve zorlanmaları mühendislik yazılımlarıyla kontrol edildi. Bu çalışma yüzey boyunca malzemenin kalınlıklarının değişime uğramasını, dayanıklılık gereken yerlerde kalınlaşmasını, hafiflik gereken yerlerde incelmesini sağladı.

Parçaların dayanıklılığının büyük kısmı eğriselliklerinden sağlandı. Mekanın boyutsal analizlerine göre tek yüzeyli olarak kalıplandılar, ardından görünen yüzlerinden bir araya gelen ve görünmeyen yüzlerinden birbirine vidalanan üç boyutlu bir yap-bozun parçaları gibi kesitlere ayrıldılar...

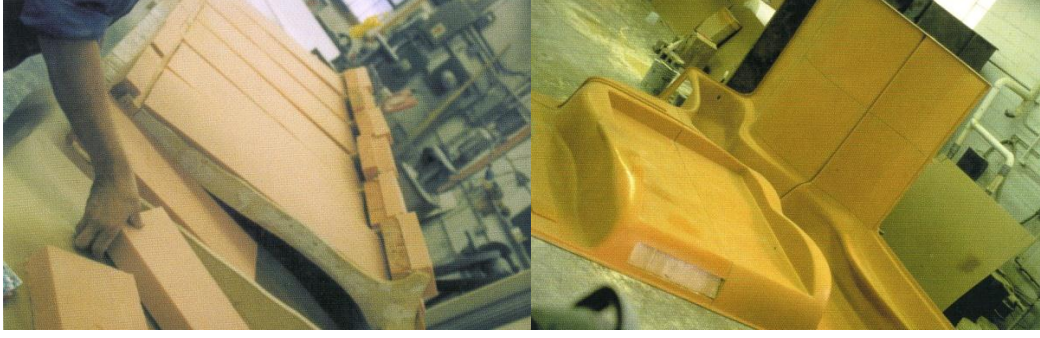
Kumaş ve döşemenin imalatında da benzer bir kaburga yöntemi kullanıldı. Bu, ölçülendirme ve imalat yönteminin sorumluluğunun, bir çok taşeronla ortak çalışarak ofisimiz tarafından denetlenmesi demektir."

Kolatan, imalat sürecini anlatırken zanaatkarların sahip olduğu pek çok üretim bilgisini de ortaya koyuyor ve bunlara uygun tasarım ve üretim verisini üretmek üzere bilgisayar desteğini ne şekilde kullandığını anlatıyor. Üretimden kaynaklı zorluklardan birisi olan prefabrike parçaların, montaj alanına ulaştırılması, montaj için gereken gizli yüzeylerin yaratılması gibi üretim tarafından beslenen bilgiler CAD ortamındaki tasarımı da etkiliyor. Bu iki yönlü işleyen süreç sonunda çift eğrili yüzeylerden oluşmuş, özgün formlara sahip bir iç mekan düzenlemesi yaratılıyor. (Resim 39,Resim 40, Resim 41)



Resim 39O/K Apartment'daki parçalardan birisine ait CAD çiziminde kaburgaların geçeceği yerler gözüküyor.

Sulan Kolatan, William MacDonald, A.g.e. s.79'teki resim.



Resim 40O/K Apartment atölye üretiminden görüntüler

Sulan Kolatan, William MacDonald, A.g.e. s.80,81'deki resimler.

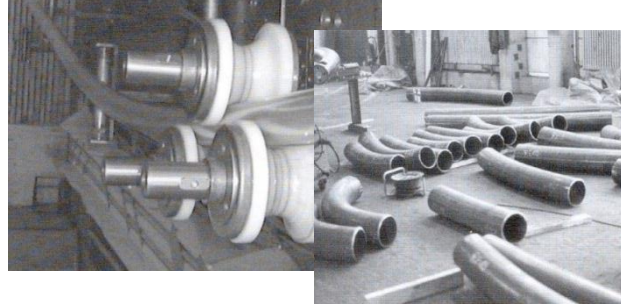


Resim 41O/K Apartment'ın üretimi bitmiş görüntüleri

Sulan Kolatan, William MacDonald, A.g.e. s.82,83' deki resimler.

Kalıplama için örnek olabilecek bir başka üretim yöntemi de metal boruların bükülmesidir. Metal boruların bükülmesiyle oluşturulan formlar yapı içinde merdiven tırabzanlarında özellikle kullanım alanı bulmaktadır bunun yanında metal mobilyaların taşıyıcılarında da bu formlara rastlanır. Metal boruların, aralıkları ve birbirleri ile yaptıkları açıları ayarlanmış tekerleklerin arasından kuvvetle çekilmesi sonucu elde edilen form değişimleri ile çizgisel bir boru formu eğrisel bir forma dönüştürülür. (Şekil 3) Bu yöntemle elde edilen farklı çapa sahip yay parçalarının farklı açılarda birleştirilmesiyle özgün formlara sahip çift eğrili çizgisel formlar elde edilebilir. Elde edilen formun rastlantısal değil kontrollü olması ancak bilgisayar ortamında tasarlanan formun yay parçalarına bölünmesi ve bu parçaların boy, çap ve birbiri ile bağlantılarındaki açıları gibi özelliklerinin CAD yazılımından alınması ile sağlanabilir.

(Resim 42) Böyle bir formun elle çizim ve anlatımla gerçekleştirilmesi çok zor olacaktır.



Resim 42CNC boru bükme makinesi ve farklı çaplara bükülmüş ve birleştirilecek borular

Branko Kolarevic, *Architecture In The Digital Age:Design and Manufacturing*, (New York: Spon Press, 2003) s.38.

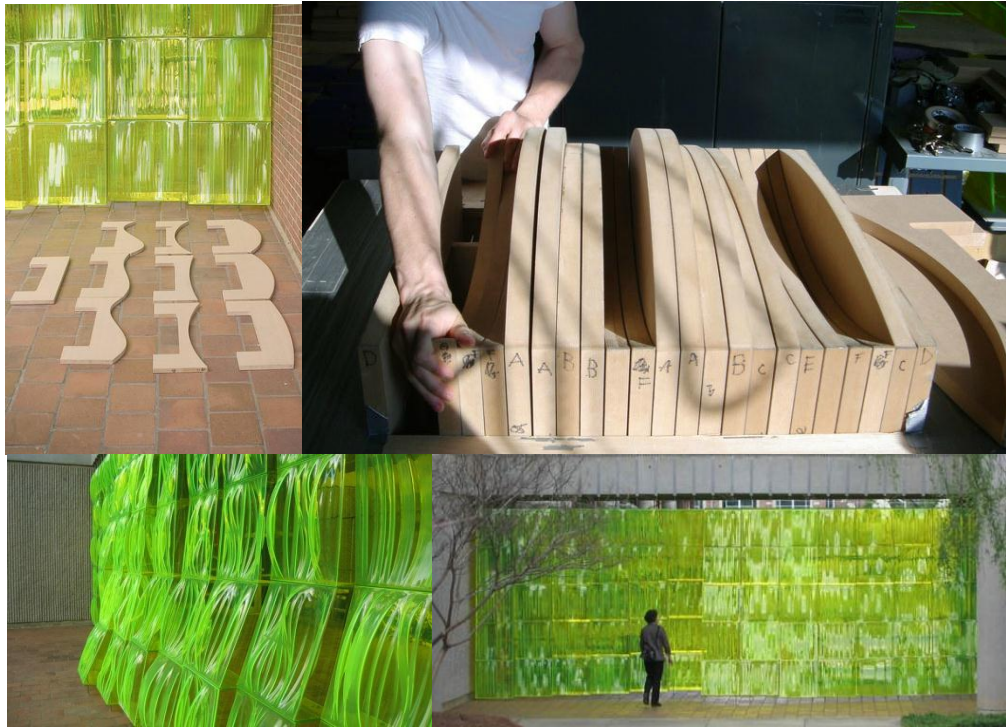


Resim 43Bernhard Franken tarafından tasarlanan BMW "Brandscaping" pavyonunda çift eğrili konstrüksiyon, CNC boru bükme makinesi ve farklı çaplara bükülmüş ve birleştirilecek borular

Branko Kolarevic, *A.g.e. s.*, 44'deki resim.

Kalıp üretiminin zorluklarından ve maliyetinden kaynaklı olarak tek bir kalıptan üretilen çoğul parçaların kullanımı yaygındır. Kalıplardan tekil ve özgün parça üretimi için kalıpların kolaylıkla form değiştirebilir hale getirilmesi deneysel çalışmalarla devam etmektedir. Office DA tarafından tasarlanan ve Georgia Teknoloji Üniversitesinde uygulanan enstalasyon akrilik levhaların vakumla formlanmasıyla üretilmiştir. Vakum

formlama işlemi için gereken yüzeysel kalıp 10 ayrı çeşitte, çizgisel kalıbın bir araya gelmesiyle oluşan yüzeyden elde edilmiştir⁹⁰. Farklı dizilimlerle her defasında farklı bir şekil ortaya koyan kalıplama işleminden elde edilen kutularla bir duvar örüntüsü oluşturulmuştur. OfficeDA'nın bu projesi kalıpların özelleştirilerek ürün çeşitliliğinin sağlanması açısından ekonomik bir örnektir. Her bir kutu için ayrı bir kalıp yaratılması yerine tek bir kalıbın farklı organizasyonlarıyla tüm duvar sistemi oluşturulabilmiştir. (Resim 44)



Resim 44Office DA tarafından yapılmış çoklu kullanımlı kalıp projesi

<http://www.officeda.com/> adresindeki web sayfasından 14.07.2011 tarihinde alınmıştır.

Kalıplama çoğunlukla endüstriyel üretimlerde tercih edilen, standartlaşmayı da beraberinde getiren bir üretim tekniği olarak bilinse de CAD/CAM ortamında ele alınan üretimlerde standart dışı üretimlerin gerçekleştirilmesinde de kullanılabilir özellikler

⁹⁰<http://architecture.uark.edu/785.php> adresindeki internet sitesinden 14.07.2011 tarihinde alınmıştır.

barındırmaktadır. Özellikle, yüzeysel kalıplarla elde edilen form değişimleri CAD/CAM kontrolü ile standart dışı tekil geometrilerin ortaya çıkarılmasında potansiyel barındırır.

Kalıplama, malzeme ve malzemeye şekil vermede kullanılan cihazlar bağlamında en geniş yelpazeye sahip tekniktir. Kalıplama için kullanılan malzemeler kalıbın üretildiği malzeme ve kalıplamayla üretilecek ürünün üretildiği malzeme olmak üzere ikiye ayrılır. Her iki grup malzeme için de sayısız çeşitte alternatif bulunmaktadır. Bilgisayar destekli üretimin sürece katkısı çoğunlukla kalıp için kullanılan malzemenin ya da kalıbı alınacak ilk ürünün (prototip) şekillendirilmesi aşamasındadır. Tüm tektonikler arasında uzmanlaşma ve disiplinlerarası çalışmaya en çok ihtiyaç duyulan tektonik olarak kalıplama öne çıkmaktadır. Kalıplama özgün formların üretiminde çok geniş olanaklar sunmakla birlikte mimar ve iç mimarların sadece bilgisayar destekli tasarım ve üretim bilgisi ile bu formlara ulaşma şansı çok azdır. Bu sebeple kalıplama ile çalışmada disiplinlerarası çalışma kaçınılmazdır.

3.6. Bölüm değerlendirme

Bilgisayar destekli üretim cihazlarının çalışma prensiplerinin bilinmesi tasarımcıların hedefledikleri formu elde etmek üzere kullanacakları cihazları seçmeleri ve onlara uygun üretim verilerini hazırlamalarında yol gösterici olduğu kadar cihazların üretim potansiyelleri kullanılarak özgün formların ortaya çıkarılmasına da katkı sağlayacaktır. Bu durum tasarımcının bilgisayar destekli üretim cihazlarına sadece veri sağlamanın ötesinde onların potansiyellerinin daha iyi ortaya çıkarılabilmesi için bir çalışma ortamı haline getirilmesini gerektirir. Ucuzlayan ve giderek kullanımı kolaylaşan CNC cihazlar, bu cihazların programlanmasında kolaylıklar sağlayan ve elle programlamayı gereksiz hale getiren CAM yazılımları, ucuzlayan robotlar ve kolaylaşan robot yazılımları, üretimi tasarımdan üretime kadar otomatik bir süreç olarak yürüten katmanlı üretim cihazları uzun süredir tasarımcıların uzağında bulunan üretimi tasarımcıların da katılımında bulunduğu ve yönetebildiği bir süreç haline getirmiştir.

CAD/CAM ortamlarında tasarım ve üretim yapmak tasarımcının üretim alanlarına yakın olmasını ve bir zanaatkarın sorgulanması zor tasarım-üretim bilgisi gibi tasarımcının da

CAD/CAM ortamlarında kendisine özgü CAD/CAM bilgisine sahip olmasını gerektirir. Her tasarımcının sahip olduğu ve olacağı CAD/CAM bilgi ve tecrübesi onun yaptığı işe bir zanaatkar gibi yaklaşmasını zorunlu kılar. Takip ettiği yollar rasyonalize edilebilir gibi gözükmeyle birlikte aslında farklı tasarım ve üretim süreçleri içinde farklı yollar ve ürünler ortaya koymaktadır.

3.6.1. İç mekan bileşenlerinin üretiminde uygun CAM cihazlarının değerlendirilmesi

İç mimari bileşenler, ürün ölçeği, detay yoğunluğu ve malzeme anlamında CNC cihazlarla üretime daha uygun gözükmektedir. Bunun yanında çok daha özgün uygulamalar için kullanımı, ulaşması ve üretim için veri elde edilmesi daha zor olan robotlar, kullanılabilir malzemeler ve elde edilebilir ürün ölçüleri anlamında kendi sınırları olan katmanlı üretim de seçenekler arasında yer almaktadır.

3.6.2. İç mekan bileşenlerinin CAM ortamında üretimine uygun tasarım ortamı olarak CAD yazılımlarının değerlendirilmesi

Tasarım için kullanılan CAD ortamları iç mimari bileşenlerin ihtiyaç duyduğu detay yoğunluğu ve ölçek göz önünde bulundurularak, öğrenilmesi ve kullanılması zor tasarım geliştirme yazılımları yerine modelleme kabiliyetleri gelişmiş ancak öğrenimi ve kullanımı daha kolay kavramsal CAD yazılımlarının kullanımı, bilgisayar destekli üretim verilerinin pratik olarak oluşturulabilmesi açısından daha uygundur. Yazılımların parametrik özellikler barındırması, betiklerle kontrolünün olanaklı ve karşılaştırmalı olarak kolay olması, tasarımcının tekil üretimler için üretim verilerini oluşturmada kitlesel özelleştirmeyi uygulayabilmesini olanaklı hale getirecektir.

3.6.3. Özgün iç mekan bileşenlerinin üretimi için sayısal tektoniklerin değerlendirilmesi

Sanal ortamda yaratılan her özgün form için gerekli tasarım, üretim ve malzeme özelliklerine uygunluk araştırmalarının yapılması, uygun CAD/CAM ortamlarının belirlenmesi, montaj detaylarının çözümü ve prototipleme süreçlerinin en baştan başlatılması yerine daha önceden elde edilmiş tecrübelerin çizdiği yollar takip edilerek belli üretim stratejilerine ulaşılmıştır. Zanaat tekniklerinin zaman içinde ustadan çırağa geçen bilgisi gibi CAD/CAM ortamlarında ortaya çıkan dijital teknikler de tasarıma ve üretime başlamada belli prensiplerin benimsenmesine ve stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olur.

Tekniklerin tekil uygulamaları yanı sıra birden çok tekniğin birlikte kullanıldığı uygulamalar da gözlemlenmiştir. Pek çok uygulamada üretilen formun taşıyıcı sisteminin kesit alma tekniği ile yüzeylerinin mozaiklemeyle oluşturulduğu ya da mozaikleme ile elde edilen yüzeylerin katlama ile sağlaılaştırıldığı gözlemlenmiştir.

Kesit alma tekniğinin değerlendirmesi

Kesit alma tekniğinin, malzeme, tasarım aracı ve üretim aracı açısından diğer tekniklerle kıyaslandığında daha sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Kesit alma tekniği ile üretim verisi elde edilmesi pek çok CAD yazılımı içinde hazır olarak gelen kesit alma komutlarıyla tasarımcılar tarafından daha kolay uygulanabilir durumdadır. Kesit alma komutları sonucunda elde edilen veriler 2 boyutlu oldukları için CAM yazılımlarında detaylı işlemlere girme ihtiyacı doğurmaz. 2 boyutlu parça çizimleri, malzeme seçimini 2 boyutlu levha malzemelere ve üretim cihazlarını 2,5 eksenli CNC cihazlara sınırlar.

Mozaikleme tekniğinin değerlendirmesi

Mozaikleme ile üretilebilecek formlar küçük üçgenlere bölündüğü için parçalar küçüldükçe üretim ve montaj için elverişsiz hale gelmektedir. Bu gibi durumlar büyük ölçekteki yapı bileşenlerinde sorun yaratmazken daha küçük ebatlı bileşenlerde üretime dayalı sorunlar ortaya çıkarabilir. Daha yakın mesafeden algılanması gereken iç mekan bileşenlerinde daha büyük parçalardan oluşan mozaikleme tekniği ile elde edilmiş bir

formun algılanması daha güç olacaktır. Mozaikleme tektoniğiyle modellenen formun poligonlarına ayrıştırılması işlemi için gereken komutlar görselleştirme hedefiyle pazarlanan CAD yazılımları içinde sağlanmamaktadır. Bu sebeple tasarımcının çoğunlukla modelleri uygun formatlarla başka yazılımlara aktarması ya da yazılım içinde betikler oluşturarak bu işlemleri orada gerçekleştirmesi gerekmektedir. Montaj işlemi de parça sayısının çok olması ve parçaların belli bir düzeni takip etmemesi sebebiyle karışıktır ve tasarımcının bu süreçte üretime katılımını zorunlu hale getirmektedir.

Katlama tektoniğinin değerlendirilmesi

Daha çok montaj ve malzeme mukavemetini artırmada kullanılan katlama tektoniğinin çoğunlukla mozaiklemeyle birlikte kullanıldığı gözlemlenmiştir. Katlama ile üretilen hacimsel bileşenler iç mekan donatısı olarak kullanılabilir ya da katlama ile elde edilecek alt bileşenler bir başka özgün bileşenin üretimine katkı verebilir.

Tesviye tektoniğinin değerlendirilmesi

Tesviye tektoniği, CNC cihazlardan özellikle freze ile ilişkili olduğu için, tasarımcıların CNC frezeler için gerekli 3 boyutlu işlem verisini üretmek üzere buna uygun modelleme yöntemlerine, uygun CAD yazılımlarına ve CAM yazılımlarına aktarım için gereken veri formatlarına hakim olmasını gerektirir. CNC frezelerin kullanımında farklı profile sahip uçların seçimi, malzemenin işlem cihazı üzerinde farklı konumlandırılması, elde edilen parçaların birleştirilmesi gibi atölye ve CNC operatörüne bağlı işlemlerde tasarımcının da katkıda bulunması, denemelerle sürece katılması gerekecektir. Tesviye tektoniği tasarımcının özgün forma sahip iç mekan bileşenlerini tasarlamak ve üretmek üzere işlem cihazlarıyla birebir ilişkide olmasını gerektirecektir. Bu durum tasarımcının atölye içinde varlık göstermesini CNC operatörü ve atölye zanaatkarının yanında yer almasını zorunlu kılar.

Kalıplama tektoniğinin değerlendirilmesi

Kalıplama tüm tektonikler arasında tasarımcının üretim içine girmesini en çok zorlayan tektoniktir. Bilgisayar desteği ile kalıp ya da kalıplanacak model yapımı için gereken üretim verileri tasarımcı tarafından sağlansa da bu verilerin doğru şekilde sağlanabilmesi için bile üretimden gelecek verilere ihtiyaç duyulur. Bilgisayar destekli üretim sonrasında da kalıplama için özgün zanaat tekniklerini içeren uzun ve detaylı bir süreç vardır. Bu süreçteki üretim teknikleri çeşitlidir ve genellikle ortak bir kurala sahip değildir. Pratikler, teorik bilgilerden daha anlamlı sonuçlar oluşturmaktadır. Tasarımcının bu alanda özgün iç mekan bileşenleri üretme şansı çok daha fazla gözükmele beraber bu alanda yalnız başına başarıya ulaşma şansı çok düşüktür. Araştırma sırasında elde edilen örneklerin çoğunda kalıplama için zanaatkarların katkısını göstermiştir. Bu sebeple bilgisayar ortamında elde edilen tasarımların hedeflenen üretim yöntemine uygun bilgisayar destekli üretim verilerinin hazırlanması ve üretimin gerçekleştirilmesi için tasarımcının konunun uzmanlarıyla ortak çalışması zorunludur.

Ele alınan beş tektonik de özgün forma sahip iç mekan bileşenlerinin üretiminde tasarımcının üretim içine aktif katılımını gerektirmektedir. Tektoniklerin tasarım ve uygulama süreçleri birbirinden bağımsız tasarım ofisleri ve konvansiyonel zanaat atölyeleri yerine bilgisayar destekli üretim cihazlarının kullanıldığı, deneysel çalışmaların yapılabileceği zanaatkar kadar tasarımcının da üretime katkıda bulunabileceği farklı atölyelere ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Tektoniklerin uygulama şekilleri, uygulamada kullanılacak malzemeler, montaj aşamaları tektoniklerin kullanımıyla elde edilecek iç mekan bileşenleri için farklı bir durumu işaret etmektedir. Tektoniklerle elde edilen rastlanılmamış organik formlar ve özgün geometriler elde edilen bileşenlerin fonksiyonlarının önüne geçmektedir. Bu durum tektonikler yoluyla elde edilen bileşenleri fonksiyonel kullanışlılığın hedeflendiği gündelik kullanım nesnelere uzaklaştırmaktadır. Tektonikler yoluyla elde edilen bileşenlerin görsel özellikleri fonksiyonel özelliklerinin önüne geçmektedir.

Sayar destekli yöntemleri	Uygun modelleme yöntemleri	Uygun üretim verileri	Uygun üretim verileri
kısa süreli CNC frezeler, su jeti	NURBS, Katı modelleme, yüksek çözünürlüklü poligon modelleme	2 Boyutlu çizimler	2 b
zayıf kalite için 2.5 ya da CNC frezeler, LASER frezeler için 3, 4, 5 katmanlı frezeler ya da katmanlı	Yüzeysel mozaikleme için düşük çözünürlüklü poligon modelleme, hacimsel mozaikleme için NURBS ve katı modelleme	Yüzeysel mozaikleme için 2 boyutlu çizimler, hacimsel mozaikleme için 3 boyutlu modelleme verileri	Yüzeysel için 2 b, hacimsel için 3 b
kısa süreli CNC frezeler, su jeti, lazer frezeler için CNC bükme	Poligon modelleme, NURBS	2 boyutlu çizimler	2 b (m)
3D model oluşturmak için üretim cihazları ya da torna freze ya da torna C bükme cihazları	NURBS, Katı modelleme	3 boyutlu modelleme verileri	3 b

Şekil 12 Sayısal üretim teknolojilerinin karşılaştırılması değerlendirme tablosu

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİMLE ÖZGÜN İÇ BİLEŞENLERİNİN TASARIMI VE ÜRETİMİNDE PROTOTİPLER

Ürün geliştirme sürecinin önemli araçlarından birisi olan prototipler, tasarımın üretimle buluştuğu ilk ortam olarak zanaatkar ve tasarımcının da kesiştiği ve ortak çalıştığı ilk tekil üretim denemeleridir. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim, prototip üretiminde de hız ve hassasiyet yanında işlenebilir form ve malzemeler anlamında var olan olanakları artırmıştır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle, tasarımcıların prototipleme sürecine zanaatkar tasarımcı olarak dahil olmaları, malzeme ve bileşene dair geliştirmelerde bulunabilmelerine olanak tanır.

Bu bölümde yukarıda aktarılanlar ışığında prototipler ele alınacak, seri üretim denemeleri için ele alınan prototiplerin tekil üretimler için ürün geliştirme anlamında

potansiyeli vurgulanacaktır. Farklı ölçekteki örnekler üzerinde özgün bileşen tasarımı ve üretiminde, bilgisayar destekli tasarım ve üretim ortamı içinde prototiplerin kullanımı alan çalışmasıyla değerlendirilecek, iç mimari ölçekte, özgün tekil bileşen ve donatıların tasarım ve üretiminde prototiplerin kullanımı ele alınacaktır.

