

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**İÇ MİMARİDE SAYISAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNİKLERİ:
SERGİLEME ELEMANI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Sabiha Yıldız SEVGİ**

Anabilim Dalı : İç Mimari Tasarım

Programı : İç Mimari Tasarım (Uluslararası)

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**İÇ MİMARİDE SAYISAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNİKLERİ:
SERGİLEME ELEMANI TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Sabiha Yıldız SEVGİ
(418081011)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03 Mayıs 2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2013

**Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Abdullah ERENÇİN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Yüksel Demir (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Sağlar Onay (İTÜ)**

HAZİRAN 2013

İTÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün 418081011 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sabiha YILDIZ SEVGİ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**İÇ MİMARİDE SAYISAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNİKLERİ: SERGİLEME ELEMANI TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr. Gör. Dr. Abdullah ERENÇİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Yüksel DEMİR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Nilüfer SAĞLAR ONAY
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2013**

ÖNSÖZ

Bu tezin oluşmasında, lisans ve yüksek lisans eğitimim sırasında değerli fikirlerini esirgemeyerek bana yol gösteren danışmanın Öğr. Gör. Dr. Abdullah Erençin'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında, benden yardımlarını esirgemeyen, mesleki bilgi ve becerisini paylaşan Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Sağlar Onay, Öğr. Gör. Frederico Fialho Teixeira'a, Öğr. Gör. Dr. Özge Cordan'a

tezimin içeriğinin oluşmasında yol göstericiliği ve alandaki tecrübesini benimle paylaştığı için Uludağ Üniversitesi'nden Doç. Dr. Özgür Ediz'e,

yaşadığım tüm zorluklarda yanımda olup beni destekleyen annem Sabriye Yıldız, babam Emin Yıldız ve kardeşim Emel Yıldız'a; çalışmam boyunca disiplinli çalışma yöntemini aşılayan, sabır ve teknik desteğiyle yanımda olan eşim Yücel Sevgi'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2013

Sabiha Yıldız SEVGİ
(İç Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Tezin Kapsamı.....	3
1.3 Tezin Yöntemi.....	4
2. İÇ MİMARİ BİLEŞENLERİN TASARIMINDA TEKNOLOJİNİN YERİ....	5
2.1 Sayısal Tasarım ve Üretim Anlayışının Gelişimi.....	5
2.2 İç Mimari Formların Teknolojiye Bağlı Değişimi	7
2.2.1 Sayısal Tasarım Teknolojileri	9
2.2.2 Sayısal Üretim Teknolojileri	10
2.2.3 Malzeme Teknolojileri	11
2.2.4 İç Mimaride Kitlemel Bireyselleştirme Kavramı	12
3. İÇ MİMARLIK DİŞİPLİNİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM	
VE ÜRETİM TEKNİKLERİ.....	15
3.1 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Tasarım Yaklaşımı.....	15
3.2 İç Mimaride Güncel Bilgisayar Destekli Tasarım Yazılımları	17
3.3 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Yüzey Tasarım Teknikleri	23
3.3.1 CAD (Computer Aided Design)	25
3.3.2 NURBS (Non Uniform Rational B-Spline)	27
3.3.3 Türetici Tasarım - Biçim Gramerleri - Fraktallar	28
3.3.4 Algoritmik Tasarım.....	31
3.3.5 Parametrik Tasarım	33
3.4 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Üretim Anlayışı	36
3.5 Bilgisayar Destekli Üretim Araçları.....	40
3.5.1 Bilgisayarlı Nümerik Kontrol Makinaları (CNC).....	41
3.5.2 Hızlı Prototipleme Makinaları	50
3.6 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Üretim Teknikleri	54
3.6.1 İki Boyutlu/Eksenli Kesim Tekniğı	56
3.6.2 Kesit Alma Tekniğı	60
3.6.3 Tesselasyon Yöntemiyle Yüzey Tasarımı.....	68
3.6.4 Katlama Tekniğı.....	77
3.6.5 Kontür İşleme Tekniğı (Contouring / Contour Crafting).....	83
3.6.6 Şekillendirme Tekniğı.....	89
3.6.7 İnteraktif Yüzeyler	94
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ.....	109

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CNC	: Computer Numerical Control
RP	: Rapid Prototyping

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Mimari bağlamda formun ifadesi	8
Şekil 2.2 : Geçmişten günümüze değişen üretim anlayışı	13
Şekil 3.1 : RhinoCeros yazılımının ara yüzü	18
Şekil 3.2 : Rhino Grasshoper plug-in ara yüzü.....	19
Şekil 3.3 : 3ds Max yazılımının ara yüzü	20
Şekil 3.4 : 3ds Max Script yazılımı ara yüzü.....	21
Şekil 3.5 : Revit Adaptive Component ara yüzü	21
Şekil 3.6 : Lightwave 3D ara yüzü	22
Şekil 3.7 : Cinema 4D yazılımının ara yüzü.....	23
Şekil 3.8 : CAD sistemini oluşturan elemanlar	26
Şekil 3.9 : CAD sistemlerinin sınıflandırılması.....	27
Şekil 3.10 : NURBS eğrisine bir örnek	28
Şekil 3.11 : Biçim gramerleri bileşenleri.....	29
Şekil 3.12 : Biçim gramerleri yöntemiyle yüzey tasarımı	30
Şekil 3.13 : Biçim gramerleri yöntemiyle yüzey tasarımı	30
Şekil 3.14 : Fraktal geometri tabanlı mobilya tasarımı.....	31
Şekil 3.15 : Bir saatin çalışmasını gösteren algoritmik akış diagramı	32
Şekil 3.16 : Algoritmik tasarım yöntemiyle yaratılan form.....	33
Şekil 3.17 : Parametrik tasarımın oluşum süreci.	34
Şekil 3.18 : Ivan Sutherland 1963 CAD bilgisayar arayüzü ve dijital kalem kullanarak yaptığı tasarımlar.....	35
Şekil 3.19 : Sayısal üretim makinalarının uygulama yöntemleri.....	38
Şekil 3.20 : Bilgisayar destekli üretim makinalarının sınıflandırılması	40
Şekil 3.21 : Bilgisayarlı sayısal kontrol makinalarının çalışma prensibi.....	41
Şekil 3.22 : CNC torna tezgahı eksenleri	43
Şekil 3.23 : CNC torna tezgahından genel görüntüler	44
Şekil 3.24 : CNC torna tezgahında kesilmiş sünger yüzeyler	44
Şekil 3.25 : CNC freze ana gövde kısımları	45
Şekil 3.26 : CNC freze makinasında üretilen yüzey örnekleri	46
Şekil 3.27 : Lazer kesim makinası ve kesim süreci örneği.....	47
Şekil 3.28 : Lazer kesim makinası ile iki boyutta oluşturulup üç boyutlu hale getirilmiş olan strüktür çalışması	47
Şekil 3.29 : Su jeti kesim makinasının kesim süreci	48
Şekil 3.30 : Su jeti kesim makinasında gerçekleştirilen desen çalışması	48
Şekil 3.31 : Vinil kesim uygulama örneği	49
Şekil 3.32 : Plazma yay kesim yöntemi.....	50
Şekil 3.33 : Kontur işleme yöntemiyle gerçekleştirilen üç boyutlu baskı modeli	51
Şekil 3.34 : Stereolitografi makinasının çalışma şeması	52
Şekil 3.35 : Erimiş birikimli modelleme makinasının çalışma şeması.....	52
Şekil 3.36 : Erimiş birikimli modelleme makinası ile gerçekleştirilen sehpa uygulaması	53
Şekil 3.37 : Katmanlı obje modelleme makinası çalışma şeması.....	53
Şekil 3.38 : Multijet modelleme makinası çalışma şeması.....	54
Şekil 3.39 : Yerinde sayısal üretim ve yapım teknolojileri süreci	55

Şekil 3.40 : Birkenhead kütüphanesi	57
Şekil 3.41 : Birkenhead kütüphanesi çalışma alanı	57
Şekil 3.42 : Birkenhead kütüphanesi galeri boşluğu iki boyutlu ahşap paneller	58
Şekil 3.43 : Birkenhead kütüphanesi iç cephe görüntüsü	58
Şekil 3.44 : i29 salondan bir görünüm	59
Şekil 3.45 : i29 konut projesinde lazer kesim yöntemi ile üretilen mutfak dolabı kapakları	59
Şekil 3.46 : i29 konut projesi mutfak genel görünüm.....	60
Şekil 3.47 : Freelandbuck tarafından tasarlanan Earl's Gourmet'in batı duvarındaki alp dağları soyutlaması.....	61
Şekil 3.48 : Freelandbuck tarafından tasarlanan Earl's Gourmet zanaat sarfakütlerinin zemin ve tavan planları	62
Şekil 3.49 : Freelandbuck tarafından tasarlanan Earl's Gourmet'in kesit alma yöntemiyle gerçekleştirilen tavan uygulaması	62
Şekil 3.50 : Lignum Pavilion bilgisayar modeli	63
Şekil 3.51 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion'un form diagramı.....	63
Şekil 3.52 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion'un bağlantı detayı	64
Şekil 3.53 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion'un kesitleri.....	64
Şekil 3.54 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion	65
Şekil 3.55 : Çalışma alanı modüllerinin birleşim şeması	66
Şekil 3.56 : Synthesis tasarım ve mimarlık ofisi tarafından tasarlanan çalışma alanı tasarım aşamaları	66
Şekil 3.57 : Chelsea çalışma alanı genel görünüm	67
Şekil 3.58 : Çalışma alanı üzerinde uygulanan dünya haritası diagramı	67
Şekil 3.59 : Düz bir yüzeyin parçalanması ile uygulanan tessellasyon yöntemi.	69
Şekil 3.60 : Non-Linear yüzeylerde permütasyon aracılığıyla oluşturulan tessellasyonlar	70
Şekil 3.61 : Bilgisayar ortamında tessellasyon yaratma teknikleri	71
Şekil 3.62 : EXOtique Projesi tavan yerleşimi	72
Şekil 3.63 : EXOtique projesi bir modülün tasarımı	72
Şekil 3.64 : EXOtique projesi, Rhino / Grasshopper programında modelleme süreci.....	73
Şekil 3.65 : EXOtique Projesi bilgisayar destekli kesim süreci	73
Şekil 3.66 : EXOtique Projesi CNC freze makinası ile kesim süreci	74
Şekil 3.67 : EXOtique projesi montaj süreci	74
Şekil 3.68 : Size and Matter genel görünüm.....	75
Şekil 3.69 : Size and Matter projesi montaj süreci	75
Şekil 3.70 : Size and Matter projesi genel görünüm.....	76
Şekil 3.71 : Size and Matter projesi detaylar	76
Şekil 3.72 : Size and Matter projesi genel görünüm.....	76
Şekil 3.73 : Size and Matter projesi gece görünümü	77
Şekil 3.74 : The Expandable Surface tasarım aşaması	78
Şekil 3.75 : The Expandable Surface kesim şeması	79
Şekil 3.76 : The Expandable Surface tasarım ve montaj diagramları.....	79
Şekil 3.77 : The Expandable Surface genel görünüm.....	80
Şekil 3.78 : Resonant Chamber Projesi katlama detayı ve genel görünüm	81
Şekil 3.79 : Elektronik devre kontrol sistemleri aracılığıyla deformasyon	81
Şekil 3.80 : Resonant Chamber projesi farklı katlanma şekilleri	82
Şekil 3.81 : Resonant Chamber projesi birleşim detayları.....	82

Şekil 3.82 : RVTR tarafından gerçekleştirilen akustik panel çeşitleri.....	83
Şekil 3.83 : Matter Design Studio tarafından tasarlanan La Voute de LeFevre enstalasyonu	84
Şekil 3.84 : La Voute de LeFevre detay görünümü	85
Şekil 3.85 : La Voute de LeFevre tasarım aşaması	85
Şekil 3.86 : La Voute de LeFevre açıklıkların hesaplanması süreci.....	86
Şekil 3.87 : La Voute de LeFevre CNC kesim süreci.....	86
Şekil 3.88 : La Voute de LeFevre CNC kesim süreci ve kesim uçları	87
Şekil 3.89 : La Voute de LeFevre Projesi montaj numaraları	87
Şekil 3.90 : La Voute de LeFevre Projesi montaj hazırlığı	87
Şekil 3.91 : La Voute de LeFevre Projesi montaj süreci	88
Şekil 3.92 : La Voute de LeFevre Projesinin modüllerinin birbirine bağlanması	88
Şekil 3.93 : La Voute de LeFevre Projesi genel görünüm.....	89
Şekil 3.94 : Corian Super Surface genel yerleşim şeması	90
Şekil 3.95 : Corian Super Surface genel görünüm	91
Şekil 3.96 : Corian Super Surfaces sergi bölümü	91
Şekil 3.97 : Corian levhadan parçaların kesilip şekillendirilmesi	91
Şekil 3.98 : Modüler parçaların kalıp yardımıyla şekillendirilmesi	92
Şekil 3.99 : Corian Super Surfaces Projesi giriş bölümü	92
Şekil 3.100 : Corian Super Surfaces Projesi sergi bölümü.....	93
Şekil 3.101 : Corian Super Surfaces Projesi oturma bölümü	93
Şekil 3.102 : dECOİ atölyesi tarafından gerçekleştirilen Ageis Hyposurface.....	95
Şekil 3.103 : HypoSurface – dECOİ.....	95
Şekil 3.104 : Aegis HypoSurface – dECOİ	96
Şekil 3.105 : Ageis Hyposurface ekranında oluşturulan hareketler ve yazılar.....	96
Şekil 3.106 : Taşkılla Mimarlık Fakültesi için CNC kesim modüler parçalar kullanılarak tasarlanan sergi ve satış ünitesi	98
Şekil 3.107 : Kitap sergileniş yöntemine bir örnek	98
Şekil 3.108 : Kitapların tekil konumdaki sergileniş biçimleri	99
Şekil 3.109 : Kitapların çoğul konumdaki sergileniş biçimleri	99
Şekil 3.110 : Kitapların dizilişi ile elde edilen diagram	99
Şekil 3.111 : Modüllerin CNC makinasında kesim için hazırlanmış teknik çizimleri.....	100
Şekil 3.112 : Modüllerin teknik çizimi	100
Şekil 3.113 : Sergileme ünitesinde yer alan hareketli modülün açık ve kapalı konumu.....	100
Şekil 3.114 : Sergileme ünitesinin isteğe göre şekillenen modülleri.....	101
Şekil 3.115 : Tek düzen sergileme yöntemi ancak kitaplardaki boyut farklılığından ortaya çıkan dinamik sergileniş	101
Şekil 3.116 : Kitapların farklı dizilişine imkan sunan sergileme düzeni.....	102
Şekil 3.117 : Mimari projelerin ve maketlerin sergilenmesi amacıyla kullanım şekli	102

İÇ MİMARİDE SAYISAL TASARIM VE ÜRETİM TEKNİKLERİ: SERGİLEME ELEMANI TASARIMI

ÖZET

Müzik, para, fotoğraf, edebiyat gibi hayatımızdaki birçok nesne dijital ortamlarda erişebildiğimiz araçlara dönüşmektedir. Mimarlık ve iç mimarlık disiplini de bu değişimin etkisi altına girmektedir. Artık mimari sanal ortamlar oluşturulmakta, tasarım parametreleri bilgisayarlar aracılığıyla gerçekleştirilmekte, mobilya ve aksesuar gibi ürünler bir bilgisayar datasına dönüşmektedir. Özellikle iç mimarlık disiplininde tasarlanan bir mobilya ya da strüktür internet aracılığıyla dünyanın her tarafına kolaylıkla gönderilebilmekte ve nitelikli iş gücüne ihtiyaç duyulmadan bilgisayar destekli araçlar aracılığıyla kısa bir sürede düşük maliyetle üretilmektedir.

Tıpkı moda gibi iç mimarlık disiplini de ekonomik, sosyal, teknolojik faktörlerin değişim trendlerinden etkilenerek biçimlenmektedir. Yaşanılan dönem içerisinde baskın olan değişkenler, iç mimari trendler üzerinde de net bir şekilde hissedilmektedir. İçinde bulunduğumuz dönemde geçicilik ve tüketim anlayışı en çok hissedilen kavramlar arasında yer almaktadırlar. Bu nedenle tasarım sürecinde bu kavramlar üzerine yoğunlaşarak mevcut teknolojilerle kullanıcının beklenti ve istekleri karşılanmaktadır. Günümüzde bilgi ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte iç mimarlıkta farklı tasarım teknik ve yöntemleri kullanılarak yenilikçi tasarım arayışları ortaya çıkmıştır, bununla birlikte üretim teknikleri de farklılaşmıştır. Bundan kısa bir süre öncesine kadar sadece görselleştirme ve sunum amacıyla kullanılan bilgisayar ve bilgisayar yazılımları günümüzde iç mimari formların kurgulanmasında tasarımcılar tarafından kullanılan bir araç niteliği kazanmıştır. Bilgisayar teknolojilerinin sunduğu yeni olanaklar aracılığıyla, iç mimari formların mimari kabuğun getirdiği kısıtlamalardan bağımsız olarak yeni standartlaşmamış biçimler ve anlamlar kazanmaya başladığını ön görmek mümkündür. Bu bağlamda, bilgisayar ortamında yaratılan kompleks ve çok alternatifli sanal bileşenlerin gerçek objeye dönüştürülmesi için yetersiz ve verimsiz kalan geleneksel üretim tekniklerinin yerini, çeşitli yazılım programları aracılığıyla üretim yapan bilgisayar destekli sistemler almıştır. Bilgisayar destekli üretim tekniklerinin iç mimariye adaptasyonu ile çizim ve görselleştirme aracı olarak kullanılan bilgisayar, üretim sürecinde de kullanılan bir araç haline gelmiştir. Böylece iç mimarlık disiplininde yeni formların ve tekniklerin kullanımıyla ortaya çıkan bir biçimsel dil olduğunu söylemek mümkündür. Araştırma kapsamında iç mimarlık ve sayısal üretim anlayışı arasındaki ilişki, sayısal tasarım teknikleri, sayısal üretim sürecinde kullanılan üretim araçları ve sayısal üretim stratejileri ele alınacaktır. Son olarak da bu üretim tekniklerinden biri örnek bir problem üzerinden deneyimlenecektir.

Araştırma konusunun seçilmesinin sebepleri, bilgi teknolojilerindeki gelişme, iç mimarların tasarım anlayışında, algısında ve form üretim tekniklerinde farklı bir yol

izlemelerine olanak sağlamıştır. Aynı zamanda, iç mimarlar tarafından sayısal tasarım ve üretim tekniklerinin kullanımı ile birlikte bilgisayar ortamında tasarlanan nesneler daha hızlı ve birbirinden farklı parçalar şeklinde üretilebilir hale gelmiştir. Böylece tasarım ve üretim teknikleri arasında var olan boşluk doldurulmaya başlanmıştır. Günümüzde iç mimarlar mekan kurgusunu oluştururken mimari kabuğun getirdiği kısıtlamaları göz ardı ederek, analog yöntemlerle dijital yöntemleri harmanlayarak, malzemenin sınırlarını araştırıp aynı zamanda kompleks ve etkileyici formlar yaratmanın heyecanı içerisinde. Bununla birlikte zaman ve malzeme tasarrufu sağlayıp aynı zamanda ekonomik tasarımlar ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal tasarım, bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli üretim, sayısal üretim.

DIGITAL DESIGN AND FABRICATION TECHNIQUES IN INTERIOR ARCHITECTURE: EXHIBITION DESIGN

SUMMARY

Objects like music, photograph, money and literature are transformed in a such way that we can reach these objects in the digital environment. These changes also influence the architecture and interior architecture. From now on, architecture is created by the digital environment, design parameters are made by computers, furniture and accessories are transformed into the computer data. Especially in the interior architecture, a structure or a furniture can be easily transferred to the anywhere of the world easily by using internet infrastructure and these can be produced in a short time period by using computer aided drawing tools with low cost effort.

Interior architecture is affected by economical, social and technological trends like fashion. Dominant variables in the life period clearly affect the interior architecture. Temporality and consumption behavior are the most important aspects in these periods. That's why; the design is focused on these aspects to satisfy the customer needs and expectations by using technological tools. With the help of increasing information and computer technologies, innovative design is generated in the interior architecture by using different design techniques and methods. Apart of this, manufacturing techniques are differentiated. Computers and design software are just used to create some visuals and presentations until a short time ago. But now, computers and softwares are fundamental tools to create interior architectural forms. By means of computer technologies, it will be possible to predict that interior architecture will gain new meanings and forms beyond the basic architecture standards. In this manner, computer aided manufacturing techniques are replaced instead of the traditional and inefficient manufacturing techniques due to the high complexity of the virtual objects. With the adaptation of computer aided manufacturing techniques into the interior architecture, computer has been a tool not only for drawing and visualization but also for manufacturing processes. Therefore, it's possible to say that, new structural language is born by using different techniques and forms. In this research; the relationship between interior architecture and digital manufacturing, computational design techniques, digital fabrication tools and digital fabrication strategies during the digital manufacturing are held. Finally, one of these digital fabrication techniques will be experienced by using a real problem.

The reasons why this research is selected are such as improvements in the information technologies helped to the interior architects in order to differentiate the design aspect, and form production techniques. At the same time; the objects, are designed in the computer aided design environment, can be produced fast and modular way with the help of using computational design and computer aided manufacturing techniques. So, the gap between design and manufacturing techniques is closed. At the present day, while interior architects are creating location construct, they get excited to create impressive and complex form by collating analog and digital methods and researching the bound of material putting of restraining of architecture. Notwithstanding, more economical solutions and designs can be represented by reducing time and material usage.

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşadığımız bilgi devrimi ya da William J. Mitchell'in deyimiyle "ikinci endüstri devrimi" ekonomik, sosyal ve kültürel yaşamın yeniden şekillendirilmesine yol açmaktadır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından sonra mekanikten elektronik medyaya doğru bir kayma gerçekleşmiştir. Mimarlık tarihi boyunca mimaride, iç mimaride insanların ihtiyaçları ve dönemin teknolojileri baz alınarak mimari formlar yaratılmaktadır. Tarihsel olarak bakıldığında her dönemde farklı değişkenlerin tasarım sürecinde etkin olduğu dikkat çekmektedir. Günümüzde sürekli gelişen ve değişen bilgisayar donanımları ve yazılımları beraberinde iç mimari tasarım sürecine ve üretimine sayısız olanakları, yenilikleri ve değişimleri getirmektedir. Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli üretim (CAM) ve sayısal üretim mimaride birer tasarım ve üretim aracı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu araç ve yöntemlerin yaygınlaşması ile daha önceden üretilmesi mümkün olmayan sadece tasarımcının hayal gücüyle sınırlı olan karmaşık ve kompleks formların tasarlanması ve üretilmesi olanaklı hale gelmiştir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler birçok alanda etkisini göstermektedir. Uçak, gemi, otomotiv gibi alanlarda uzun yıllardır kullanılan teknik ve yöntemlerin başarılı sonuçlar doğurması, son dönemlerde mimari ve iç mimaride de bu tekniklere ilgiyi arttırmıştır. Bu tekniklerin mimaride kullanımı 1990'lı yılların başlarına denk gelmekte ve mimaride yeni arayışlarının temellerinin atılmasına olanak sağlamaktadır.

Bilgisayar ortamında hazırlanan tasarımlar, sayısal üretim yöntemleriyle daha kolay ve seri olarak üretilmektedir. Dijital ortamda hazırlanan ve dijital üretim araçlarıyla oluşturulan tasarıma "hesaplamalı tasarım" denmektedir. Hesaplamalı tasarım, isminden de anlaşılacağı gibi geometri ve matematiksel işlemler döngüsüyle oluşturulan tasarıma verilen addır. Hesaplamalı tasarım sürecinde seçilen bir türetme metodu ile tasarımcı uygun biçimi türetilen bir dizi olasılığın içinden seçebilmektedir. Eğrilerden meydana gelen bu karmaşık geometriler, geleneksel yöntemlerle tasarlanan öklid geometrileriyle aynı hız, maliyet ve kolaylıkta

üretilebilmektedir. Sayısal tasarım teknikleri, kavramsal, biçimsel ve tektonik keşifler için bilinmedik alanlar açarak yeni bir morfoloji yaratırlar. Bu anlamda vurgunun, biçim üretmekten çok biçim bulmak üzerine kaydığı söylenebilir (Köksal, 2005).

Bilgisayar yazılımlarının mimarlık ve içmimarlık disiplinine entegrasyonu ile birlikte, alışmış olduğumuz formların dışında yeni formlarla yaratılmış mekanları deneyimleme olanağını elde etmekteyiz. Bu teknikler, iç mimaride mimari kabuğun yarattığı olumsuz etkenlerin ortadan kaldırılabilmesi için estetik ve fonksiyonel çözümler yaratma imkanı sunmaktadır. Bunun yanı sıra gözle görülmesi istenmeyen iç mimari donatıların gizlenebilmesi için mimari kabuk içerisinde ikinci bir kabuk oluşumuna olanak tanımaktadır. Bunlara ek olarak, strüktürel yüzeyler mevcut bir mimari kabuğun olmadığı alanlarda mekan yaratma imkanı sağlamaktadırlar.

1.1 Tezin Amacı

Tezin amacı, 21. yüzyılda bilgi ve bilgisayar teknolojileri alanında meydana gelen değişimlerin, iç mimarlık disiplinine entegrasyonunun ve iç mimaride gözlemlenen dönüşüm ve değişimlerin ortaya çıkmasındaki etkilerinin incelenmesidir. Değişime yön verici ve etkileyici faktörler olarak teknolojik gelişmeler, malzemelerin potansiyellerinin keşfedilmesi, yapım teknolojilerinin gelişmesi, enformasyon teknolojisi ve bilgisayar destekli tasarım yazılımları ve sayısal üretim araçları sıralanabilir. Bu bağlamda bilgisayar destekli tasarım yöntemleri, sayısal üretim teknikleri ve bu tekniklerin iç mimaride tasarım sürecine etkileri incelenecektir. Sayısal tasarım yöntemleriyle birlikte matematiksel işlemlere dayanan yeni tasarım süreçleri ortaya çıkmıştır. Bu süreç beraberinde üretim tekniklerinde de değişimlere yol açarak iki sürecin bir arada yürütülmesini gerekli kılmıştır. Bunun yanı sıra yeni tasarım ve üretim süreçlerinin iç mimarlık pratiğine entegrasyonu ile birlikte tasarımcı yeni tasarım yöntemlerine sahip olurken bir yandan da bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Yapılan incelemeler ve kişisel deneyimler çerçevesinde bu konuda da tespitler yapılacaktır. Tez çerçevesinde tasarım başlangıcından üretimin sonuna kadar tüm aşamalar düzenli olarak ifade edilerek tasarımcıların sayısal tasarım ve üretim süreci içerisinde yaşadıkları belirsizlikler giderilmeye çalışılacaktır.

1.2 Tezin Kapsamı

Tez kapsamında geleceğin mimarisini ve iç mekanlarını büyük oranda etkileyecek bir yaklaşım olan “kitlesel bireyselleştirme paradigması” ile birlikte, tasarımcıların sayısal tasarım ve üretim teknolojilerini tasarım sürecinde kullanımları ve bu süreçteki rollerinde meydana gelen değişimlerle birlikte ortaya çıkan son ürün üzerinde yarattıkları değişimler incelenecektir. Endüstri devrimin ortaya çıkardığı seri üretim tasarım anlayışının, bilişim kaynaklı üretim sayesinde yeni ve esnek tasarımlara dönüşmesi süreci ele alınacaktır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim yöntemlerinin iç mimaride tasarım sürecine entegre edilmesi ile birlikte değişen tasarım ve üretim süreci incelenecektir. Bu değişimleri ortaya koyabilmek için tasarımcılar tarafından bilgisayar destekli araçlarla gerçekleştirilen projeler üzerinden incelemeler yapılacaktır. Yapılan incelemeler sonucunda, örnek bir problem tanımlanarak tekniklerden biri deneyimlenerek, karşılaşılan problem irdelenecektir.

Tezin birinci bölümünde çalışmanın amacı, kapsamı ve çalışmada izlenen yöntem ifade edilmiştir.

İkinci bölümde bilgisayar destekli tasarım ve üretim anlayışının tarihsel gelişimi, iç mimari ve teknoloji arasındaki ilişki, iç mimari formlarda yaşanan değişimler incelenecektir. Bunun yanı sıra tasarım, üretim ve malzeme teknolojilerinde son dönemlerde yaşanan değişimler irdelenecek ve bilgi çağı ile birlikte ortaya çıkan kitlesel bireyselleştirme kavramının iç mimari yüzeylerin tasarım ve üretimine etkileri de bu bölüm altında yer alacaktır.

Üçüncü bölümde tasarım sürecinde kullanılan 3ds Max, Revit, Rhinoceros gibi yazılım programları ve bu programların sunduğu olanaklar sayesinde ortaya çıkan matematiksel tabanlı tasarım yaklaşımları ele alınacaktır. Bilgisayar ortamında tasarlanan standartlaşmamış elemanları üretmek amacıyla kullanılan bilgisayar destekli üretim araçları ve bu araçlarla birlikte kullanılan üretim teknikleri de bu bölüm altında yer alacaktır. Her teknik tasarımcılar tarafından uygulanmış olan iç mimari projeler üzerinden açıklanmaya çalışılacaktır. Bu bölümde bilgisayarların, sadece tasarım datasını oluşturmada kullanılmadığının aynı zamanda üretim datasını da sağlayan birer araç olduklarını ifade eden görüşler ortaya konulacaktır. Bu bölümde ifade edilen teknikler bilgisayar ortamında yaratılan karmaşık ve Öklid dışı geometrilerin fiziksel nesneye dönüştürülmesine olanak sağlamaktadırlar.

Sonuç bölümünde ise bu tekniklerden biri kullanılarak gerçekleştirilmiş deneySEL bir çalışmaya yer verilecek ve tekniklerin sağladığı farklı tasarım yaklaşımları ve biçim zenginliği ortaya konulmaya çalışılacaktır. Bu tekniklerin i mimarideki yeri ve geleceğin mekanları üzerindeki etkilerinin neler olabileceği üzerinde öngörülerde bulunulacaktır.

1.3 Tezin Yöntemi

Tezin yöntemi, gelişen teknoloji ile tasarım sürecinde meydana gelen değişikliklerin üretime de yansıması ile birlikte biçim yaratma yöntemlerinde meydana gelen değişmeler hakkında gerekli literatür incelemeleri yapılarak, sayısal teknolojileri kullanarak tasarlayan ve üreten tasarımcıların faydalandıkları yöntem ve araçları inceleyerek tasarımcı ve ürünün nasıl değiştiği ve nasıl bir gelişim izleyebileceği konusunda öngörüde bulunmak esas alınmıştır.

Araştırmanın alt yapısını, son 20 yıl içerisinde iç mimari yüzeylerde gözlemlenen değişimlerin araştırılması, son dönemlerde kullanılan bilgisayar destekli yazılım programlarının ve bilgisayar destekli üretim araçlarının tanımlanması ve seçilen örneklerin tasarım ve yapım aşamalarının incelenmesi ve değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Bu tekniklerin kullanım sürecini daha yakından anlayıp özümseyebilmek için, sayısal tasarım ve üretim teknikleri kullanılarak özömlenen bir tasarım problemi üzerinden bu tekniklerin sağladığı olanaklar ifade edilecek ve karşılaşılan problemler irdelenecektir.

2. İÇ MİMARİ BİLEŞENLERİN TASARIMINDA TEKNOLOJİNİN YERİ

2.1 Sayısal Tasarım ve Üretim Anlayışının Gelişimi

Bilgi çağı olarak adlandırılan içinde bulunduğumuz zaman diliminde, bilgisayarlar hayatımızın vazgeçilmezleri arasındaki yerini almış bulunmaktadır. Her geçen gün günlük gereksinimlerimizi karşılamak adına bilgisayarları kullanır hale geldik. Günlük hayatımızda bu denli geniş bir yere sahip olan bilgisayarlar, birçok disiplinde farklı amaçlar için kullanılan araçlar olarak kabul görmektedirler. Bilgisayar teknolojileri 1960'lardan önce gelişmeye başlamış olmasına rağmen, mimarlık alanına adapte edilmesi oldukça geç bir tarihte gerçekleşmiştir. 1990'lı yılların son döneminde özellikle mimaride amorf yapıların tasarlanıp üretilmesinde kullanılan teknikler, 2000'li yıllarda iç mimarlık disiplininde yaygınlaşmıştır. Bu teknikler, mimarların yeni biçimler ortaya çıkarmasını sağlamanın yanı sıra mimari formların ve yaklaşımların yeniden düşünülüp, tanımlanmasını gerektirerek geleceğin yapılarının oluşmasına zemin hazırlamaktadırlar. Bilgisayarların tasarım sürecine dahil olması ile birlikte, çok yeni ve belki de kimi tasarımcılara çok uzak bir alan ortaya çıkmıştır. Bir tasarımcının günlerini alacak olan sayısız tasarım alternatifi, bilgisayar ortamında çok kısa bir sürede tasarlanabilmekte ve dosyadan fabrikaya (file to factory) yöntemiyle direkt olarak düşük maliyetlerde üretilebilmektedir. Bilgisayar yazılımları sayesinde çok basit olan geometriler, algoritmik, parametrik, vb. kurallar aracılığıyla kompleks formlara dönüştürülebilmektedir.

Tarihsel süreç olarak bakıldığında, endüstri devriminin mimaride formlar ve formların üretim süreçlerinde yarattığı etkinin benzeri, bugün de bilgisayar teknolojisinin kullanımıyla ortaya çıkmaktadır. Sayısal teknolojiler, günümüzün mimarisinde, mekanlarında, mobilyalarında dönüşümlere yol açmaktadır. Günümüzde mimari düşünce ve yaratıcılığın değişimiyle birlikte organik, inorganik, yenilikçi formlar ortaya çıkmaktadır (Zellner, 1999).

Bu teknolojilerin mimaride kullanımı bilgi çağının sağladığı disiplinler arası iletişim sayesinde gerçekleşmiştir. İlk olarak uçak, gemi ve otomotiv sanayisinde kullanılan

CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım-bilgisayar destekli üretim) teknolojileri, günümüz mimari formlarının şekillenmesi üzerinde büyük etkilere sahiptir. CAD/CAM teknolojileri görselleştirmeden üretime kadar pek çok amaç için kullanılmaktadır. Chaszar'ın (2006) belirttiğine göre, mimarlık ve diğer disiplinlerde CAD/CAM teknolojilerinin kullanım amacı herhangi bir sıralamaya bağlı olmaksızın 5 grupta sınıflandırılabilir.