4.1. Prototipler

Elle üretimde tek bir ürünün hem tasarımını hem üretimini beraber yürüten zanaatkarın yerine, seri üretimde farklı alanlarda uzmanlaşmış tasarımcılar geçmiştir. Bu tasarımcılar standart özelliklerde binlercesi üretilecek ürünün tasarımını üretimin çok öncesinde bitirmekte ve çok pahalı bir yatırım olan seri üretim hattının kurulumu bu tasarıma göre yapılmaktadır. Elle üretimde zanaatkarlar tekil ürünler için çalışırken üretim sırasında meydana gelen sorunlar üretim sırasında çözüme kavuşturulmaktadır. Tasarımı üretimden çok önce sonuçlanmış ve seri üretim hattı hazırlanmış bir üretim için tasarımdan kaynaklı sorunların üretim sırasında ortaya çıkması, maddi anlamda çok büyük kayıplara neden olabilir. Bu sebeple üretim başlamadan önce tasarımdan kaynaklı sorunların en aza indirilebilmesi için prototip adı verilen ön üretimlerin gerçekleştirilmesi ve tasarımın bu ön üretimlerle evrilmesi seri üretim için takip edilen bir yöntemdir.

Prototipler, tekil olarak üretilirler, çoğunlukla elle üretim ve zanaatkarların bu üretim sürecine aktif katılımı söz konusudur. Tasarımcıların detaylı çizimleri prototip üretiminde zanaatkarlar için yol göstericidir. Prototipler tasarımcılara form, fonksiyon, malzeme ve uygun üretim yönteminin geliştirilmesinde çok önemli avantajlar sağlar.

4.1.1. Prototiplerin sınıflandırılması

Prototipler tasarımın farklı evrelerine göre farklı türlere ayrılır ve farklı şekilde ele alınırlar:

- Tasarımda form araştırmaları için *deneysel prototipler* kullanılır, bunlar malzeme ve detaylandırmaya dair fazla bilgi içermez. Bu türden prototiplerde

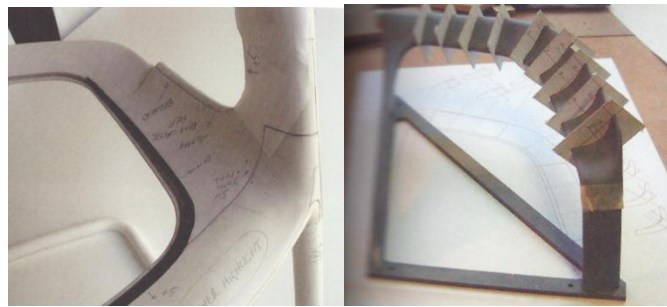
işlemesi kolay ve hızlı malzemeler kullanılır. Bu türden prototiplerin üretimindeki amaç gerçeğe yakınlık değil, mümkün olan en fazla tasarım alternatifini ortaya koymaktır. (Resim 45)



Resim 45 Soul Chair için köpük malzeme ile üretilen deneysel kolçak prototipleri

Jennifer Hudson, *Process:50 Product Designs From Concept To Manufacture*, (Laurence King, Londra: 2008) s. 160'taki resim.

- *Tasarım geliştirme prototiplerinde* form ve fonksiyon ilişkisinin ürünün tamamı ve alt sistemleriyle uyumlu olup olmadığı araştırılır⁹¹. Bu türden prototiplerde ürünün form ve fonksiyon ilişkisi ele alınır. Bu sebeple, malzeme, renk gibi görsel öğelerden çok formun net biçimde ortaya çıkarılması amaçlanır. (Resim 46)



Resim 46 Soul Chair için köpük malzeme ile üretilen tasarım geliştirme prototipleri

Jennifer Hudson, *A.g.e.*, s. 161'deki resim.

⁹¹ Daniel Schodek, *A.g.e.*, s.299.

- *Üretim öncesi prototipleri* üretim öncesi saha denemeleri ve ölçme amacıyla kullanılır. Üretim öncesi prototipler *alfa* ve *beta* olmak üzere iki türe ayrılır:
 - Alfa prototipler hedeflenen malzemeyle ve uygun formla üretilir ancak üretim yöntemleri hedeflenenden farklı olabilir. Bu prototiplerin tüm fiziksel özellikleri sonuç ürünle aynıdır ve tasarımcı tarafından sonuç ürün olarak test edilebilir. (Resim 47)



Resim 47 Soul Chair için gerçek malzemesi ile üretilen Alpha tipi üretim öncesi prototip

Jennifer Hudson, A.g.e., s. 161'deki resim.

- Beta prototipler üretim yöntemi de dahil olmak üzere planlanan sonuç ürünün aynısıdır ancak parçaların montajı gibi ürünün oluşturulmasıyla (fabrikasyonla) ilgili çözümler geliştirilmemiştir⁹². Bu çözümler prototip üzerinde geliştirilerek, seri üretim sonrasında elde edilen alt bileşenlerin montajı için gereken stratejiler ortaya konur. (Resim 48)

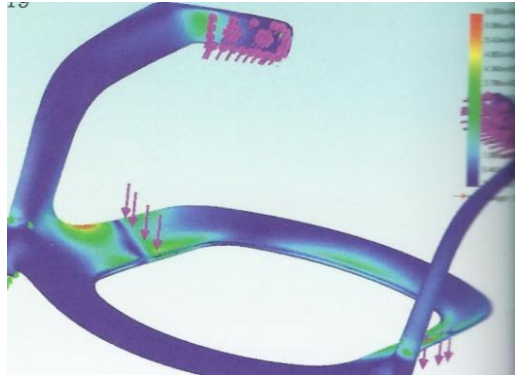
⁹²Aynı, s. 300.



Resim 48 *Soul Chair* için gerçek malzemesi ve üretim tekniği kullanılarak üretilen ve kullanım testleri uygulanan beta prototip

Jennifer Hudson, **A.g.e.**, s. 163'deki resim.

Prototipler fiziksel olarak elde edilebileceği gibi sanal ortamda bilgisayar modelleri üzerinden fiziksel ortamdaki gibi testlere tabi tutulabilirler. Sayısal ortamda yaratılan simülasyonlarla, yer çekimi, ısı, nesne üzerindeki yükler gibi doğal değişkenler tasarlanan nesnenin formunu test üzere kullanılabilir. Bu türden prototipler *sayısal prototipler* olarak anılırlar. Sayısal ve fiziksel prototipler beraber kullanılarak üretim için önerilen tasarımın tüm yönleriyle değerlendirilmesine ve test edilmesine olanak sağlar⁹³. (Resim 49)



Resim 49 *Soul Chair* için Pro E CAD yazılımında malzeme dayanımını test etmek için üretilen sayısal prototip

⁹³ Aynı, s. 294.

Jennifer Hudson, **A.g.e.**, s. 162 'deki resim.

Prototipler bilgisayar destekli üretim cihazları öncesinde konvansiyonel cihazlar ve zanaat teknikleriyle uzun sürede ve yüksek maliyetle üretilebilmekteydi. Zanaat teknikleriyle üretimi çok zor ya da imkansız formların hızla, düşük maliyetle CAD/CAM ortamları ve bilgisayar destekli üretim cihazlarında üretilebilir hale gelmesi bu cihazların prototip üretiminde kullanımını artırmıştır. Daha önce konvansiyonel cihazlar, zanaat teknikleri ve zanaatkarların becerisine bağlı olarak üretilebilen prototipler böylece zanaatkar becerilerine sahip olmayan tasarımcılar tarafından bilgisayar destekli üretim cihazlarında üretilmeye başlanmıştır. Bu durum zanaat tekniklerine bağımlı prototipleme sürecini özgürleştirerek, malzeme üzerindeki denemeleri daha ulaşılabilir hale getirmiştir. Tasarımların bilgisayar ortamında parametrik olarak ortaya çıkarılması ve simülasyonlarla sanalprototiplerin elde edilmesi, alt bileşenlerin tasarımı için gereken tasarım yükünü hafifletmiştir. Üretim sürecinin hızlanması ve CAD/CAM ortamlarında elde edilebilir formların artık hayallerle sınırlı hale gelmiş olması tasarımcıların prototiplemeyle üretimin daha çok içine girmesine olanak sağlamıştır.

4.1.2. Tekil üretimler için prototipleme

Çoğunlukla fabrikasyon seri üretimler için kurumsal tasarımcılar tarafından ele alınan prototipleme, tekil üretimlerde tercih edilmemektedir. Prototip üretimi tekil bir üretim olduğu için tekil olarak tasarlanarak üretilecek bir ürünün bağımsız deneme üretimlerinin yapılması harcanan emek ve maliyet açısından uygun bir yaklaşım değildir.

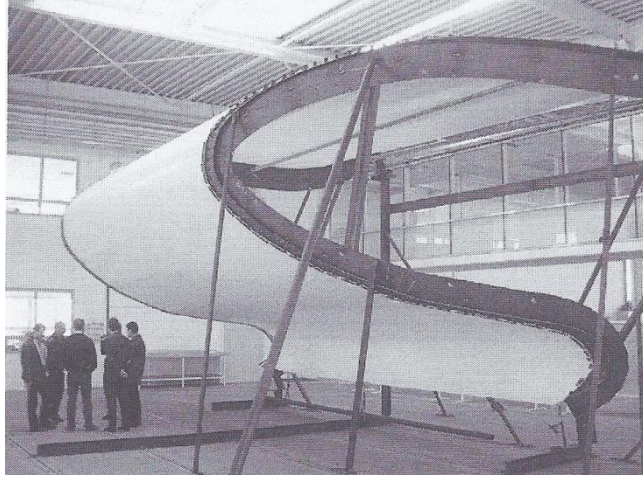
Fabrikasyon seri üretimlerde kurumsal tasarımcılar tarafından kullanılan üretim öncesi beta prototipler, montaj ve bitirme için gereken değişimlerin ortaya çıkarıldığı süreç olarak önemlidir. Seri üretimde alt bileşenlerin uyumunun test edildiği ve montaja dair stratejilerin ve yöntemlerin geliştirildiği bu aşama sonrasında, parçaların ve alt bileşenlerin üretimi gerçekleştirilir. Bu deneme üretimlerinde, elde edilen alt bileşenler form, fonksiyon, üretim yöntemi ve malzeme açısından hedeflenen sonuç ürünle

aynıdır. Beta prototiplerin seri üretimlerin geliştirilmesindeki kullanım süreci, standart alt bileşenlerle tasarlanan ve üretilen tekil ürünlerin montaj ve bitirme aşamalarıyla benzer özellikler içerir.

Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle tekil olarak ortaya çıkarılan parça ve alt bileşenler malzeme ve üretim tekniği açısından sonuç ürünle aynı olduğu için parça ve alt bileşenlerin üretimi sonrasında doğrudan montaj detaylarını geliştirme aşamasına geçilebilir. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle elde edilen alt bileşenlerin tasarımı bilgisayar ortamında yapılarak, parçaların toleranssız biçimde uyumu bilgisayar ortamında test edilebilir. Parçaların ve alt bileşenlerin üretimi bilgisayar destekli üretim cihazlarında toleranssız olarak gerçekleştirilebilir. Böylece bu aşamaların test edilmesi ve değerlendirilmesi için kullanılan deneysel prototipler ve tasarım geliştirme prototiplerine ihtiyaç kalmayacaktır. CAM ortamındaki parça üretimi sonrasında beta prototipler olarak geliştirilmeye devam edilen ürün, montaj sonucunda hedeflenen ürün olacaktır. Yapı tasarımı ve üretiminde prototipler

Yapı tasarımı ve üretiminde prototipler endüstriyel ürünlerin tasarım ve üretiminden çok farklı şekilde ele alınmaktadır. Her birisi ayrı binalar olan tekil yapı üretimleri diğer üretimlere göre ölçek olarak çok daha büyük olmaları sebebiyle ön denemeler küçük ölçekli, malzeme ve detaydan soyutlanmış maketlerle sınırlanmaktadır. Yapı tasarımı ve üretiminde gerçek ölçeğinde prototipler ancak bina sistemlerinin kısmi olarak sınanması için yapılmaktadır. Kısmi olarak sınanan bir sistemin bütününün de aynı şekilde çalışacağı öngörülür. (Resim 50) Kısmi prototiplerde malzeme, detaylandırma ve üretim yöntemi de test edilebilmektedir. Kısmi prototiplerin malzemesi çoğunlukla hedeflenen sonuç ürünün malzemesiyle aynıdır, üretim yöntemi ise farklılıklar gösterebilir. Üretim öncesi prototip olarak değerlendirilebilecek bu türden prototipler üretim yöntemlerine göre alfa ya da beta olarak sınıflanabilirler.

Yapı tasarımı ve üretiminde bileşen düzeyindeki ürünlerin bu şekilde yapılan denemeleri özgün bileşen tasarım ve üretimlerinde tasarımcının üretime katılarak malzemeyi, bileşenleri ve üretim tekniğini sorgulamasını ve geliştirmesini mümkün kılar.



Resim 50 Bernhard Franken tarafından tasarlanan Dynaform pavyou için üretilen kısmi prototip

Daniel Schodek, *Aynı*, s.75'deki resim.

İç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde prototiplemenin yeri

İç mekan ölçeğinde elde edilecek donatı ve bileşenlerin prototipleri diğer ölçeklerden daha farklı bir durum ortaya koyar:

Endüstriyel ürünler için hazırlanan prototipler, mimari örneklerle kıyaslandığında çok daha küçük ölçüde olan bir ev aleti, cep telefonu ya da seri üretilen bir sandalye gibi binlercesi üretilen bir ürünün gerçek ölçeğinde bir denemesidir. Mimari üretimler için ise gerçek ölçeğindeki bir prototip ancak yapının belli bir parçasından ya da belli bir bileşeni için üretilebilir. Endüstriyel ürünlerin binlercesinin seri üretimle üretilmesinden önce üretilen prototipler ya da mimari ölçekte bir bütünün belli bir parçası olarak ele alınan prototipler, üretimin geri kalanıyla kıyaslandığında deneme-yanılma, sınama, tecrübe etme, değiştirme için kullanılabilir ve ardıl üretim için görevini tamamladıktan sonra işlevsiz bir ürün olarak yarattığı maliyet ardıl üretimdeki birim maliyete yansıtılabilir. Seri üretimin uzun süreli ve mimari üretimlerin uzun zamana yayılan üretim süreçleriyle kıyaslandığında da prototip üretimi ve tasarım geliştirme için harcanan zaman ve çaba çok büyük değildir.

Tekil iç mekan bileşenleri için ele alınacak prototipler ise üretimin genel ölçüsü itibarıyla maliyet ve prototip üretimi için harcanacak zaman açısından sonuçta elde

edilmesi planlanan asıl üretim içinde oldukça büyük paya sahiptir. Bu sebeple bu alanda prototip üzerinden geliştirmelerde bulunmak zorluklar içermektedir. Seri üretimde tasarımın evrimleşebilmesi için ele alınan pek çok tipte ve sayıda prototiple kıyaslandığında iç mekan bileşenlerinin tasarımında bu türden bir geliştirme çabasına girmek daha da zordur. Bu anlamda bilgisayar destekli tasarım ve üretimle elde edilecek olan üretim öncesi prototipleri yol açıcı olacaktır.

Tasarımın CAD ortamında ele alınmasıyla, üretim öncesi prototiplerden önce gerçekleştirilen, tasarım alternatiflerinin ele alındığı deneysel prototipler ya da form fonksiyon ilişkisinin sınındığı tasarım geliştirme prototipleri yerine bilgisayar ortamındaki modeller kullanılabilir. Böylece öncül tasarım aşamalarında prototiplemeyle harcanan zaman ve maliyetin önüne geçilebilir. Bu aşamalar sonrasında gerçek ölçekte, malzemesinde ve üretim tekniğinde beta prototiplerin üretimi özgün iç mekan bileşenlerinin üretiminde yol açıcı olacaktır. Özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kullanılması ile elde edilecek parçalar, beta prototipler olarak montaj detayları çözülmek üzere bir araya getirilebilir. Montaj detayları prototip üzerinde çözüldükten sonra prototip sonuç ürün olarak kullanıma alınabilir. Bu şekilde bilgisayar destekli tasarım ve üretimle maliyet ve zaman sınırlılıkları dahilinde, tasarımın üretim içine katıldığı farklı bir prototipleme süreciyle özgün iç mekan bileşenlerinin üretimi mümkün olabilecektir. Bunun gerçekleşmesinde projenin ölçeği ve karmaşıklığının bir etken olduğu gözükmemektedir. Bu sebeple takip eden başlıktaki alan çalışmasıyla farklı ölçeklerde prototiplemenin kullanımı ve iç mekan projelerinde ölçeğe bağlı olarak prototiplerin sonuç ürünlere evrilme potansiyeli ele alınacaktır.

4.2. Farklı ölçeklerde özgün yapı bileşenlerinin tasarım ve üretiminde bilgisayar desteği ve prototipleme üzerine alan çalışması

Yapı tasarımını, tasarım dili haline gelen temsillerle aktaran mimarlar, bu temsilleri oluşturmada hız, hassasiyet ve kolaylık sağlayan bilgisayar destekli tasarımı da kullanırlar. Bilgisayarların kullanımıyla, tekrar eden sıkıcı çizimler daha, hızlı ve hassas olarak üretilebilir ve daha kolay arşivlenebilir hale gelmiştir. Bilgisayar ortamında 3

boyutlu olarak işlenebilen modeller, 2 boyutlu kağıt düzleminde plan, kesit ve görünüşler yoluyla oluşturulan çizimlerden çok daha fazlasını sunar. Kağıt düzleminde kolaylıkla ifade bulabilen dik açılı, paralel çizgilerden oluşan Öklid formları yerine, bilgisayar ortamında eğrisel Kartezyen formlar kolaylıkla görselleştirilebilir. Bu durum alışılmamış eğrisel formların, matematiksel olarak ifade bulması zor geometrilerin mimari tasarımın paletine eklenmesini sağlamıştır. Bu geometriler standart dışı formları ve özgünlüğü işaret eder. Ancak, kuralsız geometrilerin görselleştirilmesindeki kolaylık, üretime aynı şekilde yansıyamamış, sayısal olarak başlayan süreç, üretim aşamasında dik açılı formlar ve birim tekrarını hedefleyen seri üretilen standart ölçülü yapı bileşenlerinin, eğrisel formlarla uyumsuzluğu engeline takılmıştır. Bu durum, farklı malzeme ve bileşenleri, bu malzeme ve bileşenlerin tasarım ve üretimini içeren farklı bir üretim sistemi ve teknolojiyi gerekli hale getirir. Seri üretimle yüksek miktarlarda, düşük maliyetle ancak standart form ve özellikle sunulan malzemelerin standart dışı formları oluşturacak parçalar, alt bileşenler ve bileşenler haline dönüştürülmesi bu bağlamda önemli bir problemdir.

Eğrisel formların oluşturulmasında bilgisayar destekli üretim yol açıcı olmuştur. Hazır bileşenlerin bir araya getirilmesinin hedeflendiği tasarım ve üretim yaklaşımı yerine, tasarım ve üretimin birlikte ele alındığı tekil bileşenleri hedefleyen bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşımda, tasarımlar bilgisayar ortamında gerçekleştirilir, forma uygun malzemeler ve malzemeleri şekillendirecek bilgisayar kontrollü cihazlar seçilir, bu cihazlara uygun üretim verisi bilgisayar ortamında hazırlanır, malzemenin bileşen olarak üretimi ve ardından montaj süreci organize edilerek üretim gerçekleştirilir. Tüm bu süreçte eskiden sadece tasarımda varlık gösteren, üretime ise kontrol için çok az katılan mimar tüm sürecin en başından sonuna kadar tasarımını ve kontrolünü üstlenmektedir. Bahsedilen işlemlerin her projede uygulanması zordur, deneyim ve uzmanlık gerektirmektedir. Tasarım ve üretim süreçlerini sayısal hale geçirebilmiş mimari bürolar çok azdır. Bu sebeple şimdiden mimari ikonlar haline gelmiş bu türden projelerin sayısı çok da fazla değildir. Ancak bu durum bilgisayar destekli tasarım ve üretimle özgün bileşenlerin tasarım ve üretiminde bir engel değildir. Özgün bileşenlerin tasarım ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kullanılması için öne çıkan etkenin hedeflenen projenin ölçeği olduğu gözlemlenmektedir.

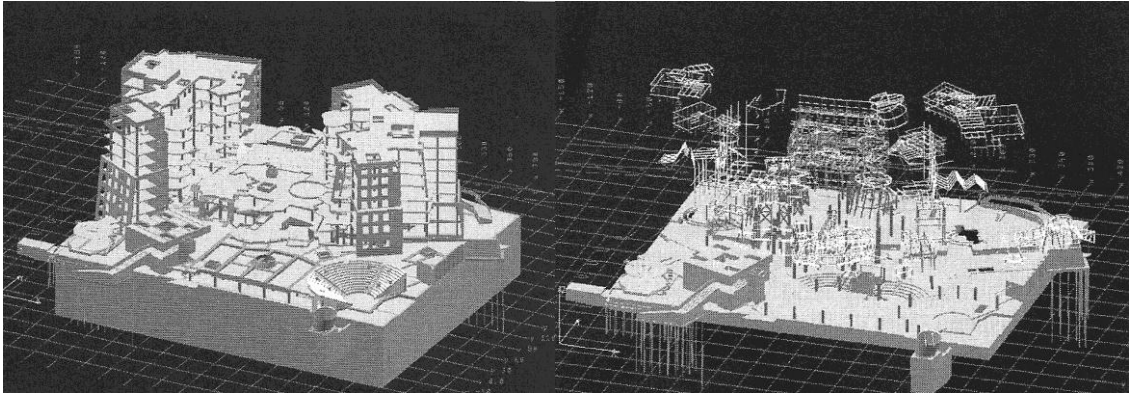
Aşağıda bilgisayar destekli tasarım ve üretimi prototipleme ve üretim hedefi ile ele alan 5 farklı ölçekteki proje, tasarım ve üretim aşamaları üzerinden değerlendirilecektir. Özgün bileşenlerin tasarım ve üretimini işaret eden projelerde bilgisayar destekli tasarım ve üretimin tasarımcının prototipleme sürecine katılımında ve prototiplemenin ölçeğe bağlı olarak proje geliştirmeye katkısı farklı ölçekteki örnekler üzerinde değerlendirilecektir. Projelerin seçiminde ölçek, tasarım ve üretim sürecinde prototip kullanımı, üretim sürecine tasarımcının katılımı, var olan standart bileşenler dışında bileşen ve alt bileşenlerin tasarımının hedeflenmesi etken olmuştur. Projeler ölçeğe bağlı bir sıralama ile aşağıdaki şekilde ele alınmıştır:

1. Büyük ölçekli bir eğitim yapısı
2. Geçici olarak inşa edilmiş bir fuar pavyonu
3. Orta ölçekli bir iç mekan projesi
4. Küçük ölçekli bir yerleştirme
5. Deneysel bir tekil mobilya tasarımı

4.2.1. Büyük ölçekli bir eğitim yapısı: MIT Ray ve Maria Stata Center

Mimari projelerde karmaşık geometrilere örnek olarak Frank Gehry'nin MIT Ray ve Maria Stata Center projesi gösterilebilir. 2004 yılında tamamlanan bina 65.960 m²'lik bir alana sahiptir. Çok büyük bir mimarlık firması olan Gehry Partners, bu projede taşıyıcı sistemin istenilen kabuğa uygun olarak oluşturulması için pek çok farklı disiplinin bir arada çalıştığı bir disiplinlerarası çalışma ortamı oluşturmuştur. Ölçekli fiziksel maketlerin sayısal üç boyutlu veriye dönüştürülmesinde tıp alanında kullanılan 3 boyutlu sayısallaştırıcılar kullanılmış, otomotiv, uçak tasarımı ve üretiminde

kullanılan *CATIA* isimli CAD yazılımı çalışma içine dahil edilmiştir⁹⁴. *CATIA* yazılımı ile tüm bina en küçük üretim ayrıntısına kadar bilgisayar ortamındaki modele aktarılmıştır. Böylece proje tasarımı ve üretimi bilgisayar ortamında bütünleştirilmiştir. Topoğrafya, tekil form ve ölçüde taşıyıcı sistem elemanları, bağlantılar, tekil forma sahip duvar kaplamaları, pencere ve kapı doğramaları gibi bileşenleri tüm detaylarıyla bilgisayar ortamında varlık gösterdiğinden binanın sanal bir prototipi tasarım sürecine dahil olmuştur. (Resim 51)



Resim 51 MIT Ray ve Maria Stata Center beton ve çelik strüktür modeli

Fotoğraf: **Gehry Partners**, Daniel Schodek, **A.g.e.**, s. 67' deki resim.