1. Görselleştirme: Tasarımın grafiksel olarak gerçekçi modelinin hazırlanması
2. Hesaplama: Yüksek hızda ve büyük bir doğrulukla sayısal verileri hesaplama becerisi
3. Geometrik Manipülasyon: Kompleks geometrileri yaratma, ölçme, üzerinde değişiklik yapma, bunları düzenleme becerisi
4. Standardizasyon: Yinelenen durumları hatasız bir şekilde tekrarlama yeteneği.
5. Rasyonalizasyon: Kararları açık ve belirgin bir şekilde yapabilme/üretebilme yeteneği özellikle tasarım kararlarını.

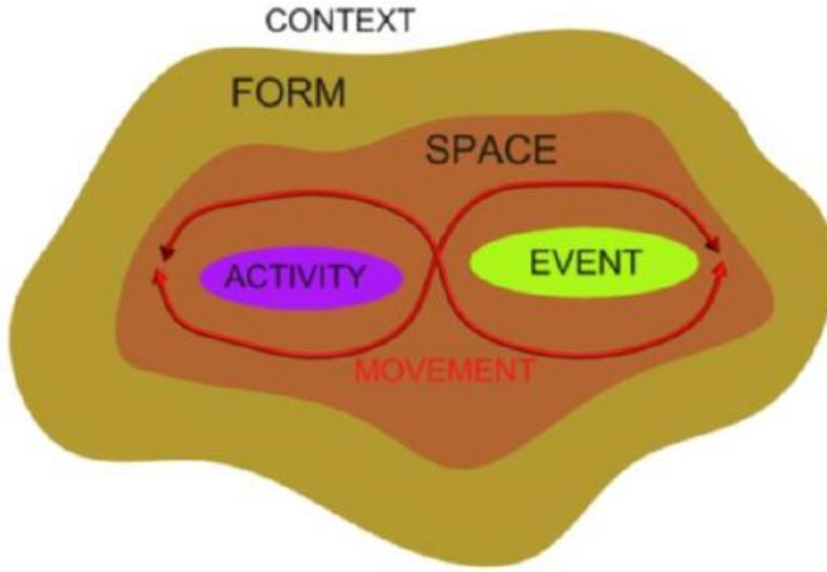
Bilgisayar destekli tasarım (CAD) teknolojilerinin, daha dinamik, çok alternatifli, hata payı düşük olması nedeniyle geleneksel tasarım yöntemlerinin yerini almaktadırlar. Böylece tasarımcı zengin bir anlatım dili ile tasarımlarını görselleştirebilmekte ve bunun yanı sıra bilgisayar destekli üretim araçları (CAM) ile de yeni üretim tekniklerini kompleks ve yenilikçi formlar üretmek için kullanmaktadır. Böylece bu araçların sınırlarını keşfetme yolunda adımlar atılabilmektedir.

Bilgisayarların mimari süreç içerisinde bu derece etkin kullanılması matematik ve mimari ilişkisini de yeniden yorumlamamızı gerektirmektedir. Matematik, geometri, hesaplama yöntemlerinin karşılıklı etkileşimi mimari tasarım ve üretim sürecini değiştirmiştir. Hesaplamalı yöntemlerden biri olan parametrik tasarımı ele alacak olursak, ilişkisel geometri, algoritmik işlemler, script gibi temellere dayanan yöntem sadece kompleks formlar yaratmak için değil tasarımın çeşitli aşamaları arasında bağlantılar da yaratmaktadır. Matematiksel olarak tanımlanan parametrik bağlantılı tasarım stratejileri yüksek doğruluk ve hassasiyet ile çeşitlilik ve varyasyon üretmeye olanak sağlar (Sarıdal, 2007).

CAD/CAM teknolojilerinin birbirleriyle etkileşimli olarak tasarım sürecine dahil edilmesi ile birlikte, tasarımcılar CAD teknikleriyle nelerin tasarlanacağı üzerine çalışmak yerine CAM teknolojileriyle nelerin üretilebileceği üzerine yoğunlaşmaya başlamışlardır. Böylelikle CAD tekniklerini kullanarak CAM stratejilerini tasarım sürecine entegre etmişler ve üretim sürecinde aktif rol oynamaya başlamışlardır.

2.2 İç Mimari Formların Teknolojiye Bağlı Değişimi

Mimari ve iç mimaride form, kütle ve mekanı belirleyen bileşenlerin tasarımcının bakış açısıyla bir araya getirilmesini ifade eder. (Bacon, 1974). Kısaca mimari form insan faaliyetlerinin ve etkinliklerinin gerçekleştiği mekanlar olarak tanımlanabilir. Mimari ve iç mimaride formların ortaya çıkışını belirleyen birçok faktör söz konusudur. Bu faktörler kültür, mimari tasarım yaklaşımı, mimari akımlar, stiller, yaşanan teknolojik gelişmeler vb. gibi sıralanabilir. İnsanların barınma ve mekanı kişiselleştirme, özgünleştirme gibi ihtiyaçlarından dolayı farklı şekillerde mimari ve iç mimari formlar ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.1). Geçmişten günümüze dek yapılan incelemeler sonucunda zaman zaman bir döneme ait olduğunu hissettiren yapılarla, zaman zaman kimliği ya da ait olduğu zaman dilimi belirsiz olan yapılarla karşılaşmak mümkündür. Mimari yapıların yaşam süreci ele alındığında bu karşılaştırmaları yapmak iç mimari karşılaştırmalara göre daha kolay gerçekleşmektedir. Genel olarak bakıldığında iç mimari formlarda geçicilik kavramı ön plana çıkmaktadır. Geçicilik kavramı da beraberinde yenilikçilik kavramını getirmektedir. İçinde bulunulan zaman diliminin imkanları kullanılarak, mevcut stiller, teknolojiler aracılığıyla mekanların yaratılması gerekliliği, tasarımcıların iç mimari form arayış süreçlerini etkilemektedir.



Şekil 2.1 : Mimari bağlamda formun ifadesi (Hadia, 2007)

Teknolojide yaşanan gelişmelerle birlikte giderek karmaşıklaşan yapılar, formlar dikkat çekmektedir. Uzun yıllardır kesinliği tartışılmayan “Öklid geometrisi” bilgisayar yazılımlarının hemen hemen hepsinde kullanılan Öklid olmayan geometrilerin temelini oluşturur. Öklid geometrisi beş ana kuraldan oluşmaktadır. İlk dört kural mutlak geometrinin kurallarını oluşturmaktadır. Beşinci kural ise pek çok matematikçi tarafından çürütülmeye çalışılmış olan “paralellik” kuralıdır. Bu kurala göre, eğer iki çizgi birbirine paralel ise (kesişmiyorsa), iki paralel doğrudan birini dik kesen çizgi diğer doğruyu da dik keser. Öklid olmayan geometrilerin ortaya çıkmasında beşinci kural etkili olmuştur. 1868’de Eugeni Beltrami Essay on an Interpretation of Non-Euclidean Geometry adlı yazısında eğrisel çizgilerin düz gibi görülebileceğini ve küresel geometrilerde bu kuralın geçerli olmadığını ileri sürmüştür. Doksan derece köşeli formlar yerini eğrisel ve karmaşık formlara bırakmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi, mimari yazılım programlarının ortaya çıkışı form arayışlarını daha da hızlandırmıştır. Günümüzde bilgisayarlar sadece bir araç olarak hayatımızda yer almamaktadır. Bizim yerimize düşünen, hesaplayan hatta tasarlayan, bizim bir uzantımız haline gelen sistemler olarak nitelendirilmektedirler. Endüstri devrimi ile birlikte makinalar ve makinalaşma büyük bir güç haline gelmişken, günümüzün makinaları arasında bilgisayar belki de ilk sırada yer almaktadır.

Mekan tasarım sürecinde tasarımcı birçok disiplinle etkileşimli halde çalışmaktadır. Mimari kabuk iç mimara bir oyun alanı yaratırken tasarımcı kimi zaman bu oyunu mimarın kurallarına göre oynarken kimi zaman da kendi kurallarını yaratmayı tercih etmektedir. Yeni geliştirilen teknikler sayesinde iç mimarlar daha özgür ve yenilikçi mekanlar kurgulayabilmektedirler. İç mimar, yeni oyunun kurallarını belirlerken başta matematik ve geometri bilimi olmak üzere biyoloji kimya gibi birçok alandan veriler elde etmektedir.

Bilgi Çağı ile birlikte CAD/CAM teknolojilerinin ortaya çıkması sayesinde, bilgisayar ortamında tasarlanan formlar mekanlar, dosyadan fabrikaya (file to factory) prensibiyle üretilabilmektedir. Bu teknikler matematiksel ve geometrik verilerin kullanımı ile çalışan sayısal üretim makinalarının kullanımı ile gerçekleştirilmektedirler. Bu tekniklerin ve araçların tasarım sürecine entegre edilmesi ile birlikte tasarımcılar üretim sürecinin kontrolünü de ellerinde tutabilmektedirler.

2.2.1 Sayısal Tasarım Teknolojileri

Yaşadığımız bu dönemde enformasyon devrimi gerçekleşmekte ve sayısal teknolojiler hayatımızı, mimari düşüncüyü, mimari yaratıcılığı hızla değiştirmektedir. Günümüzde bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli çizim, sayısal tasarım gibi teknolojik içerikleri olan terimler mimaride yaygın olarak kullanılmaktadır. CAD (Computer Aided Design) ya da CADD (Computer Aided Design and Drafting) olarak tasarım sürecine dahil olan bilgisayar teknolojileri mimaride yeni keşiflere yol açmıştır. Bu araçların kullanımı ile elin yerini fare, kağıdın yerini bilgisayar ekranı, cetvel, pergel gibi çizim araçların yerini ise komutlar almıştır. Ancak ilerleyen zaman içerisinde sadece çizim aracı olmaktan çıkan bilgisayarlar tasarımcının beynini, yaratıcılığını taklit eden araçlara dönüşmüşlerdir. Mitchell and McCullough'a (1995) göre, sayısal teknolojinin yardımıyla tasarım, analiz ve inşaa işlemlerinin birbirleriyle bütünleşmesi, tasarımcının henüz çizim yapma sürecinin başındayken tasarım ile üretim arasında oluşan kopukluğun yok edilmesini sağlamaktadır.

Son yirmi yılda yaşanan gelişmeler incelendiğinde tasarım, görselleştirme ve üretim sürecinde CAD teknolojilerinin kullanımı ile şu kolaylıklar sağlanmıştır;

- Tasarım bileşenlerinin tekrar kullanımı / yedeklenmesi
- Kolay tasarım değişikliği
- Standart bileşenlerin otomatik olarak çoğaltılması
- Fiziksel nesneye dönüştürmeden tasarımın simülasyonunun gerçekleştirilmesi
- Parçaların birbirlerine montajının otomatik olarak hesaplanması
- Direkt üretime (dosyadan fabrikaya) olanak sağlaması gibi etkenler sıralanabilir. (Hadia,2007).

Bu maddeler bağlamında ele alındığında mimarlar bilgisayarları verimliliği arttırmak ve sofistike sunumlar yapmak için birer araç olarak kullanmaktadırlar. Ancak zamanla bilgisayar yazılımları alanında yaşanan gelişmelerle birlikte bilgisayarların tasarım sürecindeki rolü araç olmaktan çıkıp üretken bir makinaya dönüşmüştür. Böylece tasarımcı bilgisayar aracılığıyla beklenmedik formlar ve yeni tasarım fikirleri üretebilmektedir. Bilgisayar destekli tasarım, geniş bir yelpazede tasarım alternatifleri sunarak tasarımcının vizyonunu genişletir ve mimari dilini geliştirir. Böylece, bilgisayar tasarımcının sadece tasarım sürecini yönetmek ve değiştirmek için kullandığı bir araç olarak değil, tasarımcı ile birlikte hareket eden bir tasarım ortağı olarak kabul görmektedir.

2.2.2 Sayısal Üretim Teknolojileri

Bilgisayar teknolojilerinin mimarlık disipline entegrasyonu ile birlikte mimari ve iç mimari formlarda radikal değişimler yaşanmıştır. Bu sürecin ilk aşamalarında bilgisayar sadece görselleştirme ve hız kazanma amacıyla kullanırken, zamanla tasarım ve üretim amacıyla kullanılır hale gelmiştir. Böylece bilgisayarlar tasarım sürecinde yaratılan datayı veri olarak kullanarak mimaride yeni üretim tekniklerinin temellerini atmıştır. Bilgisayarda üretilen projeler, üretimi gerçekleştirecek olan makinaya transfer edilerek, kısa sürede fiziksel nesneye dönüştürülmektedir.

“Karmaşık formlara olan ilgi artması ve bu formları yaratma tekniklerinin etkin olarak kullanılmaya başlanması ile mimari ve iç mimari daha dijital bir hal almıştır” (Norman & Tilder, 2003). Son dönemlerde, bilgisayar ortamında yaratılan kompleks

formlarla birlikte tasarımcı bu formların gerçeğe dönüştürülebilmesi için üretim sürecine daha yakından dahil olma ihtiyacı hissetmektedir. Kolarevic'in (2003) de dediği gibi sayısal üretim makinalarının sınırlarını bilerek bu sınırlar çerçevesinde tasarlanan tasarımlar yeni bir mimari morfolojiyi ortaya çıkarmaktadır. Hesaplamalı tasarım yöntemleriyle oluşturulan üç boyutlu formlar, bilgisayar ortamında test edilip bilgisayar destekli üretim araçları aracılığıyla üretilebilmektedir. Özet olarak, bilgi çağı ile birlikte deneyimlenen teknikler çizim ve üretim arasında bir bağ kurarak çizilen formların direkt olarak dosyadan üretilmesini mümkün kılmaktadır. Günümüzde tasarımcılar biçimsel kaygılar taşımak yerine yeni tekniklerin ve malzemelerin sınırlarını keşfetmek üzerine çalışmalar gerçekleştirmektedirler.

Mimarlık disiplininde bilgisayar teknolojilerinin egemenliği hızla artarken sınırların ötesine geçmek ve karmaşıklığı deneyimlemek mimari tasarım süreçleri için hayati bir nokta haline gelmiştir. Le Corbusier'in de beyan ettiği gibi "Mimari hemen hemen her dönem yapı endüstrisi ile bağlantılı olmuştur" günümüzde de bilişim teknolojilerinin etkisi altında tasarım ve üretim süreçlerinin sentezi dijital çağda mimari yaratıcılığın özü haline gelmiştir (Sarıdal, 2007). Böylece dijital çağda bilgisayar teknolojileri ile çalışmak tasarım süreçleri için yeni olanaklar sunarken mühendislik sınırlarını zorlayan ve sayısal üretimi teşvik eden yöntemleri beraberinde getirmektedir.

Mitchell'in ifadesine göre tarihte mimarlar neyi çizebiliyorsa onu inşa etmişlerdir, ya da neyi inşa edebiliyorsa onu çizmişlerdir. Günümüzde, tasarım ve üretim arasındaki bu karşılıklı ilişki dijital teknolojilerin etkisi altında çeşitli şekillerde devam etmektedir. Böylece mimarlar bilgisayar yazılımlarının sunduğu hesaplamalı yöntemlerle biçimlerini yaratmakta ve bilgisayar destekli üretim araçlarının sınırları çerçevesinde bu biçimlerin üretimini gerçekleştirmektedirler. Bu yeni form üretim mantığı, mimarinin zaten tükenmiş formları üzerindeki azalmış ilginin, daha da azalmasına engel olup hatta teknik ve materyalist süreçlerin seri üretimi ve seri kişiselleştirilmesi ile bu ilgiyi tekrar kazandırmaya başlıyor (Mennan, 2003).

2.2.3 Malzeme Teknolojileri

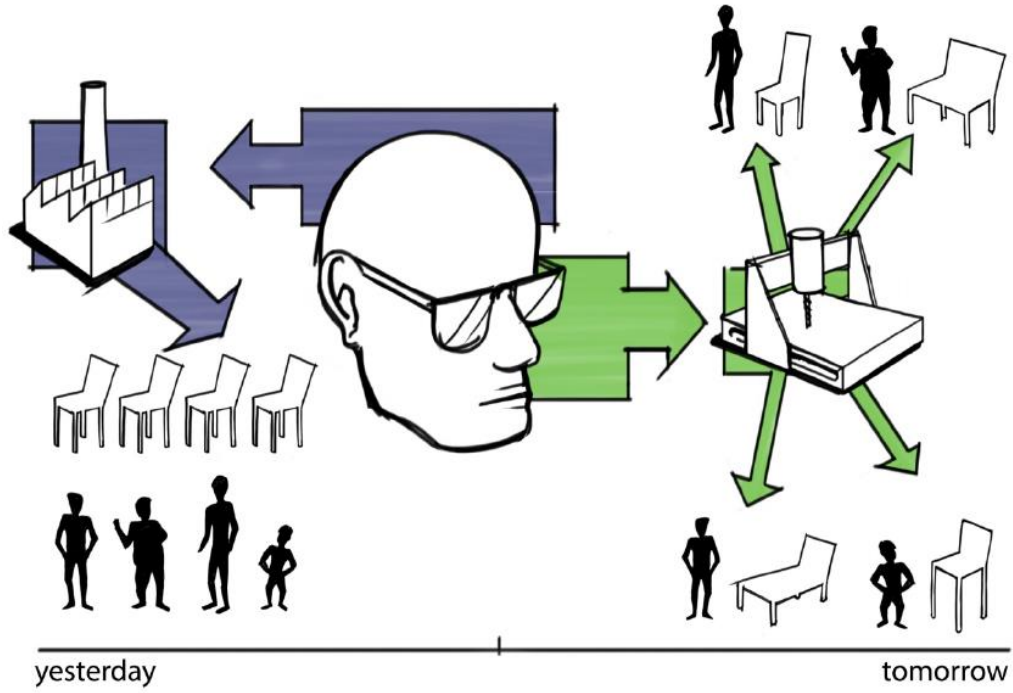
Bilgi ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte sayısal tasarım ve üretim tekniklerinin ortaya çıkması karmaşık formların hayatımıza girmesine olanak sağlamıştır. Ancak bununla birlikte yeni malzemelerin keşfedilmesi ve bu

malzemelerin iç mimari formların arayışına dahil edilmesi ya da mevcut malzemelerin sınırlarının zorlanması malzeme dünyasında yeni kapıların açılmasına olanak sağlamıştır. Sayısal tasarımların oluşturulmasında kullanılan malzemeler, benzeri görülmemiş incelikte, dinamik özellikleri olan, işlevsel olarak değişime uyabilen ve çok çeşitli efektler veren yüzeyler sunmaktadır. Yeni malzemelere olan ilgiyi arttıran sadece incelikleri değildir aynı zamanda malzemenin kendi strüktürünü oluşturabilmesidir. Günümüzde fiberglas, polimer ve köpük gibi malzemeler hafif, yüksek direnç gücüne sahip ve çeşitli biçimlere çok kolay dönüşebildiğinden dolayı sayısal üretim sürecinde tercih edilmektedirler (Köksal, 2005). Üretilen yeni malzemelerin esnek olması, mukavemetinin yüksek olması, tasarımcılara yeni imkanlar sunmaktadır.

Yeni malzemelerin kullanımının yanı sıra geleneksel malzemeler de sayısal yöntemler çerçevesinde yeniden yorumlanmaktadır. Geleneksel malzemelerin yeni bakışla yorumlanıp kullanılması 20. yy. itibariyle yaygınlaşmıştır. Tuğla, ahşap gibi malzemeler bilgisayar destekli tasarım ve üretim yöntemleri çerçevesinde yeni bir bakış açısıyla tasarım sürecinde kabul görmektedirler.

2.2.4 İç Mimaride Kitlesele Bireyselleştirme Kavramı

Modernizmin ve sanayi devriminin yarattığı standart elemanların düşük maliyetli üretim anlayışı, mimaride yüzeylerin şekillenmesi süreci üzerinde de etkilerini hissettirmiştir. 1970’lerden bu yana kapitalizm, üretimin merkezsizleşmesi ve ulusötesileşmesiyle tanımlanan yeni bir döneme girmiştir. Böylece üretim ve tüketim sistemleri dönüştürülmüştür. Standart malların seri üretimi yerini “kitlesele bireyselleştirme” olarak bilinen yeni bir üretim biçimine bırakmıştır (Şekil 2.2). Ürünlerin, mikro pazarların ve bireysel müşterilerin gereksinimlerine göre kitlesele ölçekçe değiştirilebildiği yeni çalışma ve makine sistemleri ortaya çıkmıştır. Hacimden çok yenilik gereksiniminin harekete geçirdiği bu yeni üretim biçimi, ürünün yapılışı ile algılanışı arasında bir bağlantı kurmaktadır. Kapitalizm artık sadece türdeşleştirme gücüne sahip değildir, farklılık ve yenilik üretimine de katkıda bulunmaktadır (Moussavi, 2011).



Şekil 2.2 : Geçmişten günümüze değişen üretim anlayışı (Rischau, 2011)

Kitlesel benzersiz üretim 21. yüzyıl ekonomisi için Joseph Pine tarafından bulunan postfordist üretim modellerinden biridir. Bu üretim tekniğinde amaç çeşitliliği arttırmak ve maliyet artışlarını önlemektir. Kitlesel bireyselleştirme kavramı, otomobil, giyim, mimari gibi birçok alanda etkisini hissettiren bir kavram haline gelmiştir. Otomobil endüstrisinde, müşteriye sunulacak seçenekleri çoğaltmak için araba tasarımına farklı duylara seslenen birçok özellik kazandırılmaktadır. Araçların görünümleri, müşterinin isteğine göre eklenecek aksesuar ya da iç ve dış renklerle farklı çeşitte üretilmektedir. Bu çeşitlemeler arabanın performansını teknik olarak değiştirmese de algılanışını ve sürüş keyfini farklılaştırmaktadır. Mimaride de kullanıcı gereksinimlerine göre şekillenen ve birbirinin benzeri olmayan modüllerden oluşan yüzeyler üzerinde yapılan çalışmalar yaygınlaşmaya başlamıştır. Farklı türde öğelerin birleştirilmesiyle elde edilen yenilikçi biçimler hayatımızın her yönüne öylesine nüfuz etmiştir ki insanlar ile şeyler (özne ile nesne), teknoloji ile duyumsama, üretim ile algılama vs. arasındaki geleneksel karşıtlıklar artık geçerli değildir.

Günümüzde mimari yüzeyler çeşitli parametrelerin kullanımı ile birbirinden farklı seri şekillerden, karmaşık geometrilerden meydana gelmektedir. Bu yeni yaklaşım ve üretim araçları ve teknikleri ile kendine haslık, farklılık, benzersizlik gibi kavramları

içinde barındıran tasarımlar, standart, tekrarlılık gibi kavramları içeren tasarımlarla aynı süre içerisinde ve aynı maliyetlerde retilenmektedir.

3. İÇ MİMARLIK DİSİPLİNİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM VE ÜRETİM TEKNİKLERİ

3.1 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Tasarım Yaklaşımı

Bilgisayarlar, teknolojiye yaşanan gelişmelerle ve fiyatlarının düşmesi sonucunda bir çok alanda farklı amaçlar için yaygın olarak kullanılır hale gelmişlerdir. Günümüzde çok sayıda bilgisayar destekli (CAD) yazılım ve diğer yazılımlar gibi farklı bileşenler mimarlar tarafından tasarım sürecine entegre edilmektedir. 1990'lı yılların başında çok az sayıda mimar tarafından sadece geleneksel anlamda tasarladıkları ürünleri sunmak amacıyla kullanılan bilgisayarlar, günümüzde tasarıma yardımcı araçlar olarak mimarlar arasında kabul görmektedir. El eskizleri, maketler gibi geleneksel tasarım süreçleri yavaş yavaş yerini bilgisayar ortamında tasarlanan görsellere, bilgisayar destekli araçlarla üretilen modellere bırakmaktadır. Dijital yazılımlar sayesinde soyut ve dinamik malzemeler bilgisayar ortamında tam olarak ölçülüp görselleştirilebiliyor ve yapılı biçim üretiminde kullanılan somut malzemelerle birleştirilebiliyor. Bu da tasarımın çok sayıda hedefe ve hibrit konulara yönelmesine olanak veriyor. Böylece bu teknikler, mimarlara tasarım sürecinde zaman ve kolaylık sağlamanın yanında Öklid-dışı geometrik formlar tasarlamalarına ve üretmelerine olanak tanımaktadır.

Bilgisayar yazılımlarının ve teknolojilerinin olanaklarını tartışmadan önce günümüze kadar karşılaşılan tarihsel ve toplumsal olayların bu sürecin gelişimindeki etkilerini irdelemek faydalı olacaktır. Antoine Picon'a göre teknoloji günümüzde yaşadığımız mimari dönüşümlerin nadiren tek başına açıklamasıdır. Bu yaşanan dönüşümlerin arkasında sosyal, kültürel, ekonomik ve tarihsel olaylar da yer almaktadır (Picon, 2010). Günümüzde kullanılan dijital teknolojilerin temelleri 19. ve 20. yüzyıllara kadar dayanmaktadır. Endüstri devrimi hem seri üretim anlayışına tanıklık etmekte hem de bilginin yükselişine temel oluşturmaktadır. İkinci dünya savaşı sırasında kullanılan elektrikle çalışan makineler büyük miktarlarda üretim yapılmasına olanak

sağlarken bir yandan da bilgisayarların doğuşuna zemin hazırlamıştır (Dunn, 2012). Öncelikli olarak askeriyede silah üretiminde kullanılmaya başlayan bilgisayarlar zamanla, gemi uçak, otomotiv ve mimari gibi alanlarda da kabul görmeye başlamıştır. Teorik olarak bilgisayar insan etkileşimini sağlayan ilk yazılım (Sketchpad) Ivan Sutherland isimli mühendisin 1963 yılında tamamladığı doktora çalışması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu buluştan sonra bilgisayar yazılım ve donanımlarında inanılmaz gelişmeler yaşanmıştır. 1970'lerde mikro işlemcilerin keşfiyle 3 boyutlu ve interaktif kullanıcı ekranı olan programlar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu gelişmelerle bilgisayar destekli tasarım basit iki boyutlu çizimlerden üç boyutlu geometrilerin oluşturulmasına kadar geniş bir yelpazeye yayılmıştır. 1980'li yılların sonlarında ve 1990'lı yılların başlarında parametrik katı modelleme düşüncesinin gelişmesi ile CAD programları yeni bir düzeye ulaşmıştır. Bu düşünce ile CAD programları tasarım, imalat ve yönetim konularını içeren komple bir çözüm haline gelmiştir. Böylelikle bilgisayarlar konsept tasarımdan başlayarak, üretime, sonrasında da yerinde montaja kadar tasarım ve üretim sürecinin her aşamasında kullanılan araçlar haline gelmiştir.

Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte 2000'li yıllardan beri iç mimarlık disiplininde bilgisayar destekli form üretme ve türetme tekniklerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. İç mimarların tasarımda farklılık ve öznellik arayışı bu tekniklere geçiş sürecini hızlandırmıştır. Sayısal tasarım teknikleri ile biçimin oluşumu, dönüştürülmesi, türetilmesi ve canlandırılması gibi uygulamalar gerçekleştirilebilir. Bu teknikler, insan beyninin tek başına tasarlamakta zorlanacağı tasarımların hayata geçirilmesine olanak sağlayan sistemler olması nedeniyle tasarımcıların ilgisini çekmektedir. Geleneksel yöntemlerle hesaplanması imkansız olarak kabul edilen tasarımların sanal ortamda tasarlanması ve bununla birlikte tasarımın sayısal üretim araçlarıyla üretilmesi mümkün hale gelmektedir. Günümüzde gelişen bilgi ve bilgisayar teknolojileri ile birlikte 1920'lerde başlayan hesaplamalı tasarım kavramının gerçek hayatta uygulama imkanı bulması ve tam anlamıyla hesaplamalı bir tasarım yapılabilmesi mimarlık ve içmimarlık disiplini için büyük bir adımdır. Bu sayede tasarımlarda ulaşılamayan formlara ulaşabilmek mümkün kılınmıştır (Rocha, 2004). Bilgisayar teknolojisi insan zihninde hayal edilmesi zor olan formların tasarlanmasına ve simüle edilmesine olanak sağlamaktadır. Hız ve depolama kapasitesinin yüksek olması sebebiyle araştırmak ve keşfetmek daha kolay hale

gelmektedir. Böylece bilgisayarlar, uzaysal biçimlerin, desenlerin ve strüktürlerin araştırılmasında yardımcı bir araç haline dönüşmektedir. (Seveldsson, 2002). Sayısal tasarım yöntemleri ile M.Ö 300 yıllarında uzay geometrisini yeniden düzenleyen geometrici Euclid'in iki boyutlu uzay üzerinde hesaplanan yöntemlerinin yerini öklid dışı geometride üçüncü boyut kavramı da tasarım sürecine dahil edilmektedir. Öklid dışı düşünürlerin savı "*dünyadaki her şey üç boyutludur ve eğrisel yüzeylidir*" e dayanır (Kutsal, 2009).

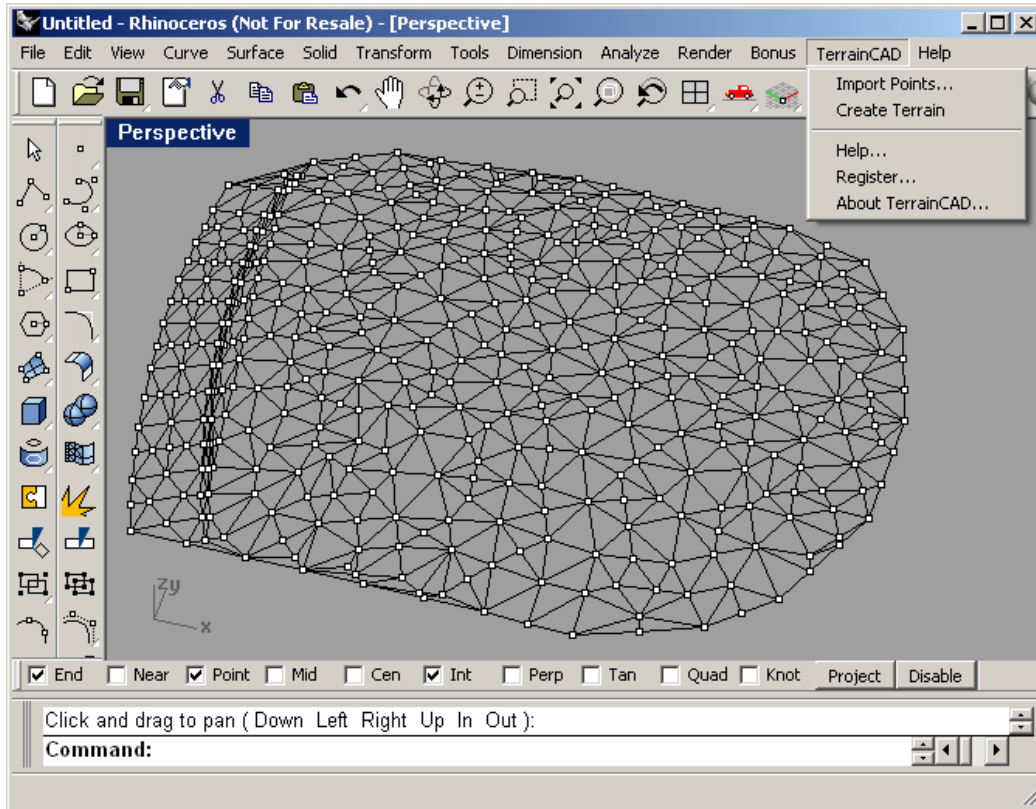
Tasarım süreçlerini bilgisayar olanakları üzerine kurgulayan tasarımcılar sabit bir tasarım yöntemi yerine her projede probleme uygun bir yöntem saptayarak uygun teknolojilerle çalışmaktadırlar, bir anlamda tasarım sürecini de tasarlamaktadırlar. Geleneksel temsil teknikleri yardımcı araçlar olarak devam etmekte, bunun yanı sıra bilgisayarların sayısal ve algoritmik yapısı tasarım stratejilerinin oluşturulmasında, mekanın biçimlenmesinde, yüzeylerin yaratılmasında, genel olarak tasarıma yaklaşımda yeni olanaklar sunmakta, mekansal araştırmaları desteklemektedir (Özsel, 2004). Bilgisayarda biçim yaratma tekniklerinin he ne kadar sınırsız alternatifler sunduğu düşünülse de aslında bu alternatifler yazılımların ya da tekniklerin kapasiteleriyle sınırlıdır. Kısaca, tasarım sürecinde etkin rol oynayan bilgisayar destekli tasarım yöntemleri tasarımcının deneyimleri ve donanım-yazılımların kapasitesi doğrultusunda değişmektedir.

3.2 İç Mimaride Güncel Bilgisayar Destekli Tasarım Yazılımları

Günümüzde birçok bilgisayar destekli yazılım programı tasarımcılar tarafından ulaşılabilir hale gelmiştir. Tasarımcının hangi programı tasarım sürecine dahil edeceği konusu programın arayüzünün fonksiyonelliği, tasarımcının kişisel tercihi ya da yazılımın tasarlanacak formu yaratmadaki uygunluğu gibi kriterler göz önüne alınarak belirlenebilir. Bilgisayar destekli tasarım için bilinen en yaygın tasarım programlarına Autodesk Autocad, Archicad, MicroStation ve VectorWorks gibi yazılımlar örnek verilebilir. Bu programların yanı sıra özellikle modelleme ve görselleştirme amacıyla kullanılan 3ds Max, Revit, Rhino, MAYA ve Google SketchUp gibi yazılım programları da tasarımcılar tarafından tercih edilmektedir.. Bilgisayar destekli tasarım ve modellemenin son dönemlerde yaygınlaşan bir alt dalı olarak da üretken ve parametrik tasarımların oluşturulmasına olanak sağlayan yazılımlardan da söz edilebilir. Bu yazılımlar; Grasshopper, Digital Project,

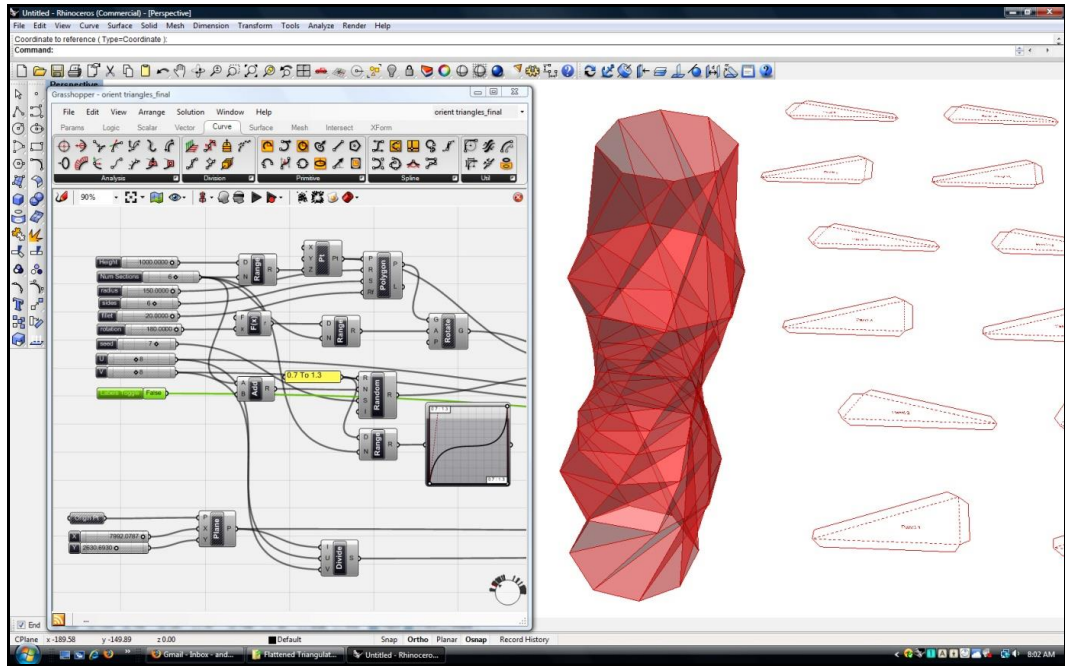
Generative Components, MAX script, MEL script, Processing ve Revit olarak sıralanabilir.

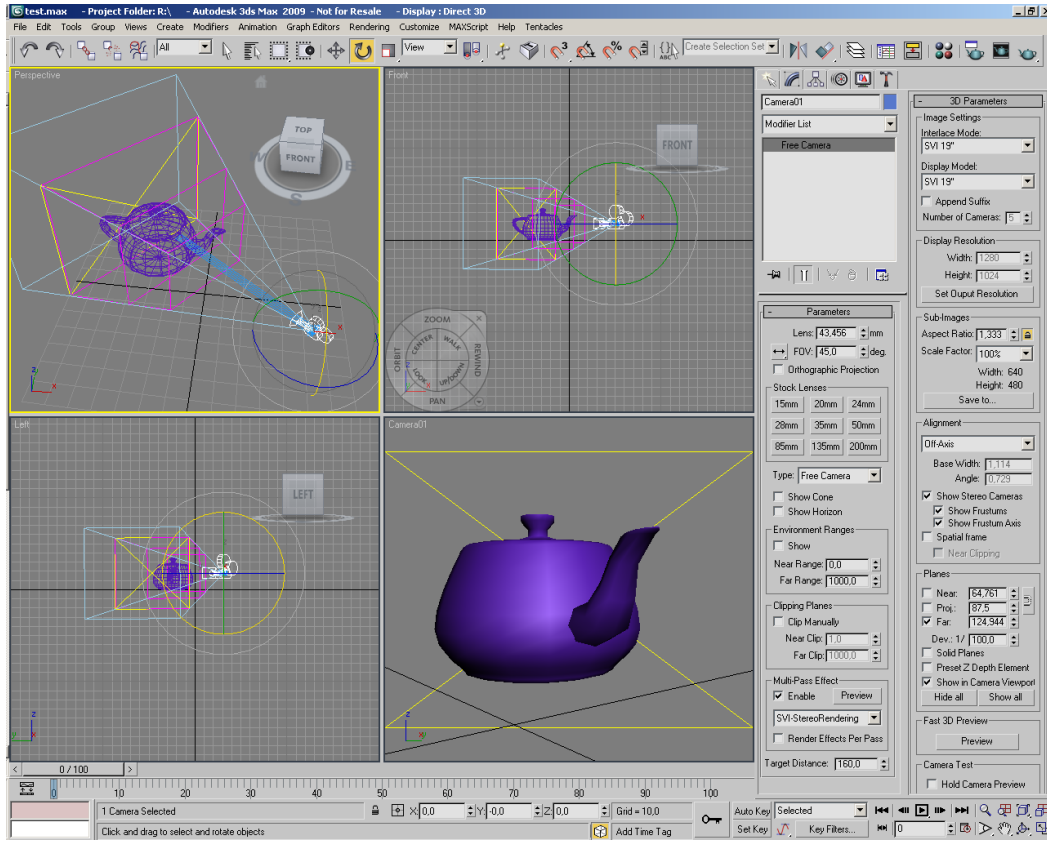
RhinoCeros: NURBS modelleme tekniğini kullanarak üç boyutlu ve yumuşak modelleme imkanı sunan yazılımdır. Özellikle sanayi için modelleme ve prototipleme için tasarlanmış olan CAD/CAM yazılımıdır. Rhino birçok farklı endüstri tarafından çeşitliliği, kullanışlı komutları ve düşük maliyeti nedeniyle tercih edilmektedir (Şekil 3.1). Çok çeşitli import (içeri alma) ve export (dışarı verme) özelliği sayesinde diğer programlar arasında bilgi alışverişi nedeniyle de beğenilmektedir. Rhino'nun birçok farklı çeşitte dosyaya destek vermesi programlar arasındaki açık bulunan iş akışını hızlandırır [1].



Şekil 3.1 : RhinoCeros yazılımının arayüzü
(<http://www.softpedia.com>)

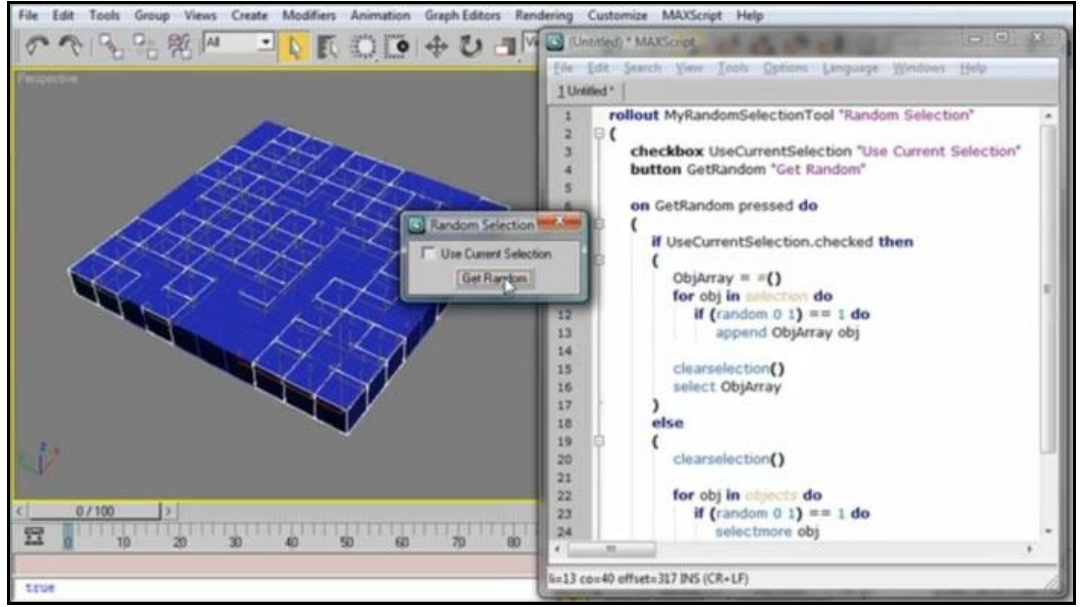
Grasshopper Plug-in: David Rutten tarafından 2007 yılında geliştirilen, rhino history bilgisini kullanarak modelleme imkanı sunan bir eklentidir. Grasshopper da modelleme parçaları kullanılarak modelleme yapılır, model oluşturulduktan sonra her bir parçanın kendi ayarları değiştirilerek model tekrar oluşturulabilmektedir. İşlemler modelden bağımsızdır ve sadece matematik üzerine çalışan bir ağaçta oluşturulabilir (Şekil 3.2).





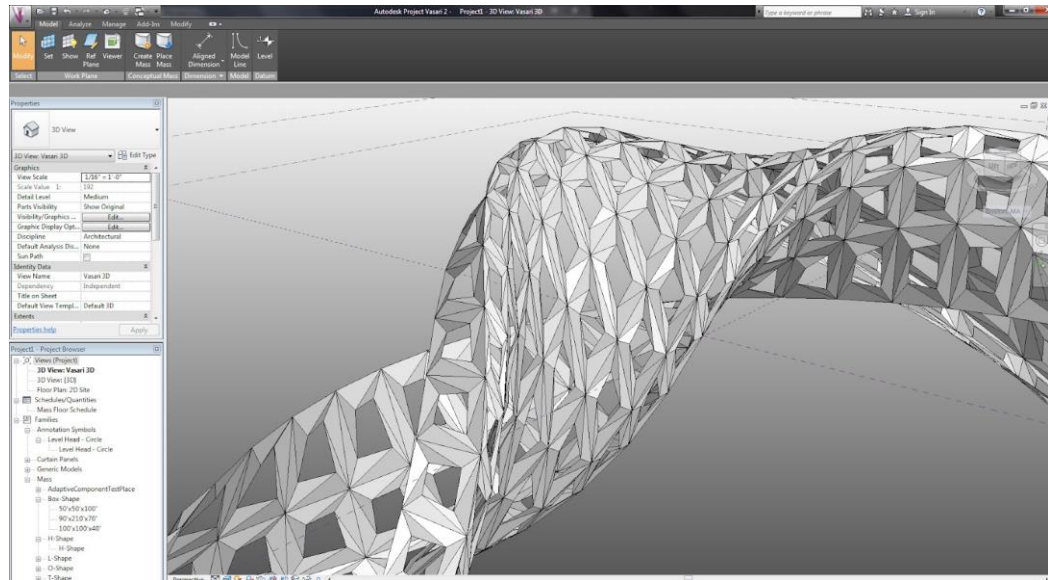
Şekil 3.3 : 3ds Max yazılımının arayüzü
(<http://mente-comunal.net>)

3DS Maxscript: 3ds Max programında çalışan bir eklentidir. Maxscript, 3ds Max üzerinde sıklıkla yaptığımız işlemleri otomatikleştirebilmemizi sağlar. Eklenti basic diline benzeyen bir söz dizimine ve çok esnek bir yapıya sahiptir (Şekil 3.4). Max script ile kod yazarken belli başlı katı kurallara uyma zorunluluğu yoktur, kodlar alt alta satırlarda toplanabileceği gibi tek satırda da yazılabilmektedir. Büyük küçük harf duyarlılığı yoktur kodlar istenilen şekilde yazılabilir, gerekli ayrıştırmaları 3ds Max kendi içerisinde gerçekleştirmektedir. Kısaca script dilinde elemanların nasıl kullanılacağını ve bir araya geleceğini gösteren tanımlanmış kalıplar yoktur. Herhangi bir çözüm için kullanılan alt bütün ve değerler tasarımcı tarafından öngörülmeven başka bir durumdaki çözüm için kolaylıkla kullanılabilir (Ousterhout, 1998).



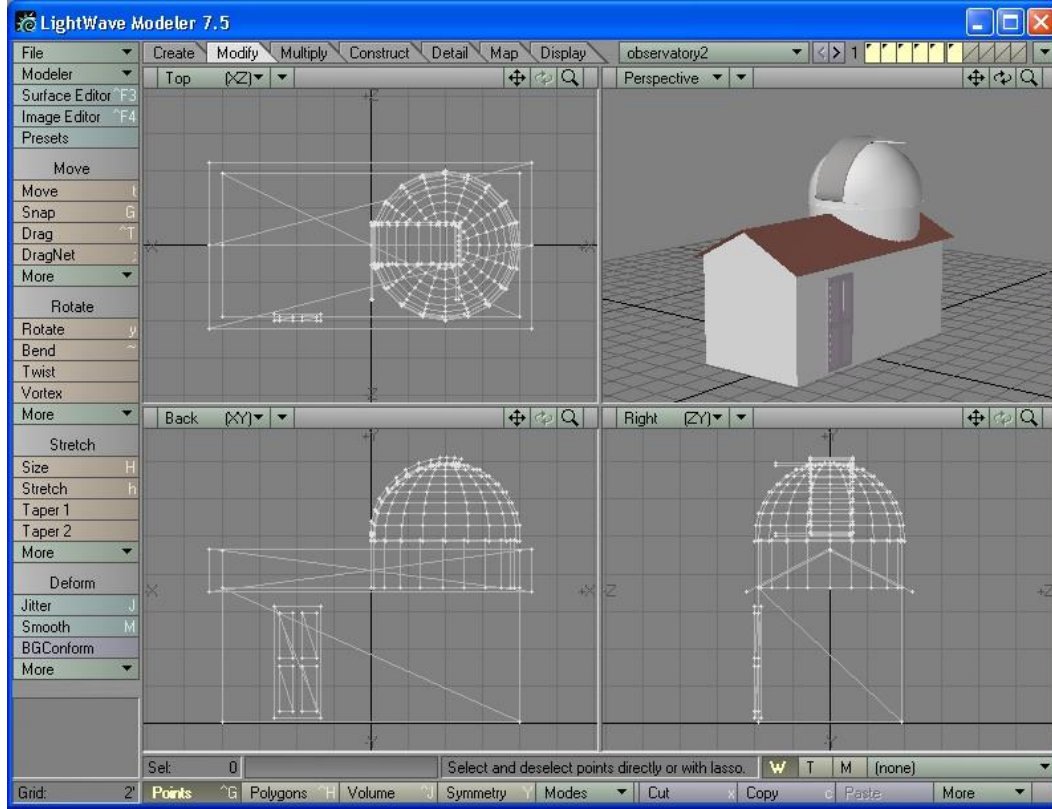
Şekil 3.4 : 3ds Max Script yazılımı arayüzü
(<http://3dessentials.com>)

Revit Adaptive Component: Revit Autodesk firması tarafından geliştirilen sadece Microsoft Windows'ta kullanılan Yapı Bilgi Sistemi (BIM – Building Information Modelling) yazılımıdır. Revit'in en önemli özelliklerinden birisi üç boyutlu (3D) ve iki boyutlu (2D) çizim unsurlarını bir arada kullanabilmesidir (Şekil 3.5).



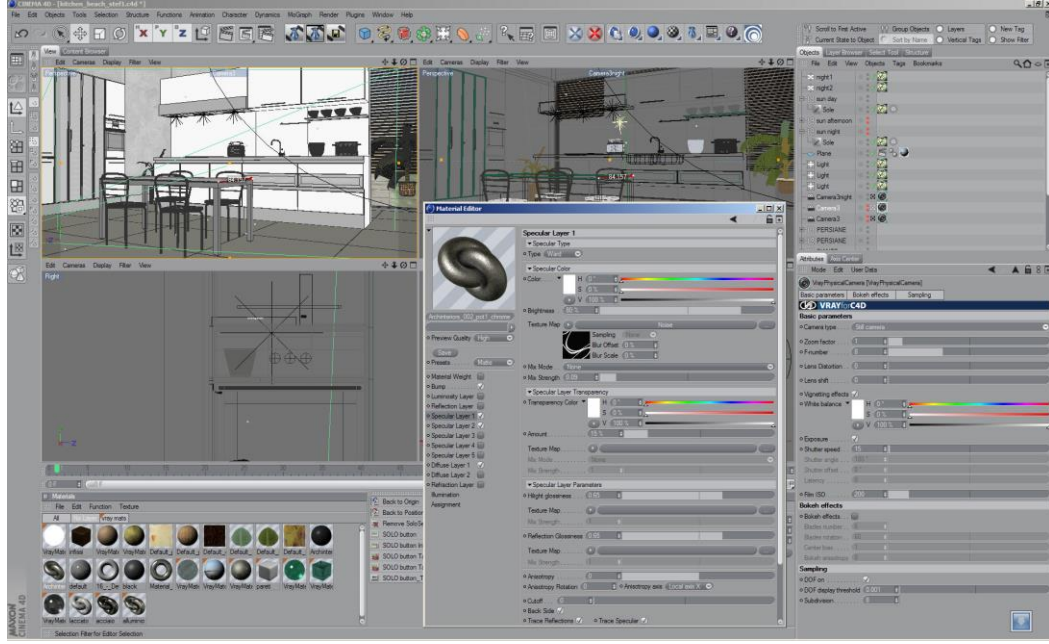
Şekil 3.5 : Revit Adaptive Component arayüzü
(<http://www.theprovingground.org>)

Lightwave 3D: Newtek firması tarafından geliştirilen bir bilgisayar grafiği yazılımıdır. Üç boyutlu modeller oluşturmak ve bu modellerin render adı verilen işlem sonrası statik veya animasyon şeklindeki çıktılarını almak mümkündür (Şekil 3.6). Lightwave 3D gerçekçi görüntülerin yaratılabilmesi için radiosity ve caustics gibi kompleks ışık özelliklerini simüle edebilmektedir. Modeller poligon modelleme veya subdivision surfaces yöntemleri ile oluşturulabilir.



Şekil 3.6 : Lightwave 3D arayüzü
(<http://ielp1990.blogspot.com>)

Cinema 4D: Maxon Computer tarafından üretilen üç boyutlu modelleme programıdır. Cinema 4D'nin serbest parametrik modelleme ve güçlü yüzey bölümlendirme araçları modeli oluşturmada esneklik sağlamaktadır. Zekice tasarlanmış olan arabirimi sayesinde diğer 3D programlara kolay öğrenilebilir yapısından dolayı tercih edilen bir yazılımdır (Şekil 3.7). Ayrıca özelleştirilebilir menü, buton ve kısayollar farklı meslek gruplarındaki kişiler için büyük kolaylıklar sağlayabilir. Örneğin modelleme yapmak isteyen bir kişi kullanmayacağı kısayol ve butonların yerine daha fazla kullanacağı kısayol ve butonları tanımlayıp, ekranı kendi isteğine göre özelleştirebilir. Bu da daha verimli bir çalışma alanı ve daha rahat bir ekran hakimiyeti demektir.



Şekil 3.7 : Cinema 4D yazılımının arayüzü
(<http://ielp1990.blogspot.com>)

3.3 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Yüzey Tasarım Teknikleri

Yüzyıllar önce insanlar çok az bilgi elde edebilmekte ve üretebilmekteydiler. Günümüzde ise insanlar çok büyük miktarlarda bilgiye erişim sağlayabildikleri gibi, büyük miktarlarda bilgi üretebilmekte ve internet aracılığıyla tüm dünyaya iletebilmektedir. Enformasyon ve bilgi teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte bilginin üretilmesinin ve depolanmasının sayısallaşması birçok disiplinde etkili olmuştur. Mimarlık alanında da geleneksel tasarım yöntemlerinin etkisi devam ederken bir yandan da sayısal tasarım eylemine geçiş yaşanmaktadır. Geleneksel tasarım, bilginin zihinden kağıda aktarıldığı, soyuttan somuta ilerleyen ve fiziksel ortam ve araçları kullanan bir eylemken, sayısal tasarım bilgisayar ortamında depolanan ve işlenen bilgiyi matematiksel ifadeler ile sanal ortam ve araçlarına aktaran bir eylemdir (Aybar, 2008). Sayısal çağın en önemli özelliği olan hız birçok açıdan analog ve sayısal bir arada uyumlu birlikteliğini zorlamaktadır. Gözle görerek ve elle tutarak öğrenmeye alışkın olan insan zihni bugün fiziksel olarak algılayamadığı bir takım elektronik devrelerin kurulu olduğu bir düzene alışmaya çalışmaktadır.

Sayısal tasarımı basit bir tanım ile açıklamak gerekirse; girdilerin ikili sistem kodlarına göre sayısallaştırılmasıdır. Bilgisayar dilinde 0 ve 1'ler üzerine kurulu olan ikili bir kod sisteminden meydana gelmektedir. Bilgisayardaki sayısal bir görüntü

bize fiziksel dünyada gerçekleştirilmesi mümkün olmayan kavramlarla tanışma şansı verir. Bu durum matematiğin sunduğu olanaklar dünyasına açılan pencereden bakmamızı sağlar (Rheingold, 1991). 1970-80'li yılların bilgisayar ortamında matematiksel analiz tahmin ve değerlendirme modelleri, yeni teknolojiler aracılığıyla mimarinin vazgeçilmez bir iletişim biçimi olan görsel modellerle bütünleşme olanağını bulmuştur. Bilgisayar ortamının sunduğu kesinlik ve detaylı temsil yaklaşımları hayal edilen birçok form üzerinde gelişim ve üretim açısından her türlü olanakları gerçekleştirmeyi sağlamaktadır. Günümüzde bilgisayarlar hem bir tasarım aracı hem de tasarım ortamı olarak kullanılmaktadır. Bu ortamda gerçekleştirilen tasarımların amacı fiziksel dünyanın kısıtlamalarından uzakta tasarım ve mekânsal deneyimlerin yaşanmasının sağlanması, enformasyonun paylaşılması ve iletilmesi için yeni organizasyonların gerçekleştirilmesidir (Çağdaş, 2005).

Yeni teknolojiler aracılığıyla mimari ve iç mimaride form Kartezyen temellerini sorgulamaya başlamış ve parametrik algoritmalarla tanımlanmış formlar çeşitli bilgisayar donanım ve yazılımları sayesinde üretilebilir hale gelmiştir. Bu donanım ve yazılımlar ilk dönemlerde projelerin hızlı ve verimli çizilmesi için kullanılırken günümüzde sayısal bilgi işleme ve sonsuz sayıda problemi kısa bir zaman diliminde çözümleme amacıyla kullanılmaktadırlar. Geleneksel tasarımın gitgide daha elektronik hale dönüşmesi kaçınılmaz bir süreçtir, çünkü günümüz dünyasında bütün sistemler elektronik olarak beslenmektedir ve tasarımın biçimi analogdan sayısala dönüşmektedir (Aybar, 2008). Böylece tasarımcı tasarım bilgisini kullanarak bilgisayarların işbirliği ile çeşitli değişkenleri ve soyut kodları idare ederek formları ortaya çıkarmaktadır. Sayısal donanım, yazılım ve üretim olanaklarını kullanarak bilgisayar ortamında üretilen formlar iç mimarlığın durağan olmaktan çıkıp, çeşitli güçlerin etkisi altında dinamik olarak şekillendiğini göstermektedir. Bilgisayar ve tasarımcının ortak bir çalışma gerçekleştirmesi ve tasarımın matematiksel bir dilde ifade edilmesi sayısal tasarım anlayışının ortaya atılmasına aracı olmuştur.

Günümüzde bilgi erişimi sınırsız olduğundan, disiplinler arası sınırlar ortadan kalkmakta bu sayede simetrik olmayan, bağlanmamış ve bükülmüş yüzeyler bilgisayar ortamında etkileşimli olarak kolaylıkla üretilebilmektedir. Mimarlığın çok yönlü ve çok boyutlu niteliği nedeniyle gerçekte var olan disiplinler arası özelliği bilgi ve iletişim teknolojileri ile birlikte farklı disiplinlere olan yönelimi ortaya çıkarmıştır. Son derece karmaşık olan analog verilerin sayısallaşması ile birlikte

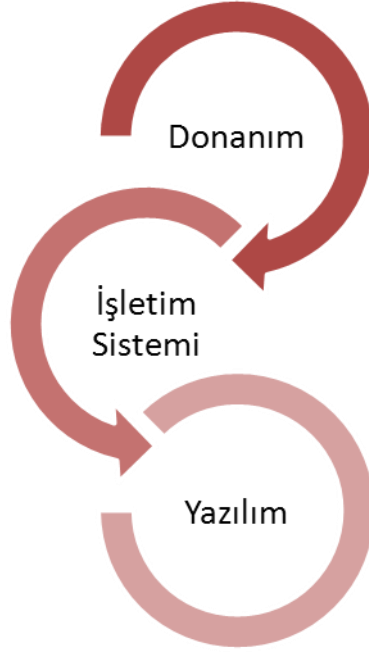
ortak bir dile çevrilen enformasyon, farklı disiplinlerde yer alan kişiler tarafından da kolaylıkla kullanılabilir bir nitelik kazanmıştır (Aybar, 2008).

Yeni eğilimlerin baskın olduğu tasarım sürecinde tasarımcının hakimiyetinin olabilmesi için farklı disiplinleri bir araya getirebilecek teknik bilgiye hakim olması gerekmektedir. Tasarım geliştirmek amacıyla bir küçük bir yazılım geliştirmesi ya da mevcut yazılımları kendi ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirmesi gerekmektedir. Enformasyonun sayısal ortama taşınması ile birlikte tasarımcının tasarım yöntemine bağlı olarak geliştirdiği yöntemler gitgide artış göstermektedir. Çok sayıda tasarımcı kendi dilinde yarattığı birçok tasarım pratiği geliştirmiş ve mimarlık disiplinine çok sayıda yeni kavram kazandırmıştır. Bu kavramların başında, parametrik tasarım, algoritmik tasarım, biçim gramerleri, CAD, NURBS gibi kavramlar yer almaktadır. Bu kavramlar tasarım sürecinde özellikle biçim ve mekana ait deneyimler üretme yöntemlerine zemin oluşturmak adına geliştirilmiştir.

3.3.1 CAD (Computer Aided Design)

Bilgisayar destekli yazılım programları günümüzde mimarlık disiplininde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yazılımların kullanılmadığı bir tasarım sürecini hayal etmek çok mümkün görünmemektedir. Bilgisayar destekli yazılımların bazıları sadece iki boyutlu çizim imkanı sağlarken bazıları da üç boyutlu olarak görselleştirme olanağı sunmaktadır. Geleneksel yöntemlerin aksine, bilgisayar yazılımlarında bir bileşeni silmek, çoğaltmak, dönüştürmek çok kolay ve kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir. Herhangi bir hata yapıldığında geri dönüşler yapılabilen, aynı zamanda bir proje üzerinde birden fazla kişi çalışabilmekte ve sonrasında kolaylıkla sayısız kopyası elde edilebilmektedir. Ayrıca CAD ortamında oluşturulan bir data farklı formatlarda kaydedilerek diğer yazılım programlarına aktarılabilir.

Genel olarak bir CAD sistemi 3 temel elemandan oluşmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : CAD sistemini oluşturan elemanlar

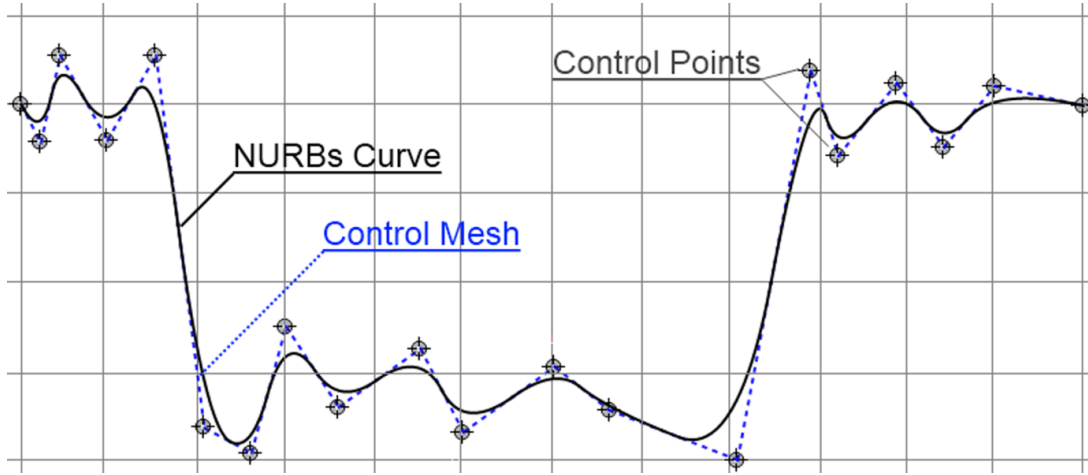
CAD sistemleri uygulama alanları, modelleme yöntemleri ve donanımsal gibi çok farklı şekillerde sınıflandırılabilirler (Şekil 3.9). Donanımsal sınıflandırma altında yer alan, mainframe tabanlı sistemler büyük firmalar tarafından kullanılmaktadır. Sistemde çok büyük bir ana bilgisayar ve ona bağlı olarak çalışan çok sayıda iş istasyonu mevcuttur. Workstation tabanlı sistemler mainframe bilgisayarlara göre çok daha basit ve sadece bir kişinin kullanabileceği sistemlerdir. Her sistem kendi işletim sistemi, işlemci ve sabit disk gibi donanımlara sahiptir. PC tabanlı sistemler, 1970 yılında kişisel bilgisayarların piyasaya çıkması ile birlikte CAD/CAM sistemlerinin küçük çaplı işletmelerin de sahip olabileceği maliyetlere düşmesine olanak sağlamaktadırlar.



Şekil 3.9 : CAD sistemlerinin sınıflandırılması

3.3.2 NURBS (Non Uniform Rational B-Spline)

Non Uniform Rational B-Splines, kısaca NURBS, yüksek derecede eğriselliğe sahip yüzeylerdir. NURBS eğrileri eşit olmayan aralık ve eğim derecelerine sahip eğrisel bir çizgiyi ifade eder (Kolarevic, 2003). NURBS eğrileri, kontrol noktaları, gerilme değeri ve düğümleriyle kontrol edilebilmektedirler (Şekil 3.10). Kontrol noktalarının ağırlık adıyla tanımlanan bir parametresi bulunur. Bir kontrol noktasının ağırlığı arttıkça eğri o kontrol noktasına doğru çekilir. NURBS'ler eğri çizgiler, plastik, ahşap ya da metalden yapılmış esnek bant şeritlerdir. Öklid geometrilerinde olduğu gibi yüzeylerden katı oluşturmak yerine üç boyutlu katıyı oluşturmak için nurbs eğrileri kullanılmaktadır. NURBS eğrileri karmaşık ve amorf yüzeylerin bilgisayar ortamında kolaylıkla tasarlanmasına olanak sağlamakta ve aynı zamanda bilgisayar destekli üretim makinaları sayesinde üretilmesi için gerekli veriyi oluşturmaktadırlar.



Şekil 3.10 : NURBS eğrisine bir örnek
(www.computingengineering.asmedigitalcollection.asme.org)

Günümüzde kullanılan birçok modelleme yazılımı NURBS eğrilerini kullanmaktadır. Çünkü minimum bilgi girişiyle maksimum kompleks biçimlere ulaşılabilmekte ve bunların hesaplamaları rahatlıkla yapılabilmektedir. Kullanım ve kontrol kolaylığı da geniş bir alana yayılmasının sebeplerindendir (Çakır, 2006).

3.3.3 Türetici Tasarım - Biçim Gramerleri - Fraktallar

Türetici tasarım bilgisayar programı algoritmalarıyla ya da benzer matematiksel ya da mekanik süreçlerle oluşturulan tasarım sürecidir. Bilgisayar ortamında kurulan türetici tasarım sistemlerinde, belirli bir biçim grubundaki elemanların çeşitli kombinasyonlarının belirlenmesine dayalı alternatif çözümler sistematik olarak araştırılır (Akipek, 2004).

Türetici tasarım modelleri gramer tabanlı bilgisayar destekli tasarım modelleridir. Biçim gramerleri mevcut projelerdeki biçimsel ilişkiyi ortaya çıkarmak için kullanıldığı ilk dönemlerde geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmekteydi. Ancak her bir iterasyonun birbirini takip ederek sayısız bir şekilde uygulandığı bu yöntemde, bilgisayarların kullanımı ile birlikte işlemleri hatasız ve hızlı bir şekilde gerçekleştirmek mümkün hale gelmiştir.

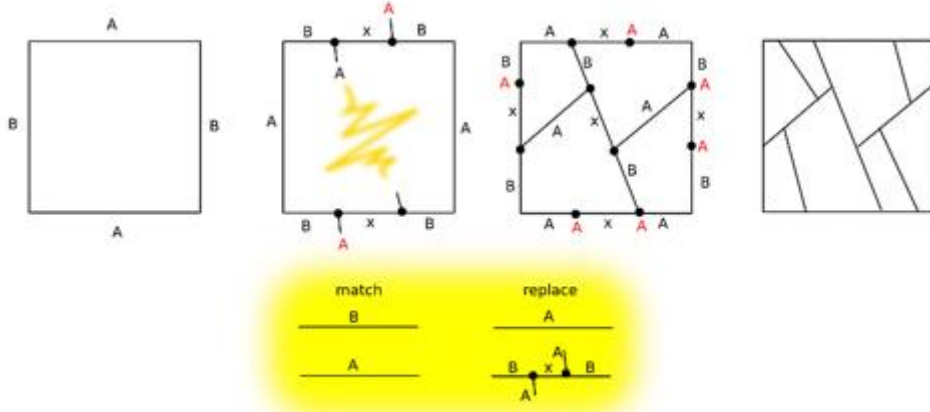
Stiny'e göre biçim gramerleri dört bileşenin bir araya gelmesini gerektirmektedir (Şekil 3.11);



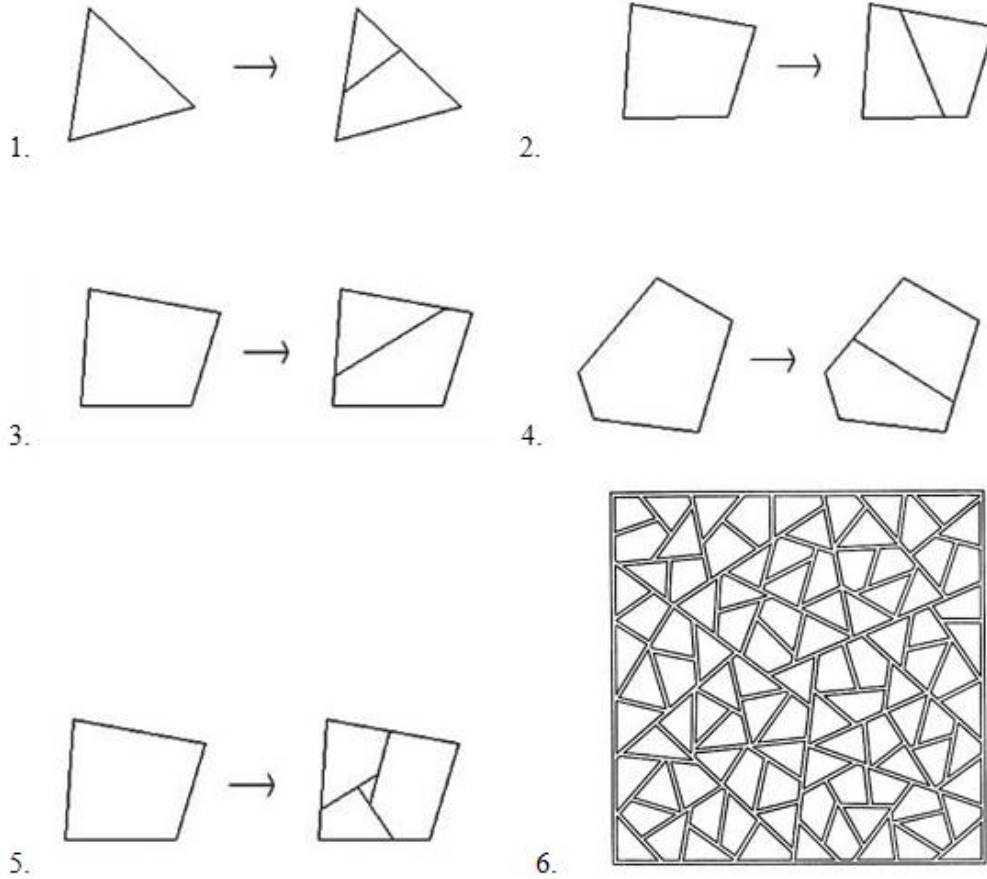
Şekil 3.11 : Biçim gramerleri bileşenleri

Türetici tasarım sistemlerinde, belirli bir biçim grubundaki elemanların çeşitli kombinasyonlarının belirlenmesine dayalı alternatif çözümler sistematik olarak araştırılır. Gramerlere dayalı sistemlerde tasarım alternatiflerinin türetilmesi tasarımcının belirlediği dönüşüm ve biçim kurallarına bağlıdır. Bu kurallar setine göre türetilebilecek tüm olası alternatifler ve biçimsel kombinasyonlar bilgisayarlar tarafından türetilir ve tasarımcı geleneksel temsil ortamında araştıramayacağı sayıda alternatifi deneyimleme imkanına sahip olur (March ve Stiny, 1984).