Tasarım sürecinde fiziksel olarak elle üretilmiş modeller 3 boyutlu sayısallaştırıcılarla nokta bulutları olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Nokta bulutları üzerinde 3 boyutlu modelin yüzeyleri örülmüş ve hızlı prototipleme cihazları, CNC frezeleme ve el işçiliği ile modeller tekrar fiziksel ortama aktarılmıştır. Mimarlar bu modeller üzerinde form ve fonksiyon arasındaki ilişkileri test etme imkânı bulmuş ve geliştirmeleri yapmıştır. Geliştirilen modeller *CATIA* yazılımına tekrar sayısallaştırılarak aktarılmış ve bu süreç form fonksiyon uyumu en iyi duruma gelene dek tekrarlanmıştır. Sayısal ve fiziksel deneysel prototiplerin birlikte kullanımıyla karmaşık geometrilerin barındırdığı fonksiyonlarla uyumu problemi çözüme kavuşturulmuştur⁹⁵.

⁹⁴ Daniel Schodek, **A.g.e.**, s.64.

⁹⁵ Aynı.

CATIA hem yazılımın kendisi hem de üzerinde çalışabildiği iş istasyonlarıyla oldukça pahalı bir yatırımdır. *CATIA* beton üreticilerine, çelik strüktür ve cephe kaplaması üreticilerine sayısal veri aktarmakta da kullanılmıştır. Farklı üreticilerin kabiliyetlerine göre farklı formatlarda veriler oluşturulmuştur. *CATIA* ile çalışamayan firmaların kullandığı yazılımlara uygun veri formatlarına çevrim için bir bilgisayar programcısı veri çevrim programı hazırlamıştır. Üretimin sahada gerçekleştirilmesi için röleve yazılımları ve LASER'li röleve cihazlarına *CATIA*'dan veri aktarımı yapılmıştır⁹⁶. Verilerin kolaylıkla paylaşılabilmesi ve çok kalabalık bir ekibin veriler üzerinde, düzenli değişiklikler yapabilmesi için bir *FTP(File Transfer Protocol)* dosya paylaşım sistemi kurulmuştur. Mimar, tasarım ve üretimin her aşamasında bilgisayar desteği ile varlığını sürdürerek, çok karmaşık ve kapsamlı bu projede yapı ustasının tasarım ve üretime hakimiyetini sergilemiştir.

Yukarıda bahsedilen tüm sistem, 65.960 m²'lik bir prestij projesi için yaratılması uygun bir yatırım olacaktır ancak daha mütevazı büyüklükte ve bütçede projeler için bu yatırımların yapılması ve çalışma sisteminin kurulması çok zordur. Aynı zamanda büyük üretimler söz konusu olmadığı sürece üretim bandını değiştirerek standart üretimler dışında üretimlere girmeye ikna olabilecek bileşen üreticileri bulmak oldukça güçtür. Bu durum mimaride farklı formları uygulayabilen mimarları belli tecrübeye sahip, büyük projelere imza atabilen kişilerle sınırlamaktadır.

⁹⁶Aynı, s.68.



Resim 52 MIT Ray and Maria Stata Center

Fotoğraf: **Andy Ryan**, <http://web.mit.edu/facilities/construction/completed/stata.html> adresindeki web sitesinden 10.05.2011 tarihinde alınmıştır.

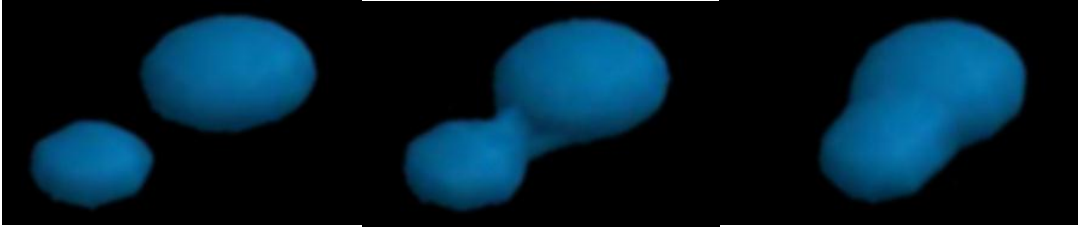
4.2.2. Geçici olarak inşa edilmiş bir fuar pavyonu: BMW Fuar Pavyonu

Alman mimar Bernhard Franken tarafından BMW firması için tasarlanan ve 1999 yılında tamamlanan “Kabarcık” isimli tasarım, iki su damlasının birbirleri ile ilişki kurmasından doğmuş karmaşık ve organik formun şeffaf bir fuar pavyonu olarak üretimini hedeflemektedir. (Resim 53) Franken, pavyon için form araştırmalarında film endüstrisinde kullanılan üç boyutlu modelleme ve animasyon yazılımı Maya’dan faydalanmıştır. (Resim 54)



Resim 53 BMW Fuar Pavyonu

Fotoğraf: Fritz Busam, http://www.german-architects.com/en/projects/detail_thickbox/3129/plang:en-gb?iframe=true&width=850&height=99 adresindeki web sayfasından 31.01.2012 tarihinde alınmıştır.



Resim 54BMW Fuar Pavyonu'nun Maya yazılımındaki form denemeleri

ABB Architekten, Daniel Schodek, **A.g.e.** s.71. 'deki resim.

“*Maya*'dan alınan üç boyutlu model *Rhinoceros* ve *CATIA* yazılımlarına aktarılmış ve inşaat mühendisleri tarafından sonlu eleman analizi ile kullanılması düşünülen akrilik levhaların kalınlığı ve dayanıklılık sınıfı ortaya çıkarılmıştır. Ana modelden 300'den fazla akrilik levha çıkarılmıştır.

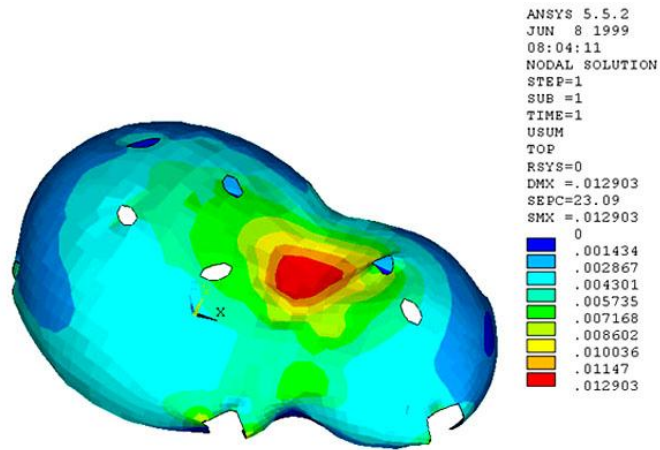
Tasarımcılar pavyonu birbirine yapıştırılacak ve bütün yükü tek başına alacak akrilik levhaların oluşturduğu bir strüktürden üretmek üzere tasarlamıştır. Montaj aşamasını, strüktürel sağlamlığı ve öngörülen inşa tekniğini test etmek üzere bir prototip yapılmıştır. Bu prototip levhalar arasındaki yapıştırmaya bağlı birleşim problemlerini ve bu işlemin zamanlamaya dair sorunlarını ortaya koymuştur. Pavyonunun açılışına altı hafta kala tasarımcılar yük alan akrilik yüzey strüktürü yerine yumurta kabına benzeyen, alüminyum kaburgalardan oluşan bir sistemi benimsemiştir. Düz akrilik levhaların alüminyum kaburgalardan oluşan sisteme tam oturabilmesi için çift eğrili yüzeyler şeklinde yorumlanması gerekiyordu. CNC frezeleme için gereken takım yolları *CATIA* modelindeki tekil levhalardan çıkarılmıştır. Poliüretan köpük kalıplar CNC'de frezelenmiş ve 150°C'den 160°C'ye kadar ısıtılan levhalar bu köpükler üzerinde şekillendirildi. Her kalıp birden fazla defa, her seferinde form verilecek yeni akrilik levhaya göre tekrar frezelenerek kullanılmıştır. Form verme işlemi sonrasında, akrilik levhaların artık kenarları yine aynı CNC ile kesilerek çıkarılmıştır.

Kaburgaların geometrisi kabarcık şeklinin kompleks geometrisiyle dikey sistemdeki düzlemlerin kesiştirilmesiyle elde edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen çizgisel kesitler formun içine doğru ötelenerek istenilen strüktürel derinlik elde edilmiştir. Kaburgalar mimarın model geometrisine göre su jeti ile kesilmiş, sonrasında alüminyum kaburgalar üzerine form verilmiş olan akrilik levhalar bağlanmıştır⁹⁷.”

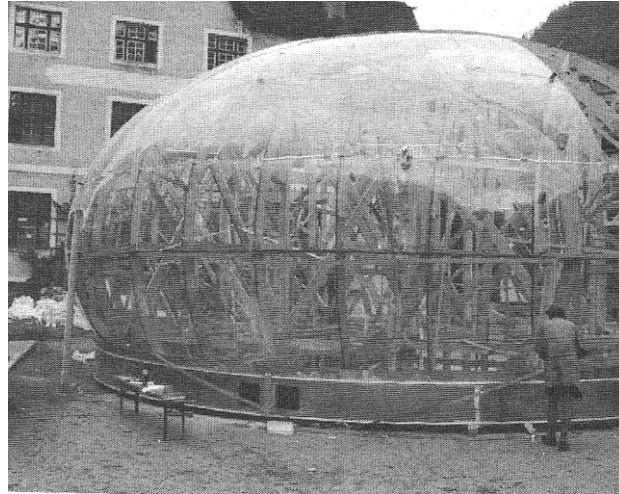
“Kabarcık” pavyonu ölçek açısından daha mütevazî bir yapıdır. Binanın taşıyıcı sistemi, rastlanılmamış organik bir formu oluşturan şekillendirilmiş akrilik levhalar dışında daha büyük ölçekteki binaların maruz kaldığı yüklere maruz kalmamıştır. Bu durum, binanın strüktürel kararlılığının sonlu eleman analiziyle sanal prototip üzerinde test edilebilmesine

⁹⁷ Daniel Schodek, **A.g.e.**, s. 71,72.

olarak tanımıştır. Üretim öncesi montaj kararlarını almak üzere üretilen prototip akrilik levhaların birbiri ile montaj problemlerini ortaya koyarak alfa tipi üretim öncesi prototip olarak işlev görmüştür. Bina ölçeğinin küçük olması tasarımcının fiziksel prototiplemeyi denemesini kolaylaştırmıştır. Üretilen prototip sınama sonrasında işlevsiz kalmış ve prototip için harcanan malzeme ve zaman sonuç ürünün maliyetine yansımıştır.

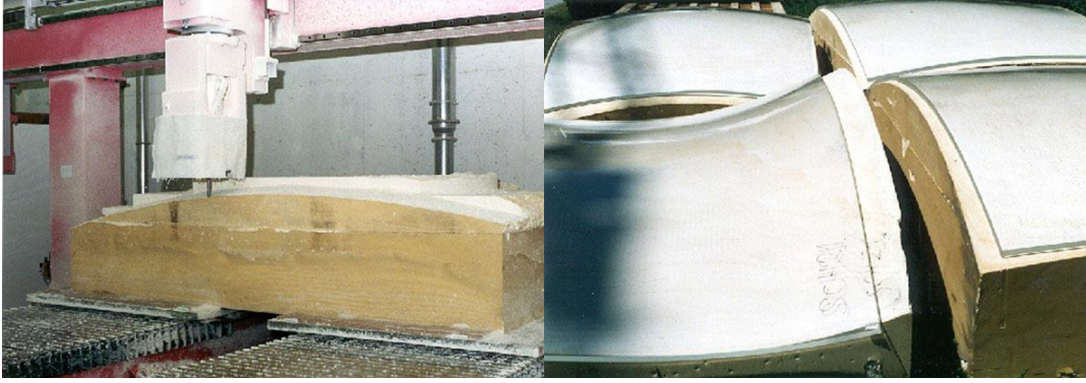


Resim 55BMW fuar pavyonu için yük analizi



Resim 56BMW fuar pavyonunun kontrplak levhalardan üretilmiş strüktür üzerinde montaj denemesi yapılan gerçek ölçeğinde prototipi

Fotoğraf: Bolinger ve Grohmann, Daniel Schodek, A.g.e. s. 72'deki resim.



Resim 57BMW fuar pavyonunun yüzeyi için akrilik levhaların şekillendirildiği kalıpların CNC freze ile üretimi ve şekillendirilmiş levhalar

4.2.3. Orta ölçekte bir iç mekan projesi: Slayt Kütüphanesi

New York merkezli Marble Fairbanks mimarlık ofisi tarafından tasarlanan ve 2005⁹⁸ yılında inşası biten Columbia Üniversitesi, Sanat Tarihi ve Arkeoloji Bölümü, Slayt Kütüphanesi⁹⁹ özgün bileşenlerin elde edilmesinde tasarım ve üretim sürecinde bilgisayar desteği ve prototipler açısından kayda değer bir projedir.

Proje, Columbia Üniversitesi'nin mimari ihtiyaçlarının, mimarlık eğitimi için bir test ve laboratuvar alanı olarak kullanılarak katkıda bulunulması amaçlanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, üniversitelerce uygulanan, öncelikle üniversite tarafından ihtiyaçların belirlenmesi ve üniversite hizmet bölümleri tarafından mimarların ve yüklenicilerin tutulması yaklaşımı yerine farklı bir yöntem izlenmiştir. Bu yeni yöntemle, üniversite bünyesindeki mimarlık okulu, bünyesindeki FABCON isimli üretim laboratuvarı ve üniversitenin yapı ekibiyle, tasarım, üretim geliştirme ve üretim süreçlerine dahil olmuştur. Proje sonunda, üniversitenin hizmet bölümü, mimarlık eğitimi alan öğrenciler, malzeme ve sayısal üretim tekniklerini deneyimlemek

⁹⁸<http://www.culturenow.org/index.php?page=entry&permalink=00796> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

⁹⁹<http://marblefairbanks.com/?p=312> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

isteyen mimarlar için faydalı sonuçların ortaya çıkması beklenilmiştir¹⁰⁰. Bu sebeple Slayt Kütüphanesi projesi üniversite kampüslerinin inşasında yeni bir yapım yönetimi için bir test projesi niteliğindedir. Farklı ortaklıkların barındığı böyle bir proje için yöneticiler tarafından aşağıdaki koşullar ortaya konulmuştur¹⁰¹:

1. Mimarlık fakültesi bir fabrikasyon laboratuvarı (FABCON) oluşturmuştur. Laboratuvar bir CNC freze, su jeti ve tam donanımlı bir atölye içermektedir. Laboratuvarın amacı yeni fabrikasyon ve montaj yöntemlerini gerçek ölçeğinde araştırmaktır.
2. Mimarlar/Öğretim elemanları, müşteri olarak adlandırılacak Sanat Tarihi ve Arkeoloji Bölümü, üniversite hizmet bölümüne bağlı tasarım ve inşaa ekipleri, Mimarlık Fakültesi ve FABCON laboratuvarının iş birliğini sağlayacak farklı bir ilişki sistemi geliştirmiştir.
3. Ele alınan ve tamamlanmış proje gelecekte yapılması planlanmış pek çok projenin gelişiminde bir test platformu olarak ilk aşamayı temsil etmiştir.

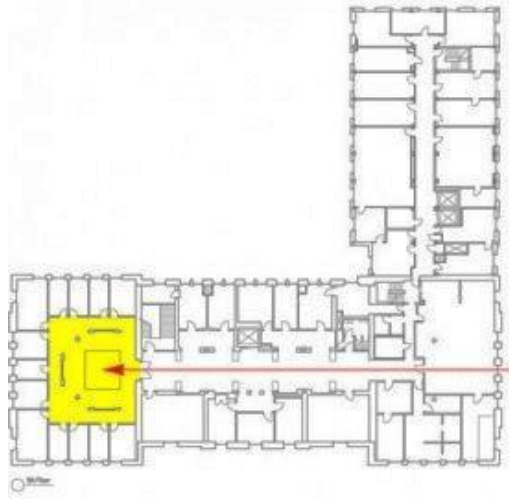
Slayt kütüphanesi, 9 katlı Beaux-Arts Binasının en son katında, çok büyük bir çatı aydınlatmasının altında konumlandırılmıştır. (Resim 58) Böylece Slayt Kütüphanesi olarak ele alınan mekanın etrafında yer alan öğretim görevlisi odaları ve koridor için büyük bir lamba gibi görev yapması amaçlanmıştır.

Slayt kütüphanesi slaytları aydınlatan bir projektör benzetimi yaratmak yanında aynı zamanda yüzeyinde fabrikasyon işlemlerinin hikayesini anlatmaktadır¹⁰². Doğu duvarı aydınlığı dışarıya da ulaştırmak üzere eğimlendirilmiştir. Duvar içine konumlandırılmış cam parçaları ışığı slayt kütüphanesinin içinden dışına aktarmaktadır. (Resim 59)

¹⁰⁰ <http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

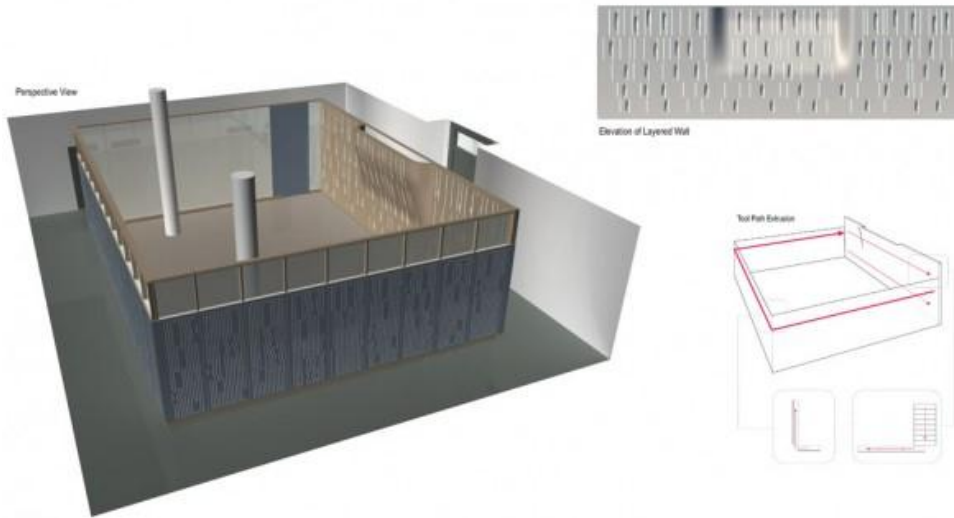
¹⁰¹ Aynı.

¹⁰² Aynı.



Resim 58 Slayt Kütüphanesinin Beaux-Arts Binası içindeki konumu

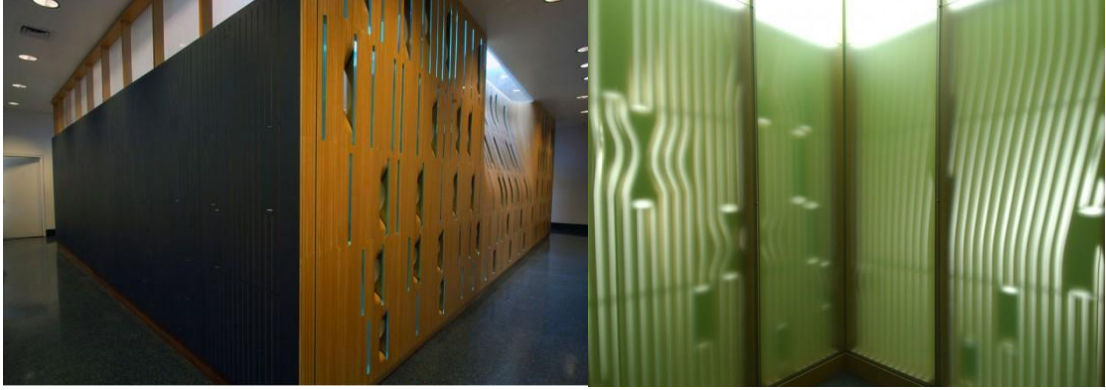
<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.



Resim 59 Slayt Kütüphanesinin çevresiyle ilişkisini gösteren 3 boyutlu görselleştirme

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

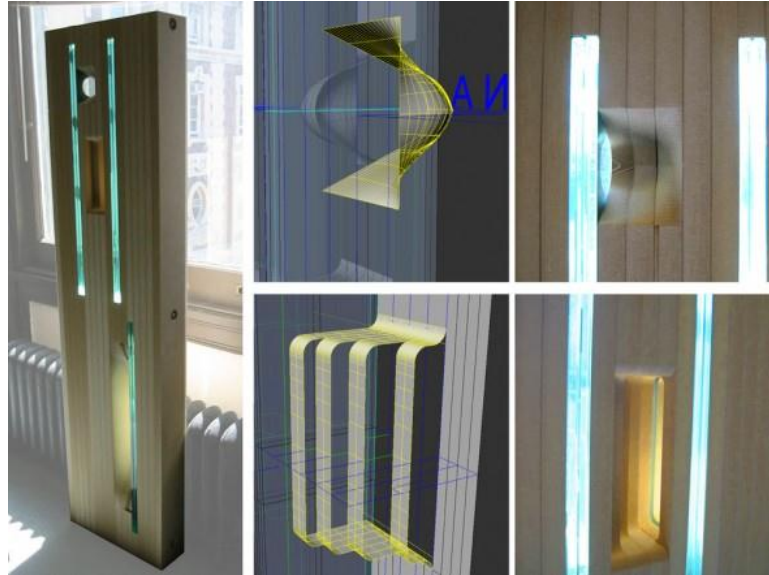
Doğu duvarı 435 adet 1 inç (2,54 cm) kalınlığında hafif *MDF* (*medium density fiberboard*) katmanının sandviçlenmesiyle oluşturulmuştur. Rastgele ortaya çıkan gözetleme delikleri katmanların duvarın her iki yüzeyinde de oyulmasıyla elde edilmiştir. Bu delikler içinde 1/2 inç (1,27cm) kalınlığında cam paneller sandviçlenmiştir. Katmanların CNC freze ile *MDF* levha üzerinden kesilmesi için oluşturulan takım yolu çizimleri Kuzey, Güney ve Batı duvarlarında duvarın kendisi olarak kullanılmıştır. (Resim 60)



Resim 60 Slayt Kütüphanesinin Doğu ve Kuzey duvarları ve takım yollarının kullanıldığı Kuzey ve Batı duvarlarının içten görünüşü

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

Proje için gerçek ölçeğinde pek çok prototip üretilerek montajı denenmiştir. Özellikle gözetleme deliklerinin şekillerinin belirlenmesi amacıyla pek çok deneme yapılmış ve kısmi prototiplerle yapılan denemeler sonucunda içten dışa doğru çıkarken zıt eğriselliğe sahip bir oyma işlemi üzerinde karar kılınmıştır. (Resim 61) Prototipler, tasarlanan parçaların duvarı taşıyacak zemin için çok ağır oldukları gerçeğini ortaya çıkarmış ve parçalar içlerinde oluşturulan boşluklarla hafifletilmişlerdir. (Resim 62)



Resim 61 Slayt Kütüphanesi duvarlarındaki gözetleme delikleri için üretilen deneysel kısmi prototipler

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

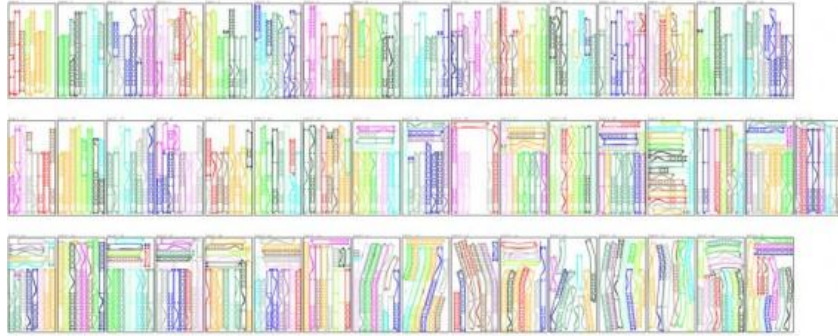


Resim 62 Slayt Kütüphanesi duvarları için üretilen prototipler ve içlerinde açılan boşluklar

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

Kuzey, Güney ve Batı duvarlarındaki takım yollarının MDF üzerine kazınmasıyla oluşturulan yüzey linolyum tabakaları arasında sıkıştırılmıştır. Görsel etkiyi artırmak üzere takım yolu çizgilerinin kalınlıklarını belirlemek üzere pek çok deneme yapılmıştır. (Resim 63)

Parçaların üretimi için kullanılan 3 eksenli CNC frezede üretim zamanı hesaplandığında, tek cihazla yapılacak işlemin, zaman sınırlılıkları içinde bitirilemeyeceği fark edilmiştir. Tasarımın basitleştirilmesi ya da üretimin daraltılması yerine sayısal olarak hazırlanan veriler başka cihazlara da dağıtılmış ve eş zamanlı olarak çalışılmasıyla hız kazanılmıştır.



Resim 63 Slayt Kütüphanesi Kuzey, Güney ve Batı duvarlarının görüntüsü ve o duvarları oluşturan takım yolu çizgileri

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 27.07.2012 tarihinde alınmıştır.

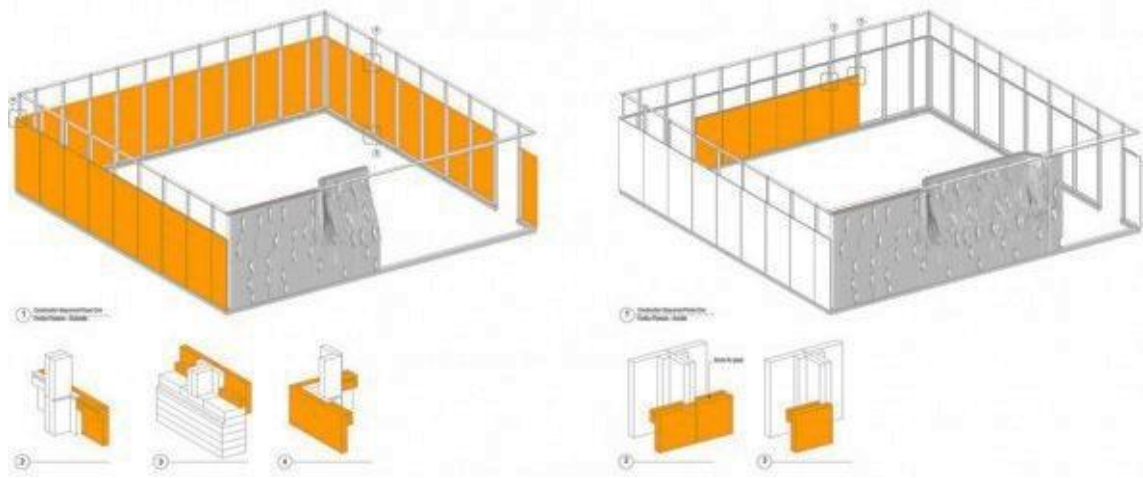
Pek çok parçadan oluşan bir bütünün oluşturulması hedeflendiği için elde edilen parçaların karışmaması ve montaj sırasında kolaylıkla bulunabilmesi için düzenleme ve etiketlemenin önemle üzerinde durulmuştur. (Resim 64)

BIM'le (*Building Information Management*) pek çok uygulama çizimi gereksiz hale gelmiştir. Bunların yerine grafik anlamda daha anlaşılır şekilde ele alınmış montaj sıralaması ve iş akışını gösteren diyagramlar kullanılmıştır. (Resim 65)



Resim 64 Slayt Kütüphanesi duvarlarını oluşturan parçaların tasnifi ve etiketlenmesi

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 28.072012 tarihinde alınmıştır.



Resim 65 Slayt Kütüphanesinin montaj akışını gösteren çizimlerden bir tanesi

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 28.072012 tarihinde alınmıştır.

Doğu duvarı, numaralanmış katmanların 18 inç (45,72 cm) uzunluğunda dış açılmış çubuklarla sıkıştırılarak birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Boşluklara oturan cam parçaları yuvalarında sıkıştırılmış ve yapıştırıcı kullanmaya gerek kalmamıştır. Duvar, tabanına ve tepesine yerleştirilen raylarla sabitlenmiştir. (Resim 66) Tasarım ve üretim okulların tatilde olduğu üç aylık bir sürede sona erdirilmiştir. Tasarım ve

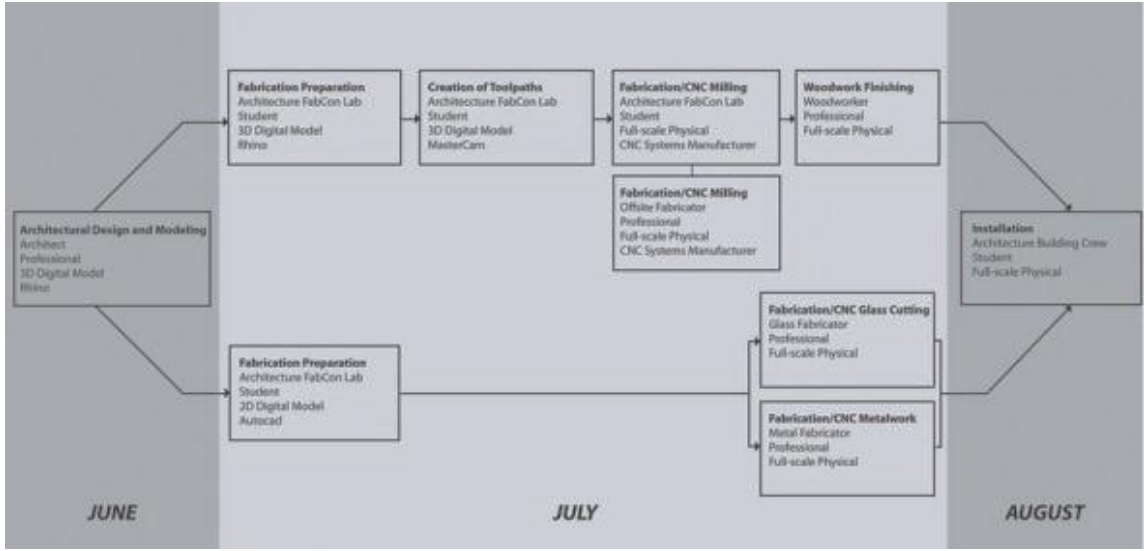
üretimde bütçe ve zamana dair tüm sınırlılıklara uyulabilmiş ve proje sınırlılıklar aşılmadan bitirilmiştir. (Resim 67)

Projenin başarıya ulaşmasında Marble Fairbanks'ın ortaklarının Columbia Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde ders veren öğretim elemanları olmaları önemli rol oynamıştır. Projenin gelişim sürecinde mimarlık fakültesinin olanaklarının prototipleme için kullanımı projenin ilerleyişinde büyük kolaylıklar sağlamıştır. Üretim öncesi kısmi prototiplerle üretimin sınanması, montaj aşamasında oluşabilecek problemlerin önüne geçmiştir.



Resim 66 Slayt Kütüphanesi Doğu duvarının montajı

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 28.072012 tarihinde alınmıştır.



Şekil 14 Slayt kütüphanesi iş akışı şeması

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 28.072012 tarihinde alınmıştır.



Resim 67 Slayt Kütüphanesi Doğu duvarının görüntüsü ve gözetleme deliklerinden detay

<http://marblefairbanks.com/?p=1694> adresindeki web sayfasından 28.072012 tarihinde alınmıştır.

Proje, özgün forma sahip donatı ve bileşenlerinin tasarım ve üretiminde, tasarımcının üretim süreçlerine aktif katılımı, bilgisayar destekli üretim cihazlarının ve sayısal tektoniklerin kullanımıyla elde edilen deneme prototipleriyle zanaatkar tasarımcıyı işaret etmektedir.

4.2.4. Küçük ölçekli bir yerleştirme: Minimal Complexity

Tex-Fab, yarışmalar, seminerler ve atölye çalışmalarıyla parametrik modelleme ve sayısal üretim alanında bilgi toplamak, yaymak ve paylaşmak üzere oluşturulmuş bir organizasyondur¹⁰³. Vlad Tenu'nun Minimal Complexity projesi bu organizasyon tarafından 2010 yılında ilan edilen "Repeat" başlıklı yarışmada birinciliği almış ve ödül olarak üretimi Tex-Fab'ın katkısıyla gerçekleştirilmiştir¹⁰⁴. Vlad Tenu, Şubat 2011'de tamamlanan Minimal Complexity çalışmasında, en az çeşitlilikte parçanın tekrarlanarak birleştirilmesiyle, kendisini taşıyabilen ve tekrarlanarak genişleyebilen, rastlanılmamış bir geometrik yapıyı yaratmayı hedeflemiştir. Bu geometrik yapı, **16** farklı tipte **144**'er taneden toplam **2368** adet üçgen formlu alüminyum parçanın birbirleri üzerine vidalanmasıyla oluşturulmuştur. Tüm birleştirme işlemi elle yapılmış, öğrencilerin katıldığı **120** adam saatlik çalışma sonunda **10,5** m² alanda **3,65** metre yüksekliğe çıkan kararlı bir form oluşturulmuştur¹⁰⁵. (Resim 68, Resim 69)



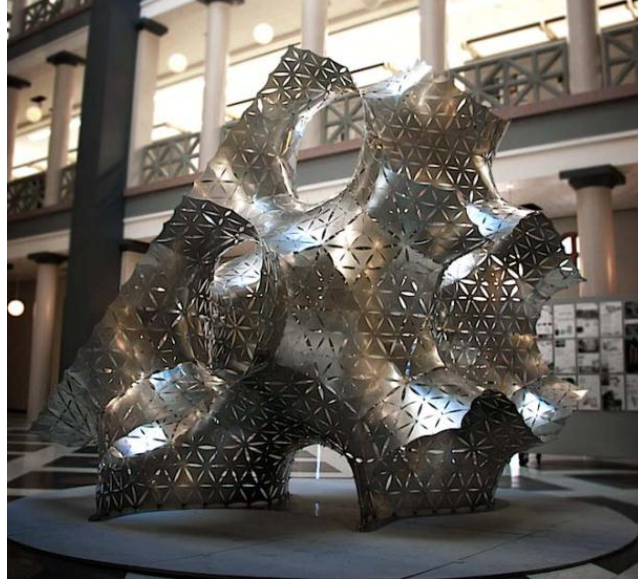
Resim 68 Minimal Complexity yerleştirme yapım aşamaları

Vlad Tenu, www.archdaily.com web sayfasından 10.05.2011 tarihinde alınmıştır.

¹⁰³<http://tex-fab.net/about/> adresindeki web sayfasından 19.07.2012 tarihinde alınmıştır.

¹⁰⁴http://tex-fab.net/wp-content/uploads/2010/11/REPEAT_PressRELEASE-MC.pdf adresindeki web sayfasından 19.07.2012 tarihinde alınmıştır.

¹⁰⁵<http://tex-fab.net/category/compete/> adresindeki web sayfasından 10.05.2011 tarihinde alınmıştır.



Resim 69 Minimal Complexity yerleştirmesi

Vlad Tenu, www.archdaily.com web sayfasından 10.05.2011 tarihinde alınmıştır.

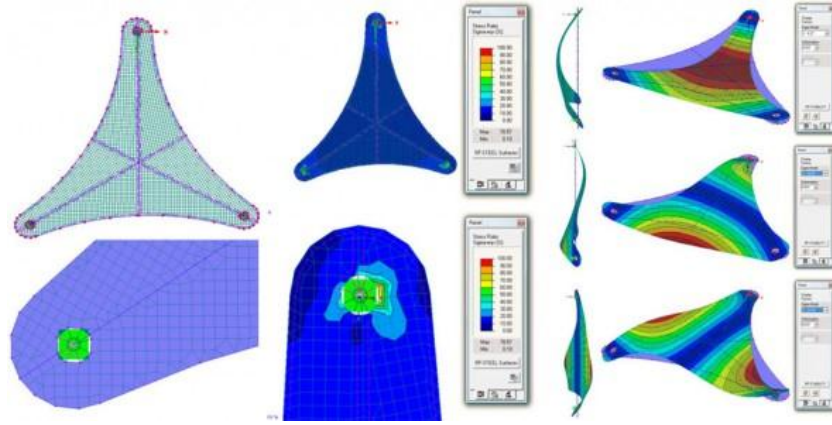
Vlad Tenu kendisi de bir prototip olan heykelsi formunu yaratmak üzere farklı türde prototiplerden faydalanmıştır. İlk prototipte LASER kesim akrilik malzemeyle küçük ölçekli olarak tasarımın daha kısıtlı bir alanı üretilmiştir. Bu prototipte konseptin tutarlılığı test edilmiştir. (Resim 70)



Resim 70 Minimal Complexity için yapılan ilk prototip

Vlad Tenu, <http://www.vladtenu.com/?p=8> adresindeki web sayfasından 24.01.2012 tarihinde alınmıştır.

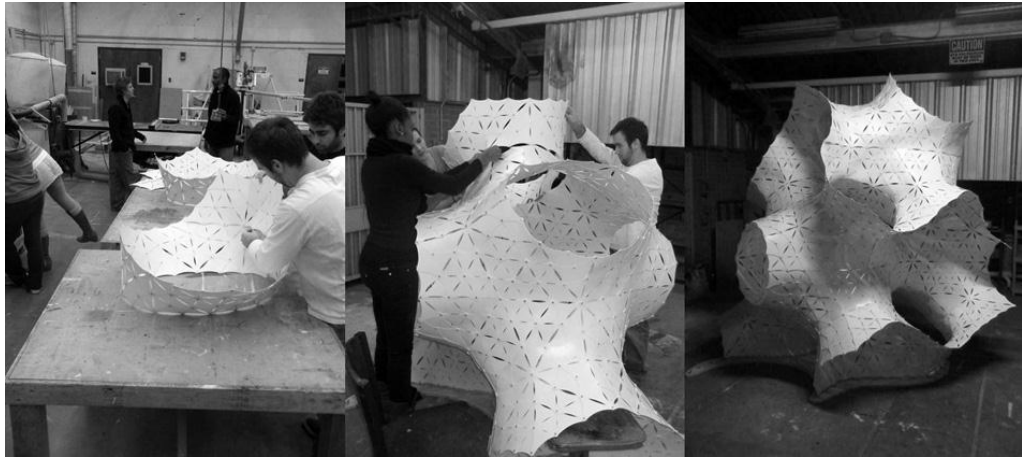
İkinci prototip sayısal ortamda elde edilmiştir ve parçaların birbirine bağlandıklarında oluşturacakları gerilim, yük dağılımı ve oluşabilecek malzeme deformasyonları hedeflenen 1,6 mm kalınlığındaki alüminyum malzemeye göre simülasyona tabi tutulmuştur. (Resim 71)



Resim 71 Minimal Complexity için yapılan parça gerilim testi prototipi

Vlad Tenu, <http://www.vladtenu.com/?p=97> adresindeki web sayfasından 24.01.2012 tarihinde alınmıştır.

Üçüncü prototip yine akrilik malzeme ile $\frac{1}{2}$ ölçeğinde bir üretilmiştir. Bu üretimde gerçek ölçeğindeki bir üretimde parçaların montajında izlenecek strateji, parçaların zemine bağlantısı gibi sorunlara çözüm araştırılmıştır. (Resim 72)



Resim 72 Minimal Complexity için yapılan ikinci fiziksel prototip

Vlad Tenu, <http://www.vladtenu.com/?p=97> adresindeki web sayfasından 24.01.2012 tarihinde alınmıştır.

Minimal Complexity heykelsi bir form olarak, belli çeşitlilikte çok sayıda parçanın bezeme yaratacak şekilde yan yana gelmesi ile fonksiyonun bir süsleme yarattığı, sayısal tasarım ve üretimin farklı geometriler oluşturmak üzere kullanılmasını hedefleyen bir prototiptir. İç mekan içinde yer alan bu heykelsi form genişleyebilen yapısı ile bir mimari forma dönüşme potansiyeline sahiptir.

Minimal Complexity yerleştirmesinin tasarım ve üretim süreçleri tasarımcının sürece bütüncül şekilde aktif katılımıyla meydana gelmiştir. Prototipler sürecin en önemli araçları olmuştur. Ölçekli tasarım geliştirme prototipleri ardından gerçekleştirilen gerçek malzemesi ve üretim yöntemiyle üretilen beta prototip sonuç ürüne evrilebilmiştir.

4.2.5. Deneysel tekil mobilya tasarımı: Voronoi hafif mekan bölücü

Voronoi, Kaan Özgiray tarafından 2010-11 öğretim dönemi Güz yarısında Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü'nde Mehmet Ali ALTIN tarafından yürütülen Mobilya 1 dersi kapsamında ele alınan bir uygulamalı mobilya projesidir. Tasarım ve üretim yürütücünün de katkılarıyla öğrenci tarafından yapılmış ve öğrenci tasarım ve üretim sürecinde bilgisayardan yararlanmıştır. Derste ele alınan uygulamalı deneysel projenin gereklilikleri dolayısıyla malzeme olarak oluklu mukavva kullanılmış ve malzemenin şekillendirilmesi, bir araya getirilmesi ve ayakta duran bir yapı oluşturulması tasarımcının üretime bütün olarak dahil olduğu bir süreç boyunca ilerlemiştir. Tasarımın oluşturulmasında tasarım yazılımı olarak *3DSMax*, ölçekli modellerin ve sonuç ürünün üretiminde gereken üretim verilerinin elde edilmesinde *Pepakura Designer* yazılımı kullanılmıştır. Tasarım, oluklu mukavva levhaların kesilmesi ve katlanmasıyla yarı kapalı hacimlerin bir araya getirilmesi sonucu kendi kendine ayakta duran bir bölücü eleman ve depolama hacmi olarak ele alınmıştır.(Resim 73)



Resim 73 Voronoi Hafif Mekan Bölücü'nün ön ve arka görünüşleri

Fotoğraf: Mehmet Ali ALTIN

Tasarımda, üretim teknikleri olan mozaikleme ve katlamadan yararlanılmıştır. Formun oluşturulmasında yazılımın olanakları oldukça belirleyici olmuştur. Mozaikleme stratejisi *3DSMax* yazılımının poligon modelleme kabiliyetleri ile doğrudan örtülmüştür. Tasarım ve üretim boyunca malzemenin özelliklerinin bilgisayar destekli tasarımla harmanlandığı bir süreç yürütülmüştür. Ölçekli maketlerle başlayan, süreç ölçeğin giderek büyütülmesi ve gerçek ölçeğinde kısmi üretimlerin denenmesiyle birbirini sürekli besleyen bilgisayar destekli tasarımın ve üretimin karşılıklı olarak bilgi alışverişi ile devam etmiştir.(Resim 74)

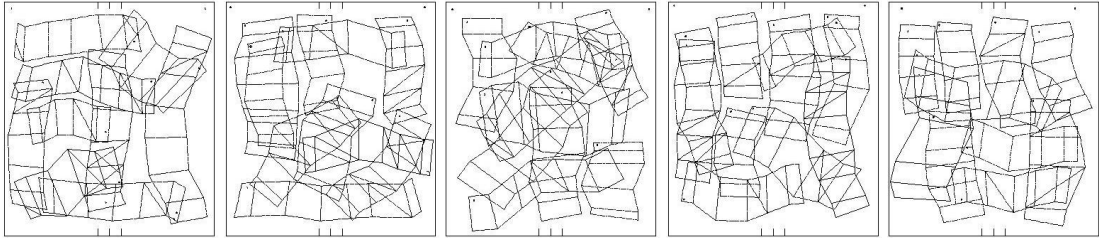


Resim 74 Voronoi Hafif Mekan Bölücü için 1/5 ölçekli deneme maketi

Fotoğraf: Mehmet Ali ALTIN

Üretim, bilgisayar ortamında elde edilen çizim verilerinin mukavva levhalar üzerine elle aktarılması, elle kesimi ve elle birleştirilmesi sonucunda elde edilmiştir. Tüm süreç boyunca bilgisayar destekli tasarım ve üretim dışında üretim olanağı bulunmayan bir formun üretilmeye çalışılması, bu üretim için özgün üretim yöntemlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu yöntemlerden bazıları, üretim ortamındaki olanakların kısıtlılığında kaynaklı olarak bilgisayar ortamında tasarlanan ve üretim verileri hazırlanan tasarımın fiziksel ortama aktarımındaki buluşları içermektedir. Bütçe sıkıntıları, bulunulan çevre genelinde mukavvaya uygun CNC cihazlarına ulaşmadaki zorluklar kesme ve katlama için daha düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir yolların arayışını beraberinde getirmiştir.

Üç boyutlu formların kesme-katlama ile bir araya getirilmesi gerekliliği üretim verilerinin kesim patronları şeklinde mukavva levhalar üzerine aktarımını ve levhaların elle kesilip katlanmasını zorunlu kılmıştır. Aktarım için bütçe olanakları göz önüne alınarak, projeksiyon cihazıyla mukavva levhalara yansıtılacak kesim patronlarının kalemle çizilmesi ve ardından kesilmesi yolu benimsenmiş ancak bu yolla elde edilen sonuçlarda projeksiyon cihazının lensinden kaynaklı bozulmalar sebebiyle oluşan hassasiyet kaybı sorun yaratmıştır. Bir başka yol olarak tüm patronların kağıt üzerine çıktı alınarak numaralanması ve çıktılar yardımıyla kesim ve katlama işlemi yapılması yolu denenmiş ancak 49 ayrı parça için ayrı baskı alınması çok büyük maliyet oluşturacağı için her parçanın çizimi farklı kalınlıkta ve çizgi tipinde aynı kağıtta üst üste binecek şekilde basılarak kağıt ve baskı masrafı düşürülmüştür. (Resim 75)



Resim 75 Tekil parçaların kesilmesi için üst üste bindirilen patronlar

79) Parçaların birleşiminden sonra dayanıklılık için test edilen üretimin, kendisini taşıyan bir kütle olması sağlanmış ancak kütleyle yanlarından gelen darbelerle salınımına girdiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple üretilen tasarımın ön ve arka yüzeylerinde tamamen açık olan parçalardan en fazla yükü alan boşluklar tespit edilerek, bu boşluklara arka kapaklar eklenmesi ve böylece kararlılığın artırılması kararlaştırılmıştır. (Resim 80)



Resim 79 Voronoi hafif mekan bölücünün parçalarının vida ve somunlarla bir araya getirilmesi



Resim 80 Voronoi hafif mekan bölücünün kararlı olmayan boşluklu hali

Kapakların şekillerinin ortaya çıkarılması için tekrar bilgisayar modeline dönülerek kapaklar için de yeni üretim verileri oluşturulmuş ve bu veriler yardımıyla kapakların kesim işlemi gerçekleştirilmiş ve montajı yapılmıştır. Üretim sonucunda sergilenmeye

uygun hale gelmiş olan tasarım taşınmaya ve çok ağır olmayan yükleri taşımaya uygun bütüncül bir yapıya kavuşmuştur.(Resim 81)



Resim 81 Voronoi hafif mekan bölücü elemanın taşıyıcı hale getiren destek kapakları ve bitmiş hali

Voronoi hafif mekan bölücü elemanın tasarım ve üretiminde tüm süreç boyunca tasarımcının üretimde etkin rolü, üretim için yeni teknikler ve araçlar geliştirmesine ve tasarımcının malzeme ile bir zanaatkar gibi ilişkiye girmesine olanak tanımıştır. Tasarım, tümüyle sayısal ortamda ilerlememiş, pek çok noktada el işçiliği sayısal tasarımın değiştirilerek, üretimin tekrarlanmasından daha pratik sonuçlar ortaya koymuştur. Bu durumlar çoğunlukla tasarımdaki bir eksikliğin fark edilmesi ve üretime yansıtılmaya çalışılmasında ortaya çıkmıştır. Elle müdahalenin daha kolay olması; parça sayısının az olması, üretim malzemesinin kolay işlenebilir olması, ürünün ölçek olarak küçük olmasına bağlıdır. Ölçeğin küçük olması, kullanılan malzemelerin hafif ve kolay işlenir olması elde edilen formun tasarım aşamasında statik açısından ön hesaplamalar yapılması gerekliliğini ortadan kaldırmış, üretim sırasında aksayan noktalar ortaya çıkarılarak gerekli çözümler üretim aşamasında üretilmiştir. Mimari projeler gibi büyük ölçekli üretimlerde üretim ve tasarım arasındaki ilişkinin bu şekilde olması mümkün olamayacaktır.

4.3. Bölüm değerlendirmesi

Yukarıda belirtilen beş örnekte de ortak olan standart bileşen ve malzemelerle elde edilebilir Öklid geometrileri yerine Kartezyen geometrilerle ifade bulabilir özgün formları hedefliyor olmalarıdır. Mimari ölçekten iç mimari ölçeğe doğru

ilerledikçe uzmanlık alanlarına olan ihtiyaç ve Branko Kolarevic'in deyimiyle "Form sistemi izler.¹⁰⁶" zorunluluğu giderek azalmakta ve standart dışı geometrilerin üretimindeki özgürlük giderek artmaktadır. Projelerde ortak olan bir diğer nokta ise geometrilerin yaratılması için standart olmayan bileşenlerin mükemmel uyumundan oluşan bir fabrikasyonun kullanılmış olmasıdır.