Bir mimara ya da genel anlamda bir mimari stile ait tasarımlar, biçim gramerleri yöntemiyle analiz edilip o tasarımcıya ve mimari stile uygun yeni tasarımların üretilmesini sağlamaktadır. Biçim gramerleri standart biçim gramerleri, renk biçim gramerleri, ürün ve fonksiyon grameri ve fraktaller gibi türlere ayrılmaktadır (Çakır, 2006).



Şekil 3.12 : Biçim gramerleri yöntemiyle yüzey tasarımı
(www.twak.blogspot.com)



Şekil 3.13 : Biçim gramerleri yöntemiyle yüzey tasarımı
(www.2.bp.blogspot.com)

Fraktaller, matematikte çoğunlukla kendine benzeme özelliği gösteren karmaşık geometrik şekillerin ortak adıdır. Fraktallerde cismi oluşturan parçalar ya da

bileşenler cismin bütününe benzer özellikleri taşımaktadır. Düzensiz ayrıntılar ya da desenler giderek küçülen ölçeklerde yinelenir ve tümüyle soyut nesnelerde sonsuza kadar yinelenir (Şekil 3.14). Fraktaller geometrik ve algoritmik yapısı sebebiyle bilgisayar ortamında daha kolay bir şekilde oluşturulabilmektedir (Çakır, 2006).



Şekil 3.14 : Fraktal geometri tabanlı mobilya tasarımı

3.3.4 Algoritmik Tasarım

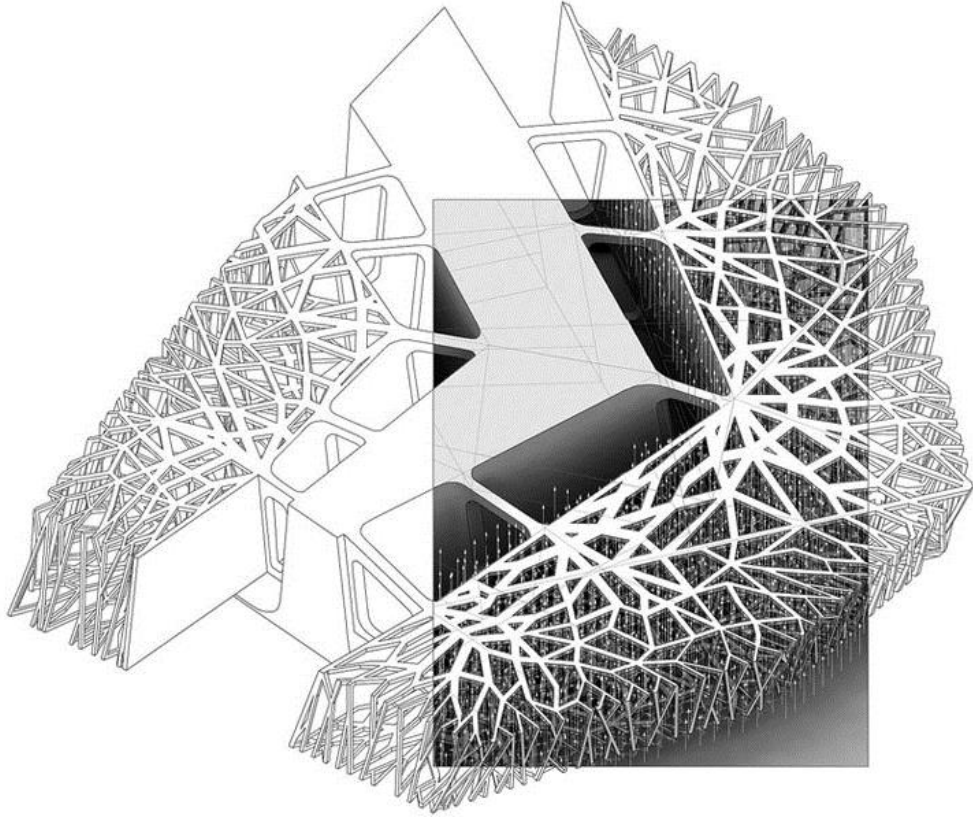
Algoritma, matematikte ve bilgisayar biliminde bir işi yapmak için tanımlanan, bir başlangıç durumundan başladığında, açıkça belirlenmiş bir son durumunda sonlanan, sonlu işlemler kümesidir (Kutsal, 2009). Matematiksel denklemler dizini olan algoritma bir veya daha fazla parametre içerebilmektedir. Algoritmadaki her kuralın içerdiği parametrelere bağlı bir sonucu vardır. Parametreleri sabit algoritmanın sonucu tektir. Parametreleri devamlı değiştirerek veya tasarım konsepti içinde belirli değerler arasında bilgisayarın gelişi güzel seçmesine izin verilerek ortaya aynı tektonikte sayısız ürün elde edilebilmektedir (Çıltık, 2008). Algoritma mantığının teorik yapısı hiyerarşik, kapalı, tümünden gelen bir sistemden çok açık ve tüme varan bir morfoloji görünümüne sahiptir.

Günlük hayatta sürekli algoritmik düşünce yapısı ile kararlar vermekteyiz. Örneğin bir alarmin çalışmasını ele alacak olursak, çok basit anlamda algoritmik bir akış diyagramı oluşturabiliriz. Algoritmik düşünce kurgulanırken başlangıçtan itibaren olaylar birbirleri ile ilişkilendirilir ve sistem döngüsü yaratılır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 : Bir saatin çalışmasını gösteren algoritmik akış diagramı (Çıltık, 2008)

Algoritma belirli bir problemi çözmek için bir formül ya da adımlanmış kurallar setidir ve bir problemin sınırlı sayıda adımla çözüm sürecini ifade etmektedir. Algoritmik düşüncenin ana fikri, fonksiyonel ayrıştırma, kendini tekrar etme, basit bilgi organizasyonu, parametikleştirme, kavramlarını içerir. Bilgisayar destekli tasarım araçları her bilgisayar yazılımında olduğu gibi bir algoritma kurgusu sayesinde çalışır ve kullanılırlar. Günümüzde tasarım programları kullanıcı odaklı olarak bir değişim süreci içerisinde. Böylece paket programlara tasarımcının ihtiyaçları doğrultusunda eklemeler yapmak (script yazmak) sıradan bir iş haline gelmektedir. Mimarlık disiplini de teknolojinin sunduğu bu yenilikler sayesinde deneysel çalışmalar ortaya çıkarmaktadır. Artık, bilgisayarlar sadece görsel veri oluşturma amacıyla değil aynı zamanda algoritmik yapısı ile de tasarımcıya destek olmaktadır (Çolakoğlu, 2007). Sayısal ortamda gerçekleştirilen algoritmik tasarım yaklaşımı tasarımcılara yeni formların, biçimlerin deneyimlenmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 : Algoritmik tasarım yöntemiyle yaratılan form
(<http://icd.uni-stuttgart.de>)

Tasarım kavramı kompleks kavramıyla örtüştürülmektedir. Tasarım sürecinin de diğer kompleks sistemlerde olduğu gibi çözümlenemeyecek kadar çok girdisi olduğu açıktır. Günümüzde kompleks sistemler üzerine yapılan çözümleme çalışmaları algoritmik düşünce baz alınarak yürütülmektedir. Algoritmanın tasarım sürecinde kullanılması çeşitli avantajları da beraberinde getirmektedir. Algoritmik tasarım sayesinde sayısal fabrikasyon sürecine daha hakim olunabilmektedir. Formun ifade edilmesinin teorik temelleri daha kolay algılanabilmektedir. Algoritmik kodlama müşteri isteğiyle belirli belirli parametreler içinde kalarak değişimi de kolaylaştırmaktadır.

3.3.5 Parametrik Tasarım

Parametrik tasarım tekniği tasarımcıya bilgisayar ortamında oluşturulan geometrilerin çeşitli parametreler tarafından kontrol edilebilmesinin esnekliğini sağlayan bir tasarım stratejisidir. Bilgisayar ortamında kurgulanan sistemde parametrelere girilen farklı değerler sonucu oluşan değişim, tasarım aşamasında form üretimi için ya da fiziksel mekanda ışık, ses, biçim değişimleri için kullanılmaktadır.

Parametrik tasarım sürecinde, tek bir formül oluşturularak ölçü, açı, kalınlık değişimlerinin gerektiği yerlerde parametrelerin değerleri değiştirilir ve tek bir prensip detay çözümüne dayalı çeşitli çözümler oluşturulabilmektedir (Akipek, 2004).

Algoritma tabanlı olan parametrik tasarım araçları formun yaratılması sırasında hesaplamalı kontrol sağlar. Genellikle bir algoritma ve formül aracılığıyla kullanılan parametreler farklı şekillerde sayısız formlar sunarak tasarımcıya içerisinden seçim imkanı sağlar ve durağan mimari üretim sürecini değişkenliğe doğru yönlendirir. Böylece sabit bir takım formlar ve çözümler reddedilerek sonsuz çeşitlilik potansiyeline sahip bir tasarım evreni keşfedilir (Kolarevic, 2003). Parametrik tasarım arayüzü, tasarım gelişim sürecindeki her aşamayı belleğinde tutarak, tasarımcıya geniş ölçekli bir veri tabanı sunar. Böylece tasarım anında oluşan herhangi bir problemin çözümüne olanak sağlamış olmaktadır.

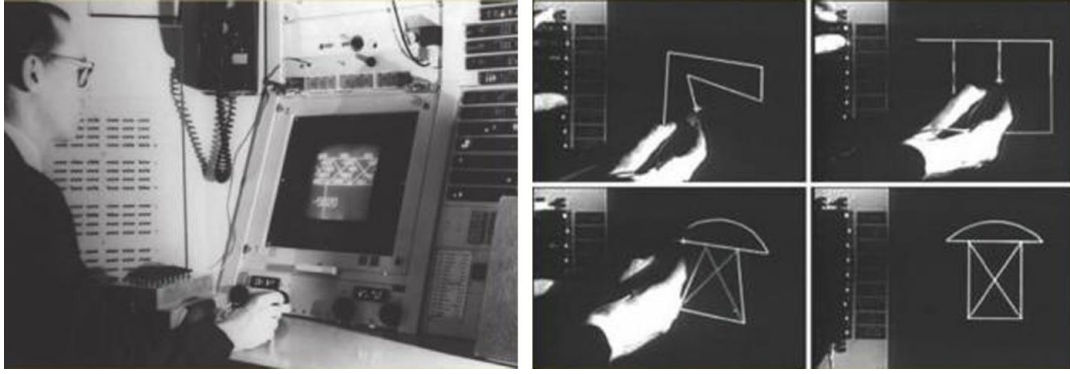
Parametrik tasarımın oluşum süreci 4 bileşeni gerektirir; Başlangıç şartları ve parametreleri, değişkenleri üretme yöntemleri (çıktı, ürün), üretme mekanizması (kurallar, algoritmalar), en iyi değişkenin seçimi (Şekil 3.17). Tasarımın ortaya çıkmasını sağlayan başlangıç şartları ve parametreleri tasarımcı tarafından tanımlanmışlar kurallar ve algoritmalar çerçevesinde birbirlerine bağımlı haldedirler. Dördüncü adıma gelene kadar tasarım objesi oluşmaz.



Şekil 3.17 : Parametrik tasarımın oluşum süreci

Parametrik tasarım süreci tasarımcıların hem mimari bilgiye, hem bilgisayar teknolojileri bilgisine hem de matematik alt yapısına sahip olmasını gerektirir. Yüzey tasarımı sırasında bu tekniklerin kullanımı tasarımcının yeni teknolojileri daha yakından tanımasını sağlar. Sayısal ve hesaplamalı tasarımda gelişmekte olan form tasarımcının algısal ve bilişsel yeteneklerine bağlıdır (Kolarevic, 2003).

1963 yılında Ivan Sutherland tarafından geliştirilen “Sketchpad” bugünkü sistemlerin de temeli olan fikirlerin ilk uygulamalarından sayılabilir (Şekil 3.18). Bu sistem parametrik bir alt yapıya sahiptir. Yazılım CRT monitörü üzerindeki radar bilgilerini bir dijital kalem vasıtasıyla değiştirmeye yaramaktaydı (Şekil 1.1).



Şekil 3.18 : Ivan Sutherland 1963 CAD bilgisayar arayüzü ve dijital kalem kullanarak yaptığı tasarımlar
(<http://en.wikipedia.org>)

Mimari de hesaplamalı tasarımın ortaya çıkışı, mimarlık uygulamalarının odağını salt tasarım ürününden, tasarımın başlangıcı ve tasarımın üretimine kaydırır. Çünkü parametrik tasarım sürecinde değişen biçimin kendisi değil, biçimin ortaya çıkmasını sağlayan parametrelerdir. Bu kayma parametrik tasarıma ve sayısal üretim yöntemlerine karşı gün geçtikçe büyüyen ilgiyi açıklar.

3.4 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Üretim Anlayışı

Günümüzde gelişen teknolojilerle birlikte, her türlü iki ve üç boyutlu nesneler, formlar üretilmektedir. Geçmişte elle işçilik sanatıyla yapılan mimari ürünler, keski, testere, matkap, gibi elin uzantısı araçlarla gerçekleştirilmekteydi. Sanayi devrimi ile birlikte bu araçlar geliştirildi, ancak hala insan gücü kullanımına devam edilmekteydi. 1990'lara kadar endüstri devrimi ile birlikte gelişen alet ve makineler, iç mimari üretim süreci için yeterli niteliklere sahipti, ancak yakın geçmişte yaşanan bilgi devrimi ile birlikte, bilgisayarların hayatımızın her alanına girmesi ile bu araçlar bilgisayar ortamında yaratılan yeni tasarımların üretimi için yetersiz kalmaktadır. Geçmişte el ve alet arasındaki ilişki düşünüldüğünde bilgisayarın da beynimizin bir uzantısı olduğunu düşünebiliriz. Mitchell William “Nasıl ki endüstri devrimi ile birlikte insan kas gücü enerji tüketen makinelerle yer değiştirdiyse, bilgi ve bilgisayar devrimi ile birlikte insan beyin gücünün bilgi işleme makineleri ile yer değiştirdiğine” dikkat çekmektedir (Mitchell, McCullough, 1995, s.3).

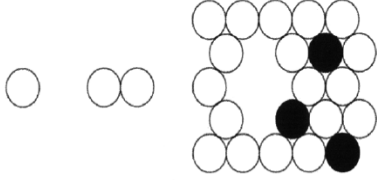
Bilgisayar yazılımlarının tasarım sürecine dahil edilmesi ile birlikte, tasarımcılar karmaşık, amorf ve kompleks yüzeyleri tasarlama imkanına kavuşmuştur. Ancak bilgi çağında tasarım sürecinde yaşanan gelişmelerin üretime yansımaması iki alan arasında bir boşluğun oluşmasına sebep olmaktaydı. Bu boşluğu doldurmak amacıyla yapılan arayışlar sonucunda gemi, otomotiv ve uçak sanayisi alanında kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojileri mimari tasarım ve üretim sürecine dahil edilerek yeni arayışların başlangıcına olanak sağlamıştır. Tasarımcılar bu teknolojilerin olanaklarını kullanarak, imalatçılara ve yüklenicilere sağlayacakları üretim bilgisini, aynı zamanda gerçek malzeme ve maliyet hakkında fikir edinmek için de kullanabileceklerini anladılar (Timberlake, 2004). Böylelikle dijital tasarım bilgisi aynı zamanda dijital üretim bilgisini de içerecekti. Bilgisayar destekli üretim araçları ilk dönemlerde maket ve prototip üretiminde kullanılırken, araçların deneyimlenmesi ile birlikte mimaride ve iç mimaride daha yaygın kullanım alanlarına ulaşmıştır. Bu araçlar Autocad, CATIA, Rhinoceros gibi çeşitli yazılım programlarının ürettiği datalar aracılığıyla iç mimari ürünlerin ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Bu gelişmelerin iç mimarlık disiplinine entegrasyonu ile birlikte iç mimari biçimlerin tasarımında ve üretiminde büyük değişimler yaşanmıştır.

Geçtiğimiz 15 yıl içerisinde CAD ve CAM teknolojilerinin bir alt dalı olan sayısal üretim de bilgisayar kontrollü makinaları kullanarak mimari parçaların ve yüzeylerin modüler halde üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu teknikte bileşenler ilk olarak üç boyutlu yazılımlarla tasarlanıp, bilgisayar verileri sayısal üretim yapan makinalar aracılığıyla fiziksel nesneye dönüştürülmektedir. Üretim sürecinin bilgisayar datasına bağlı olması tasarımcının tüm sürecin kontrolünü elinde bulundurmasını sağlar.

Günümüzde insan işgücü gereksinimini azaltmak ve seri imalata yani fabrikasyona geçebilmek için bilgisayar destekli üretim makinaları tasarlanmıştır. Makine, otomotiv, uçak gibi birçok alanda kullanılan bilgisayar destekli üretim makineleri (CAM), iç mimarlar tarafından da mekan tasarım sürecine dahil edilen araçlar olarak mimarlık disiplini de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tasarımcının amacı insan gücünü daha hızlı, verimli, güvenilir araçlarla değiştirmek olmuştur.

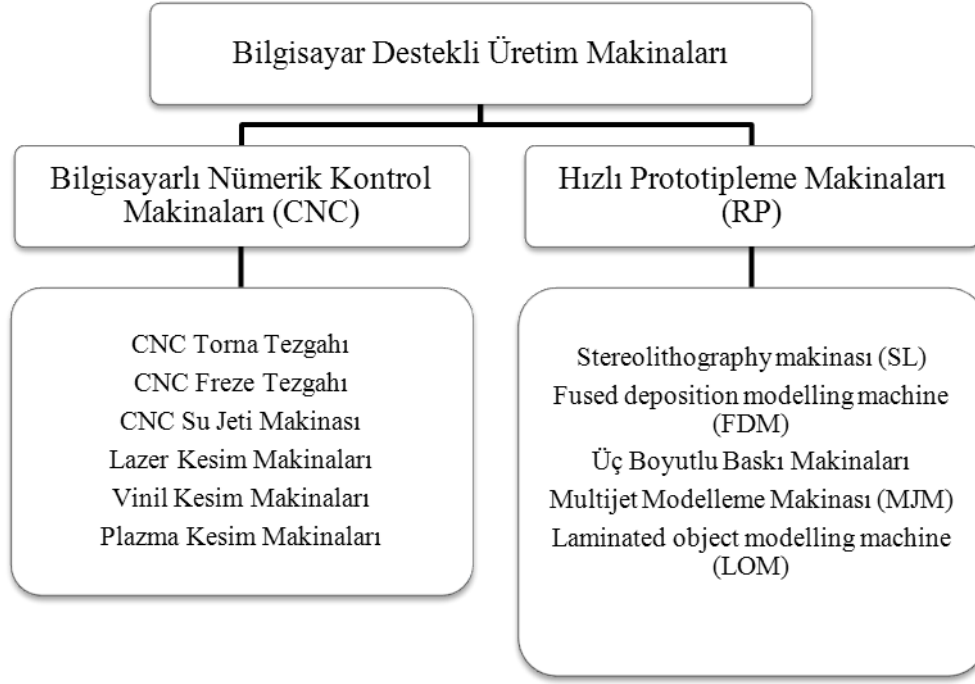
Sanayi devriminin getirdiği seri üretim anlayışı aynı ürünü çok sayıda ve kısa sürede üretmeyi sağlamıştı. Bilgisayar kontrollü üretim makinaları, birçok alanda yekpare ve birbirinin aynı olan parçaların üretiminde kullanılırken, zamanla standartlaşmamış ve birbirinden farklı parçaların da üretiminde kullanılır hale gelmiştir. Bilgisayar kontrollü makinalar, birbirinden farklı ölçekteki tasarım öğelerinin hızlı ve hatasız bir şekilde üretimine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda üretimin planlanmasına olanak sağlayarak, tasarımın üretim sürecini ve malzemenin tüketim miktarını hesaplama imkanı sunmaktadır.

Bilgisayar kontrollü makinalar tasarımcılara bilgisayar ortamında yarattıkları üç boyutlu kompleks yüzeyleri fiziksel nesnelere dönüştürme imkanı sunmaktadır.

TEKNİK	ÖRNEK	TANIM	PROSES ŞEMASI
İki Boyutlu Üretim Yöntemi	Lazer Kesim Makinası, Su Jeti Makinası, Plazma Kesim Makinası	Hedeflenen parçayı elde etmek için levha halindeki malzemeden parçaların kesilmesi yöntemidir. Çok yaygın kullanılan bir üretim yöntemidir.	
Ekleme İşlemine Dayalı Üretim Yöntemi	Stereolithography Makinası	Hedeflenen parçayı elde etmek için dijital model iki boyutlu katmanlara bölünür ve bu katmanların tek tek üretilmesiyle modelin tamamı oluşturulur.	
Çıkarma İşlemine Dayalı Üretim Yöntemi	CNC Torna ve Freze Makinası	Hedeflenen parçayı elde etmek için blok halindeki malzemeden kimyasal ya da mekanik yöntemlerle parçalar çıkarılarak gerçekleştirilen üretim stratejisidir.	
Biçimlendirme İşlemine Dayalı Üretim Yöntemi	Pres Makinası	Hedeflenen parçayı elde etmek için bükülebilir malzeme üzerine farklı noktalardan güçler uygulanır.	

Şekil 3.19 : Sayısal üretim makinalarının uygulama yöntemleri

Sayısal üretim bilgisayar datasından direkt üretim yapılmasına olanak sağlayan bir üretim yöntemidir. Bu yöntem, iki boyutlu üretim, ekleme, çıkarma ve biçimlendirme yöntemlerine dayalı bilgisayar destekli üretim sürecidir (Şekil 3.19). İki boyutlu üretim levha halindeki malzemenin kesilmesi ile gerçekleştirilir. Kesim yönteminde iki aks üzerinde hareket gerçekleşmektedir. Çıkarma işlemine dayalı üretim kimyasal veya mekanik yollarla blok halindeki bütün malzemeden parçaların uzaklaştırılması yöntemidir (Kolarevic, 2003). Ekleme işlemine dayalı üretim anlayışında düzlemsel tabaka ya da üç boyutlu formu oluşturmak için Z ekseninde kimyasal yapıştırıcılar kullanılarak katman katman döküm işlemi gerçekleştirilerek model elde edilir. Bu süreç genellikle hızlı prototipleme olarak bilinmektedir. Biçimlendirici üretim yönteminde ise var olan bir form ya da malzeme üzerine mekanik ya da ısı kuvvetleri uygulayarak şekil değişikliği yaratılması yöntemidir. Sayısal üretim tekniği makinaların bilgisayar kontrollü hareketi ile gerçekleşmektedir. Sayısal üretim yöntemi tasarım, hesaplamalı model ve fiziksel nesne arasındaki bağlantıyı sağlar. Bir tasarım fikrinin farklı şekillerde temsil edilmesi gerekir. Ancak asıl önemli olan bu temsil edilen tasarımın fiziksel nesneye dönüştürmeye olanak sağlayan yöntemlerinin var olmasıdır. Bu noktada sayısal fabrikasyon form yaratma, karmaşık hesaplamalı süreci kontrol etme ve malzeme kullanımı arasında bir köprü oluşturur. Kısaca sayısal üretim hesaplama ve üretim arasında sürekli değişiklikler yapılmasına olanak sağlayarak tasarım ve üretim aşamalarını birbirine bağlayan bir süreçtir. Sayısal fabrikasyon yöntemi sayesinde bir tasarım en başından fiziksel nesne elde edilene kadar sürekli test edilerek değerlendirilebilmektedir. Bu yöntemde kullanılan araçlar iki grup altında toplanmaktadır: Bilgisayarlı Nümerik Kontrol makinaları (CNC Machines) ve Hızlı Prototipleme Makinaları (RP Machines) (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 : Bilgisayar destekli üretim makinalarının sınıflandırılması

Bu yöntemlerin kullanım esası oluşturulmuş olan tasarımın, iki ya da üç boyutlu olmasına, tasarımın büyüklüğüne, üretilecek tasarım sayısına ve malzemesine bağlıdır.

3.5 Bilgisayar Destekli Üretim Araçları

Bilgisayar destekli üretim sürecinde her araç için veriler bilgisayar ortamında hazırlanır ve makinaların diline çevrilerek, makinaya gönderilir ve üretim süreci başlar. Bilgisayar destekli üretim araçları çıkarma işlemine dayalı bilgisayarlı nümerik kontrol makinaları (CNC) ve ekleme işlemine dayalı hızlı prototipleme (RP) makinaları olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılabilir. CNC makinaları çıkarma yöntemine dayalı üretim gerçekleştirirken, RP makinaları ekleme yöntemine dayalı üretim gerçekleştirmektedir.

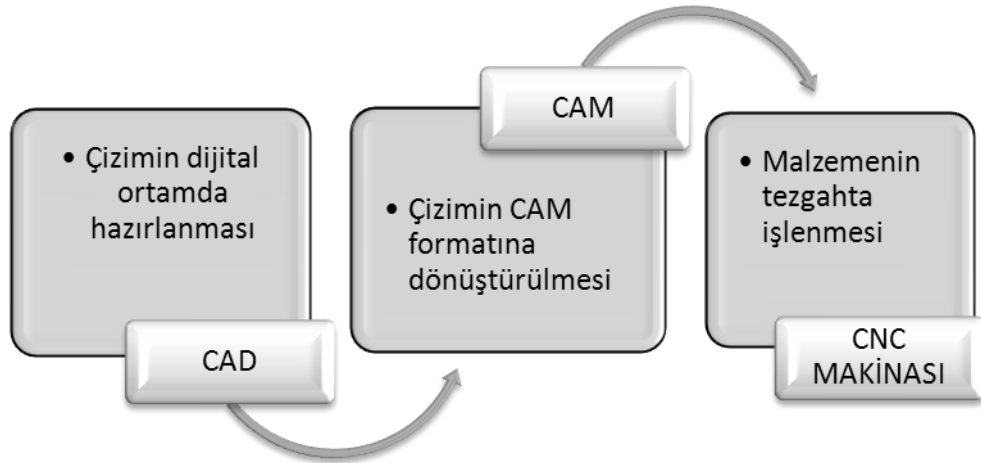
2000’li yıllara kadar bu araçlarının fiyatlarının çok yüksek olması nedeniyle çok yaygın bir kullanım söz konusu değildi. Ancak bilgi ve bilgisayar teknolojilerinde yaşanan değişim ve gelişimle fiyatlarında yaşanan düşme nedeniyle tasarımcılar, öğrenciler, akademisyenler gibi birçok uzman tarafından kullanır hale gelmişlerdir.

3.5.1 Bilgisayarlı Nümerik Kontrol Makinaları (CNC)

Nümerik kontrol (NC), elektronik kontrol sistemleri aracılığı ile makinaı hareketle geçiren ve bir dizi sayı ile belirtilen talimatlarla tezgahın hareketlerinin ve diğerk değışik işlevlerinin kontrolünü tanımlayan bir terimdir.

Bilgisayar destekli nümerik kontrol (CNC) ise, nümerik kontrollü tezgahların özelliklerine sahip, ayrıca tezgah kontrol ara biriminde isteğe uygun biçimde belleğe depolanmış bir programa sahip olan bilgisayar kontrollü tezgahlardır. CNC kontrol birimleri bilgisayarlar gibi belleklerindeki depolanmış programa göre çalışır.

Bilgisayar yazılım programları ile hazırlanan tasarımların bir bilgisayar tarafından numaralara dönüştürülerek üretime hazır hale getirilmesidir. Bu sayılar grafik koordinatları olarak kabul edilir ve makinanın hareketini belirler. Daha sonra kullanılacak olan malzeme tezgah üzerine yerleştirilir ve data bilgisayara gönderilerek üretim gerçekleştirilir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 : Bilgisayarlı sayısal kontrol makinalarının çalışma prensibi

CNC makinaları mimari üretim sürecinde en yaygın olarak kullanılan araçlardır. Seely (2004) CNC üretim sürecini blok, çubuk ya da levha halindeki bir malzemedan bilgisayar kontrollü hareketlerle parçaların çıkarılması olarak tanımlamaktadır. CNC makinalar, iki boyutlu üretim ve çıkarma işlemine dayalı olmak üzere iki şekilde üretim işlemini gerçekleştirmektedir.

İki boyutlu üretim, belirli kalınlıktaki bir malzemenin makinaya yüklenen sayısal veriye göre çeşitli yöntemlerle kesilmesi tekniğidir. İki boyutlu kesim sistemlerinde

kullanılan makinalar iki aklıdır. Lazer kesim, vinil kesim makinaları bu teknikte kullanılan sayısal kontrol makinalarına örnek olarak verilebilir.

Çıkarma işlemine dayalı üretim ise, katı bir malzemedan belirtilen birimlerinin çıkarılması sonucu gerçekleştirilen sayısal üretim yöntemidir. CNC freze, torna makinaları bu yöntemle üretim yapan makinalardır. Çıkarma işlemine dayalı üretimde, kimyasal, elektronik ve mekanik azaltma yöntemleri kullanılmaktadır (Kolarevic, 2003).

Bilgisayar destekli üretim araçlarının ortaya çıkmasında, üretimin hızlandırılması, birim maliyetlerin düşürülmesi, işlemesi zor olan parçaların üretiminin kolaylaştırılması, tekrarlayan parçaların boyutsal ve geometrik tamlığının yakından kontrol edilmesi, geleneksel yöntemlerle işlenmesi mümkün olmayan parçaların üretilmesi ihtiyacının doğması gibi faktörler etkili olmuştur.

CNC araçlarının üretim sürecinde tercih edilmesinin hem avantajlı hem de dezavantajları yanları bulunmaktadır.

CNC üretim araçlarının geleneksel araçlara göre sahip olduğu avantajlar:

- Seri ve hassas imalat,
- Yüksek üretim hızı,
- Karmaşık şekillerin daha kolay işlenebilmesi,
- Ürünün şekilsel düzgünlüğü,
- Tezgahın her zaman yüksek ve aynı hızda çalışma temposu,
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmesi,
- Iskarta oranının az olması,
- Özel takım ve iş bağlama kalıplarına duyulan ihtiyacın geleneksel yöntemlere göre daha az olması,

CNC üretim araçlarının geleneksel araçlara göre dezavantajları:

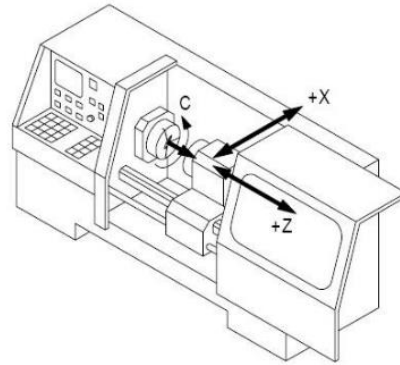
- Detaylı bir imalat planı gerektirmesi,
- İlk yatırım ve işletme maliyetinin yüksek olması,
- Elektrik ve elektronik bakım giderlerinin yüksek olması,

- Tezgahın saat ücretinin yüksek olması,
- Konvansiyonel tezgahlarla kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım istemesi,
- Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilere ihtiyaç duyulması,

Yukarıda belirtilen maddelerden de anlaşılacağı gibi CNC tezgahları her uygulama için kullanmak ekonomik değildir. Basit geometrik şekilli ve az sayıdaki parçalar geleneksel tezgahlarda daha kolay ve ucuza üretilir.

Geleneksel tezgahların yerine modern teknolojinin kullanılması durumunda daha az işçiliğe ihtiyaç duyulacağı kesindir. Ancak bu durumda da nümerik kontrol için programlama ve kontrol sistemlerini bilen, takım ayar teknikleri, iş bağlama, kesme hızları ve ilerlemeleri konusunda bilgili kalifiye elemana ihtiyaç doğmaktadır.

CNC Torna Tezgahı: CNC torna tezgahı silindirik parçaları işlemek için iş parçasının döndüğü ve kesicinin ilerleyerek parçadan talaş kaldırdığı, sport ve araba hareketinin bilyalı vida ve servomotor sistemi ile kontrol edildiği, kesici ve ayna hareketlerinin bilgisayarlarla kontrol edilebildiği tezgahlardır [3]. Bilgisayar desteği ile çalışan torna tezgahları CNC torna tezgahı olarak adlandırılmaktadır. Torna tezgahında iki temel eksen mevcuttur (Şekil 3.22). Bu eksenler; kesicinin iş parçasının boyuna ilerlemesini sağlayan Z eksen ve kesicinin çapta ilerlemesini sağlayan X eksenidir. İşlem yetenekleri daha fazla olan CNC tezgahlarında X ve Z eksenlerinin yanında C eksen de bulunmaktadır. C eksenli bir torna tezgahında parça üzerinde frezeleme işlemleri de yapılabilir. Böylece hem zaman hem de işçilikten tasarruf edilerek parçanın imalatı yapılmış olur.

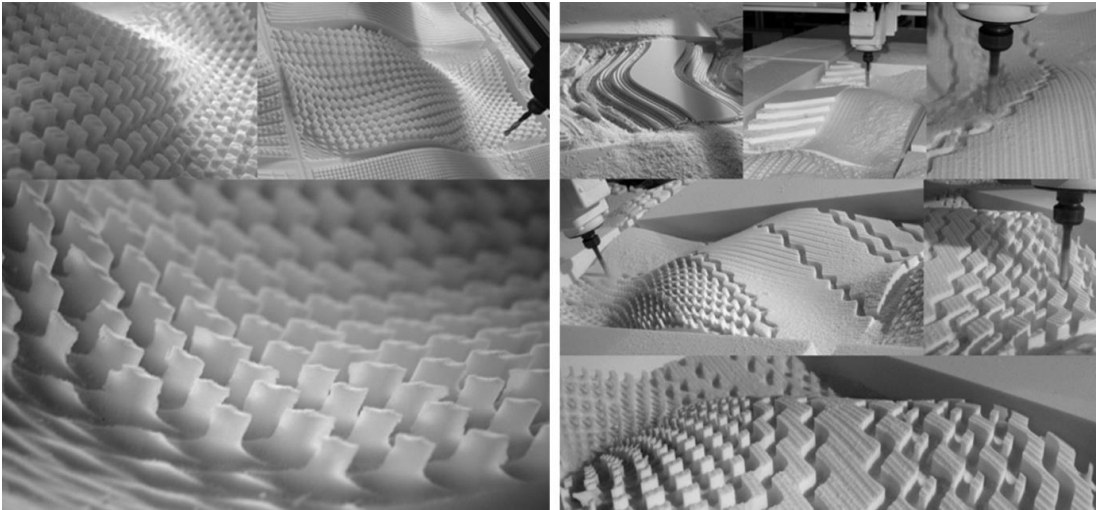


Şekil 3.22 : CNC torna tezgahı eksenleri (GÜTEF, 2006)

CNC torna tezgahları ahşap, metal, plastik, köpük gibi malzeme bloklarından mimari öğelerin üretilmesi için çıkarma işlemine dayalı üretim yapan sayısal üretim araçlarıdır. Bu makinalarla, küçük ve tekil mimari elemanların üretimi elverişlidir (Şekil 3.24).

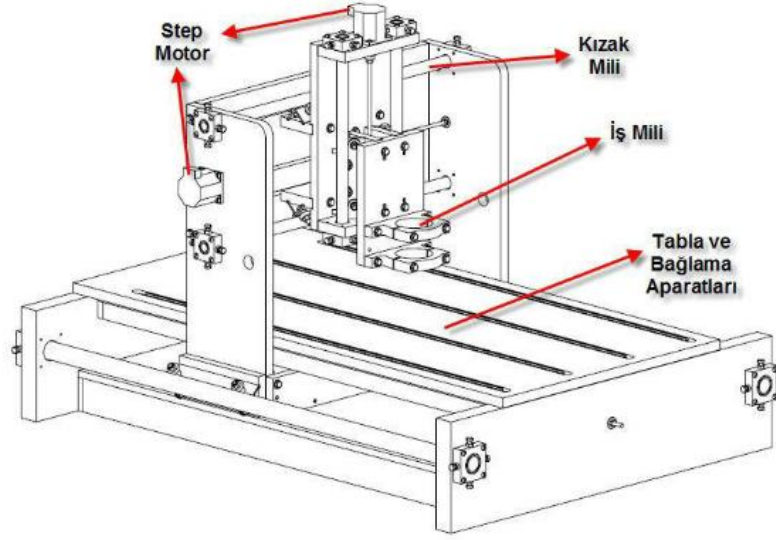


Şekil 3.23 : CNC torna tezgahından genel görüntüler
(<http://www.belgeler.com>)



Şekil 3.24 : CNC torna tezgahında kesilmiş sünger yüzeyler
(<http://www.workshopfactory.wordpress.com>)

CNC Freze Tezgahı: CNC freze tezgahı, kendi eksenini etrafında dönmekte olan çok ağırlı bir kesici yardımıyla sağlam bir şekilde bağlanmış bir iş parçasının talaş kaldırma esasına dayalı olarak kesilmesini sağlayan tezgahlardır [4]. CNC freze tezgahları 3, 4, 5 ve daha fazla eksenle hareket edebilme özelliğine sahiptir. Ahşap, köpük, sünger, metal, plastik gibi malzemelerin çıkarma işlemine dayalı şekillendirilmesini sağlayan araçlardır.



Şekil 3.25 : CNC freze ana gövde kısımları (GÜTEF, 2006)



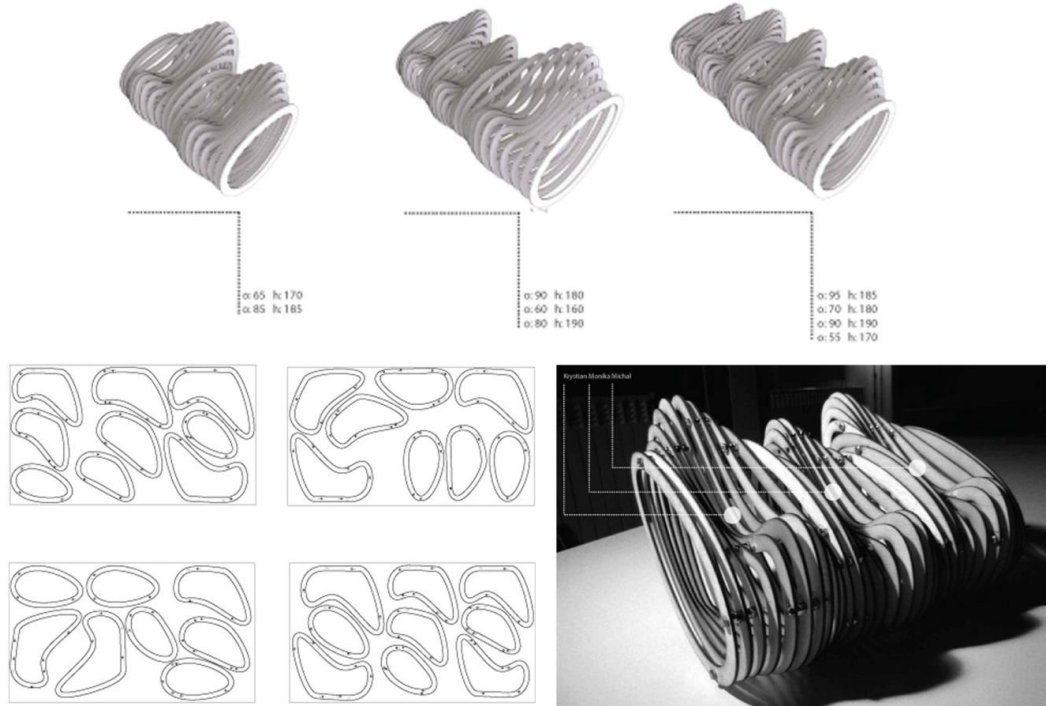
Şekil 3.26 : CNC freze makinasında üretilen yüzey örnekleri
(www.lucept.com)

Lazer Kesim Makinaları: LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation- uyarılmış ışık yayımı ile ışının kuvvetlendirilmesi*) olarak adlandırılmıştır [5]. Lazer kesme yöntemi, foton enerjisinin termal ya da fotokimyasal yollarla işlenecek parçaya ulaştırılması, işlenecek malzemenin eritme ve buharlaştırma yoluyla atom işlenmesi ve eriyik malzemenin kullanılan gazlar yardımıyla kesim bölgesinden uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir (Şekil 3.27). Lazer kesim makinaları ahşap, sac metali, kağıt, plastik gibi malzemelerin lazer ışını yardımıyla iki boyutlu olarak kesilmesini sağlayan araçlardır. Genellikle 16mm kalınlığa kadar olan ışık enerjisini absorbe eden levha halindeki malzemelerin kesimin de kullanılır. Lazerli kesim yöntemiyle, 24 saat üretim yapılabilmekte ve düşük maliyetli ürünler elde edilebilmektedir. Lazerle yapılan kesme işlemleri sayesinde birçok kalıp ve aparat maliyeti azaltılmaktadır. Çeşitli yazılım programları sayesinde üretim çok hızlanmakta aynı kalınlıkta ve ölçüde birçok parça aynı anda kesilebilmektedir. CAD çizim programlarıyla oluşturulan tasarımlar dxf. formatına dönüştürülerek makinanın kullandığı programlara uygun hale getirilir. Makinanın diline çevrilen çizimler, makinanın programı kullanılarak kesilecek parça veya parçaların uygun yerleşim

planı hazırlanır. Ayrıca program içerisinde parçanın kesim sıralaması oluşturulur. Kesimin nereden başlayacağı ve kesim sırasında lazer başlığın izleyeceği yol belirtilir. Bunun yanı sıra üretimin ne kadar süreceği program tarafından hesaplanır. Kullanılacak olan malzeme tezgah üzerine yerleştirilerek kesim işlemi gerçekleştirilir.

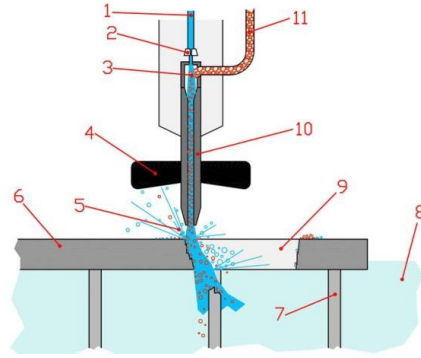


Şekil 3.27 : Lazer kesim makinası ve kesim süreci örneği
(www.stencilsunlimited.com)

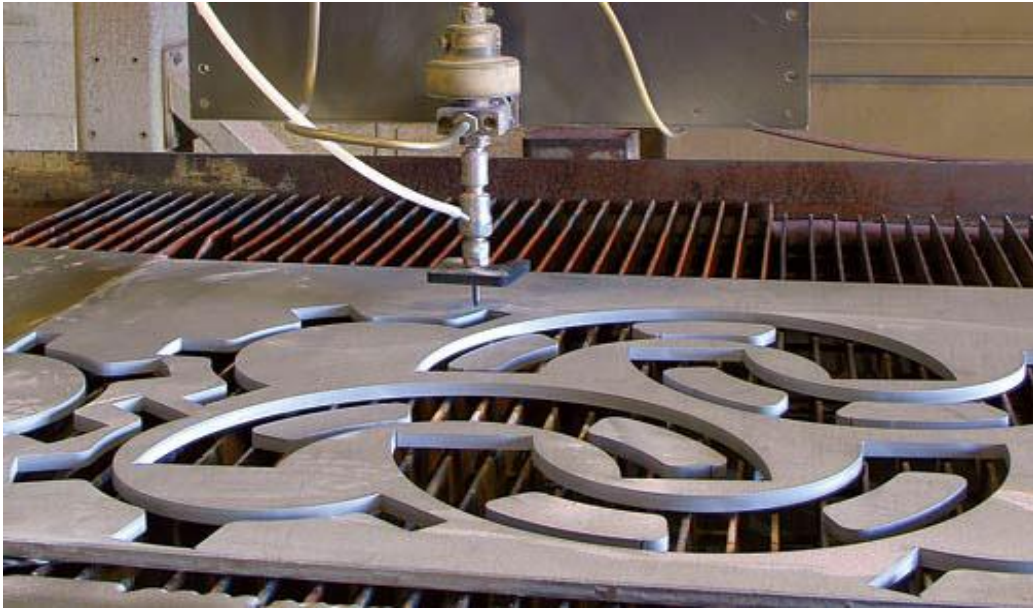


Şekil 3.28 : Lazer kesim makinası ile iki boyutta oluşturulup üç boyutlu hale getirilmiş olan strüktür çalışması
(www.workshopfactory.files.wordpress.com)

Su Jeti Kesim Makinaları: Ahşap, metal, cam, taş, plastik gibi çok çeşitli malzemelerin iki boyutlu şekillendirilmesini sağlayan makinalardır. Su jeti yüksek basınçlı su ile aşındırma mantığıyla kesim yapmaktadır (Şekil 3.29). Bir basınç yükseltici vasıtasıyla su 4000 barlık bir basınca kadar sıkıştırılır. Bu yüksek basınç altında, ses hızının üç katından daha fazla hıza sahip olan su, özel olarak imal edilmiş olan ve ucunda küçük delikli bir safir olan nozuldan geçirilir. İş parçasına çarptığında çok ince hassas kesme yapan ve saç teli kalınlığında olan bir su jeti ortaya çıkar. Bu teknolojinin en büyük avantajı yüksek sıcaklıkların olduğu bir kesme işlemi olmasıdır [6]. Böylelikle kesilen malzemelerde ısıl gerilmeler oluşmamakta, dolayısıyla işleme sonrasında bir gerilme giderme işlemine gerek duyulmamaktadır.

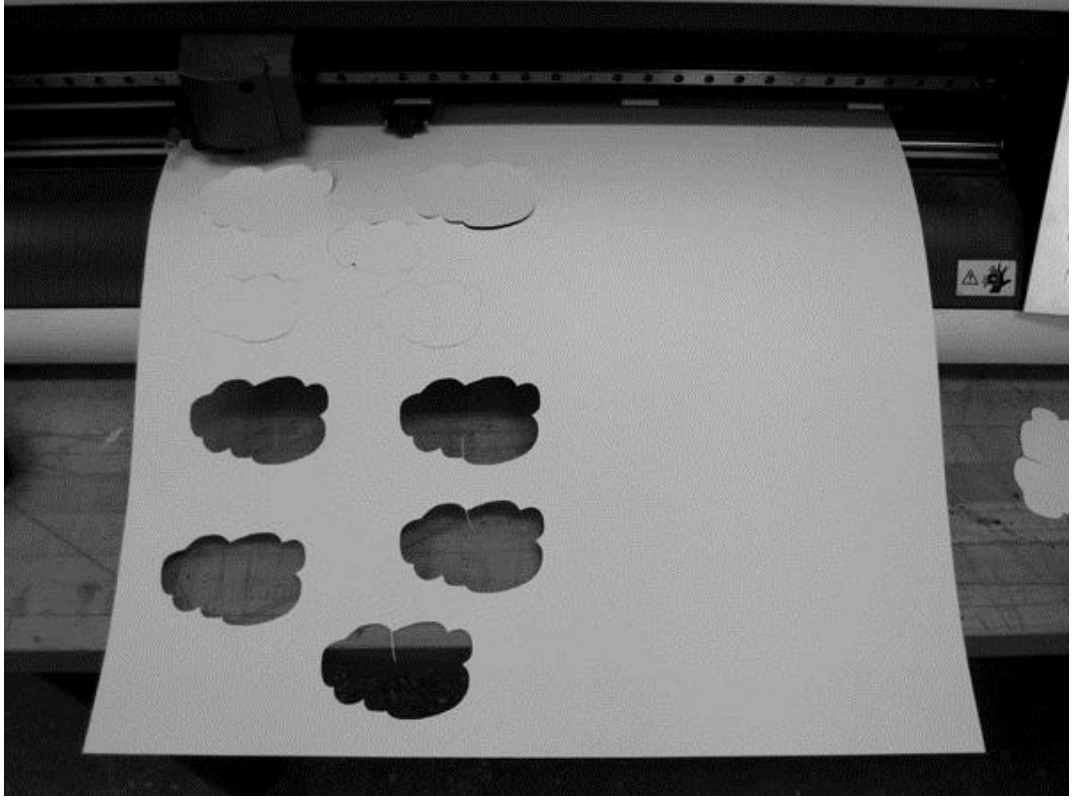


Şekil 3.29 : Su jeti kesim makinasının kesim süreci
(www.commonswikimedia.org).



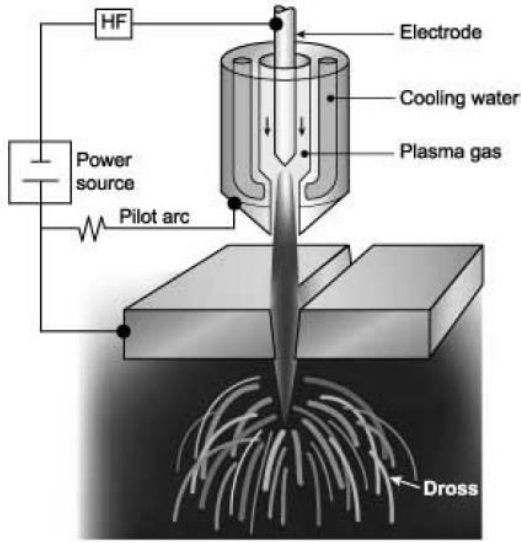
Şekil 3.30 : Su jeti kesim makinasında gerçekleştirilen desen çalışması
(<http://us-madeproducts.com/machining-water-jet-services>).

Vinil Kesim Makinası: Vinil, kağıt, asetat gibi çok ince malzemelerin kesimi için kullanılan araçtır. En büyük avantajı hassas ve yumuşak kenarlı yüzeyler oluşturmastır (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 : Vinil kesim uygulama örneği
(www.fab.cba.mit.edu)

Plazma Yayı Kesim Makinası: Plazma maddenin dördüncü halidir. Madde gaz halinde iken uygun koşullar altında ise verilmeye devam ederse plazma haline geçiş yapar. Enerji kaynağı elektrik olabileceği gibi ısı ya da ışın kökenli de olabilir. Plazma ile kesme metodu iletken metallerin kesiminde kullanılan termal bir yöntemdir. Plazma kesim yönteminde elektrikli yay kesim alanı üzerinden sıkıştırılmış gaz jeti ile geçerken kesme ucu çok yüksek sıcaklığa gelerek levha halindeki malzemeyi kesmektedir (Şekil 3.32).



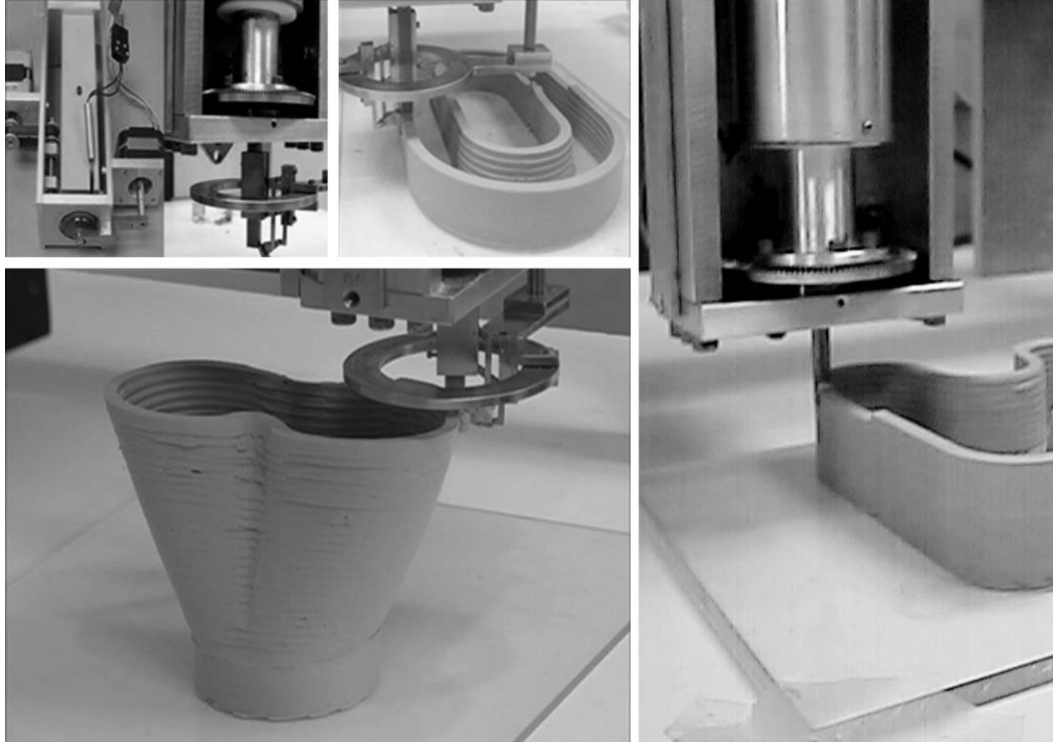
Şekil 3.32 : Plazma yay kesim yöntemi
(www.fab.cba.mit.edu)

3.5.2 Hızlı Prototipleme Makinaları

Hızlı prototipleme, bilgisayar ortamında yaratılan tasarım objesinin, dosyadan fabrikaya olarak adlandırılan direkt üretim tekniğiyle fiziksel nesneye dönüştürülmesi sürecidir. Hızlı prototipleme makinaları ile üretim ekleme işlemine dayalı bir süreçtir. Tasarım objesi, yüzeyi kendisini oluşturan malzemenin katman katman eklenerek birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Hızlı prototipleme yöntemiyle üretimde, CAD dosyası sisteme girilmekte birkaç saat bekledikten sonra objenin hızlı prototipi elde edilmektedir. Elde edilen prototipin kalitesi iki faktöre bağlıdır; gönderilen modelin geometrik kalitesi ve makinanın varsayılan nitelikleri. Yaygın olarak kullanılan 5 çeşit hızlı prototipleme makinası bulunmaktadır.

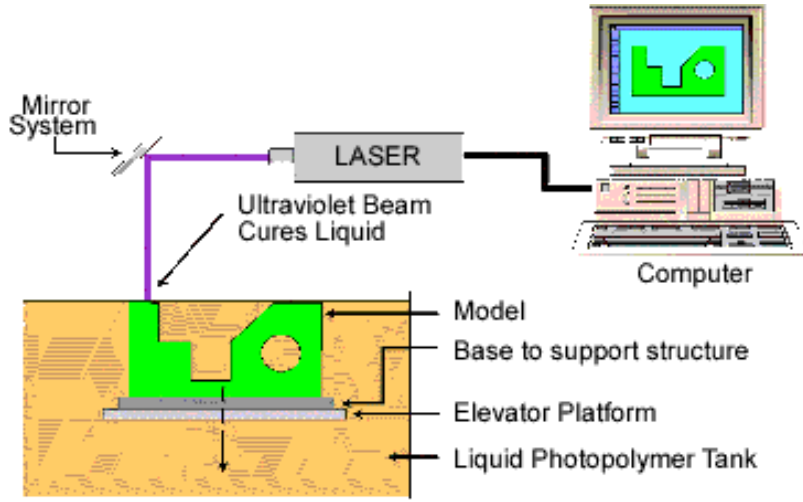
Üç Boyutlu Baskı Makinaları: 3B baskı teknolojisinde üretilmesi düşünülen parça önce 3B bir tasarım programı ile bilgisayarda modellenir. Tasarıma sıfırdan başlanabileceği gibi geleneksel yöntemlerle yaratılmış olan bir modelin 3B tarayıcılarla taranması ile de başlanabilir. Üç boyutlu baskı makinaları, ekleme yöntemine dayalı üretim yapan hızlı prototipleme makinalarıdır. Bu yöntemde, bir bıçak, kompozit, seramik veya model tozunu ince bir tabaka halinde platformun üzerine yayar. Bir baskı kafası, inkjet yazıcılarda olduğu gibi, bağlayıcı bir sıvı püskürtür. Bağlayıcı sıvı, nesnenin ilk tabakasını oluşturmak için tozu sertleştirir. Platform alçalır, daha fazla toz yayılır, bağlayıcı madde ikinci tabakayı oluşturur ve bu böyle devam eder (Şekil 3.33). Fazla toz daha sonra üflenerek uçurulur.

Dayanıklılığı artırmak için son parçalara mum veya reçine sürülebilir. Bu yöntem sayesinde bilgisayar ortamındaki tasarım gerçek boyutları ile üretilip, estetik ve fonksiyon gibi görsel kontrolleri yapılabilir (Seely 2004).



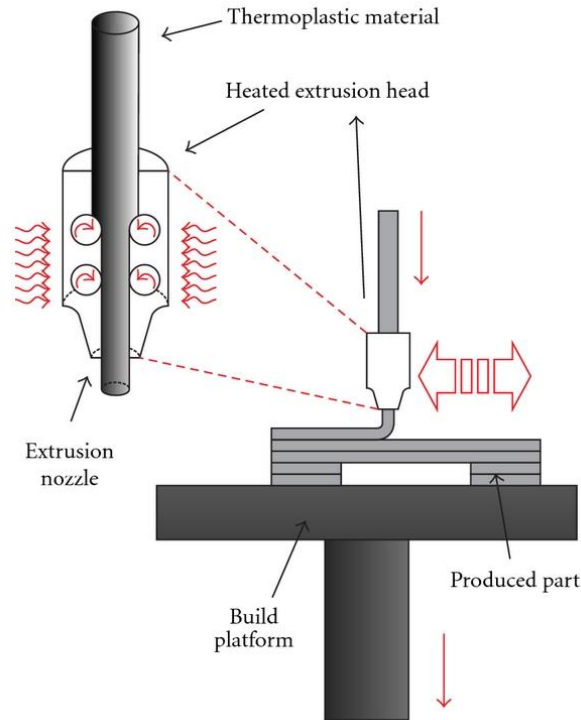
Şekil 3.33 : Kontur işleme yöntemiyle gerçekleştirilen üç boyutlu baskı modeli
(<http://www.parasite.usc.edu>)

Stereolitografi Makinaları: Bir yazılım, söz konusu nesneye ait tasarım verilerini bir dizi, ince kesitler haline dönüştürür. Işığa duyarlı sıvı polimer dolu bir kabın içindeki delikli bir platform, yüzeye yükselir. Sıvı, platformun üzerinde baloncuklar oluşturur. Bu arada bir bıçak, platformu sıyrıp geçince ince bir tabaka oluşur. Bir ayna ile yönlendirilen morötesi lazer ışını, ilk kesitin üzerinden geçerek, kaplamanın hassas bölümlerini katı hale dönüştürür. Platform biraz alçalır ve bıçak katılmış alanın biraz üzerindeki sıvıyı düzgün hale getirir. Lazer birincinin üzerindeki ikinci tabakayı sertleştirir ve yapı oluşuncaya kadar bu böyle devam edip gider. Gerekirse destek için sütunlar ilave edilir ve daha sonra bunlar kaldırılır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34 : Stereolitografi makinasının çalışma şeması
(<http://www.msoe.edu>)

Erimiş Birikimli Modelleme Makinası (Fused Deposition Modelling): Erimiş plastik malzemenin katman katman dökülmesi ile üretim yapılmasıdır. Bir katman döküldükten sonra platform aşağıya iner ve bir sonraki katmana geçilir. Tasarlanan form elde edilene kadar süreç devam eder (Şekil 3.35).

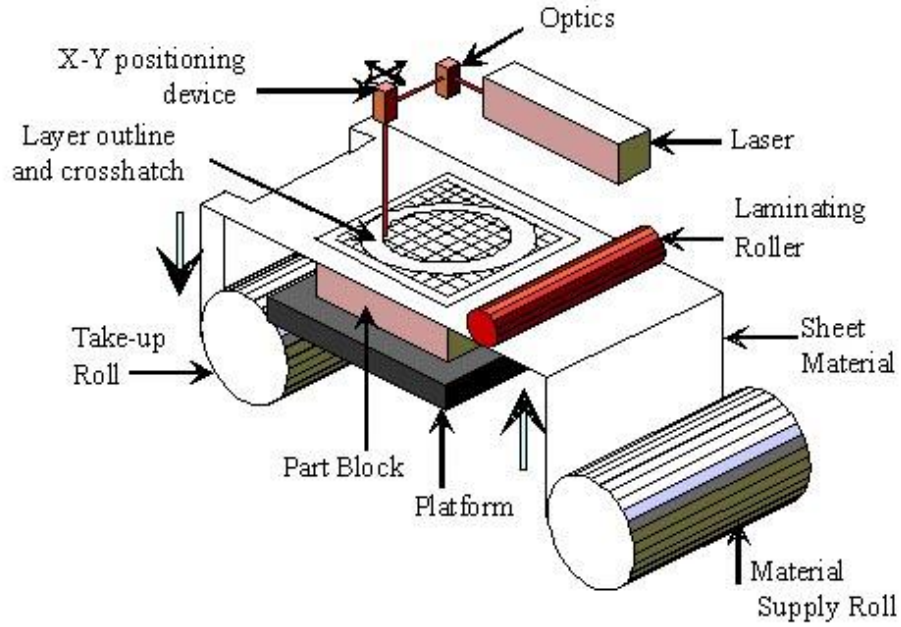


Şekil 3.35 : Erimiş birikimli modelleme makinasının çalışma şeması
(<http://www.hindawi.com>)



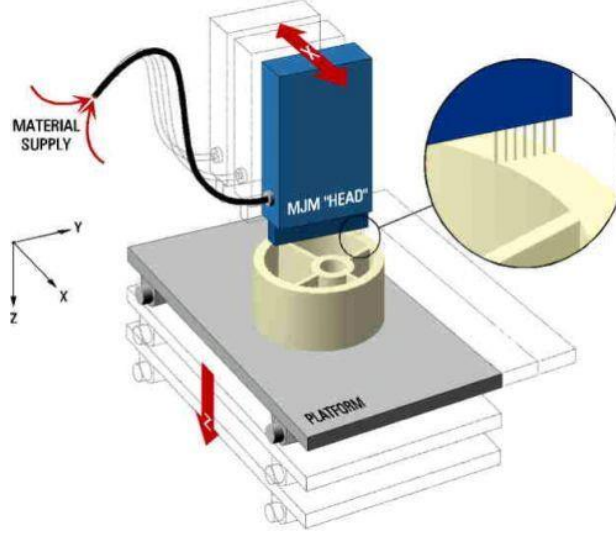
Şekil 3.36 : Erimiş birikimli modelleme makinası ile gerçekleştirilen sehpa uygulaması
(www.2.bp.blogspot.com)

Katmanlı Obje Modelleme Makinası (Laminated Object Modelling): Kağıt, plastik, kompozit gibi malzemelerin üst üste laminasyonu ile gerçekleştirilen üretim yöntemidir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37 : Katmanlı obje modelleme makinası çalışma şeması
(<http://www.msoe.edu>)

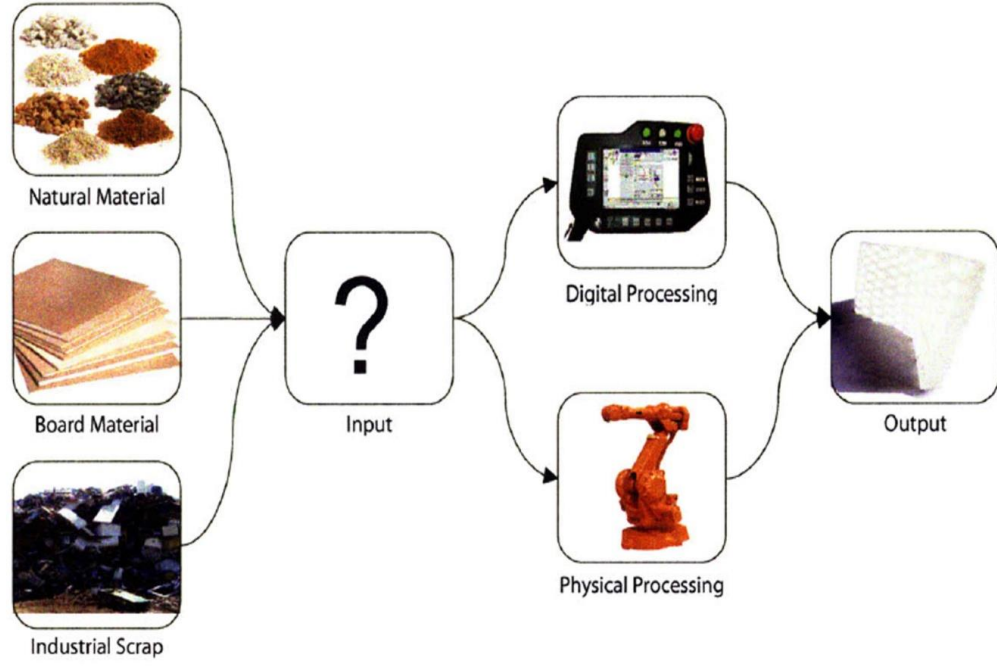
Multijet Modelleme Makinaları: 1999 yılında kullanılmaya başlanan bir yöntemdir. Diğer hızlı prototipleme yöntemleri gibi bu yöntemde katman katman üretim yapılmasına olanak sağlar. Küçük erimiş opak mum damlalarını platform üzerine bırakan bir kafa yardımıyla istenilen form elde edilir (Şekil 3.38). Diğer yöntemlerdeki gibi platformun aşağıya doğru hareketi ile üretime devam edilir.



Şekil 3.38 : Multijet modelleme makinası çalışma şeması
(www.turkcadcam.net)

3.6 İç Mimaride Bilgisayar Destekli Üretim Teknikleri

Sayısal üretim, malzemelerin iki boyutlu kesim, ekleme, çıkarma ve biçimlendirme işlemlerine göre bilgisayar destekli olarak işlenmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Sayısal üretim stratejileri sayısal ortamda oluşturulan tasarımların sayısal üretim araçları ile fiziksel nesneye dönüştürülmesine olanak sağlayan yöntemlerdir (Şekil 3.39). Sayısal üretim yöntemlerinde tasarım, küçük bileşenler halinde üretilerek bileşenlerin bir montajlama programı ile bir araya getirilmesi sonucu elde edilir. Tasarımın bileşenlere ayrılması ile üretilmesi yöntemi malzeme açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Böylece malzeme küçük boyutlarda da olsa büyük yüzeyler elde edilebilmektedir. Büyük bir yüzey elde edilmek istendiğinde, modüller üretim yapılması hem nakliye kolaylığı sağlamakta hem de malzemenin verimli kullanılmasına olanak tanımaktadır. Oluşturulan bileşenler, farklı boyutlarda olmasından dolayı bileşenleri kodlayıp, bu kodlar doğrultusunda montaj işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 3.39 : Yerde sayısal üretim ve yapım teknolojileri süreci (Liu, 2009)

George A. Popescu sayısal üretim teknikleriyle oluşturulacak nesnenin aşağıdaki özellikleri sağlaması gerektiğini savunmaktadır (Popescu, Mahale ve Gershenfeld, 2006).