İç mimari projelerin kapsam olarak daha dar olması, daha önceden üretimi yapılmış taşıyıcı sistem, havalandırma, elektrik ve su sistemi gibi farklı disiplinlerin katılımını zorunlu kılan programlardan uzak, kapalı mekanlarda gerçekleşiyor olması yaratıcılık anlamında bağımsızlığı sağlar. Bu durum, tasarımcıların teknik ve estetiği birleştirmek üzere harcadıkları organizasyon çabaları yerine malzemeyi yaratıcı kullanma fırsatlarının kolaylıkla değerlendirilebildiği deneysel çalışmalara girişebilmelerini mümkün kılar. Deneysellik bir çok denemeyi ve başarılı bir sonuca ulaşana dek harcanacak pek çok başarısız örneği barındırır.

Tekil üretimlerde, ürünün tüm parçalarıyla üretilmesi, ardından elde edilen parçaların montaj detaylarının prototip üzerinde çözümlenmesiyle beta prototipin işlevsiz bir deneme prototipi olarak kalmak yerine sonuç ürün haline getirilmesi, küçük ölçekli iç mekan projelerinde özgün bileşen ve donatıların tekil olarak üretiminde takip edilebilir bir yol olarak gözükmektedir.

¹⁰⁶ Branko Kolaravic, **Manufacturing Material Effects Rethinking Design And Architecture** (New York: Routledge, 2008), s. 217

5. BİR BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM DENEMESİ: “KESİT ALMA TEKTONİĞİ” İLE TASARLANMIŞ VE ÜRETİLMİŞ BİR CD (COMPACT DISC) DEPOLAMA ÜNİTESİ

Bu bölümde, bilgisayar destekli tasarım ve üretimle tasarımcının yapı üretimindeki rolünü değiştiren yeni yapı tektoniklerinin, iç mimaride uygulama farklılıkları ele alınacaktır. İç mimarın üretim sürecine katılımı ve katkısı iç mimari uygulamanın diğer disiplinlerdeki uygulamalardan farklılıkları üzerinden değerlendirilecektir. Özgün iç mimari bileşenlerin tasarımı ve tekil olarak üretiminde deneysel tasarım ve üretim sürecinin nasıl devam edeceği ve prototiplemenin bu süreç içindeki yerinin ortaya konulması hedeflenmektedir. Uygulamada elde edilen sonuçlar ile özgün iç mimari bileşen tasarım ve üretiminde bilgisayar aracılığıyla tasarım eylemindeki farkların, tasarımcının ve zanaatkarın süreçteki durumlarının ve ihtiyaç duyulan çalışma ortamının deneme ile ortaya konulması hedeflenmektedir.

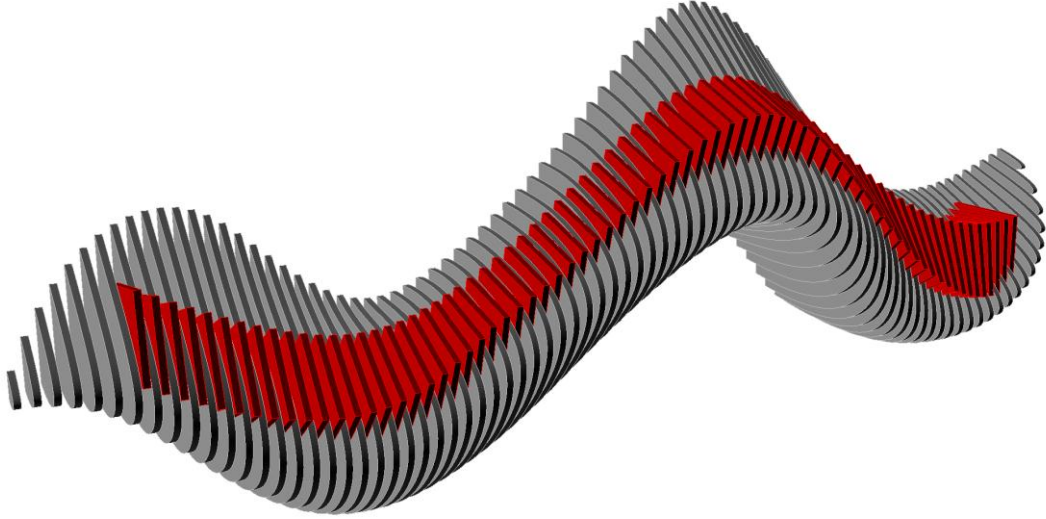
Proje, iç mekan donatılarında sıklıkla kullanılan ahşap kompozit malzeme hedeflenerek tasarlanmıştır. Tasarım, üretim verilerinin hazırlanması ve üretim aşamalarında bilgisayar desteğinden faydalanılmıştır. Projenin oluşturulmasında hedeflenen özgün forma sahip iç mekan bileşenlerinin üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretimle tasarımcının ne şekilde üretim içine dahil olacağını denemesi ve farklılıkların ortaya konulmasıdır. *Deneme, araştırma süresince ulaşılabılır kaynaklar (cihaz, malzeme ve iş gücü) ve bütçe kısıtları göz önünde bulundurularak, ele alınan tektoniklerden kesit alma ile sınırlandırılmıştır.*

5.1. Özgün bir iç mekan bileşeni olarak “Dalga” CD depolama ünitesi

Tez kapsamında deneme projesi olarak ele alınan “Dalga” CD depolama ünitesi, müzik ve görsel ortam ürünleri satan bir mağazanın birbiri ile uyumlu ancak farklı formlarda iç mekan bileşenlerinden birisini örneklemek üzere tasarlanmış ve uygulanmıştır. “Dalga” CD depolama ünitesinin tasarımı *Rhinoceros* yazılımında yapılmış üretim verilerinin elde edilmesi için yazılımın betik eklentisi olan *Grasshopper* kullanılmıştır. Elde edilen

üretim verilerinin düzenlenmesi ve aktarım amacıyla *RhinoNest* eklentisi ve *AutoCAD* yazılımından yararlanılmıştır.

Deneysel proje için özgün bileşenlere sahip bir CD depolama ünitesinin tasarım ve üretimi hedeflenmiştir. Çizimlerle, konvansiyonel cihazlar ve bağlı zanaat teknikleriyle belirlenen kalitede üretimi imkansız, organize yapıda eğrisel bir formun üretimi hedeflenmiştir. Tasarımda öne çıkan kavram, birisi CD'leri taşıyan diğeri ise CD'lerin farklı konumlanmasıyla burkularak devam eden iç içe geçmiş iki formun bir arada kullanılmasıdır. Bunun için “sinüs dalgası” benzeri iki formun iç içe kullanımı örneklenmiştir. CD kutularının prizmatik formuyla eğrisel ve akışkan, parçalı yapıdaki zemin üzerinde oluşturduğu tezat, su yüzeyinde yüzüyormuş gibi zemin formuna uyum sağlatılarak kırılmaya çalışılmıştır. Donatının CD'leri su yüzeyinde yüzüyormuşçasına gösteren formunun isminde de canlanması için donatı “Dalga” olarak adlandırılmıştır.(Resim 82)



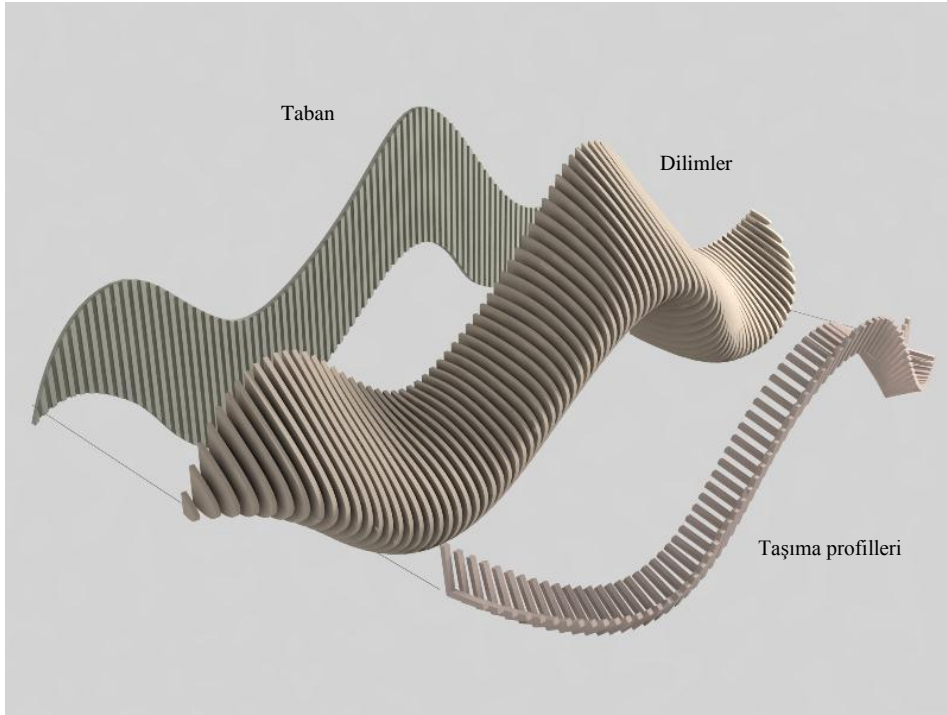
Resim 82“Dalga” CD depolama ünitesini oluşturan birbirine içine geçmiş iki form

Ünite 3 ana alt bileşenden oluşmaktadır:

- Eğrisel formu belirleyen ve kesitlerin dik açıda durmasını sağlayan dilimler,

- Dilimlerin sabitlenebildiği, düzenli bir şekilde birlikte durabilmeleri ve düşey yüzeyde birlikte asılabilmeleri için oluşturulan taban,
- CD'lerin istenilen formda dizilmesi için dilimler arasında farklı açılarda konumlandırılan taşıma profilleri. (Resim 83)

Tasarım aşamasında alt bileşenlerin üretimi için CNC frezeleme ve elle montaj benimsenmiştir. Üretim malzemesi olarak *MDF (Medium Density Fiberboard)* levha malzeme, bitirme işlemi olarak da lake boyada karar kılınmıştır. Üretim aracı ve malzemenin seçiminde kesit alma tektoniğinin kullanılması önemli rol oynamıştır.



Resim 83“Dalga” CD depolama ünitesinin üretimindeki 3 ana alt bileşen

5.1.1. “Dalga” CD depolama ünitesinin tasarım ve üretim süreci

Uygulamanın gerçekleştirilmesinde dört temel aşamadan bahsedilebilir:

- Tasarım aşaması,
- Üretim verilerinin hazırlanması aşaması,
- Parça üretimi aşaması,

- Montaj aşaması.

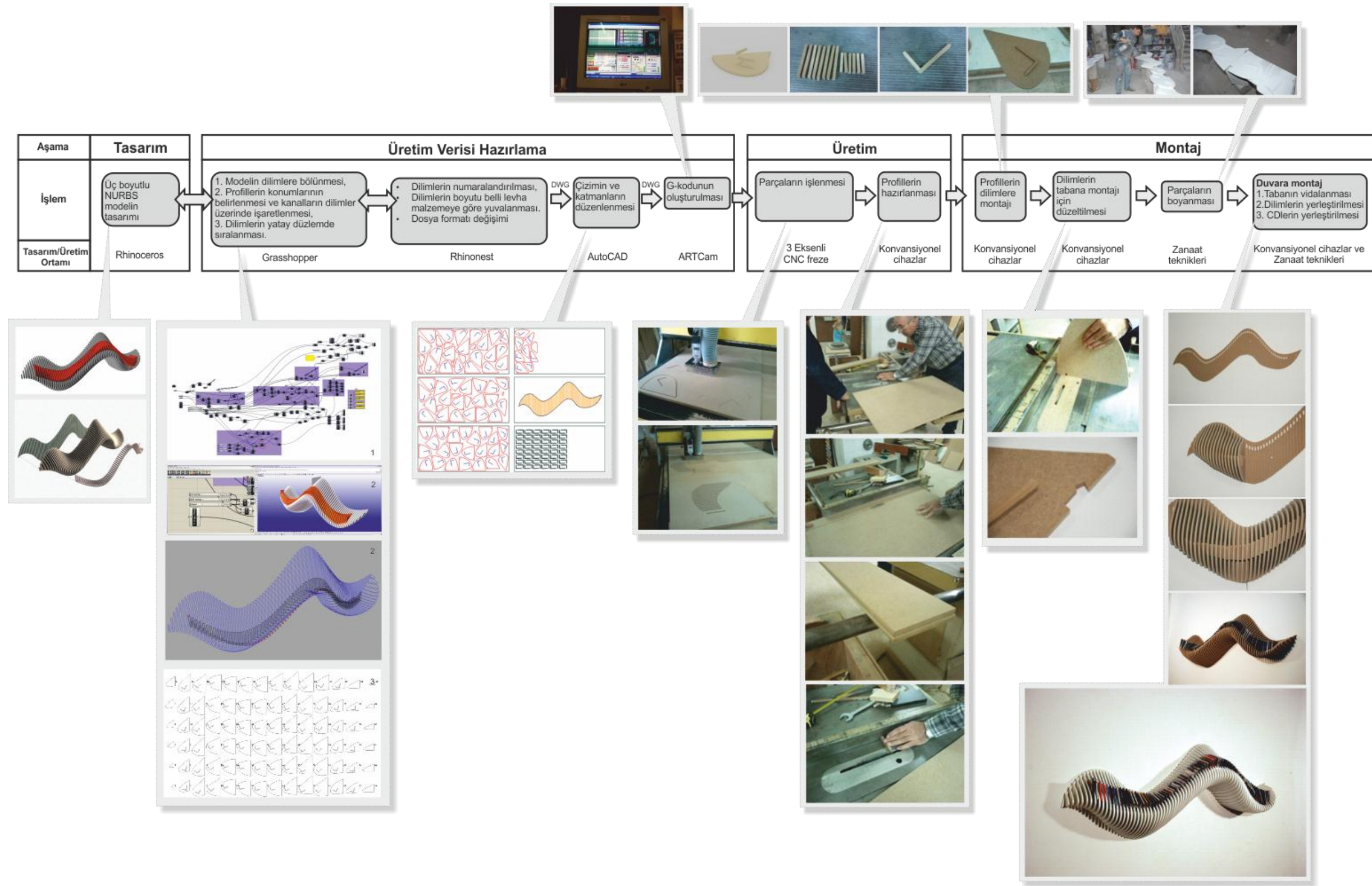
Tasarım aşaması form araştırmaları ve karar verilen formun Rhinoceros yazılımında modellenmesini içerir. Üretim verisi hazırlama aşaması, yaratılan 3 boyutlu modelin kesit alma tektoniği ile bölünmesini, CNC cihazlarına aktarılacak 2 boyutlu kesitçizimlerinin sağlanması, bu çizimlerin cihaza ve malzemeye uygun şekilde düzenlenmesini ve veri formatı dönüşümlerini içerir. Parça üretimi aşaması elde edilen çizimin CNC cihaza aktarımını ve parçaların kesimini içerir. Montaj aşaması CNC cihazda üretilen parçaların üniteye özgün formu veren “dalga” eğriselliğinde bir araya getirilmesini içerir. (Şekil 15)

5.1.1.1. Tasarım aşaması

Tasarım aşamasında formun yaratılması için *Rhinoceros* yazılımında *NURBS* yüzeylerinden yararlanılmıştır. Form araştırmaları sırasında dilimleri oluşturacak eğrisel form ve onun içinde CD’lerin oluşturduğu burkularak devam eden formun ilişkisi gözetilmiştir. “Dalga” formu *NURBS* eğrilerinin loft komutu ile katı model haline getirilmesiyle elde edilmiştir. *NURBS* eğrilerinin az sayıdaki kontrol noktası, üretim verilerinin hazırlanması aşamasında ortaya çıkan sorunların, parametrik olarak çözümünde kolaylıklar sağlamıştır. İki formun ilişkisine karar verildiğinde elde edilen formlar, üretim verilerini oluşturmak üzere bir sonraki aşamada yer alan *Grasshopper* eklentisine gönderilmiştir.

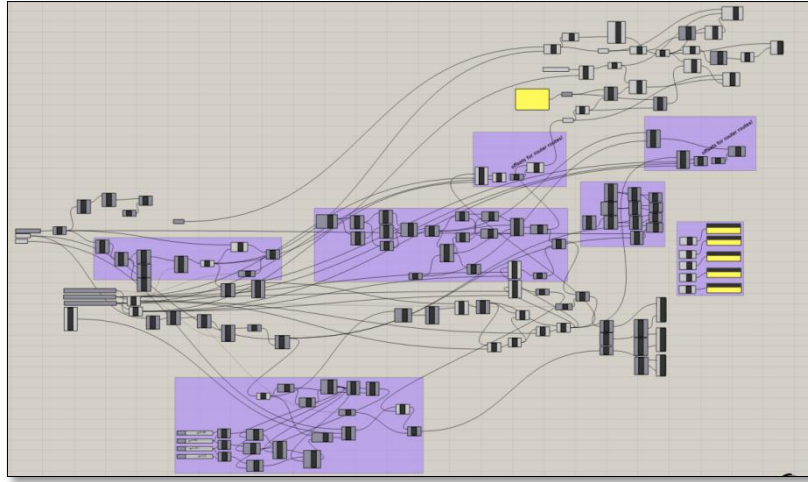
5.1.1.2. Üretim verilerinin hazırlanması aşaması

Üretim verilerinin hazırlanması aşaması bir önceki aşama olan tasarım aşamasından gelecek veriler kadar seçilen üretim işlemi, üretim tektoniği ve malzemeden de etkilenmiştir. Üretimin yapılacağı cihaz 3 eksenli CNC freze olduğu, kesit alma tektoniği seçildiği ve malzeme olarak 2 boyutlu levha malzeme işleneceği için elde edilmesi gereken üretim verilerinin de 2 boyutlu olması gerekmektedir.



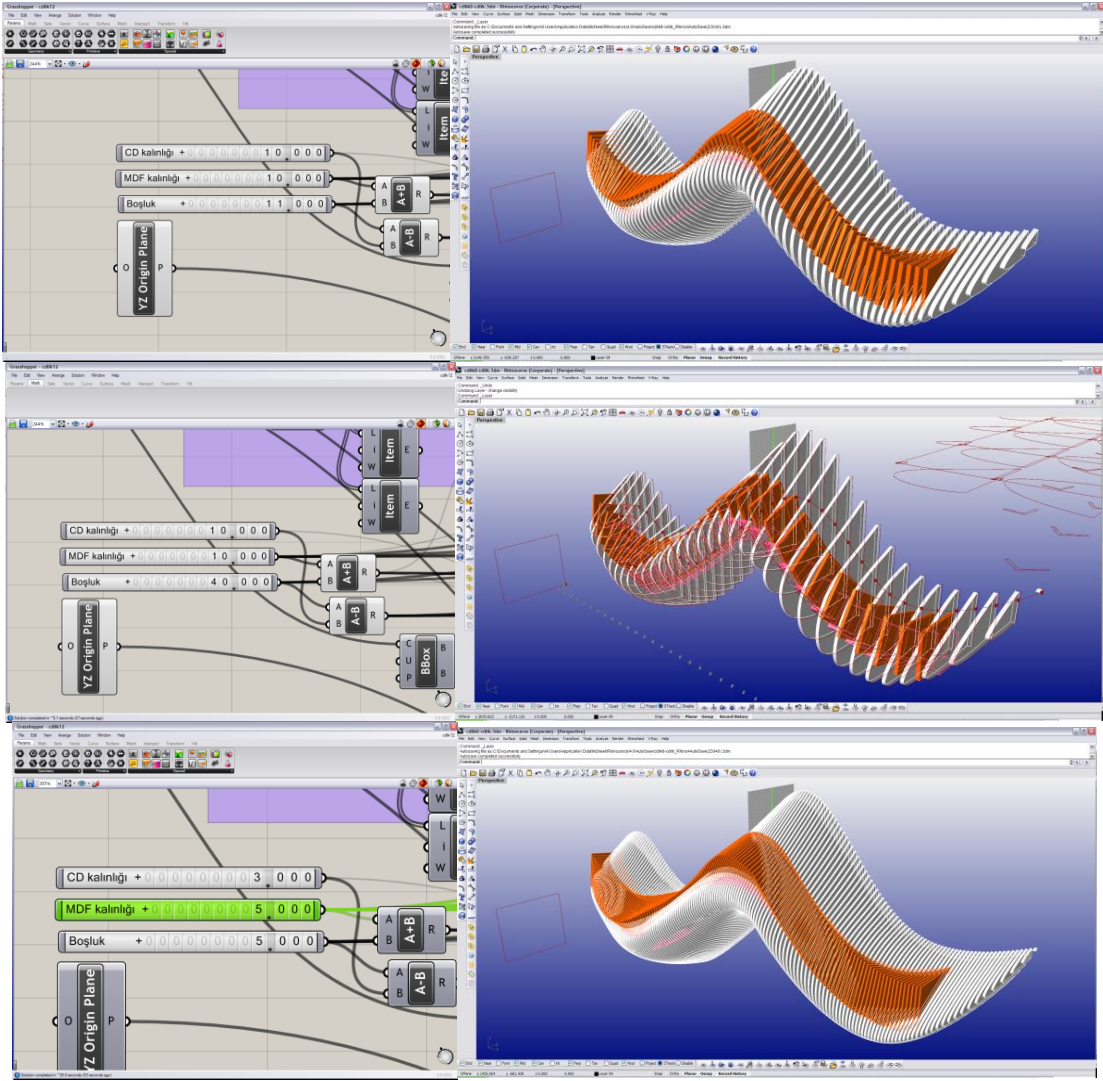
Şekil 15“Dalga” CD Ünitesi tasarım ve üretim aşamaları

Her birisi diğferinden farklı 84 adet dilimin üretim verilerinin hazırlanması için 3 boyutlu modelin oluşturulduğu *Rhinoceros* yazılımının *Grasshopper* eklentisinde oluşturulan parametrik betikten faydalanılmıştır. (Resim 84)

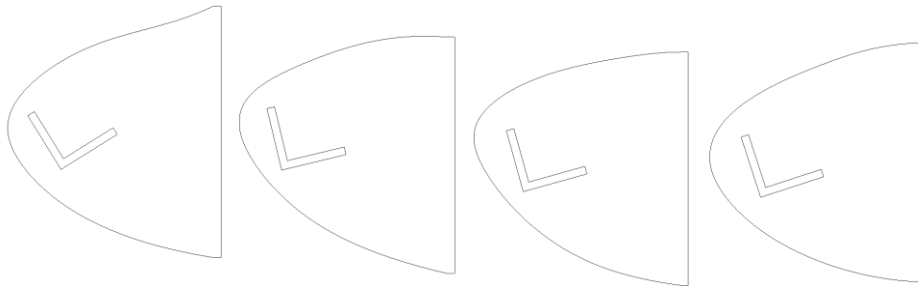


Resim 84 Üretim verilerinin oluşturulmasında kullanılan Grasshopper tanımı.