- Bütün bileşenlerin daha küçük belirli geometrik formlara bölünebilmesi,
- İki bileşenin sınırlı sayıda bağlantı ile form oluşturabilmesi,
- İki bileşen arasındaki bağlantının ters-yüz edilebilmesi,

Sayısal üretim tekniklerinin bazılarında amaç formu oluşturan kütleyi iki boyutlu daha basit geometrilere indirgemektir, bazılarında ise küçük modüller halinde üretip bu modülleri birleştirmektir. Sayısal üretim tekniklerinde, bir formu oluşturmak için her biri tek başına kullanılabileceği gibi bir arada da kullanılabilmektedirler. Bu sebeple bu teknikler birbirleriyle iç içe geçebilen ve etkileşimli olarak gerçekleştirilen uygulamalardır. Aslında bu tekniklerin kullanımı ile elde edilen kompleks formların bir kısmı geleneksel araçlar kullanılarak da gerçekleştirilebilmektedir. Ancak bu tekniklerin kullanımının sebebi gelişen teknolojik araçlara ve yöntemlere hakim olabilmek ve onların sınırlarını keşfederek yeni mimari yaklaşımlarda bulunmaktır. Ayrıca her parçanın standart ölçülerde ve aynı kalitede üretilebilmesi de bu tekniklerin tercih edilmesini güçlendirmektedir.

3.6.1 İki Boyutlu/Eksenli Kesim Tekniği

İki eksenli ya da iki boyutlu kesim tekniği, plan ya da görünüş düzleminde oluşturulan tasarım datasının kullanılması ile iki boyutlu olarak tanımlanan formların levha, kontrplak, pleksiglas gibi malzemelerin çıkarma işlemine dayalı olarak şekillendirilmesi prensibine dayanan üretim stratejisidir. İki boyutlu kesim yönteminde su jeti, lazer kesim, CNC kesim, plazma yay kesim gibi bilgisayar destekli üretim makinaları kullanılmaktadır. Malzeme seçimi ise et kalınlığı olarak ifade edilen malzeme kalınlığı çok fazla olmayan malzemelerden yana olmaktadır. İki boyutlu üretim yöntemi ile nesneler iki boyutlu olarak üretilerek sadece yüzeyler olarak kullanılabilecekleri gibi bazı deformasyonlarla ya da hareketli elemanlarla üç boyutlu olarak da kullanılabilmektedirler.

İki boyutlu modüllerin montaj teknikleri kullanılarak birleştirilerek elde edilen iki boyutlu kesim tekniğinin tercih edilmesinin sebebi, karmaşık yapılı, taşıyıcı özelliği olan, düşük maliyetli tasarımlar elde edebilmektir. Ancak bunun yanı sıra sadece estetik amaçlı olarak kullanılan doluluk boşluk özellikleri taşıyan yüzeylerde aynı yöntemle elde edilebilmektedir.

Birkenhead Kütüphanesi ve Kültür Merkezi: Yeni Birkenhead Kütüphanesi ve Kültür Merkezi 2600 m² alan üzerinde Birkenhead, Auckland, Yeni Zelanda’da yer almaktadır. Archoffice tarafından oluşturulan kütüphanenin konsepti mimari proje alanında var olan eski ağaçların dijital teknikler kullanılarak yorumlanması ile ortaya çıkmıştır. Oluşturulan formlar şeffaflık, ışıık kalitesi, doluluk boşluk, desen ve form gibi çeşitli tasarım taleplerini karşılamaktadır (Şekil 3.40). Ayrıca bina içerisinde tasarlanan bu iki boyutlu lazer kesim yüzeyler sayesinde gündüzleri bina içerisine yeteri kadar ışıık alınması sağlanmakta, geceleri ise binanın şeffaf ve estetik bir görünüme sahip olmasına olanak tanınmaktadır (Şekil 3.41). Bina içerisinde kullanılan bilgisayar destekli üretilmiş ahşap korkuluklar da bina içerisindeki ilgi çekici detaylar arasında yer almaktadır (Şekil 3.42).



Şekil 3.40 : Birkenhead kütüphanesi
(<http://www.archoffice.co.nz>)



Şekil 3.41 : Birkenhead kütüphanesi çalışma alanı
(<http://openbuildings.com>)



Şekil 3.42 : Birkenhead kütüphanesi galeri boşluğu iki boyutlu ahşap paneller
(<http://openbuildings.com>)



Şekil 3.43 : Birkenhead kütüphanesi iç cephe görüntüsü
(<http://openbuildings.com>)

i29 Tasarım Ofisi Konut Projesi: Hollandalı tasarım ofisi i29 tarafından Amsterdam’da gerçekleştirilen konut projesi, dört kişilik bir aile için tasarlanmıştır. Mutfak bölümünde yerden tavana kadar uygulanan dolaplar lazer kesim yöntemiyle üretilen panellerin beyaza boyanması ile oluşturulmuştur (Şekil 3.44). Paneller açık

ve kapalı dolap sistemlerinin yeniden yorumlanması ile tasarlanmıştır (Şekil 3.45). Büyük boşluk bırakılan alanlar açık dolap sistemi görevini yerine getirirken, küçük delikli panellerdeki delikler de kulp işlevini yerine getirmektedir (Şekil 3.46).



Şekil 3.44 : i29 salondan bir görünüm
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.45 : i29 konut projesinde lazer kesim yöntemi ile üretilen mutfak dolabı kapakları
(<http://www.archimagz.com>)



Şekil 3.46 : i29 konut projesi mutfak genel görünüm
(<http://plusmood.com>)

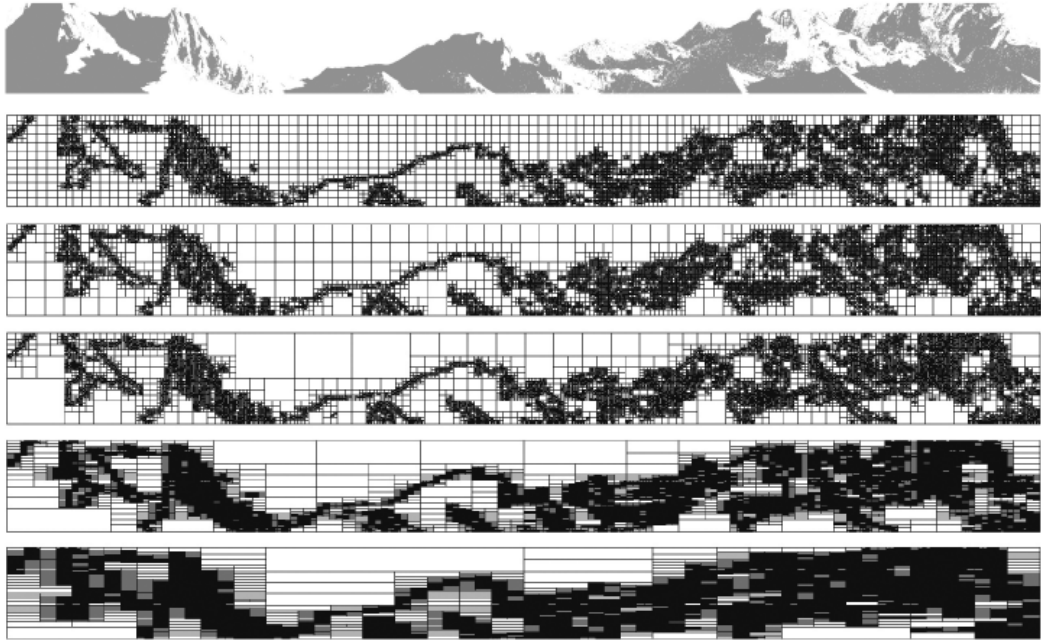
3.6.2 Kesit Alma Tekniği

Plan kesit gibi iki boyutlu çizimler, mimarlar tarafından sunum amacıyla kullanılan yöntemlerdir. Ancak günümüzde sadece bir sunum tekniği olarak değil aynı zamanda sayısal üretim tekniklerinden birinin temelini oluşturan bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Kesit alma yöntemi, bilgisayar ortamında tasarlanan üç boyutlu objelerden enine kesitlerin alınıp bilgisayar destekli araçların kullanımı ile üretimin gerçekleştirilmesidir. Bu üretim sürecinde lazer kesim, su jeti kesimi, CNC freze tezgahı, plazma kesici gibi bilgisayar destekli üretim araçları kullanılmaktadır. Üretimin gerçekleşmesi için çeşitli yazılım programları ile tasarımlar oluşturulup, makinaların kullandığı yazılım diline uygun hale getirilmektedir. Bu teknikle yüzeyin tamamı bir bütün olarak oluşturulmayıp, çok sayıda parçalar elde edilerek bu parçaların çeşitli birleşim elemanlarıyla bir araya getirilmesi sağlanır. Monte edilen parçalar, genellikle birbirlerine paraleldir ve aralarındaki mesafe sabittir. Bu teknikle, bilgisayar ortamında yaratılan karmaşık geometrilere sahip üç boyutlu formlar, iki boyutlu üretim yapan sistemlerle üretilebilecek halde çözümlenir. Bu teknikte dikkat edilmesi gereken formun olabildiğinde bileşenlerine ayrılmasıdır. Oluşan form aynı

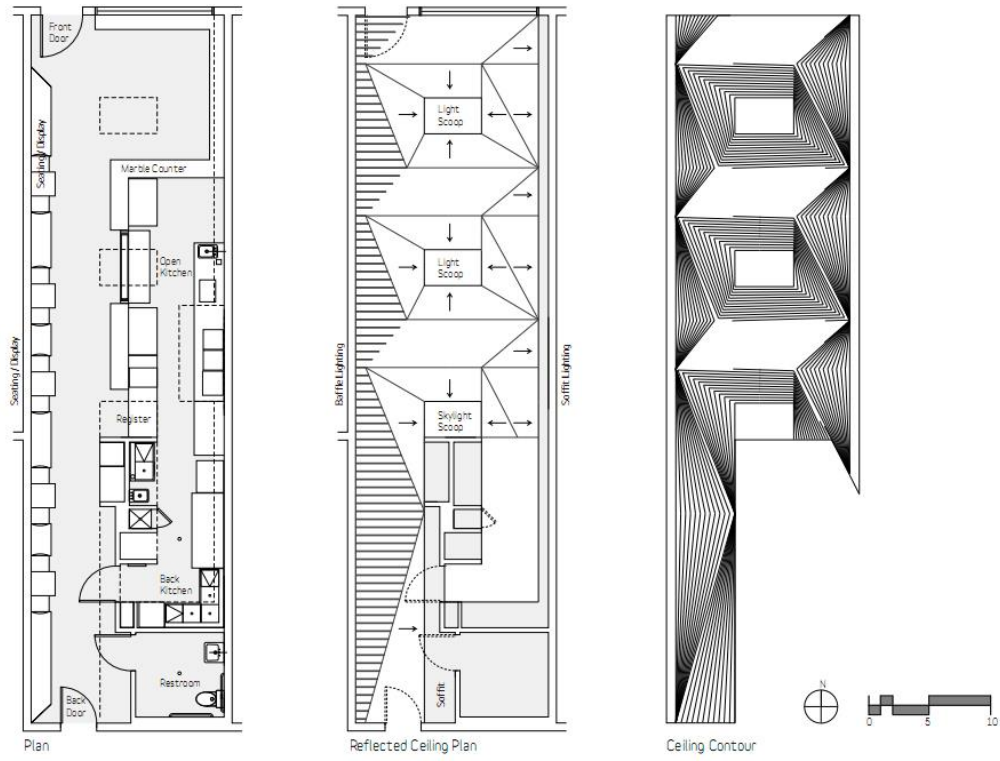
zamanda taşıyıcılık görevine sahip olduğundan dolayı strüktürel analizlerinin yapılması önem taşımaktadır.

Bu yöntem mimarlık disiplininin önce kompleks uçak ve gemi gövdelerinin yapımında kullanılan bir tekniktir. Ayrıca dijital çağ öncesinde Le Corbusier Ronchamp şapelinin amorf formunu oluşturabilmek için çok sayıda strüktürel betonarme kirişleri çapraz kirişlerle birlikte kullanmıştır. Böylece içi boşluklu strüktür oluşturarak hafif ve aynı zamanda kompleks bir form yaratmayı başarmıştır (Iwamoto, 2009).

Earl's Gourmet Şarküteri: Freelandbuck tasarım ofisi tarafından tasarlanan Earl's Gourmet şarküteri bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojilerinin sadece ikon binalarda değil aynı zamanda günlük hayatta da kullanılabileceğinin bir göstergesidir. Earl's Gourmet'in batı duvarındaki grafiksel çalışmalar alp dağlarının pikseller aracılığıyla soyutlanmasının sonucunda elde edilmiştir (Şekil 3.47). Tavandaki ritmik dalgalanmalar mekanı ceplere bölme hissini yaratarak dinamik bir etki oluşturmaktadır (Şekil 3.48). Tavanda kullanılan kontrplaklar da kesit alma yöntemiyle oluşturulup, belirli bir ritimle monte edilmiştir (Şekil 3.48).



Şekil 3.47 : Freelandbuck tarafından tasarlanan Earl's Gourmet'in batı duvarındaki alp dağları soyutlaması
(<http://www.b3designers.co.uk>)

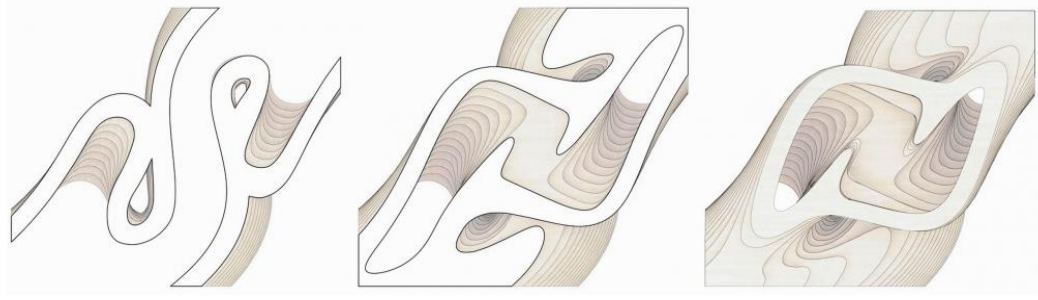


Şekil 3.48 : Freelandbuck tarafından tasarlanan Earl's Gourmet zanaatsal şarküterinin zemin ve tavan planları (<http://www.openbuildings.com>)



Şekil 3.49 : Freelandbuck tarafından tasarlanan Earl's Gourmet'in kesit alma yöntemiyle gerçekleştirilen tavan uygulaması (<http://www.suckerpunchdaily.com>)

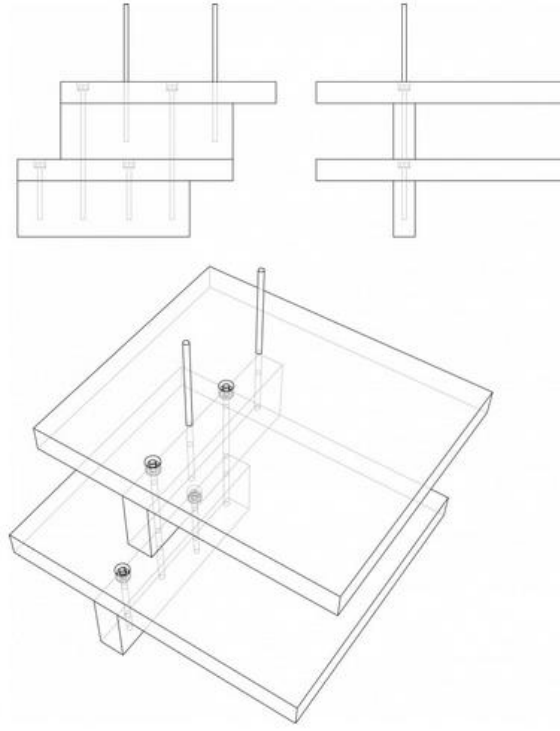
Lignum Pavilion: Proje ahşabın modern teknolojilerle kullanılarak nasıl şekillendirilebileceğini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Proje 2010 yılında Swiss Bau sergisi için gelen teklif üzerine tasarlanmıştır. Proje 50mm kalınlığındaki panellerin arasına yerleştirilen 130mm'lik destek ayaklarının birbirine bağlanması ile gerçekleştirilmiştir [7].



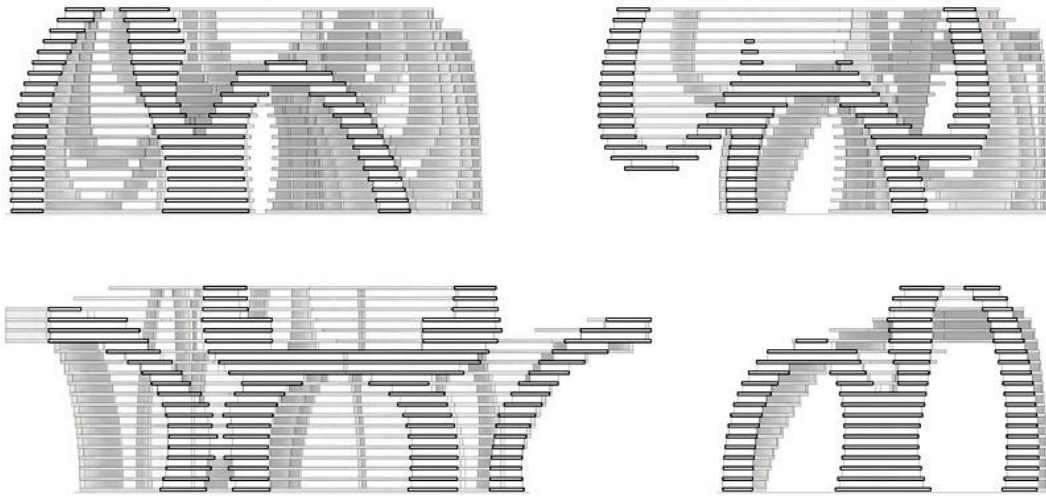
Şekil 3.50 : Lignum Pavilion bilgisayar modeli
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.51 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilionu'nun form diagramı
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.52 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion'un bağlantı detayı
(<http://www.archdaily.com>)

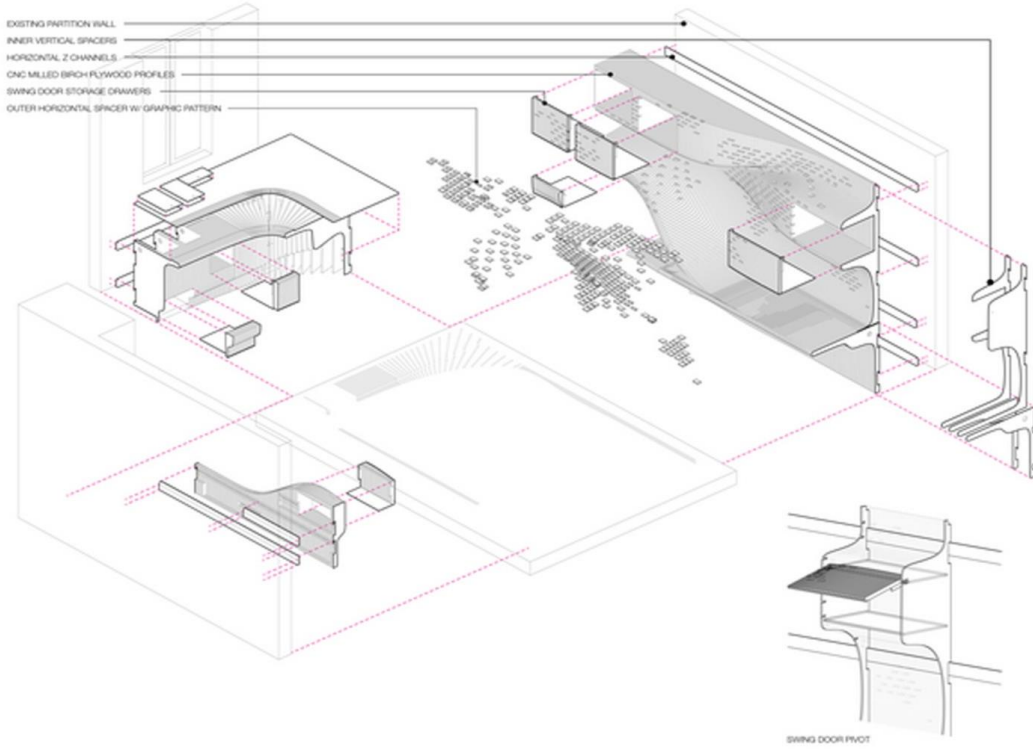


Şekil 3.53 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion'un kesitleri
(<http://www.afasiaarq.blogspot.com>)

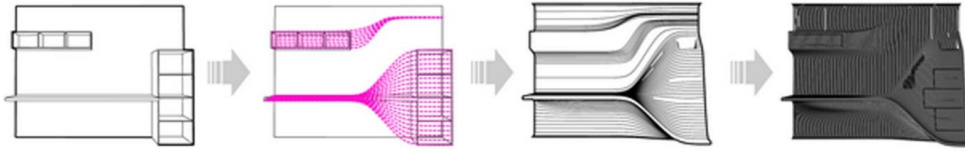


Şekil 3.54 : Frei + Saarinen tarafından tasarlanan Lignum Pavilion
(<http://www.afasiaarq.blogspot.com>)

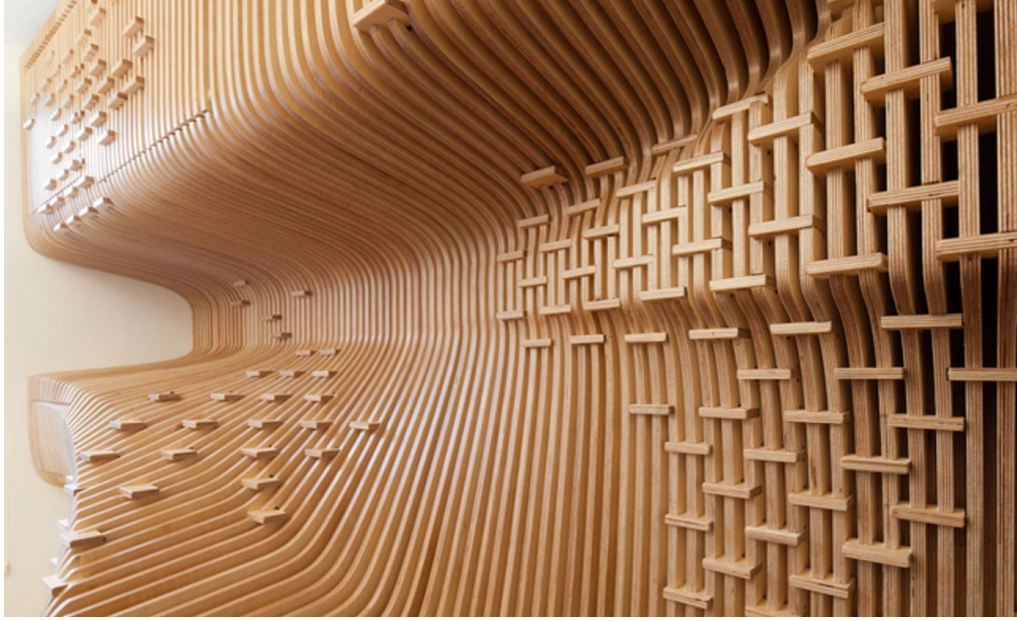
Chelsea Çalışma Alanı: Synthesis Tasarım ve Mimarlık Ofisi tarafından gerçekleştirilen kısıtlı bir bütçe ile gerçekleştirilen Chelsea çalışma alanı, çalışma masası, depolama ünitesi, yazıcı, bilgisayar vb. üniteleri üzerinde barındırmaktadır (Şekil 3.55). Çalışma alanının formu Rhino Grasshoper ve RhinoRest yazılımları kullanılarak tasarlanıp üretime hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.56). Tasarım birimleri, CNC freze makinası kullanılarak huş ağacından elde edilmiş kontrplakların seri halinde kesilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 3.57). Kesilen birimler iç duvara monte edilen Z klipsler aracılığıyla duvara tutturulmuştur. Ayrıca müşterinin yaptığı yolculukların sembolik ifadesi olarak dünya haritası grafiksel bir desen şeklinde akışkan geometrik yüzey üzerine uygulanmıştır (Şekil 3.58).



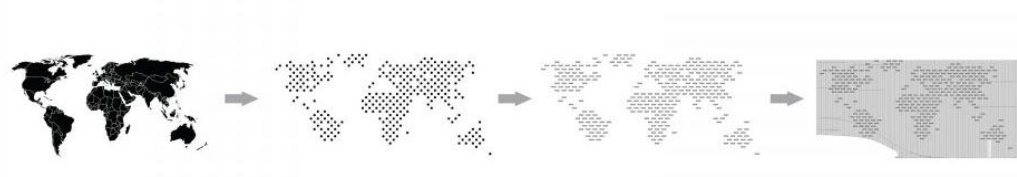
Şekil 3.55 : Çalışma alanı modüllerinin birleşim şeması.
(<http://www.blog.arcpaper.com>)



Şekil 3.56 : Synthesis tasarım ve mimarlık ofisi tarafından tasarlanan çalışma alanı tasarım aşamaları
(<http://www.blog.arcpaper.com>)



Şekil 3.57 : Chelsea çalışma alanı genel görünüm
(<http://pamelahammond.blogspot.com>)



Şekil 3.58 : Çalışma alanı üzerinde uygulanan dünya haritası diagramı
(<http://creativegreed.com>)

3.6.3 Tesselasyon Yöntemiyle Yüzey Tasarımı

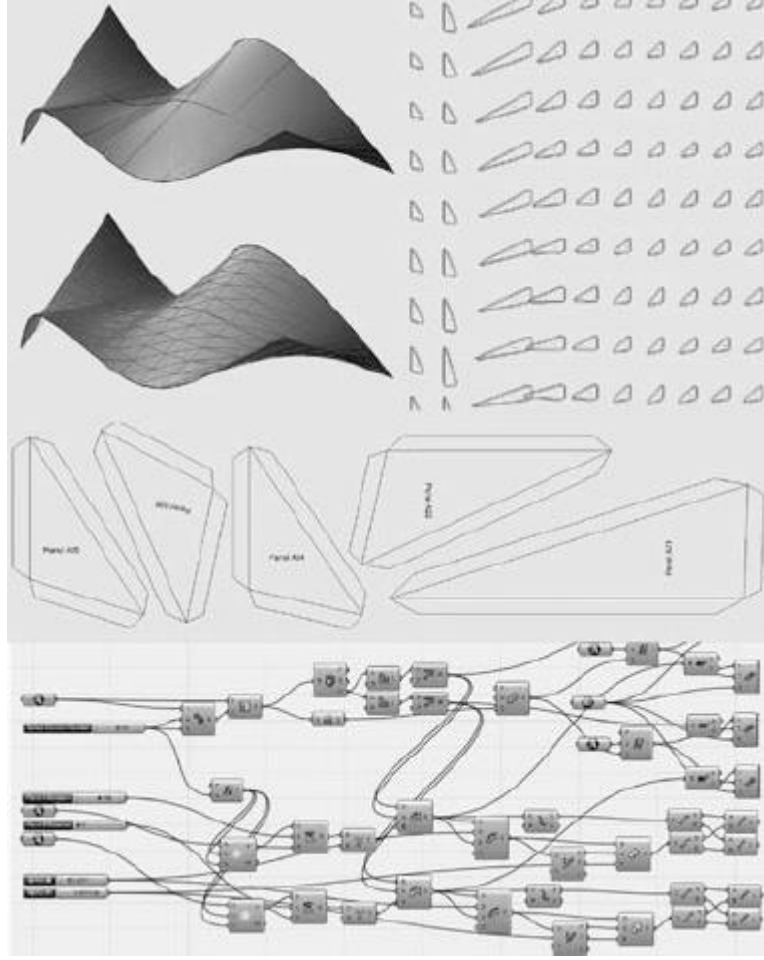
Tesselasyon, matematikte bir döşeme (veya karolama, döşeme) aralarında boşluk bırakmadan veya örtüşmeden bir düzlemi kaplayan düzlemsel şekiller kümesidir. Bu kavram daha yüksek boyutlar için de genellenebilir, bu genişletilmiş anlamı için döşeme yerine **tesselasyon** terimi kullanılır. (Wikipedia, 2013).

Tesselasyonlar, bir puzzle gibi bir araya gelerek çeşitli sayıda ve birbirinden farklı şekiller oluşturabilmektedirler. Antik roma mozaiklerinden islam mimarlığının vitraylarına kadar birçok yerde görülebilir. Bu dekoratif yüzeyler, ışık kesmek ya da görüntüyü perdelemek, mekanı tanımlamak veya sembolik bir etki yaratmak gibi birçok sebep için kullanılabilmektedirler (Iwamoto, 2009).

Günümüzde, bilgisayar destekli araçlarla üretim sayesinde tasarımcıların dokulara ve tesselasyona olan ilgisi canlanmıştır. Geleneksel yöntemlerle oluşturulan vitraylar ve mozaikler uzun süreli ve kalifiye işçilik gerektirirken günümüzde teknolojinin sağladığı imkanlarla kısa sürede ve kalifiye elemana ihtiyaç duyulmadan tesselasyonlar yaratılabilmektedir. Yeni teknikler aracılığıyla bilgisayar ortamında modellenen yüzeyler, vektör tabanlı üretim makinalarına aktararak fiziksel nesneye dönüştürülebilmektedir. Genelde dairesel forma sahip olan yüzeylerin üretimi düz yüzeylere göre daha maliyetli olmasına rağmen tesselasyon yöntemi kullanılarak parçalanmış dairesel yüzeyler daha ekonomik olarak üretilebilmektedir.

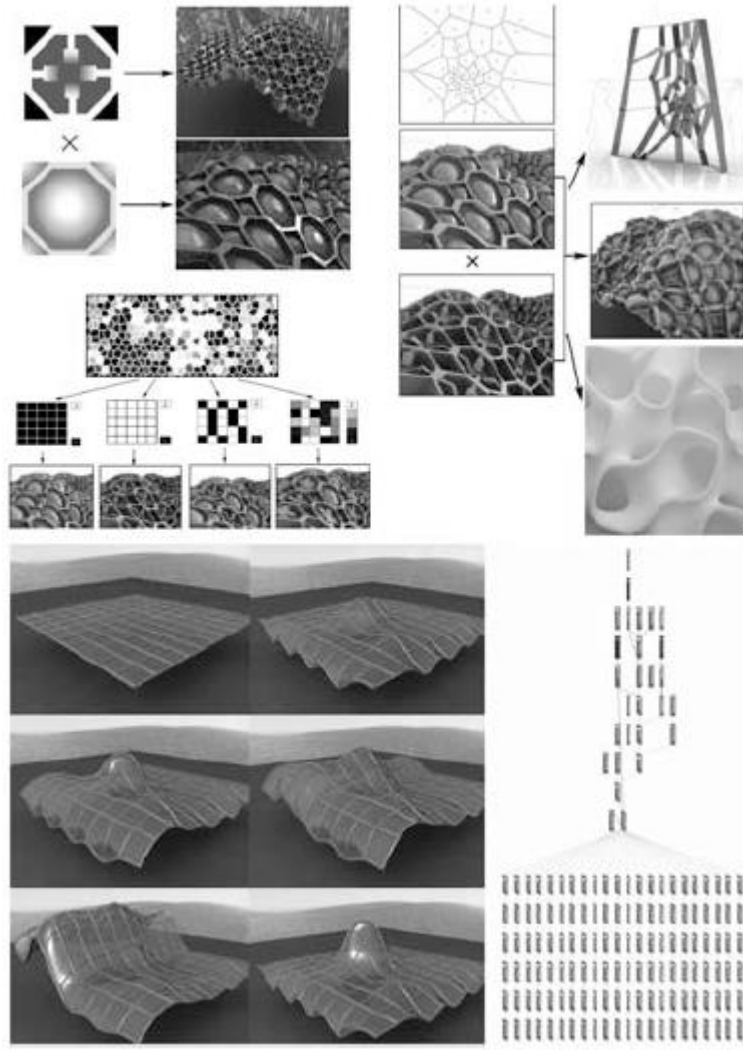
Tesselasyon yöntemleri;

- Düz bir yüzeyin üzerinde bölünme noktaları oluşturularak, bu noktaların birbiri üzerine gelmemesine özen gösterilerek parçalara ayrılması sonucu bir form yaratılması yöntemidir (Şekil 3.59). Bölünme noktalarının parametrik olarak değiştirilmesi ile yaratılan form üzerinde değişiklikler yapılabilir. Yüzeyin tesselasyon yöntemiyle küçük birimler halinde bölünmesi ile karmaşıklığı ve akıcılığı artırılmış olur. Bu şekilde birçok farklı geometriler ve organik biçimler elde edilebilir. Uygulanan farklı algoritmalarla yüzey üzerinde istenilen değişiklikler yapılabilir. Oluşturulan yüzey uygun bilgisayar destekli üretim araçları kullanılarak modüler halde üretilebilir. Sayısal üretim teknolojileri sayesinde bir data formatından diğerine kolaylıkla geçiş yapılarak karmaşık ve yenilikçi yüzeyler üretilebilmektedir.



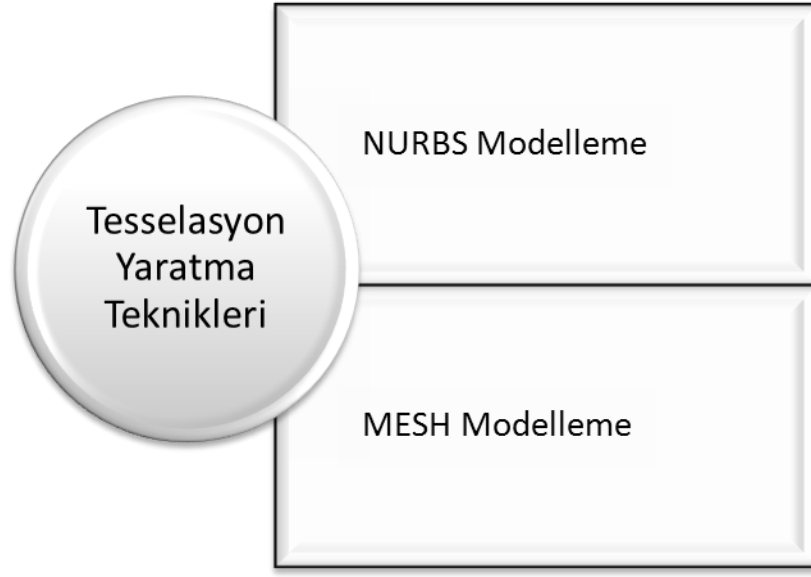
Şekil 3.59 : Düz bir yüzeyin parçalanması ile uygulanan tesselasyon yöntemi (Anderson ve Tang, 2010)

- Bir modül, benzer birkaç modül ya da birbirinden farklı ama birbirini tamamlayan modüllerden de tesselasyonlar oluşturulmaktadır. Şekil 3.60'da tasarımcı genetik algoritmalarından faydalanarak var olan formları başlangıç birimleri olarak kabul ederek daha karmaşık ve yenilikçi yüzeyler elde etmektedir. Diğer bir deyişle yeni formlar genlerin karıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. Her yavru form ebeveynden aldıkları düğüm noktaları ile değişime uğramaktadır (Anderson ve Tang, 2010).



Şekil 3.60 : Non-Linear yüzeylerde permütasyon aracılığıyla oluşturulan tesselasyonlar (Anderson ve Tang, 2010)

Tesselasyon yüzeylerin oluşturulmasında, NURBS (Non-uniform rasyonel B-spline) ve MESH modelleme olmak üzere 2 teknik kullanılmaktadır (Şekil 3.61). Nurbs modelleme tekniği, spline eğrileri ve bunların bir araya getirilmesi ile yüzeyler oluşturulur. Nurbs eğrileri, eğrinin dışında yer alan ve eğrinin genel şeklini etkileyen kontrol noktaları ve eğrinin üzerinde yer alan eğrinin düzenlenmesine olanak sağlayan düzenleme noktalarından meydana gelirler. Bu modelleme biçimi genellikle organik ve eğrisel formların meydana getirilmesinde kullanılır. Mesh modelleme tekniğinde ise polygon yüzeyler kullanılarak modelleme yapılır. (Iwamoto, 2009).

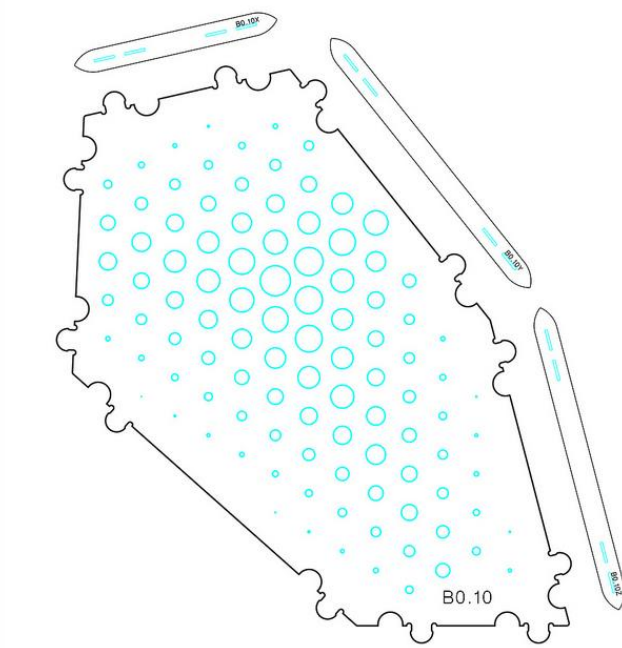


Şekil 3.61 : Bilgisayar ortamında tesselasyon yaratma teknikleri

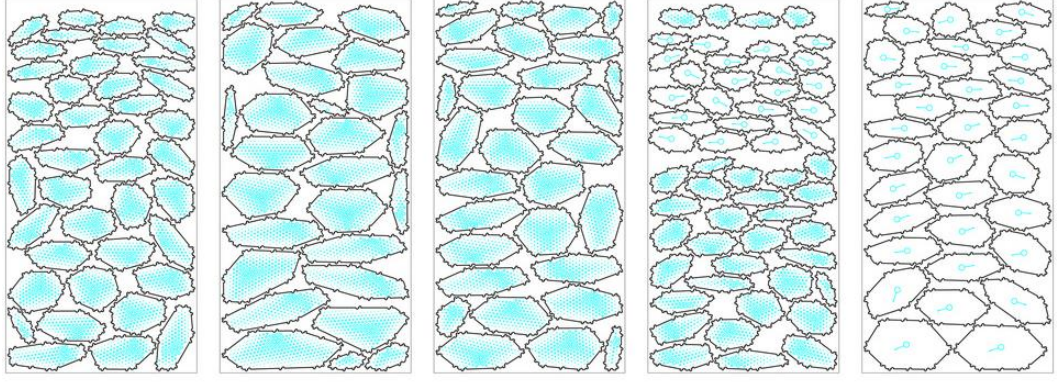
EXOtique Projesi: EXOtique, Projectione ve Ball State mimarlık öğrencileri tarafından 500\$'lık bir bütçe ile bir haftalık bir süre içerisinde gerçekleştirilen tesselasyon örneğidir. Projenin ilk gününde Rhino/Grasshoper kullanılarak modelleme gerçekleştirilip, malzeme analizleri yapılmıştır. Montaj sırasında kolaylık olması amacıyla altıgen modüllere ve bağlantı elemanlarının her birine bir numara verilmiştir. Malzeme olarak beyaz akrilik, beyaz polistiren ve aydınlatma lambaları kullanılmıştır.



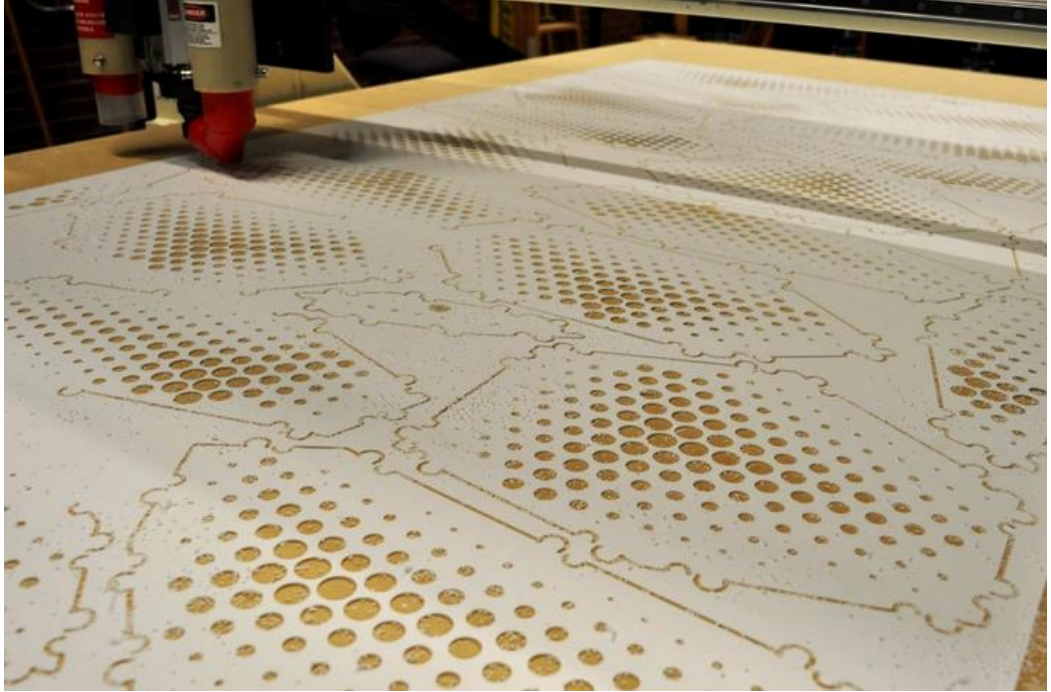
Şekil 3.62 : EXOtique projesi tavan yerleşimi
(<http://www.archdaily.com>)



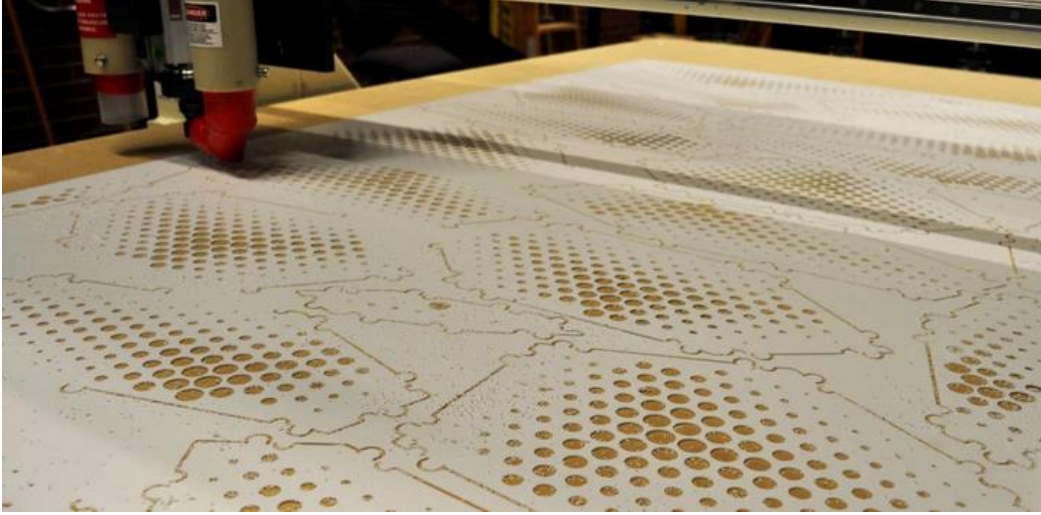
Şekil 3.63 : EXOtique projesi bir modülün tasarımı
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.64 : EXOtique projesi, Rhino / Grasshoper programında modelleme süreci
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.65 : EXOtique projesi bilgisayar destekli kesim süreci
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.66 : EXOtique Projesi CNC freze makinası ile kesim süreci
(<http://www.archdaily.com>)



Şekil 3.67 : EXOtique projesi montaj süreci
(www.archdaily.com)

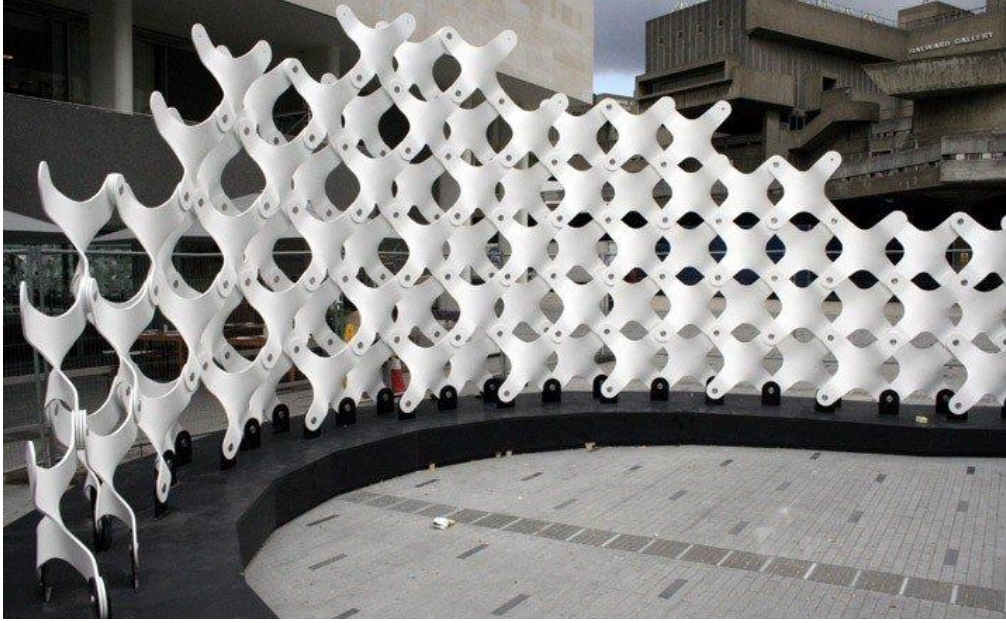
Size and Matter: Amanda Levete ve Zaha Hadid tarafından Londra tasarım haftası için tasarlanmış olan enstalasyon projesi, korian malzemedan üretilmiştir. İki parça olarak tasarlanan proje tek bir modülün tekrarı ile oluşturulmuştur. Londra'nın değişen ışıkları ile birlikte yarattığı etki göz kamaştırıcı niteliktedir. Projenin temelinde fonksiyonellik anlayışına yer verilmemiştir, amaç malzemenin sınırlarını keşfederek estetik, strüktürel, teknolojik bir ürün ortaya çıkarabilmektir. Modül ısıt işlemlerle şekillendirilerek elde edilmiş ve strüktür bu modülün bağlantı elemanları aracılığıyla birleştirilmesi sonucunda oluşturulmuştur.



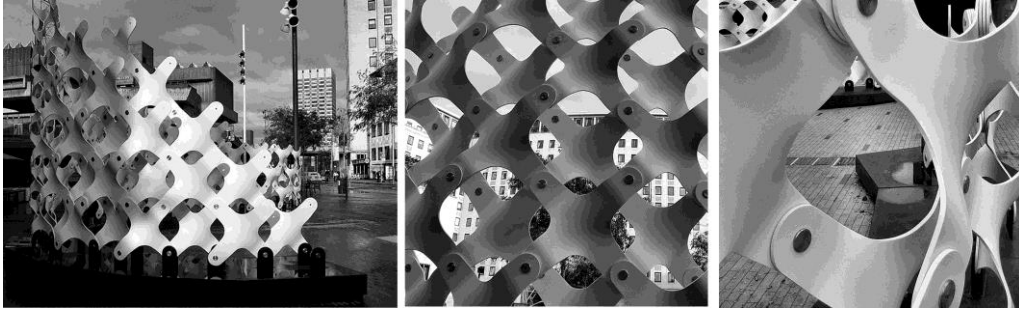
Şekil 3.68 : Size and Matter genel görünüm
(<http://www.artlyst.com>)



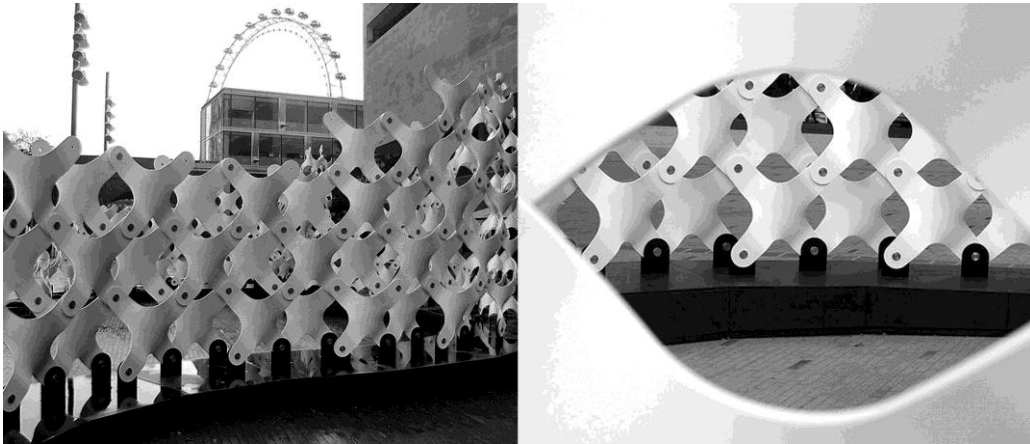
Şekil 3.69 : Size and Matter projesi montaj süreci
(<http://www.core.form-ula.com>)



Şekil 3.70 : Size and Matter projesi genel görünüm
(<http://www.wallpaper.com>)



Şekil 3.71 : Size and Matter projesi detaylar
(<http://www.flickr.com>)



Şekil 3.72 : Size and Matter projesi genel görünüm
(<http://www.flickr.com>)



Şekil 3.73 : Size and Matter projesi gece görünümü
(<http://www.flickr.com>)

3.6.4 KatlamaTekniği

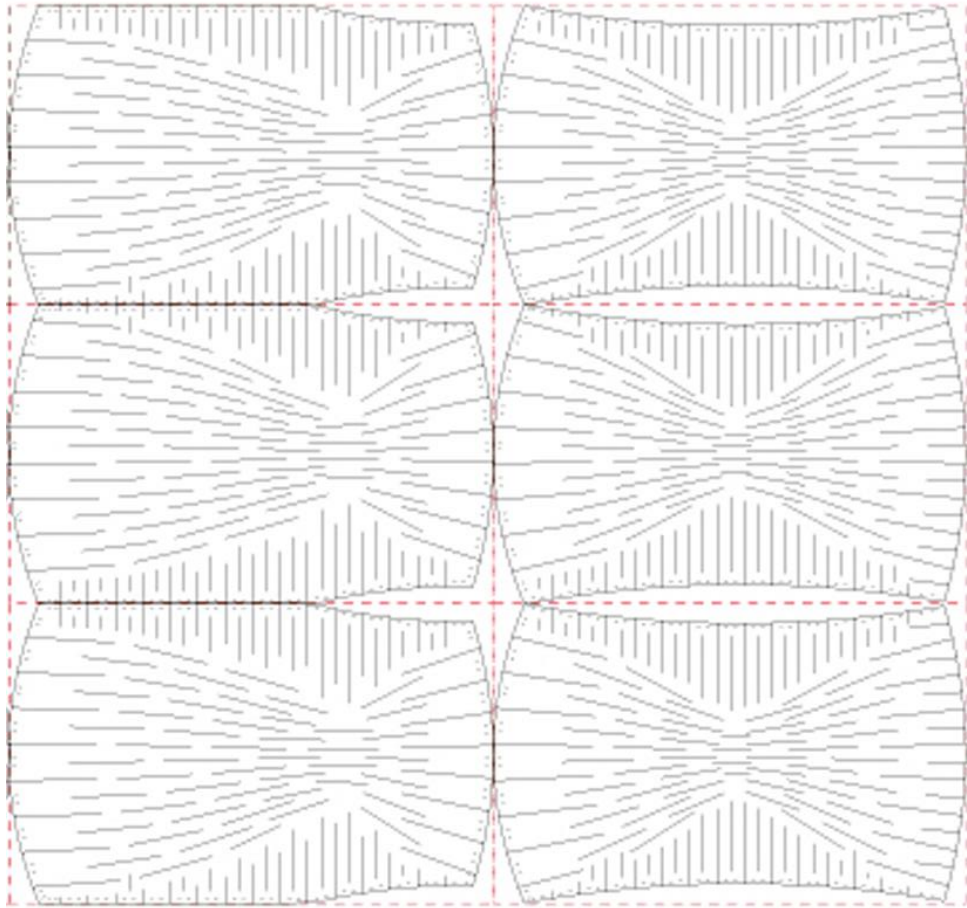
Katlama tekniği düz bir yüzeyin üç boyutlu hale gelmesini sağlamaktadır. Bu teknik, sadece biçimlerin yaratılması için değil aynı zamanda strüktürlerin yaratılması için de kullanılan güçlü bir tekniktir. Esneklik özelliğine sahip malzemelerin katlanması ile ya da rijit malzemelerin üçgenlere bölünmesi gibi tekniklerin kullanımı ile yüzeyler tasarlanmaktadır. RhinoCeros, Lamina Design, Surf Master, Pepakura Designer gibi yazılımlar kullanılarak katlanmış yüzeyler elde edilebilmektedir (Iwamoto, 2009). Bu yazılımlar aracılığıyla malzeme özellikleri de dikkate alınarak üç boyutlu olarak tasarlanmış olan projeler iki boyuta indirgenerek üretilmektedir. Üretim sürecinde ise lazer kesim makineleri en yaygın şekilde kullanılan araçlar olarak gösterilebilir. Bunun sebebi, ise lazer kesim makinelerin kesik çizgileri, noktaları çizgileri, eğrisel çizgileri vb. hassas bir şekilde kesebilmesidir. Malzeme seçiminde ise malzemenin katlandığında kırılması, esnek bir yapıya sahip olması göz önünde bulundurulmaktadır. Levha metaller, kalın kağıtlar, kumaşlar, kontrplak gibi ahşap malzemeler katlama tekniğinde kullanılan malzemelere örnek olarak verilebilir.

Eski bir Japon kağıt katlama sanatı olan origami, mimari yüzeylerin katlanarak tasarlanmasına ilham verici bir yöntem olarak ifade edilebilir. Origamideki katlama teknikleri baz alınarak mimari strüktürler tasarlanıp estetik ya da fonksiyonel amaçlar için kullanılmaktadır.

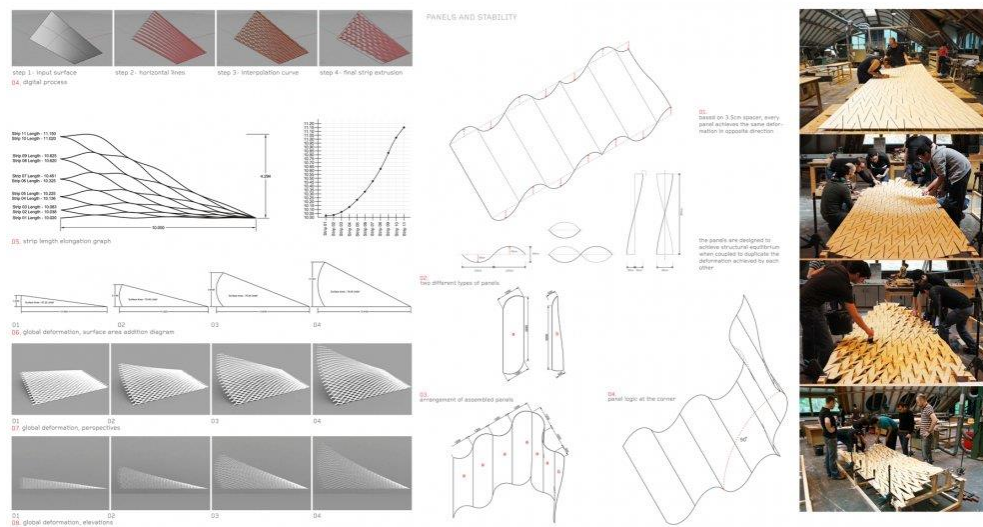
The Expandable Surface: SPOGA Mobilya Tasarım Fuarı'nda bekleme alanı olarak tasarlanan ve Nacho Martí, Pablo Zamorano, Jacob Bek tarafından gerçekleştirilen The Expandable Surface projesinde daha sürdürülebilir, atıksız bir yöntem üzerinde çalışılmıştır. Proje, CNC teknikleri aracılığıyla levha halindeki ahşap malzemenin üzerine ince kesikler atılması ile oluşturulmuştur. Bu teknik sayesinde hiçbir atık malzeme ortaya çıkmamıştır. Sonrasında atılmış olan kesikler sayesinde levha katlanarak, bükülerek ve manipule edilerek pavilion oluşturulmuştur. Ahşap levhalar üzerinde oluşturulan ise delikler levhaların birbirlerine bağlantısını sağlamaktadır.



Şekil 3.74 : The Expandable Surface tasarım aşaması
(<http://creativehomeidea.com>)



Şekil 3.75 : The Expandable Surface kesim şeması
(<http://creativehomeidea.com>)



Şekil 3.76 : The Expandable Surface tasarım ve montaj diagramları
(<http://suckerpunchdaily.com>)

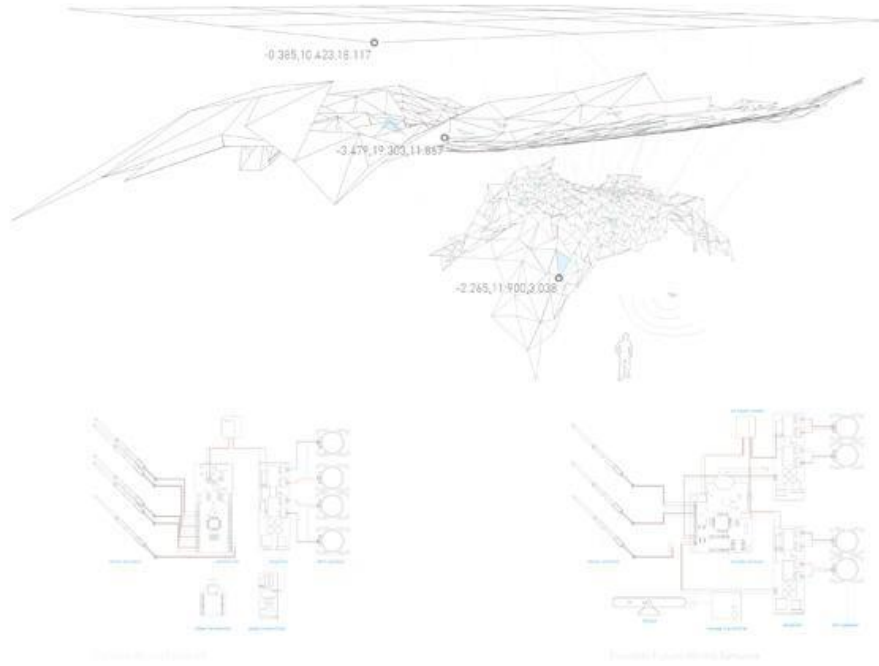


Şekil 3.77 : The Expandable Surface genel görünüm
(<http://creativehomeidea.com>)

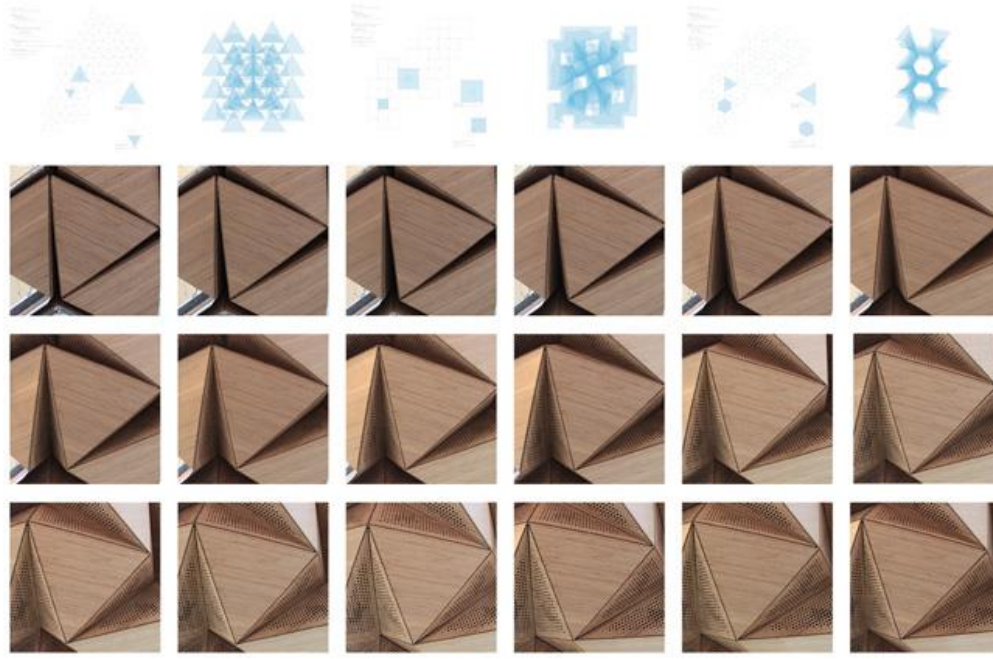
Resonant Chamber Projesi: Resonant Chamber projesi RVTR tarafından yapı, malzeme ve elektro akustik teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Proje bilgisayar destekli hesaplamalar yapılarak ve bire bir modeli üretilerek oluşturulmuştur. Tasarım sürecinde Rhinoceros programı ve Grasshoper plug-ini kullanılmıştır. Kangaroo programı ile köşeler arasındaki fiziksel ilişkiler ve modele uygulanan fiziksel güçler tanımlanmıştır. Simülasyonlar sayesinde panellerin konumunun nasıl olacağı belirlenerek uygun yankılanma süresi, soğurma miktarı belirlenebilmiştir.



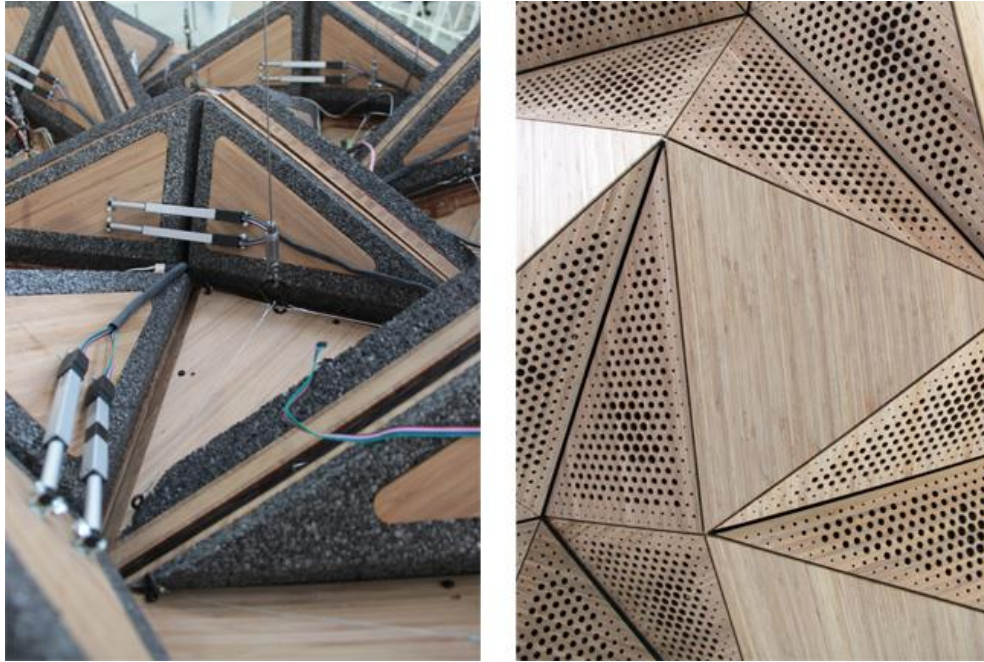
Şekil 3.78 : Resonant Chamber projesi katlama detayı ve genel görünüm
(<http://www.architizer.com>)



Şekil 3.79 : Elektronik devre kontrol sistemleri aracılığıyla deformasyon
(<http://www.rvtr.com>)



Şekil 3.80 : Resonant Chamber projesi farklı katlanma şekilleri
(<http://www.rvtr.com>)



Şekil 3.81 : Resonant Chamber projesi birleşim detayları
(<http://www.rvtr.com>)

Proje kapsamında 3 tip panel tasarlanmıştır. Bunlar yansıtıcı, emici ve elektroakustik ses üretici paneller olarak sıralanabilir. Optimum geometri ve malzemeyi belirlemek için akustik simülasyonların yanı sıra bire bir olarak modüllerden oluşturulmuştur.



Şekil 3.82 : RVTR tarafından gerçekleştirilen akustik panel çeşitleri
(<http://www.rvtr.com>)

3.6.5 Kontür İşleme Tekniği (Contouring / Contour Crafting)

Kontür işleme tekniği geleneksel oyma yöntemiyle benzerlik göstermektedir. Blok halindeki malzemeden parçaların çıkarılmasıyla istenilen form elde edilir. Günümüzde geleneksel yöntemlere kıyasla gelişen teknolojiler sayesinde daha karmaşık ve birbirinin aynı ebatlarda ve hatasız üretimler gerçekleştirilmektedir. Kontur işleme yönteminde, ahşap, taş, plastik gibi blok malzemeler kullanılarak tasarımlar üretilmektedir. Dijital üretim araçlarından CNC freze ve torna makineleri tasarımın şekillendirilmesinde kullanılan uygun sayısal üretim araçları arasında yer almaktadır. CNC makinelerinin aks sayısına göre X, Y, Z eksenlerinde hareket gerçekleştirilerek şekillendirme işlemi uygulanır. Bu yöntem çıkarma işlemine dayandığından dolayı fazla miktarda malzeme israfına neden olmaktadır. Bu sebeple tasarımcılar, bu yöntemi daha çok küçük parçaların, ya da yüzeylerin üretiminde tercih etmektedirler.

Üretim sürecinde tasarıma göre 3,4 ve 5 eksenli CNC freze makineleri kullanılmaktadır.

La Voute de LeFevre: Matter Design Studio tarafından Columbus Ohio’da 2012 yılında huş ağacından elde edilen kontrplak malzeme ile gerçekleştirilen projede kontur işleme tekniği kullanılmıştır. Eskiden yapılan örneklerle bakıldığında kalıcılık ve ağırlık kavramları ön plandayken günümüzde bilgisayar destekli projelerde geçicilik ve hafiflik kavramları deneyimlenmektedir. Tasarım, gotik katedrallerinde kullanılan helezon şekillerin modern yorumlaması olarak tanımlanabilir. Antik taş

oyma tekniğinin modern araçlarla yorumlanması ile hızlı, verimli ve yüzey odaklı sayısal üretim gerçekleştirilmiştir.

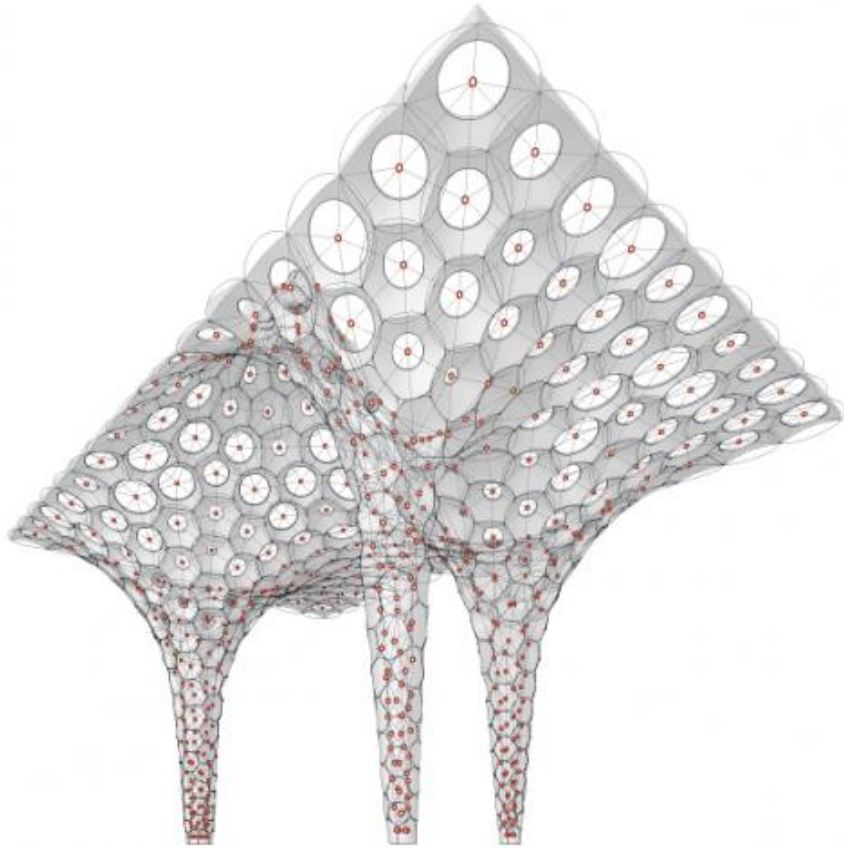
Grasspopper programı kullanılarak hazırlanan tasarım datası CNC yazılım programına aktarılarak kesime hazır hale getirilmiştir. Proje 5 eksenli CNC torna tezgahı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CNC tezgahında kesilen bazı parçalar tutkal kullanılarak katman katman yapıştırılmıştır, bazı parçalar ise bilgisayar destekli olarak oyularak oluşturulmuştur. Parçaların montaj sırasında yıkılmadan durabilmesi için her parçanın içine uygun boyutlarda boşluklar açılarak yan parçalara yaptıkları ağırlık hafifletilmiştir. Bir sonraki adımda parçalar üzerinde montaj delikleri açılmıştır. 200'ün üzerinde birbirinden farklı parçanın numaralandırılması ile montaj sürecinde kolaylık sağlanmıştır. Numaralandırılmış parçalar yan yana dizilerek, bağlantı elemanları ile tasarım ortaya çıkarılmıştır.