Betik yardımıyla, modelin oluşturulacağı dilimlerin malzeme kalınlığı ve dilimler arası mesafe değerleri parametrik olarak verilerle model kesitlere bölünmüştür. (Resim 85) Tasarım bir araya geldiklerinde burkulan bir formu oluşturacak CD'lerin bu dilimler arasına yerleştirilmesini öngörmektedir. CD'lerin burkulan bütüncül formu oluşturmak üzere dilimler arasında farklı açılarla konumlanması gerekmektedir. Bu sebeple hem CD'leri taşıyan hem de CD'lerin düşeyle yaptıkları açılarını ayarlayan profillerin dilimler arasında sabitlemesi gerekmektedir. Bu sabitleme işlemi profillerin arasına yerleştiği iki dilimin yanaklarından birisine profillerin içine geçeceği bir kanal açılması ile sağlanmıştır. Üretim verisi hazırlanırken 2 boyutlu çizimler haline getirilen her kesite aynı zamanda açılacak kanalın bulunacağı yerin de işaretlenmesi gerekmiştir. (Resim 86)

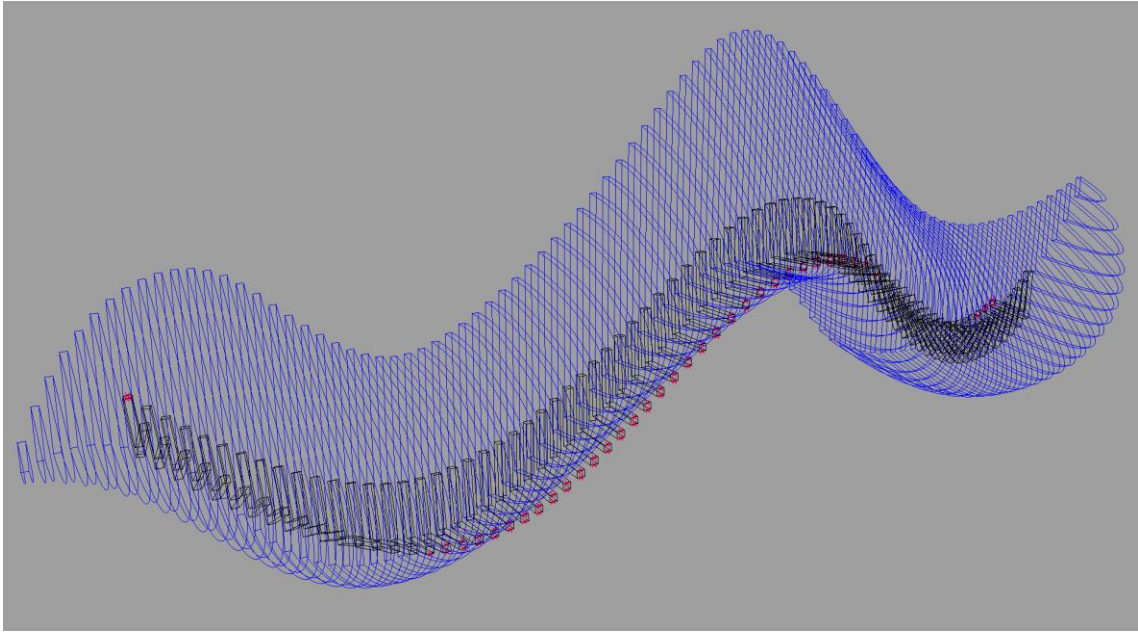


Resim 85Grasshopper eklentisinde hazırlanan betikteki parametrik değişimler ve forma etkisi



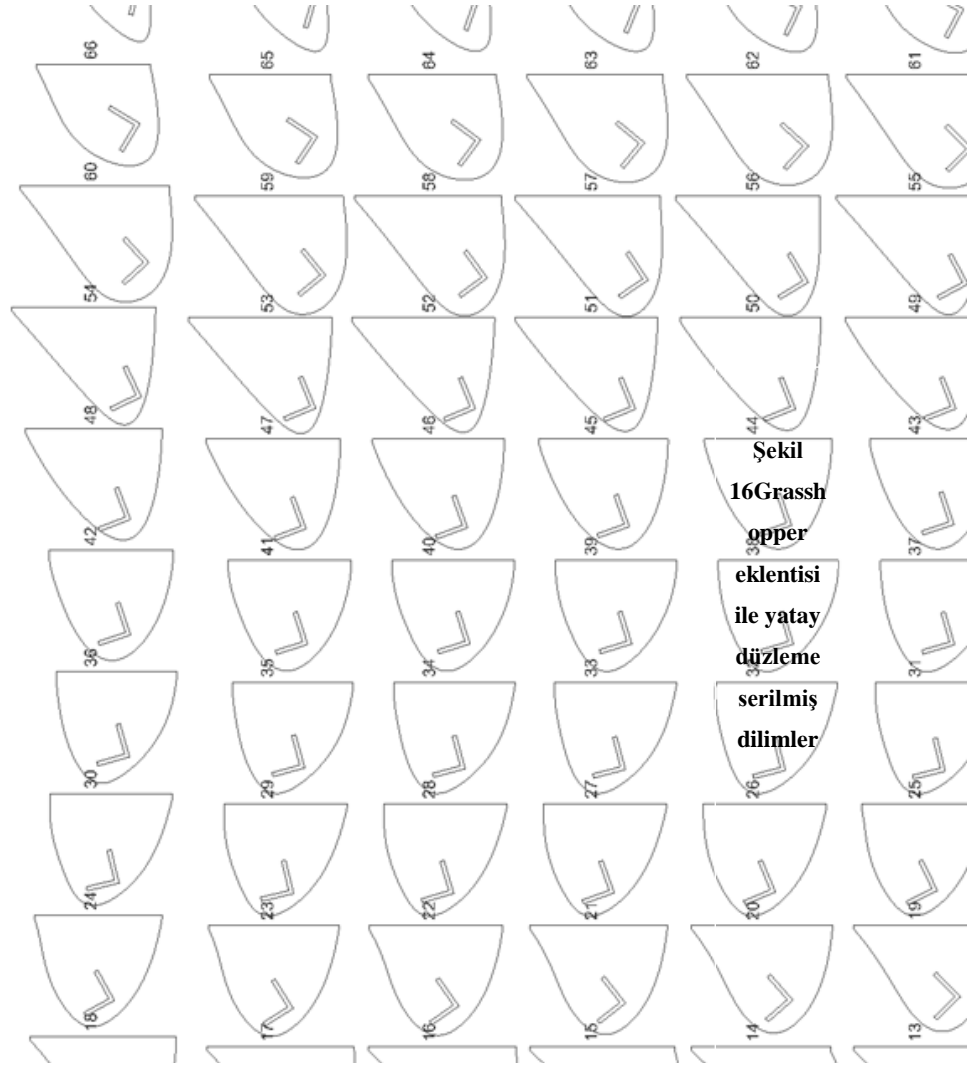
Resim 86Dilimler üzerinde farklı yerlere konumlanan profil kanalları

Profiller, CD'leri belli açıda tutacak, ön taraftan alınıp konulabilmesini sağlayacak, arka taraftan ise düşmesini engelleyecek halde, "L" şeklinde tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında karar verilen forma *Grasshopper* eklentisinde hazırlanan betikle profiller eklendiğinde fazla açı verme sonucu CD'lerin tabana dayandığı ya da profillerin formun dışına taşıdığı gözlemlenerek, tasarım aşamasına geri dönülerek form düzeltmeleri yapılması gerekmiştir. Betik, formu bozan profilleri otomatik olarak işaretleyecek şekilde oluşturulduğu için bu aşama kolaylıkla çözümlenmiştir. (Resim 87)



Resim 87 Grasshopper eklentisi ile formun dışına taşan profillerin tespiti

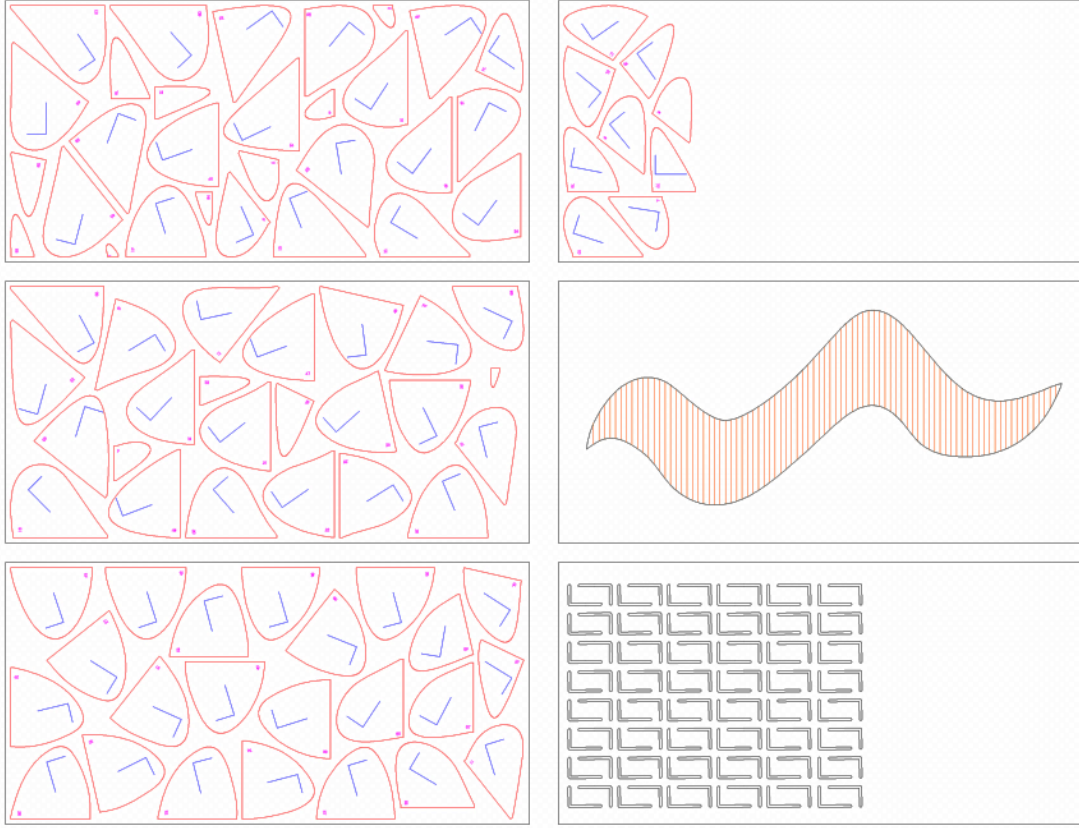
İki boyutlu olarak elde edilen çizimler karışıklıkların önlenmesi için *Grasshopper* eklentisinde numaralanarak yatay düzlemde sıralanmıştır. Bu işlemle birlikte dilimlerin her birisi kesime hazır hale gelmiştir. (Şekil 16)



Şekil
16 Grasshopper
eklentisi
ile yatay
düzlleme
serilmiş
dilimler

Birbirine çok benzeyen dilimlerin sırasının karıştırılmaması için numaralanması ve bu numaraların CNC cihazında malzeme üzerine kazınması gerekmiştir. Aynı zamanda belli ölçülerde olan *MDF* levhalar ve bu levhaları işleyecek cihazın işlem yatağı genişliği göz önüne alınarak dilimlerin en az malzeme atığı oluşturacak şekilde yuvalanması gereklidir. Her iki işlem de *Rhinoceros* üzerinde çalışan *RhinoNest* yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Yuvalama işlemi (*nesting*) sonucu elde edilen çizim CNC cihazlara veri aktarımı sağlayan *ArtCam* yazılımının kabul ettiği *DWG* formatında kaydedilerek programa aktarılmak üzere CNC cihaz operatörüne götürülmüştür. (Şekil 17)



Şekil 17 CNC kesim için hazırlanan takım yolu çizimleri

5.1.1.3. Parça üretimi aşaması

3 eksenli CNC frezede yapılan üretim için dilimler, taban ve profiller olmak üzere 3 ayrı parça grubunun ayrı ayrı işlenmesi planlanmıştır. İlk parça grubu olan dilimler için **10mm** kalınlığa sahip **2000mm x 1000 mm** ebatta levha kullanılmıştır. Taban için dilimlerin içine geçeceği kanallar **18mm** kalınlığındaki *MDF* levhaya **10mm**

derinliğinde işlenmiş ardından tabanı oluşturan sınırlarından kesilmiştir. CNC cihazın vakum sisteminin küçük cisimleri tutamadığı öğrenilerek birbirinin eşi olan **71adet** profilin CNC freze ile üretiminden vaz geçilmiştir.

Çizimler operatör tarafından *ArtCAM* yazılımında CNC cihazının kabul ettiği *G-kodlarına* dönüştürülmüştür. *G-kodları* dilimlerin işlendiği 4 levha ve tabanın işlendiği bir levha olmak üzere toplam 5 levha için ayrı olarak hazırlanmıştır. Dilimlerin işlenmesi üç aşamada gerçekleşmiştir. Dilim numaraları, dilim kanalları ve dilim cidarları için ayrı *G-kodları* oluşturulmuştur. Taban için de benzer şekilde kanallar ve cidarlar için iki ayrı *G-kodu* oluşturulmuştur. Tüm CNC faaliyeti için toplamda 14 adet *G-kodu* oluşturulmuştur.

Dilimlerin işlenmesine ilk önce dilimlerin tabana oturacakları kısımlarına yakın yerde konumlandırılmış olan rakamlarla başlanılmıştır. Rakamların elde edilmesi için **3mm**'lik freze ucu kullanılmıştır. Rakamların işlenmesi sona erdikten sonra freze ucu değiştirilerek **10 mm**'lik uç ile kanalların işlenmesi için hazırlanmış olan çizimden *ArtCAM* yazılımında elde edilmiş başka bir *G-kodu*'yle tekrar cihaza gönderilmiştir. Son işlem, dilimlerin kesilmesi için **10mm**'lik ucun değiştirilmeden cidarların geometrisini barındıran *G-kodlarının* gönderilmesi olmuştur. Kesim işlemi aynı sıra ile 4 ayrı levha için de tekrar edilmiştir.

Tabanın işlenmesinde öncelikle kanalların açılması için *G-kodlarının* gönderilmesi ardından tabanın levhadan kesilerek çıkartılması olmak üzere iki işlem uygulanmıştır. (Resim 88)

Üretim sırasında ortaya çıkan bazı sorunlar üretim anında çözüme kavuşturulmuştur: Taban kanallarının işlenmesi sonrasında sına amaçıyla dilimler tabandaki kanallara geçirilmeye çalışıldığında dilimlerin kanaldan daha kalın olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sorunun sebebinin freze bıçağının körelmesi sonucu sıklıkla biletilmesi ve bu sebeple küçülmesi olduğu anlaşılmıştır. Bıçağın **0.2mm** küçüldüğü saptanmış ve taban levhadan kesilip çıkarılmadığı için CNC cihazın referans noktası **0.2 mm** ilerletilerek kanal

kesimi tekrar başlatılmıştır. Bu şekilde işlenmiş kanallar içinde **0.2mm** kayarak tekrar işlem yapan freze ucu kanalları genişleterek, olması gereken genişliğe ulaştırılmıştır.



Resim 88CNC freze ile dilimlerin ve tabanın işlenişi

Freze ucunun özellikle eğrisel kesimlerde bıçak izleri bıraktığı gözlenmiştir. Lake boyama için gereken pürüzsüz yüzeylerin sağlanabilmesi için dilimlerin kalınlık yüzleri elle zımparalanmıştır.

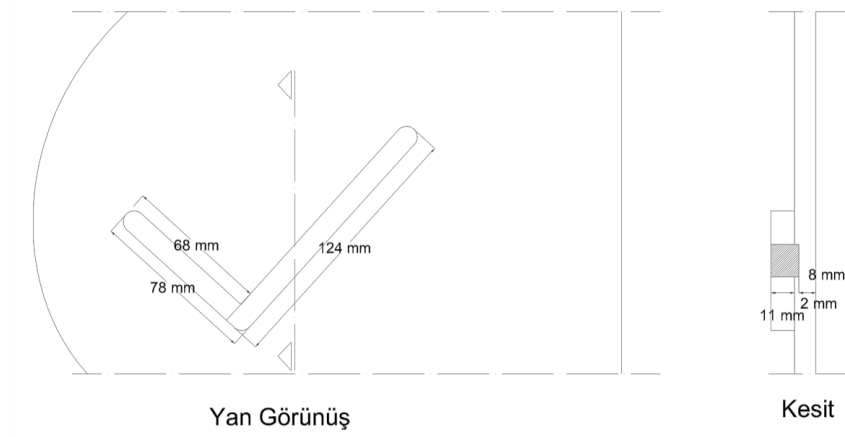
5.1.1.4. Montaj aşaması

Bir beta prototip olarak tasarlanan ve üretilen formun montaj sınavasının yapılması için bir araya getirilmesi ve sonuç ürünü elde etmek üzere montaj detaylarının çözülmesi bu aşamada ele alınmıştır.

Montaj aşamasında dilimler üzerine taşıyıcı profillerin sabitlenmesi ve ardından oluşan yeni bileşenin taban üzerine sabitlenerek, duvara asılması planlanmıştır. Montaj aşamasında montajın kendisine dair pek çok problem ortaya çıkmış ve bu problemler konvansiyonel cihazlar ve zanaat teknikleri ile çözüme kavuşturulmuştur.

CNC freze cihazı ile üretilmek için çok küçük ve narin olan L profillerin üretimi elle yapılmıştır. **10 mm**'lik *MDF* levhaların dilimler arası mesafe ve kanal derinliğinin toplamı olan **11+2=13mm** eninde çubuklar halinde kesilerek L profilin iki kolu oluşturulmuştur. (Şekil 18 Dilimler ve profillerin ilişkisi)Bu kollar daha sonra kanal içine oturtulmuştur. L şeklindeki bir çizgiyi takip ederek kazıma işlemi yapan dairesel

freze ucu L şeklindeki kanalın köşe ve uç noktalarında dairesel bitişler bırakmıştır. Çubuklar şeklinde hazırlanacak olan L profilin iki kolunun uçlarının da buna uygun hale getirilmesi gerekmiştir. Bu sebeple çubuklar kesilmeden önce *MDF* plakanın kenarları yatay frezede istenilen dairesel profile göre işlenmiş ve kesim işlemi ardından gerçekleştirilmiştir. (Resim 89)



Şekil 18 Dilimler ve profillerin ilişkisi



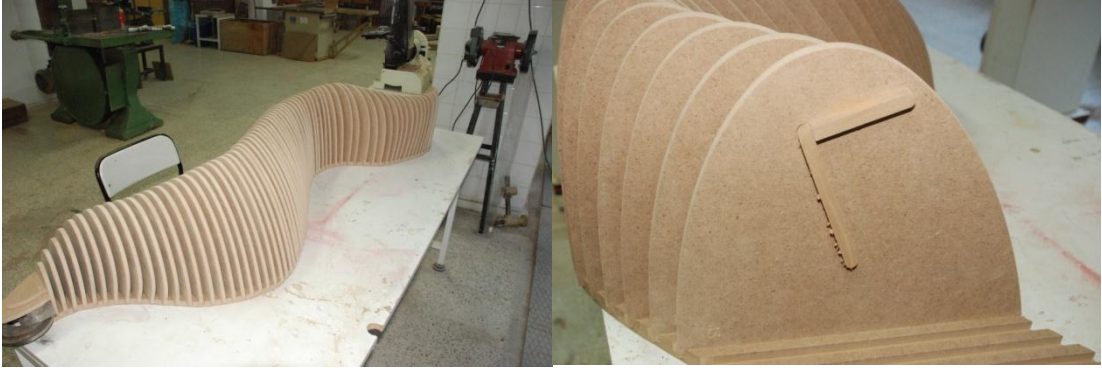
Resim 89 Profillerin konvansiyonel aletlerle hazırlanışı

CNC frezenin taban kanallarının kesiminde sorun oluşturan **9.8 mm**'lik freze ucu dilimler üzerindeki kanallarda da kullanıldığı için **10 mm**'lik kalınlığa sahip profillerin inceltilmesi ya da kanalların genişletilmesi gerekmiştir ancak dilimler tekrar CNC cihaza alınamayacağı için kanalların genişletilmesi imkanı ortadan kalkmıştır. Bu sebeple bir zanaat tekniği olan sıkı geçme ile çakma işlemi uygulanmıştır. (Resim 90)

2 parçadan oluşan **71 adet** profil, dilimler üzerine bu şekilde sabitlendikten sonra dilimler taban üzerindeki kanallara dizilmiştir. Dizilen dilimlerin olması gereken boşluktan daha geniş olduğu gözlemlenmiştir. (Resim 91) Bu sebeple profil ve dilimlerin toplam kalınlıkları düşey frezede profillerin eksilmesiyle olması gereken değere getirilmiştir.



Resim 90 Profilleri oluşturan parçalar ve profillerin dilimler üzerindeki kanallara sabitlenmesi



Resim 91 Taban üzerine yerleştirilen dilimler

Montaj aşamasında ortaya çıkan sorunlar çoğunlukla sayısal ortamda malzemeden bağımsız olarak ele alınan tasarım sürecindeki eksikliklerle bağlantılıdır. MDF malzemenin CNC cihazda şekil aldıktan sonraki fiziksel ağırlığı tasarım ve ürün verisi hazırlama süreçlerinde bir kriter olarak değerlendirilmediği için montaj aşamasına geçildiğinde, montajı yapıldıktan sonra kullanılacağı ortama taşınması planlanan ürünün tahmin edilenden daha ağır ve daha narin olduğu gerçeği ortaya çıkmıştır.

MDF levhalar sert ve yumuşak ağaç liflerinin yapıştırıcıyla yüksek basınç altında sıkıştırılmasıyla elde edilir. Taban kanallarının frezelenmesi ardından homojen yapıdaki malzeme, eşit aralıklı kanallar açılmasıyla belli bir yüzünden eksiltildiği için eksik olan yüzüne doğru bükülmeye başlamıştır. (Resim 92) Beklenmeyen bu etki aynı zamanda malzemenin direncini de etkilemiş ve kırılabilirliğini artırmıştır.



Resim 92 Frezede eksiltildikten sonra bükülen taban

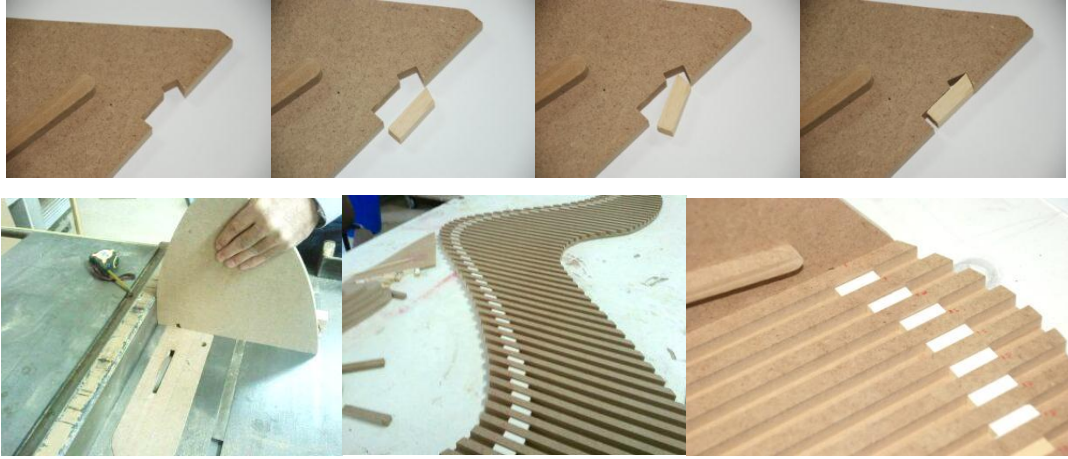
Dilimlerin taban üzerine montajı sonrasında sağlam bir yapıya kavuşacağı öngörülen tasarımın elli kilogramı geçen ağırlığa ulaşmasıyla taşıma güçlükleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca, tüm parçalar kalıcı biçimde sabitlendiğinde, bütüncül formun duvara asılması için ek askı aparatları ve destek elemanlarına ihtiyaç duyulacağı gözlemlenmiştir. Bahsedilen problemlerin önüne geçmek üzere tasarımın sökülür-takılır hale getirilmesine karar verilmiştir.

Tasarımı sökülür-takılır hale getirmek üzere kanallar içine yerleşecek ve aynı zamanda dilimlere de bağlanacak bağlantı elemanları araştırılmış ancak seri üretimle piyasaya sunulan bu elemanlar ölçü ve tasarım olarak ihtiyaçları karşılamamıştır. Bu sebeple yine konvansiyonel işlem tezgahlarında ahşap zanaat teknikleriyle bir çözüm üretilmiştir. Kanalların içine ahşap malzemeden taşıma kamaları yapıştırılmasına ve dilimler üzerine açılacak yeni kanallarla dilimlerin bu kamalara asılmasına karar verilmiştir. Fikir, parça *MDF*'ler üzerine açılan kanal, kanala takılan kama ve bir başka *MDF* levhaya açılan kanalın bu kamaya oturtulmasıyla elde edilen kısmi prototip üzerinde sınanmıştır. (Resim 93)

Kamalar **10 mm** genişliğe sahip ahşap çitalardan **3 cm** uzunluğunda kesilmiş ve uçlarına gönye testere ile açı verilmiştir. Açılındırılmış daire testere ile dilimlerin üst kısımlarından **5 cm** uzaklıkta başlayan açılı kanallar açılmıştır. Elle üretimden kaynaklı toleranslar nedeniyle dilimler taban üzerine dizilerek kamaların denk geleceği yerler elle işaretlenmiştir. Kamalar ahşap tutkalı ile yapıştırılmıştır. (Resim 94)

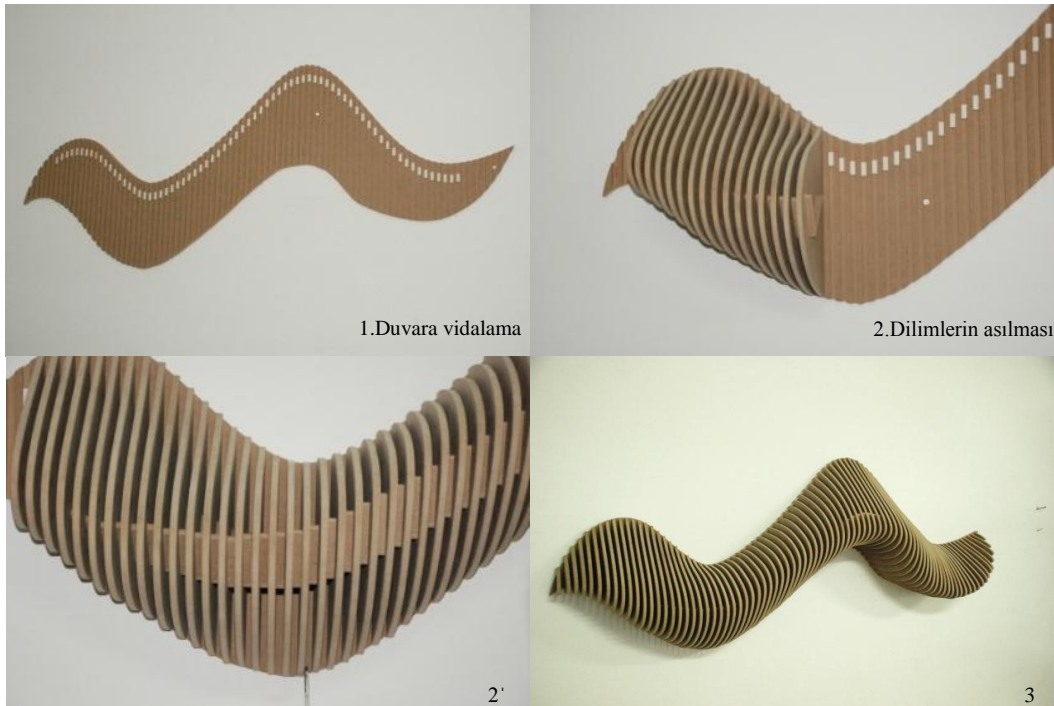


Resim 93 Sökülür-takılır hale dönüştürmek üzere kamalarla geçme denemeleri

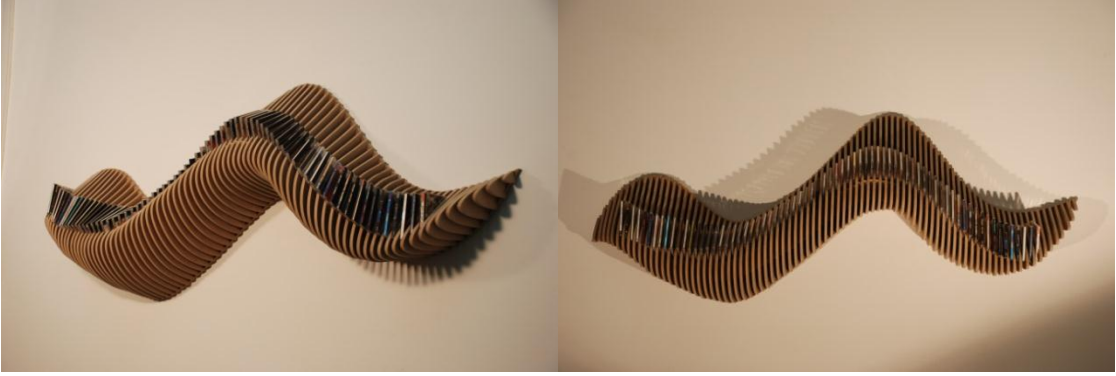


Resim 94Dilimler üzerine kamaların gireceği boşlukların açılması ve kamaların taban üzerine yapıştırılması

Sökülür-takılır bir tasarım aynı zamanda ürünün duvara montajını da pratik hale getirmiştir. Üzerine vida delikleri açılan taban levhası bu deliklerden duvara vida ile kolaylıkla bağlanmış ve ardından dilimler bu levha üzerindeki kamalara kolaylıkla asılmıştır. (Resim 95,Resim 96)



Resim 95“Dalga” CD depolama ünitesinin prototipinin duvar ve parça montajı



Resim 96“Dalga” CD depolama ünitesinin prototipinin sınanması

Ürünün montajı sılandıktan sonra boyama işlemi uygulanmıştır. CD’lerin birlikte oluşturdukları formun, içine oturdukları dalga formundan ayrılarak belirginleşmesi için tüm ünitenin beyaz renge boyanmasına karar verilmiştir. Boyama, montajın yapıldığı yerden farklı bir alanda yapılmış ve tasarımcının renk seçimi dışında sürece katkısı olmamıştır. Boyama iç mekan bileşenlerinde en önemli özelliklerden birisi olan yüzey kalitesinin en belirgin şekilde değiştirildiği aşama olmasına rağmen bu aşama tamamen zanaatkarın bilgi ve becerisinden etkilenmektedir. Süreç tasarımcının kontrolü dışında gerçekleştiği için sadece bitişte kalite kontrolünde katkı sağlanabilmiştir. (Resim 97)

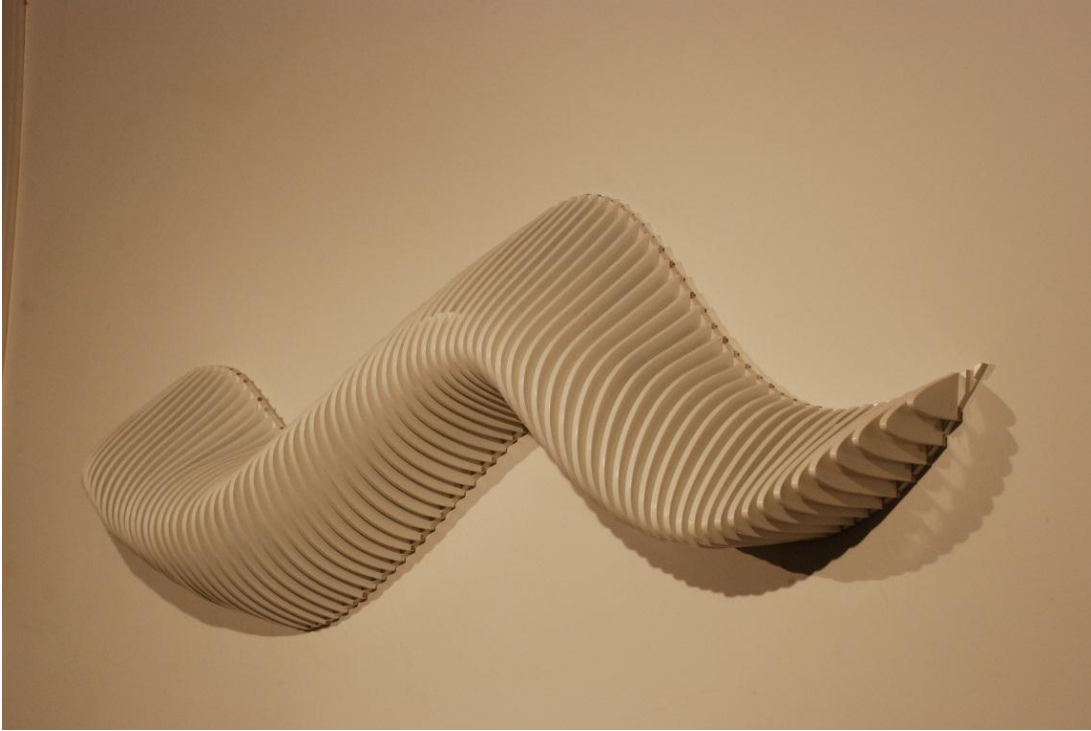


Resim 97Parçaların boyama işlemleri

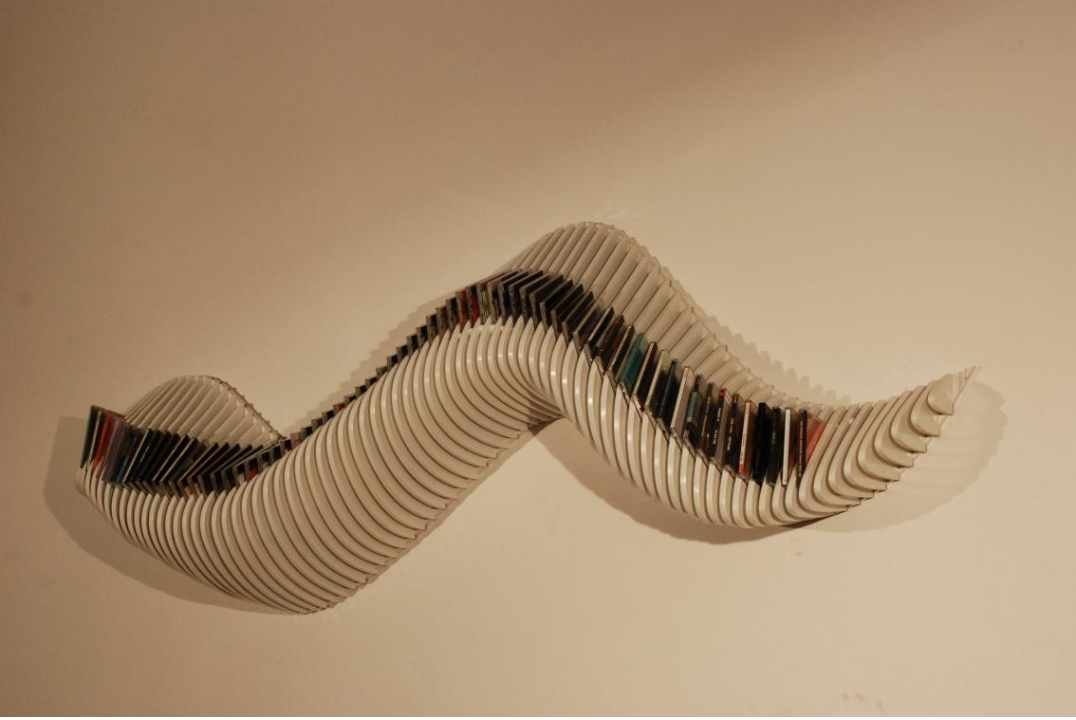
Boya işleminin sonrasında, ince bir katman halinde sürülmüş olsa da boyanın yüzeyde oluşturduğu kalınlıktan dolayı dilimler, taban üzerindeki kanallar içine oturmamıştır bu sebeple kanallar içindeki, boya tabakası zımpara ile çıkartılmıştır. (Resim 98)



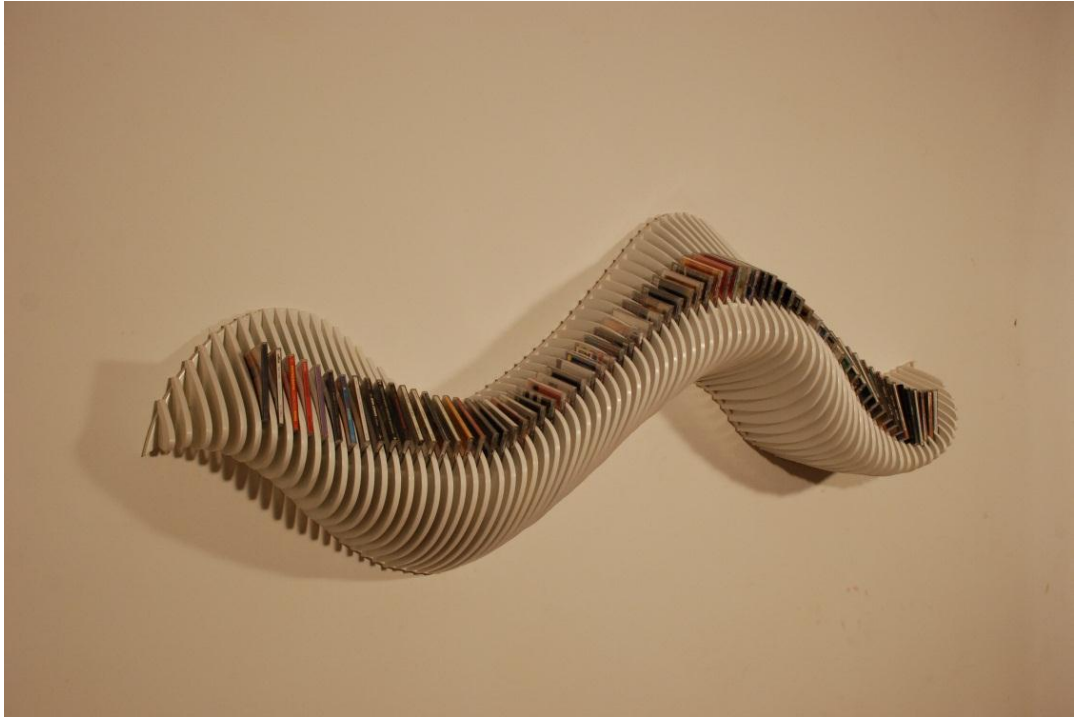
Resim 98Tabanın boyasının zımparalanması



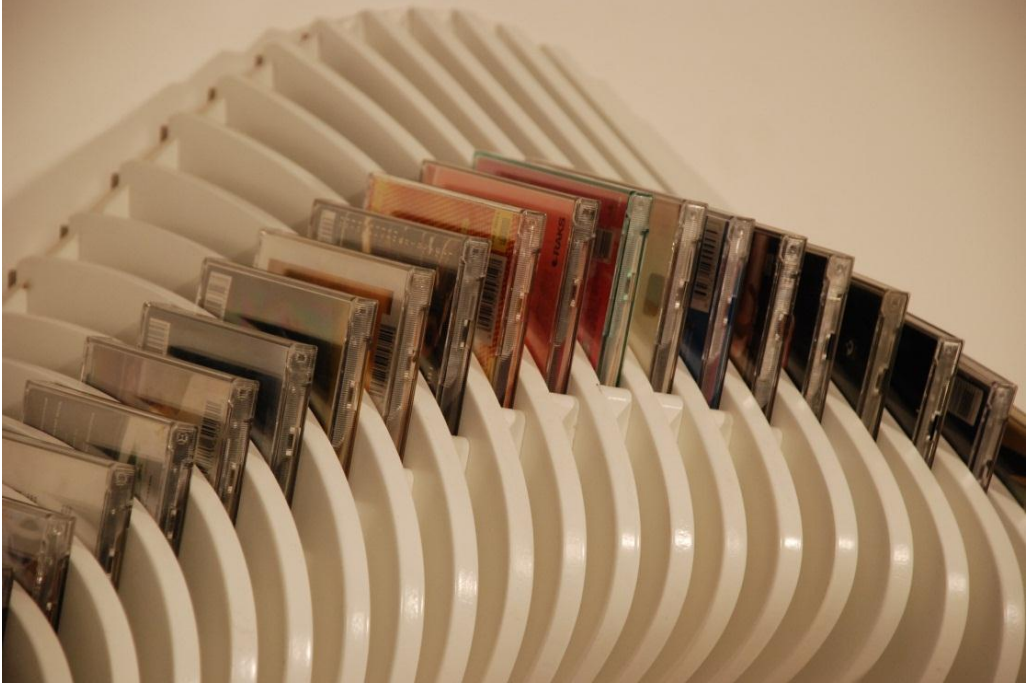
Resim 99Son ürün olarak "Dalga CD depolama ünitesi



Resim 100 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi



Resim 101 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi



Resim 102 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi



Resim 103 Kullanımda “Dalga” CD depolama ünitesi

5.1.2. Denemenin değerlendirilmesi

“Dalga” CD depolama ünitesi, kesit alma tektoniği kullanılarak, bilindik zanaat teknikleriyle üretimi mümkün olmayan özgün forma sahip bir iç mekan bileşeninin tasarım ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretimin kullanıldığı bir uygulama olarak sonuçlandırılmıştır. Uygulamanın gerçekleştirilmesinde kullanılan malzeme, tasarım, parça üretimi, üretim ölçeği, atölye ve tasarımcıya dair pek çok bulgu ortaya çıkmıştır. Elde edilen pratik bulgular aşağıdaki gibi sıralanabilir:

5.1.2.1. Tasarım ve üretim süreci açısından

- Tasarım, üretim verisi hazırlama, üretim ve montaj farklı ve bağımsız aşamalar gibi gözükse de bu aşamalar arasında sürekli bilgi akışı ve geri dönüşler gerçekleşmiştir. Süreç aşamalara bölünmüş gibi gözükse de bu aşamalar iç içedir.
- Prototipleme tasarım ve üretim süreçlerini birleştirmiştir.
- Bilgisayar destekli üretim cihazlarıyla ilerleyen parça üretimi süreci uzunluğu belirgin ve hızlı bir süreçtir. Bunun yanında montaj aşaması daha deneysel ve aksaklıkların çözümünün daha uzun zaman aldığı öngörülerde bulunmanın daha güç olduğu bir süreçtir.

5.1.2.2. Malzeme açısından

- Malzemeye dayalı bilgi eksiklikleri tasarım aşamasında eksik planlamayı, üretim verilerinin buna göre hazırlanması sonucu üretimin de eksik kalmasını ortaya çıkarmıştır. Bilgisayar destekli parça üretimi sonrasında montaj aşamasında fark edilen malzemeye bağlı sorunlar için geri dönüş imkansız hale gelmiştir. Bu aşamada konvansiyonel cihazların ve zanaat tekniklerinin yardımıyla çözümler üretilebilmiştir.

- Malzemeye bağlı olarak, seri olarak üretilen bağlantı elemanları, menteşeler ve askı aparatları gibi, montaj ve bileşene işlev kazandırma aşamalarında kullanılan aksesuarlar standart bileşenler için tasarlandığından bu aksesuarların özgün forma sahip ürünler için kullanılması zorluklar içermektedir.
- İç mimari öğelerin ölçek ve gözlem yakınlığına bağlı olarak daha ön plana çıkan bitirme kalitesi, malzemeye bağlı olarak farklı bitirme yöntemlerini gerekli kılmıştır. (Boya, cila, vs.) Bitirme için gereken işlemler tasarımcının kontrolünden uzaklaşmıştır. Bitirme işlemlerinde daha fazla kontrole sahip olmak üzere parça üretim işlemlerinde renk, doku gibi özellikleri değişmeyen malzemelerin seçimi gerekmektedir.
- Üretim verisi sağlanan cihazların kapasiteleri, işleyebilecekleri malzemeler ve elde edilebilecek formlar konusundaki sınırlılıkların tasarım öncesinde bilinmesi tasarımın bu bilgi ile oluşturulması gereklidir. Tasarımcının cihaz için gerekli verileri sağlamadan önce cihazlar hakkında bilgisahibi olması zorunludur.

5.1.2.3. Ölçek açısından

Üretim, iç mekan bileşeni olarak ele alındığı için ölçek ve buna bağlı parça sayısının az olması, mimari projelerin büyük ölçekli üretimleriyle kıyaslandığında elde edilemeyecek bir üretim süreci toleransı tanımıştır. Toplamda 84 adet parçanın tekrar zanaat üretimine alınması, mimari projelerde ele alınması gereken binlerce ayrı parçayla kıyaslandığında çok daha kolay olmuştur. Böylece beta prototip olarak ele alınan form, zanaat teknikleri ve konvansiyonel cihazlar yardımıyla sonuç ürün haline dönüştürülebilmştir.

5.1.2.4. Çalışma ortamı açısından

Parça üretimi için çalışılan CNC kesim cihazının bulunduğu atölye ve montaj için çalışılan ahşap atölyesinin aynı mekanda yer almasının gerekliliği üzerine yapılan öngörüler, CNC cihazlarda üretilmiş parçaların üretim sonladıktan sonra tekrar aynı cihazda üretime alınamaması sebebiyle karşılık bulamamıştır.

5.1.2.5. Tasarımcı alt yapısı açısından

Üretimin yapıldığı atölye ve üretime katılan diğer kişiler anlamında ele alındığında tasarımcının üretim verisi sağlandıktan sonra bilgisayar destekli üretim cihazında yapılan üretime katkısı bulunmamaktadır. Üretim operatör tarafından otomatik olarak yürütülmektedir. Ancak tasarımcının süreci kontrolü üretim verilerindeki fark edilmemiş bir hatanın anında düzeltilmesine olanak tanımaktadır. Beta prototip üzerinde montaj detaylarının çözülmesi daha deneysel ilerleyen bir süreçtir, malzemeye ve konvansiyonel üretim yöntemlerine bağlı zanaat teknikleri önemli rol oynamaktadır. Bu aşamada, konvansiyonel cihazlarla yapılan üretimler ve değişiklikler, bilgisayar destekli üretim cihazlarının kullanımından daha pratik sonuçlar ortaya koymuştur. Bu sebeple tasarımcının bu alanda uzman kişilerle ortak çalışması kaçınılmazdır. Montaj aşamasına kadar tasarımcı yardıma gereksinim duymadan üretimi gerçekleştirebilmiş olsa da montaj detaylarının çözümü ve prototipin sonuç ürüne evrilmesinde tasarımcının bu alanda ihtiyaç duyulan zanaatkar becerileri ve bilgisi yetersiz kalmaktadır.

5.2. Bölüm değerlendirilmesi

“Dalga” CD depolama ünitesi uygulamasının tasarım ve üretim sürecindeki gözlem ve bulgular ışığında, özgün forma sahip bir iç mekan bileşeninin tekil olarak tasarlanarak üretilmesinde, prototiplemenin tasarım ve üretim süreçlerini birleştiren bir aşama olarak yer almasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim, tasarımcının tasarım ve üretim süreçlerinde karar verici rol oynamasını ve tasarım-üretim bütünlüğü içinde zanaatkar-tasarımcı olarak sürece katkı sağlamasını mümkün kılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle ortaya çıkan tektonikler, tasarım ve üretim aşamalarında seçilecek üretim cihazları, malzemeler, uygun formlar ve ardıl montaj ve üretim işlemleri için yol gösterici olsa da tasarımcının tektonikleri takip ederek elde ettiği bilgi bilgisayar destekli parça üretimine kadar yeterli olmaktadır;bu aşamadan sonra malzeme ve üretim tekniklerine bağlı, zanaat tekniklerinin etkin olduğu montaj aşamasında tektonikler ve tasarım bilgisi yanında zanaat pratiklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tüm tasarım ve üretim süreci boyunca tasarımcının süreçlere aktif katılımı ve yönlendirmesi gereklidir. Bu sebeple, tasarımcının üretim süreçleri içinde yer alan ve tasarımı etkileyen üretim cihazları, malzemeler ve üretim yöntemleri hakkında gereken farkındalığa ve bilgiye sahip olması gereklidir. Üretim bilgileri yanında, tasarım için gereken teknik bilgileri de kapsayan uygun CAD/CAM ortamlarına dair farkındalık ve bilgi de özgün iç mekan bileşeni tasarım ve üretiminde gereklidir.

Uygulama belirtilen sınırlılıklar dolayısıyla kesit alma tekniği ile kısıtlanmış olmakla birlikte, ele alınan diğer teknikler için de tasarım ve üretim süreci, malzeme ve tasarımcı açısından benzer sonuçların ortaya çıkacağı öngörülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımcılara seri olarak üretilen, standart iç mekan bileşenlerini seçmek yerine özgün iç mekan bileşenlerini tasarlama ve üretme olanakları sunan bilgisayar destekli tasarım ve üretim yöntemlerini araştırma hedefiyle ele alınan bu çalışmada, bölüm değerlendirmelerinde aktarılan bilgiler ışığında ve giriş bölümünde ele alınan amaçlar doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Tasarımcı, standart dışı bileşenlerin tasarımı ve üretiminde, tekil üretimlerin elde edilmesinde esnek üretim ve kitlesel özelleştirmenin araçları olan bilgisayar destekli tasarım ve üretimden faydalanarak, zanaatkar-tasarımcı rolüyle tasarım-üretim sürekliliği içinde çalışmalıdır.
- Özgün forma sahip bileşenlerin tasarım ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve üretimle ortaya çıkan tektoniklerin takip edilmesi tasarım üretim sürekliliğinde yol göstericidir.
- Özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde prototipleme gereklidir. Tekil bileşenlerin tasarım ve üretiminde prototiplerle çalışmanın güçlükleri bilgisayar destekli tasarım ve üretimin katkısıyla hazırlanan beta prototiplerle aşılabilir. Beta prototipler montaj detaylarının çözülmesiyle, ölçeğe bağlı olarak tekil sonuç ürünlere evrilebilirler. Elle üretimde verimli sonuçlar elde etmek için gerekenden çok fazla tekil parçaya sahip bileşenler için kısmi prototipleme ve kalan üretimin optimizasyonu yolu tercih edilebilir.
- Montaj süreci zanaat pratiklerine zanaatkar bilgi ve becerisine ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple montaj süreci için tasarımcının ihtiyaç duyulan alandaki uzman bilgisine başvurması gereklidir.
- İç mimari projeler, mimari ve endüstriyel tasarım alanlarında üretim için gerek duyulan mühendislik gibi farklı disiplinlerin katılımına ihtiyaç doğurmadığı için tasarımcının üretim sürecine doğrudan katılımı daha kolaydır. Üretenle doğrudan iletişim kurabilir ve üretime ortak olabilir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda özgün iç mekan bileşenlerinin bilgisayar destekli olarak tasarlanarak üretilmesi için tasarımcıların ve tasarım eğitimi veren eğitici ve kurumların değerlendirmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

6.1. Eğitime etkileri açısından

- Özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde bilgisayar desteğinin kullanımı için bu konudaki farkındalık önemli bir etkidir. Uzmanlık alanı eğitimlerinde, bilgisayar destekli tasarım tüm tasarım disiplinleri için bir araç olarak öğretilmektedir. Tasarım üretim sürekliliği ve üretim için veri oluşturma gibi bilgisayar destekli tasarımın üretimle ilgili boyutu, bilgisayar destekli üretim cihazları, malzeme ve kısmi zanaat teknikleri gibi konuların işlendiği derslerin müfredata alınması farkındalığın sağlanmasında yol açıcı olacaktır.
- Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle ortaya çıkan tekniklerin öğretim müfredatı içinde aktarımı da farkındalığın sağlanması açısından yol açıcı olacaktır.
- Teorik bilginin yanında, bilgisayar destekli tasarım ve üretim ilişkisinin kavranabilmesi için prototipleme imkanının sunulduğu uygulamalı örneklere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu uygulamaların yapılabilmesi için gereken cihaz ve malzemelerin sağlandığı, zanaatkar-tasarımcının atölyesi öğretim ortamı içine katılabilir. Çalışma içinde örneklenmiş olan bu türden atölyelerde proje tabanlı eğitim ortamı ve tasarım-üretim bütünlüğü içinde öğrencileri araştırmaya yöneltecek unsurların ön plana çıkarıldığı dersler ele alınmalıdır.
- Bilgisayar destekli tasarım ve üretimle özgün iç mekan bileşenleri tasarımında, CAD/CAM bütünlüğünün sağlanabileceği CAD yazılımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Halihazırda pek çok eğitim kurumunda iç mimari görselleştirme hedefiyle ele alınan ve üretim verisi sağlama anlamında yetersizlikleri bulunan kavramsal CAD yazılımları yanında üretim verisi oluşturma anlamında daha uygun yazılımların da öğretim müfredatına katılması gereklidir. Yazılımların parametrik özellikleri ve betik oluşturulmasıyla ilgili ön bilgiler kapsama dahil edilmelidir. Bu çalışmada ele alınmış olan *Rhinoceros* yazılımı, üretim verisi hazırlama, parametrik tasarım olanakları ve veri paylaşım formatlarının

çeşitliliği açısından iç mimari uygulamalarda sağladığı avantajlar dolayısıyla önerilmektedir.

6.2. Tasarımcının rolü açısından

Araştırmada, bilgisayar destekli tasarım ve üretimle özgün iç mekan bileşenlerinin tasarımı ve üretiminde tasarımcıların önünde iki potansiyelin olduğu gözlemlenmiştir:

- İç mimari projeler içinde özgün iç mimari bileşenler üretmek üzere gereken bilgisayar destekli tasarım ve üretim bilgisine sahip olarak beta prototip düzeyine kadar tasarım ve üretimi kontrol altında tutmak. Uygun zanaat koluyla ortak çalışarak montaj detaylarının çözümünde ve uygulamada yardım almak. Bu durumda tasarımcı zanaatkar tasarımcı olarak, prototipleri üretmek ve geliştirmek üzere bağımsız atölyeleri kullanacaktır.
- Özgün iç mekan bileşenlerinin tasarım ve üretiminde gerekli bilgisayar destekli tasarım ve üretim bilgisine sahip olarak ve belli zanaat kolunda uzmanlaşarak, talep eden tasarımcılara danışmanlık ve üretim hizmeti vermek. Bu durumda tasarımcı zanaatkar-tasarımcı olarak bağımsız iç mimari projeler için talep edilen form ve fonksiyondaki bileşenlerin üretim verilerinin hazırlanması ve üretimin gerçekleştirilmesi için bilgisayar destekli üretim cihazlarıyla donatılmış atölyesini kullanacaktır.

İlk durumda, tasarımcı, özgün iç mekan bileşenlerin iç mimari projelere katılabilmesi konusunda donanımlı olacaktır. Böylece standart bileşenlerin şekilsel ve fonksiyonel sınırlılıkları dışında özgün iç mekan bileşenleriyle donatılmış iç mimari projeleri ortaya koyabilecektir. Böylece ortaya koyduğu tasarımlarla, farklılaşabilecektir.

İkinci durumda iç mimar, iç mimari projelendirme ve uygulamanın dışında üretilmesi zor ya da imkansız forma sahip bileşenlerin üretimi için danışmanlık ve üretim hizmeti verecektir. İkinci durum iç mimarı pek çok disiplinin dahil olduğu projelendirme alanı dışında daha özellikli bir alanda konumlandırarak farklılaşma olanağı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Abdel, Hassan ve El-Hofy, Gawad. **Advanced Machining Processes**. Blaclick, Ohio, ABD: McGraw-Hill, 2005.
- Adler, Paul S. **Technology and the Future of Work**. Cary, NC, ABD: Oxford University Press, 1992.
- Aranda, Benjamin ve Lasch, Chris. **Tooling**. New York: Princeton Architectural, 2006.
- Artun, Ali ve Aliçavuşoğlu, Esra, **Bauhaus: Modernleşmenin Tasarımı**. İstanbul: İletişim, 2009.
- Basalia, George. **Teknolojinin Evrimi**. Ankara: Tübitak, 2000.
- Beard, L. Jeffrey. **Design-Build: Planning Through Development**. New York: McGraw-Hill, 2001.
- Callicot, Nick. **Computer Aided Manufacture in Architecture**. Oxford: Architectural Press, 2011.
- Collin, Simon. **Dictionary of Computing**. Londra: A & C Black, 2007.
- Danaher, Simon. **Digital 3D Design**. Cambridge: ILEX, 2004.
- Davis, Stan. **Future Perfect**. Reading: Addison-Wesley, 1987.
- Eekhout, M. **Methodology for Product Development in Architecture**, Amsterdam: IOS Press, 2009.
- Elliot, Cecil D. **Technics and Architecture**. Cambridge, Massachusetts, ABD: MIT Press, 1994.
- Etchetto, Marina R. Eguaras. **Antoni Gaudi Complete Works**. Köln: Evergreen, 2009.
- Gartman, David. **From Autos to Architecture : Fordism and Architectural Aesthetics in the Twentieth Century**. New York: Princeton Architectural Press, 2009.
- Gershenfeld, Neil. **FAB The Coming Revolution On Your Desktop-From Personal Computers to Personal Fabrication**, New York: Basic Books, 2005.

- Gimpel, Jean. **Ortaçağda Endüstri Devrimi**, Çeviren: Nazım Özüaydın. Ankara: TÜBİTAK Yayınları, 2004.
- Gordon, Robert. B. **Texture of Industry : An Archeological View of the Industrialization of North America**. Cary, NC, ABD: Oxford University Press, 1997.
- Gramazio, F. ve Köhler, M. **Digital Materiality in Architecture**. Baden: Lars Müller Publishers, 2008.
- Groover, M.P. **Fundamentals of Modern Manufacturing**, New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.
- Guidot, Raymond. **Industrial Design Techniques and Materials**. Paris: Flammarion, 2006
- Gullart, Vicente. **Iaac Institute for advanced architecture of Catalonia, Prospectus & Projects**. Barselona: IAAC, 2008.
- Heaton, Herbert. **Avrupa İktisat Tarihi**. Ankara: Paragraf, 2005.
- Heskett, John. **Design : A Very Short Introduction**. Oxford: İngiltere, Oxford University Press, 2005.
- Hobbs, Dennis P. **Lean Manufacturing Implementation : A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer**. Boca Raton, ABD: Ross Publishing, 2003.
- Hounshell, David A. **From the American system to mass production, 1800-1932 : the development of manufacturing technology in the United States**. Baltimore: John Hopkins University Press, 1984.
- Hudson, Jennifer. **Process: 50 Product Designs From Concept To Manufacture**. Londra: Laurence King, 2008.
- Iwamoto, Lisa. **Digital fabrications, Architectural and Material Techniques**. New York: Princeton Architectural Press, 2009
- Jackson, Barbara J. **Construction Management Jumpstart**. Alameda, ABD: Sybex, 2004
- Kaufmann, Hermann ve diğerleri. **Building with timber paths into the future**, Münih, Almanya: Prestel Verlag, 2011.

- Kolarevic, Branko.**Architecture In The Digital Age- Design And Manufacturing.** New York: Spon Press, 2003.
- Kolarevic, Branko.**Manufacturing Material Effects Rethinking Design And Architecture.** New York: Routledge, 2008.
- Leach, Neil.**Designing For A Digital World.** Chicester: John Wiley & Sons, 2002.
- Lefteri, Chris.**Making It: Manufacturing Techniques For Product Design.** Londra: Laurence King Publishing, 2007.
- Lupton, Ellen.**D.I.Y. Design It Yourself.** Newyork: Princeton Architectural Press, 2006
- Maddison, J. **CNC Machining Handbook.** Industrial Press, 1996.
- Martinez, Alfonso Corona, **Architectural Project.** Texas: Texas A&M University Press, 2003.
- McClellan, James E. III ve Dorn, Harold.**Dünya Tarihinde Bilim ve Teknoloji.** Ankara: Arkadaş, 2008.
- Meikle, Jeffrey L. **Design in the USA.** Oxford, İngiltere Oxford, University Press: 2005.
- National Research Council. **Information Technology for Manufacturing: A Reasearch Agenda,** Washington: National Academies Press, 1995.
- Özcan, Köksal.**Yapı,** Ankara: Bilim Yayınları, 2000.
- Pine, B. Joseph.**Mass Customization: the new frontier in bussiness competition,** ABD: Harvard Bussiness School Press,1993.
- Radhakarisanan, P. S. Subramanyan ve Raju, V. **CAD/CAMCIM.** Daryaganj, Delhi, Hindistan: New Age International, 2008.
- Rappolt, Mark.**Gregg Lynn Form.** New York: Rizzoli, 2008.
- Rorabaugh, W. J. **Craft Apprentice : From Franklin to the Machine Age in America,** Cary, NC, ABD: Oxford University Press, 1988.
- Rybczynski, Witold.**Vida ile Tornavida.** Çeviren:Hüseyin Özel. Ankara: Tübitak, (Türkçe basım 2007), 2000

- Sakamoto, Tomoko ve Ferre, Albert.**From Control to Design.** Barselona: Actar-D,[2009-2011]
- Schodek, Daniel.**Digital Design and Manufacturing.** New Jersey: John Wiley Sons, 2005.
- Sebastyen, Gyula.**Construction-Craft To Industry.** Londra: E&FN Spon, 1998.
- Sennet, Richard, **Zanaatkar,** İstanbul: Ayrıntı, 2009.
- Spencer, Amy.**DIY The Rise of LO-FI Culture.** Londra:Marion Boyars Publishers, 2005.
- Szalapaj, Peter.**Contemporary Architecture and the Digital Design Process.** Burlington: Architectural Press, 2005.
- Taşlıca, O. **CNC ile İşlemeye Giriş,** Eskişehir: M.E.B. Yayınları, 1994.
- Terzidis, Kostas.**Algorithmic Architecture.** Burlington: Architectural Press, 2007.
- Tez, Zeki.**Tekniğin Evrimi** Ankara: Paragraf, 2005.
- Toydemir, Nihat, Erol Gürdal ve Leyla Tanaçan.**Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme** İstanbul: Literatür, 2000.
- Türkçü, Çetin.**Yapım** İstanbul: Birsen ,2000.
- Ulrich, Karl **Users, Experts and Institutions in Design.** Handbook of New Product Developmet Management, Der:Christoph Loch, Stylianos Kavadias, Oxford: Butterworth-Heinneman,2008.
- Veltkamp, M. **Free Form Structural Design.** Amsterdam: IOS Press, 2007
- Wright, G.R.H. **Ancient Building Technology, Volume 2, Part 1: Materials, Text.** Leiden, Hollanda: Brill Academic Publishers, 2005.

Dergiler

- Anderson, Chris **“The Long Tail”**, Wired Magazine 12.10: Ekim, 2004.
- Atkinson, Paul.**“Do It Yourself:Democracy and Design”**, Journal of Design History 19, 1: 2, 2006

- Irani, Lilly “**The Politics and Practice of Designing It Yourself**”, *Ambidextrous Magazine* 2: 9, 2008
- Kolatan, Sulan. MacDonald, W. “**Lumping**” *Architectural Design*, 72,1, 2002
- Onians, John “**Idea and Product: Potter and Philosopher in Classiscal Athens**”, *Journal of Design History* 4, 2: 1991
- Rahim, Ali. **Contemporary Texhniques in Architecture**. *Architectural Design* 72, 1: Ocak 2002
- Saydan, Reha “**1900'lerin İlk Yıllarında Ford - General Motors Rekabeti (Üretim ve Pazarlama Anlayışının Karşılaştırılması)**” *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*7, 11: 156, Mayıs 2004.
- Sayers, Sean “**The Concept of Labor: Marx and His Critics**” *Science & Society* 71, 4: 431-454, Temmuz 2007

İnternet Kaynakları

- Cascio, Jamais ve Soojung-Kim Pang, Alex. “**Manufacturing: Do It Yourself?**”, *Ten-Year Forecast Perspectives 2007*, s.1 http://www.iftf.org/system/files/deliverables/SR-1064_TYF07_05_Manufacturing.pdf adresindeki web sitesinden 20.05.2010 tarihinde alınmıştır.
- Gershenfeld, Neil. **Neil Gerhenfeld on Fab Labs**, Ted Talks Konferansındaki konuşmasından alıntı http://www.ted.com/talks/lang/eng/neil_gershenfeld_on_fab_labs.html adresindeki web sitesinden 23.02.2011 tarihinde alıntı yapılmıştır.
- IFTF. **The Future of Making**, <http://www.iftf.org/node/2786> adresindeki web sitesinden 16.01.2011 tarihinde alınmıştır.
- Issa, Rajaa. **Essential Mathematics for Computational Design**. 2010. <http://download.rhino3d.com/en/Rhino/4.0/EssentialMathematicsSecondEdition/> adresindeki web sayfasından 18.12.2010 tarihinde alınmıştır.
- Karar, Steve F., Arthur R. Gill, and Peter Smid. “**Unit 2 – CNC Machines**”. *CNC Simplified*. Industrial Press, 2001, http://common.books24x7.com/book/id_9016/book.asp adresindeki web sitesinden 6.11 2009 tarihinde alınmıştır.

- Khabazi, Mohamad Zubin. **Generative Algorithms With Grasshopper**, 2009
www.grasshopper3d.com web sayfasından 12.09.2010 tarihinde alınmıştır.
- Math Forum. **“What is tessellation?”** <http://mathforum.org/sum95/suzanne/whattess.html> adresindeki web sitesinden, 30.11.2010 tarihinde alıntı yapılmıştır.
- Neğiş, Erkut. **İmalatta Mükemmele Doğru; Otoinşa Teknolojileri**,
<http://www.turkcadcam.net/rapor/otoinsa/ozet.html> adresindeki web sayfasından 07.07.2011 tarihinde alınmıştır.
- Özceyhan, Teber **Programlamaya Giriş ve Algoritmalar Ders Notları**, 2007, s.8
<http://web.inonu.edu.tr/~tozceyhan/pdfs/ALG%28Belge%29.pdf> adresindeki web sayfasından 15.07.2011 tarihinde alınmıştır.
- Payne, Andy ve Rajaa Issa. **Grasshopper Primer**. İkinci basım. 2009.
www.liftarchitects.com web sayfasından 23.11.2010 tarihinde ulaşılmıştır.
- Ross, Douglas T. **"Origins of the APT language for automatically programmed tools"**, ACM SIGPLAN Notices 13, 8: 61–99, Ağustos 1978.
<http://ied.unipr.it/silve/meaz/origini-APT.pdf> adresindeki web sitesinden 6.2.2011 tarihinde alınmıştır.
- Türk Dil Kurumu, **Bilmi ve Sanat Terimleri Sözlüğü, İktisat Terimleri Sözlüğü 2004**,
<http://tdkterim.gov.tr> adresindeki web sayfasından 12.05.2009 tarihinde alınmıştır.
- Weisberg, David E. **The Engineering Design Revolution**. (2008),
<http://www.cadhistory.net/contents.html> adresindeki internet sitesinden 6.2.2011 tarihinde alınmıştır.
- Yiğit, R. **Bilgisayarlı Nümerik Kontrol(CNC) Giriş**. 2006. <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index5.html> adresindeki web sayfasından 21.05.2010’da alınmıştır.
- Zapata, Ayala. **“21st Century D.I.Y Architecture”**, Virtual Conference on Sustainable Architectural Design and urban Planning isimli konferansta sunulan bildiri, 15 Eylül 2005 <http://www.unaus.eu/pdf/T013.pdf> adresindeki web sayfasında 15.02.2011 tarihinde ulaşılmıştır.

URL

<http://architecture.uark.edu/785.php>

http://depo.vitra.com.tr/2009/001_5390094_TR.PDF
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_uniform_tilings
<http://marblefairbanks.com/?p=1694>
<http://marblefairbanks.com/?p=312>
<http://openstructures.net/pages/9#deel6b>
<http://tex-fab.net/about/>
<http://tex-fab.net/category/compete/>
http://tex-fab.net/wp-content/uploads/2010/11/REPEAT_PressRELEASE-MC.pdf
<http://theladg.com/projects/built/mercantile-lofts/>
<http://web.mit.edu/facilities/construction/completed/stata.html>
<http://www.absolutearts.com/artsnews/2004/11/19/32538.html>
<http://www.culturenow.org/index.php?page=entry&permalink=00796>
<http://www.dbdstudiollc.com>
http://www.german-architects.com/en/projects/detail_thickbox/3129/plang:en-gb?iframe=true&width=850&height=99
<http://www.grasshopper3d.com>
<http://www.instructables.com/about>
<http://www.officeda.com/>
http://www.situstudio.com/fabrication/#casestudies/architecture/architecture/01_ojs
http://www.situstudio.com/fabrication/#casestudies/architecture/architecture/01_ojs
<http://www.suckerpunchdaily.com>
<http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/index4.html>
<http://www.turkcadcam.net/rapor/CADCAM-tarihcesi/US-patent-Parsons-2820187-1958.pdf>

<http://www.veevdesign.com>

<http://www.vladtenu.com/?p=8>

<http://www.vladtenu.com/?p=97>

TEZ EKİ

Terimler sözlüğü

3 boyutlu sayısallaştırıcı:	3 boyutlu cisimlerin geometrik verilerini farklı yöntemlerle sanal ortama aktaran cihaz.
Açık kaynak kodu:	Dileyen herkesin yazılımların kaynak koduna sahip olarak değiştirme ve geliştirme yapabildiği yazılım sistemi. (open source)
Bit:	Programlama ve haberleşmede, bilgi iletimi ve depolaması için kullanılan en küçük birim.
Dosya formatı:	Farklı yazılımların işledikleri verileri tekrar ulaşılmak üzere depoladıkları format. Bu formatlar çoğunlukla dosya isimlendirmedeki son ekleriyle isimlendirilirler. (File format)
Fabrikasyon:	Birbiri ile uyumlu, çoğunlukla standartlaşmış parçaların bir araya getirilmesi ve montajı ile ürün elde edilen üretim biçimi.(fabrication)
FEA:	<i>Finite element analysis</i> teriminin kısaltması. Sonlu eleman analizi. FEA bir model ya da tasarımın istenilen sonuçlara göre test edilmek üzere baskı altına alınmasıdır.
Foto gerçekçi:	Bilgisayar ortamında yaratılan modellerin gerçekçi ışık malzeme ve kamera etkileriyle işlenmesi sonucu elde edilen fotoğraf gerçekliğinde görüntü.
Freze:	Özellikle metal imalatında kullanılan talaşlı üretim cihazı olan freze, kendi eksenini etrafında dönen bir kesici bıçak yardımıyla iş parçasından talaş kaldırarak şekillendirme yapar. (mill)
FTP:	<i>File Transfer Protocol</i> tamlamasının kısaltması. Dosya taşıma protokolü.

G-kodu:	CNC cihazlara takım yolu verilerini aktarmakta kullanılan program.
Grafik arayüz:	Yazılımlarda komutlar yerine, butonlar, ikonlar, simgelerin kullnıldığı insan-bilgisayar etkileşim sistemi. (Graphical User Interface)
İşlem yatağı:	İşlenecek parçanın bağlı bulunduğu platform.
Kaplama:	Bilgisayar grafiklerinde render işleminden önce 3 boyutlu mlazemelere atana malzemelerdeki görsellerin model üzerine serilmesi ya da kaplanması işlemi. (mapping)
Kompozit malzeme:	Makroskobik olarak birbirinden farklı iki ya da daha fazla malzemenin bir araya getirilmesiyle elde edilen malzeme. (Composite material)
Konvansiyonel:	Yaygın kullanıma sahip üzerinde uzlaşmış.
Kuralsız form:	Matemetiksel olarak ifade bulması olanaksız ya da çok zor olan form.
Laminasyon:	Malzemelerin iki ve daha çok katmandan oluşacak şekilde sıkıştırılması sonucu elde edilen yeni bütüncül malzeme. (lamination)
LASER:	<i>Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation</i> (Işık Işınlarının Uyarılmış Işımayla Yükseltilmesi) kelimelerinin kısaltması olan terim.
Loft:	3 boyutlu bilgisayar grafiklerinde model yaratmak üzere birbirini takip eden şekillerin arasına yüzey örülmesiyle çalışan modelleme yöntemi.
Malzeme atama:	Bilgisayar grafiklerinde render işlemi öncesinde 3 boyutlu modellere gerçekçiliği artırmak üzere resimlerden ya da bilgisayar ortamındaki hesaplamalı görselleştirmelerden yararlanılarak görsel etkiler eklenmesi.

Mass customization:	Kitlesel özelleştirme.
Modüler:	Bir sistemi oluşturan bileşenlerin ayrılıp tekrar birleşebildiği durum. (modular)
Nesting:	Yuva yapma. Parçaların belirli bir alanda en az malzeme fitesi verecek şekilde düzenlenmesi.
Nokta bulutu:	3 boyutlu sayısallaştırıcıların sunduğu geometrik verilerden elde edilen, uzaydaki koordinatları belli noktalar kümesi. (point cloud)
Organik form:	Geometrisi doğadan gelen, mekanik ya da yapay olmayan form. (organic form)
Pres:	Yüksek basınçla çoğunlukla malzemelerin şekillendirilmesinde kullanılan cihaz.
Prototip:	İlk örnek, ön ürün. (prototype)
Render:	Bilgisayar ortamında yaratılan modellerin bir resim oluşturmak üzere bilgisayar programlarınca yapılan hesaplama işlemi.
Rölyef:	Cisimler üzerinde yüksekliği az kabartı şeklinde oluşturulmuş desen. (relief)
Sandviçleme:	Yüzeysel geometriye sahip malzemelerin farklı güçler ve bağlayıcı malzemeler aracılığıyla bir araya getirilerek kalıcı bütünlüğünün sağlanması işlemi.
Script:	Betik. Bilgisayar yazılımlarında uygulamanın çekirdek programlama yapısından bağımsız olarak uygulama içinde dinamik değişimler yapmaya olanak sağlayan ve genellikle o programın yazıldığı programlama dilinden farklı bir dile sahip programlama dilidir.
Servo motor:	Motor hareketinde oluşan hataları algılayarak, otomatik olarak o hataları gideren ve bağlı

	bulunduğu cihazın hassasiyetini artıran hareket mekanizması.
Takım yolu:	Parçayı işleyen takımların (kesici uç) hareketlerini gerçekleştirirken takip ettiği yol. (tool path)
Tel kafes model:	3 boyutlu bilgisayar modellerinin yüzeyleri olmayan çizgilerden oluşan bir ağ şeklinde görselleştirilmesi. (wireframe model)
Tesviye:	Talaş kaldırma usülleriyle bir yüzeyin kalitesini artırmak. (contouring)
Torna:	Kendi ekseninde dönen iş parçasından talaş kaldırarak işlem yapan talaşlı üretim cihazı. (lathe)
Tutamaç:	İş parçasını işlem yatağına bağlyan ve sabitleyen aksam.
Yumuşaklık düzeyi:	3 boyutlu modellerde modeli oluşturan poligonların sayısına bağlı olarak değişen pürüzsüz ya da kırık görüntü. (smoothing level)