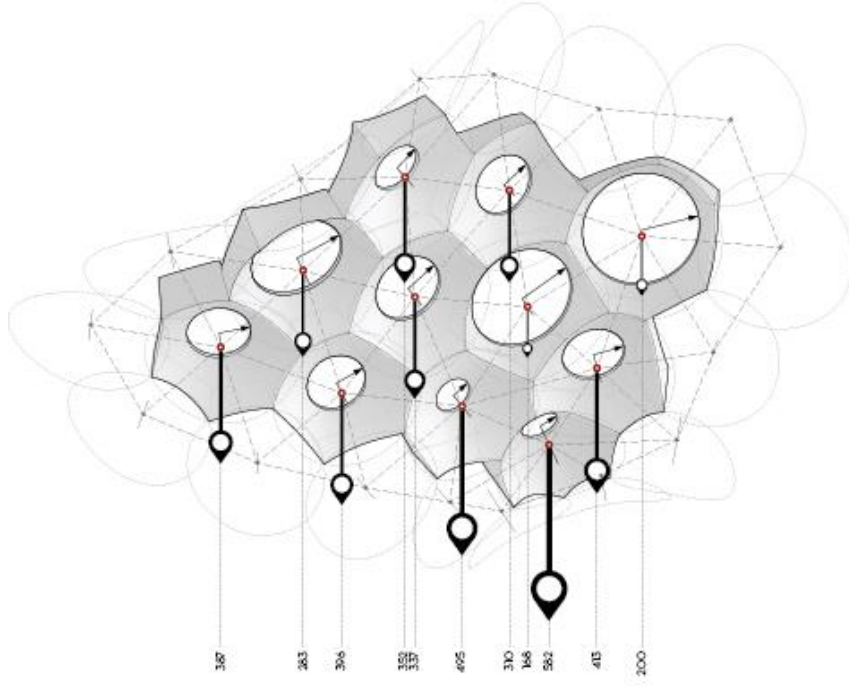
Şekil 3.83 : Matter Design Studio tarafından tasarlanan
La Voute de LeFevre enstalasyonu
(<http://www.flickr.com>)



Şekil 3.84 : La Voute de LeFevre detay görünümü
(<http://www.flickr.com>)



Şekil 3.85 : La Voute de LeFevre tasarım aşaması
(<http://www.matterdesignstudio.com>)



Şekil 3.86 : La Voute de LeFevre açıklıkların hesaplanması süreci
(<http://www.matterdesignstudio.com>)



Şekil 3.87 : La Voute de LeFevre CNC kesim süreci
(<http://www.archinect.com>)



Şekil 3.88 : La Voute de LeFevre CNC kesim süreci ve kesim uçları
(<http://www.architect.com>)



Şekil 3.89 : La Voute de LeFevre Projesi montaj numaraları
(<http://www.matterdesignstudio.com>)



Şekil 3.90 : La Voute de LeFevre Projesi montaj hazırlığı
(<http://www.matterdesignstudio.com>)



Şekil 3.91 : La Voute de LeFevre Projesi montaj süreci
(<http://www.matterdesignstudio.com>)



Şekil 3.92 : La Voute de LeFevre Projesinin modüllerinin birbirine bağlanması
(<http://blog.archpaper.com>)



Şekil 3.93 : La Voute de LeFevre Projesi genel görünüm
(<http://blog.archpaper.com>)

3.6.6 Şekillendirme Tekniği

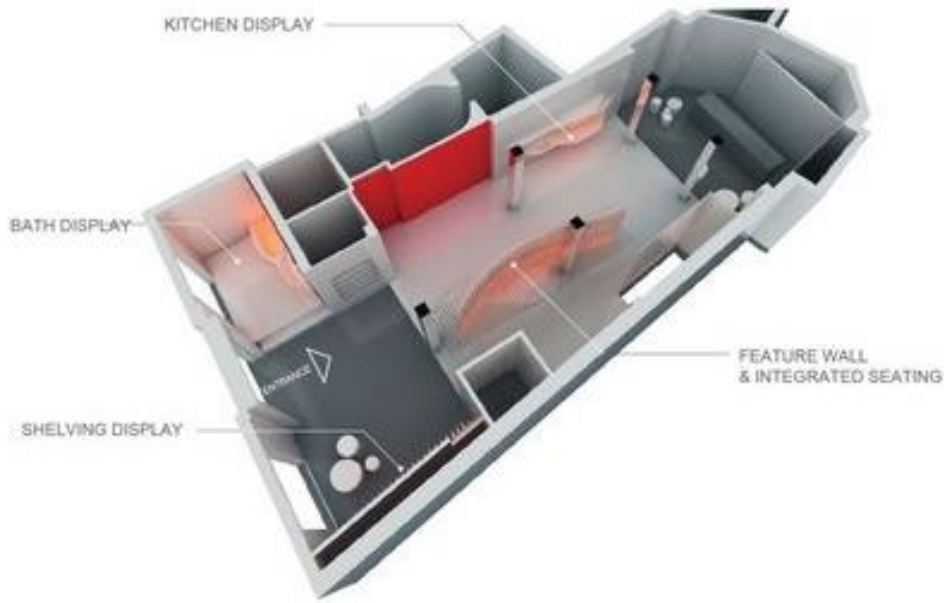
Geçmişten günümüze birçok alanda kalıp sistemleri kullanılarak üretim gerçekleştirilmektedir. Otomotiv, telekomünikasyon, mobilya gibi birçok sektörde üretilen kalıplar sayesinde ürünler şekillendirilmektedir. Dijital teknolojilerin üretim sürecine entegrasyonu ile birlikte kalıp üretim yöntemlerinde gelişmeler yaşanmaktadır. Böylece kısa sürede kişiselleştirilmiş endüstriyel üretime olanak sağlayan kalıpların üretimi daha kolay hale gelmektedir. Ancak elde edilen kalıpların kullanımı ile gerçekleştirilen tasarımların şekillendirilmesi yine manuel yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Iwamoto, 2009).

Bir kalıp birçok elemandan meydana gelebilmektedir, ancak ürünün şeklini belirleyecek olan dişi ve erkek kalıptır. Dişi kalıp istenen ürünün dış kısmına biçim verirken erkek kalıp ürünün iç kısmına biçim verir.

Şekillendirme tekniği mimarlar için zengin bir bölge oluşturarak standart sanayileşmiş süreçleri, çok sayıda malzemeyi, analog yöntemleri ve sayısal üretim araçlarını birarada kullanarak gerçekleştirilen bir süreçtir.

Corian Super Surfaces: Corian Super Surfaces projesi 2009 yılında Milan Tasarım Haftası için Amanda Levete Mimarlık Ofisi tarafından gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında korian malzemenin çok yönlülük özelliğini ön plana çıkarmak amacıyla banyo, mutfak, vb. gibi alanlarda kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır. Projenin

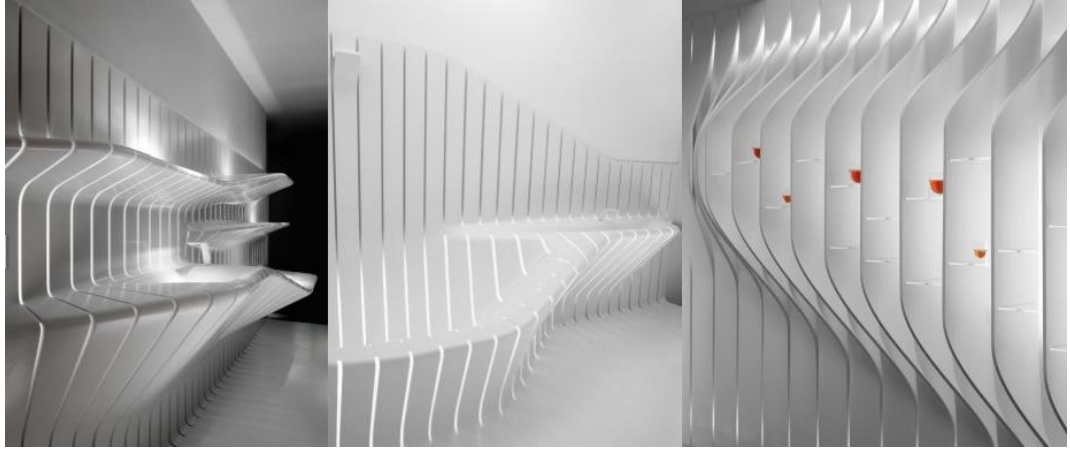
konsepti, bir su damlasının düşme hareketinin bir metafor olarak ele alınması sonucu oluşturulmuştur. Tıpkı su damlasının düşme hareketiyle oluşan dalgalanmalar gibi korian şeritler de dinamik kinetik etkileri ve görsel karmaşıklığı yaratacak şekilde şekillendirilmiştir. Proje karşıt kavramların somutlaştırılmasına olanak sağlar: basit-karmaşık, statik-dinamik, vb. 3680x760x12mm kalınlığında olan standart korian levha verimli bir şekilde kullanılarak şeritlerin ölçüleri belirlenmiştir. Birbirinden farklı şeritleri şekillendirmek amacıyla mdf malzemedен CNC ile kesilmiş kalıplar oluşturulmuştur. 12mm kalınlığında CNC makinasında kesilen şeritler ısıtılarak kullanılarak üretilen kalıplar üzerinde ek yeri olmayacak şekilde şekillendirilmiştir. Bir kalıp üzerinde birden fazla parça üretilerek zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmıştır. Oluşturulan şeritler 20mm genişliğindeki bağlantı elemanlarıyla birbirine kaynaştırılmıştır.



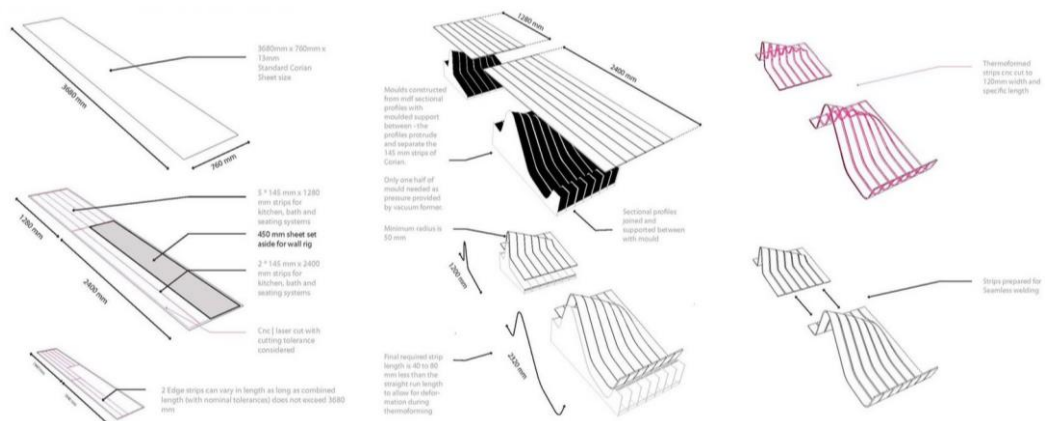
Şekil 3.94 : Corian Super Surface genel yerleşim şeması
(<http://www.archivenue.com>)



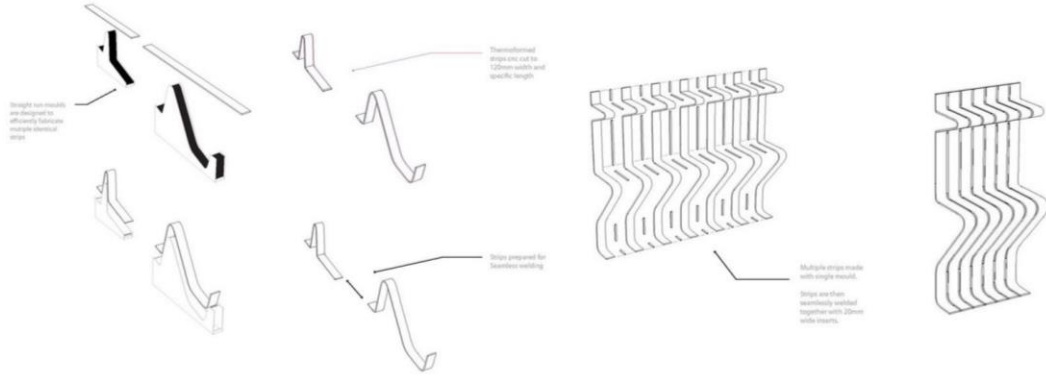
Şekil 3.95 : Corian Super Surface genel görünüm
(<http://www.dezeen.com>)



Şekil 3.96 : Corian Super Surfaces sergi bölümü
(<http://www.architizer.com>)



Şekil 3.97 : Corian levhadan parçaların kesilip şekillendirilmesi
(<http://3.bp.blogspot.com>)



Şekil 3.98 : Modüler parçaların kalıp yardımıyla şekillendirilmesi
(<http://www.architizer.com>)



Şekil 3.99 : Corian Super Surfaces projesi giriş bölümü
(<http://3.bp.blogspot.com>)



Şekil 3.100 : Corian Super Surfaces projesi sergi bölümü
(<http://3.bp.blogspot.com>)



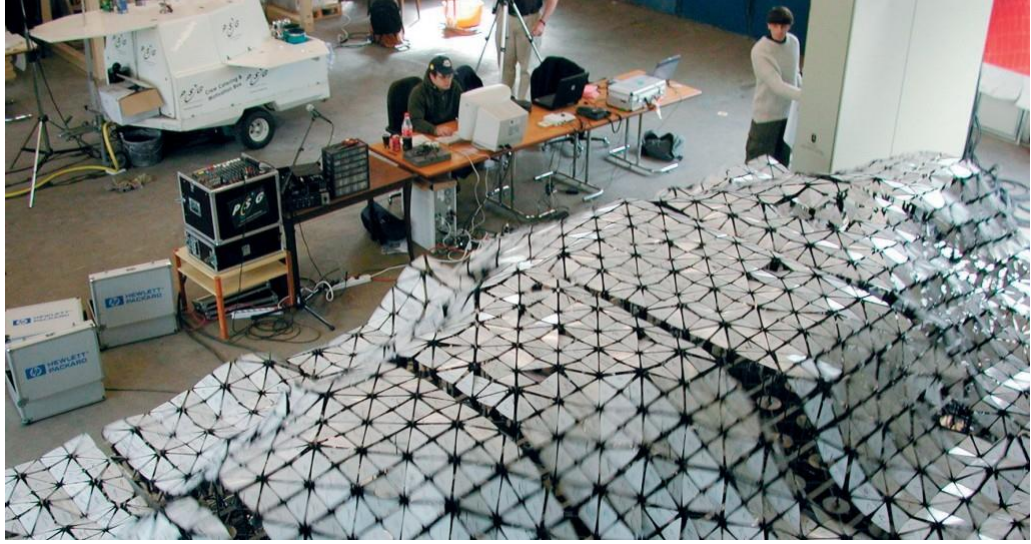
Şekil 3.101 : Corian Super Surfaces projesi oturma bölümü
(<http://www.designboom.com>)

3.6.7 İnteraktif Yüzeyler

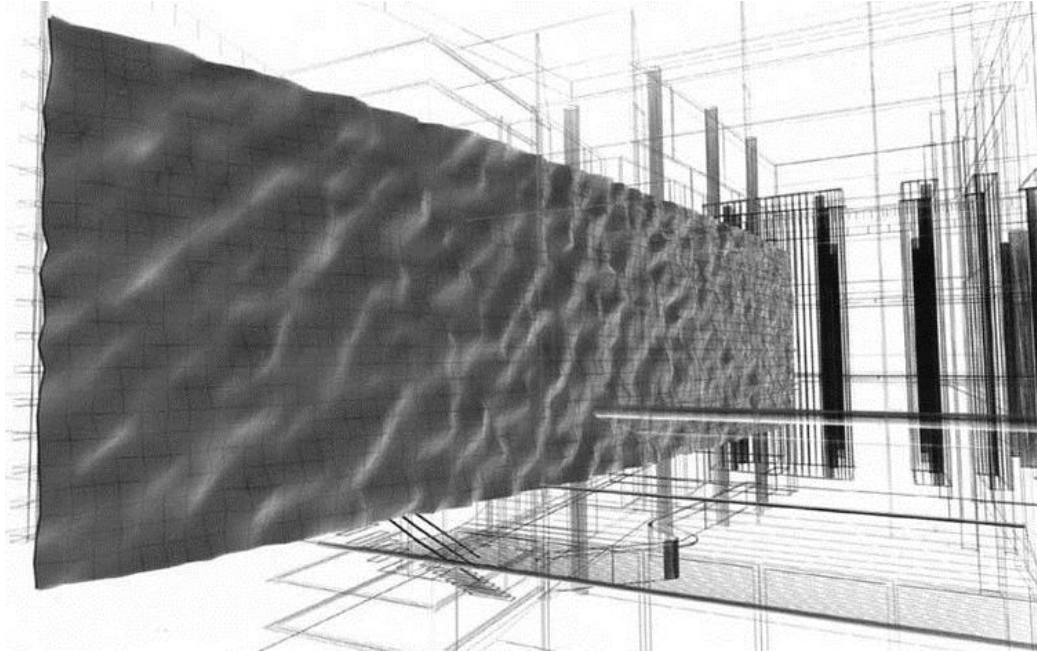
İnteraktif yüzeyler, insan hareketinin duvar üzerine yansıtılan görüntü ile etkileşime geçmesi ya da çeşitli çevresel etmenlere bağlı olarak (ısı, ışık, ses, vb.) duvar üzerinde değişimlerin yaşanması olarak tanımlanabilir. Dijital duyarlı mimari yüzeyler (interaktif yüzeyler), sensörleri, pnömatik aktüatörleri, hesaplamalı aydınlatmaları kullanarak akıllı davranışlar sergileyen yüzeyler olarak tanımlanabilir (Kolarevic, 2003, s.51). Akıllı, adaptif yüzeyler çevresinde meydana gelen değişiklikleri (örneğin insan hareketleri, sıcaklık değişimleri, ışık koşulları gibi) algılamak, kaydetmek ve tepki vermek için dijital sensörleri kullanır.

Aegis Hyposurface: Aegis Hyposurface akış bir yüzey elde etmek adına 3 boyutlu ekranların fiziksel hareketlerinden oluşan, uygulamalı olarak bilgi sistemlerinin yüzeyde dinamik değişkenliklere dönüşmesiyle sınırsız çeşitlilik sağlayan esnek bir mimari yüzey tasarımıdır. Aegis Hyposurface hareketli yüzeyi, MIT profesörü Mark Goulthorpe tarafından kurulan dECOi atölyesi tarafından bir bilgisayar ara yüzündeki bir dizi değişkenlerin kontrolü ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.99). 1999 yılında bir sanatsal enstalasyon yarışması için tasarlanmış bir projedir. Projenin çıkış noktası tiyatrodaki aktiviteler, yüzey hareketleri ve renk değişimleriyle cevap veren; iç mekanda gerçekleşen aktiviteleri bir şekilde dışarıya yansıtan; hareket, ses, renk, ısı değişimi gibi çevresel faktörlerle etkileşim içerisinde olan bir yüzeyin tasarlanmasıdır (Aybar, 2008).

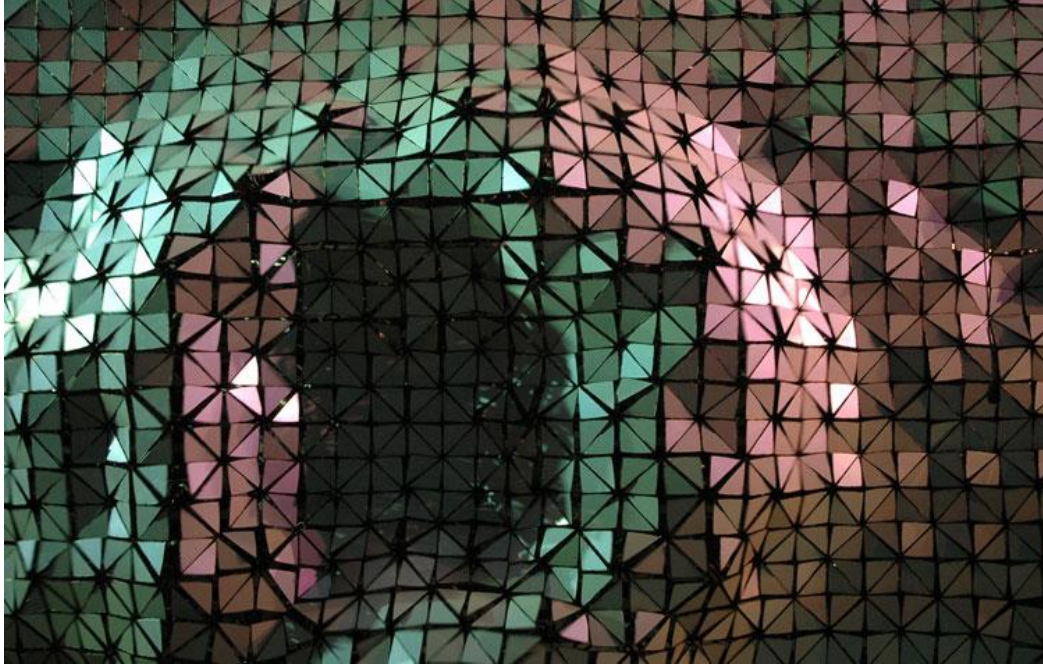
Yüzey çeşitli parametreler aracılığıyla değişim geçirmesi nedeniyle kendini sürekli yenileyen bir yapıya sahiptir (Şekil 3.100). Sistem üretken algoritmik programlar kullanılarak 3 boyutlu birtakım şablonların kopyalanması ile girdilerin grafik ve video görseline dönüşümünü sağlamaktadır. Akıllı yüzey, strüktürün arkasına yerleştirilmiş olan elektrik kontrollü silindirler aracılığıyla hareket kazanmaktadır (Şekil 3.101). Hyposurface dünyanın ekran yüzeyleri hareket eden ilk görüntüleme yüzeyidir. Bilgi ve form yeni teknoloji olanakları ile birbirine bağlanmıştır. Yüzey hassas kontrollü bir sıvı gibi hareket ederek, dalgalar, desenler, logolar hatta metinler ortaya çıkarmaktadır. Hyposurface mimarının statik bir artefact olmak zorunda olmadığını ortaya koymaktadır (Burry, 2010).



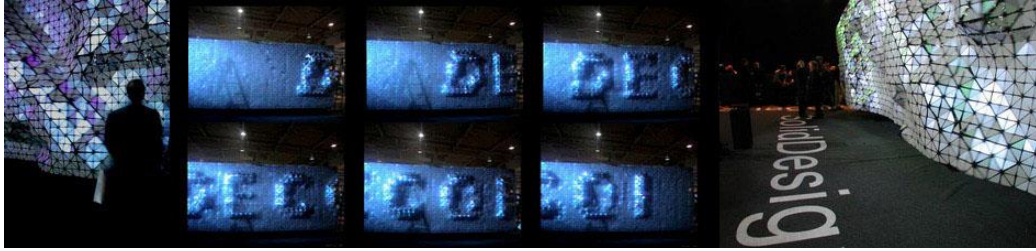
Şekil 3.102 : dECOi atölyesi tarafından gerçekleştirilen Ageis Hyposurface
(www.fluxwurx.com)



Şekil 3.103 : HypoSurface – dECOi
(www.fluxwurx.com)



Şekil 3.104 : Aegis HypoSurface – dECOi
(www.newitalianblood.com)



Şekil 3.105 : Aegis Hyposurface ekranında oluşturulan hareketler ve yazılar
(www.newitalianblood.com)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında yapılan araştırmalar ve incelemeler doğrultusunda sayısal tasarım ve üretim yöntemlerinin deneyimlenmesi amacıyla İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans proje dersi içerisinde iki boyutlu üretim tekniğini kullanılarak bir deneysel çalışma gerçekleştirildi. Proje sürecinde CAD ve CAM teknikleri birbiri ile bağlantılı şekilde kullanılarak sayısal teknolojilerin sunduğu olanakları deneyimleme olanağı elde edildi.

Taşkışla'da Sergi ve Satış Alanı: İstanbul Teknik Üniversitesi ve uluslararası anlaşmalı üniversiteler işbirliği ile gerçekleştirilen IMIAD (International Master Interior Architecture) yüksek lisans programı çerçevesinde gerçekleştirilen proje kapsamında Taşkışla için bir kitap satış ve sergileme ünitesi tasarlandı. Proje sürecinde Taşkışla içerisinde gerekli analizler yapılarak maket ve projelerin sunumları için bir alana ihtiyaç olduğu, aynı zamanda YEM Kitapevi için bir satış biriminin eksikliği tespit edildi. YEM (Yapı Endüstri Merkezi) kitapların satışı için bir yüzey ya da alan oluşturması hedeflen proje kapsamında günlük hayatta kitapları hangi konumlarda sergilediğimiz irdelenerek tasarım için bir çıkış noktası oluşturuldu. Yatay, dikey, eğik vb. gibi konumlandırılmalar baz alınarak bir diyagram elde edilip ve elde edilen diyagramdan yola çıkılarak tasarım yüzeyine hareket kavramı eklendi. Böylece istenilen sergileme yönteminin kullanımı olanaklı hale gelmesi sağlandı.

Tasarımın küçük bir prototipini elde etmek amacıyla, AutoCAD yazılımı kullanılarak yaratılan dijital data dxf. formatında kaydedilerek, CNC makinası programına aktarıldı. Bu program içerisinde gerekli kesim ayarlamaları yapılarak ve pleksiglas malzeme kullanılarak modüler parçalar elde edildi. Uygun bağlantı elemanları kullanılarak montaj işlemi gerçekleştirildi.

Tasarlanan sergileme elemanı kullanım alanına ve ihtiyaçlarına göre farklı renk ve malzemelerin seçilmesi ile kullanıcı tercihlerine göre şekillendirilebilmektedir. Tasarlanan modüllerin farklı miktarlarda bir araya getirilmesi ile küçük, orta ve büyük ölçekte sergileme elemanlarını elde etmek mümkün hale gelmektedir. Aynı

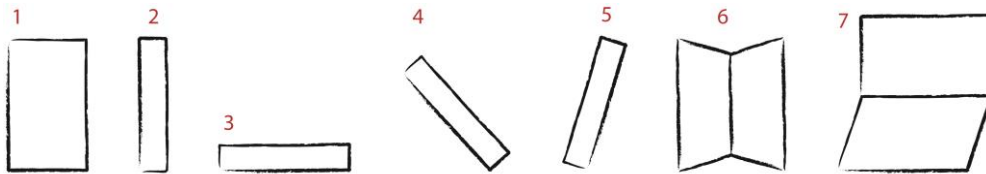
zamanda modüllerin hareket özelliği sayesinde sergileme elemanı farklı işlevleri gerçekleştirmek için de kullanılabilir.



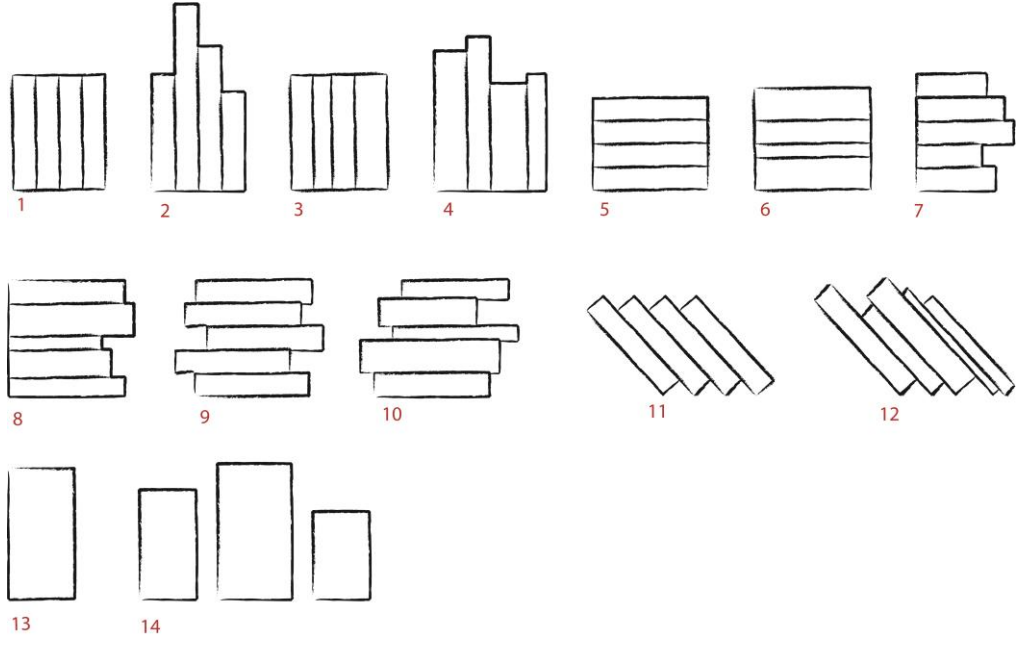
Şekil 3.106 : Taşkılla Mimarlık Fakültesi için CNC kesim modüler parçalar kullanılarak tasarlanan sergi ve satış ünitesi



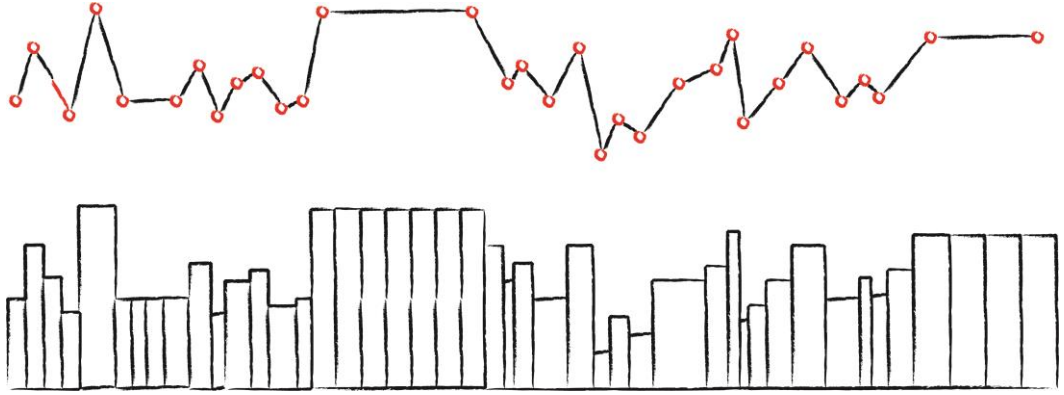
Şekil 3.107 : Kitap sergileniş yöntemine bir örnek



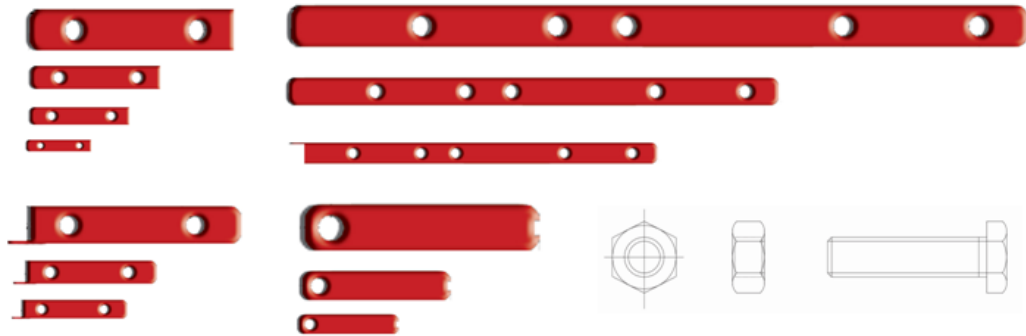
Şekil 3.108 : Kitapların tekil konumdaki sergileniş biçimleri



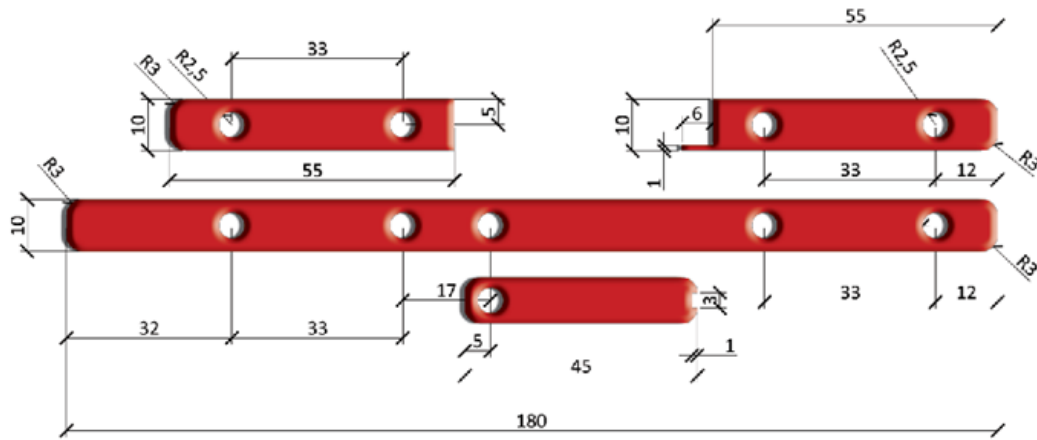
Şekil 3.109 : Kitapların çoğul konumdaki sergileniş biçimleri



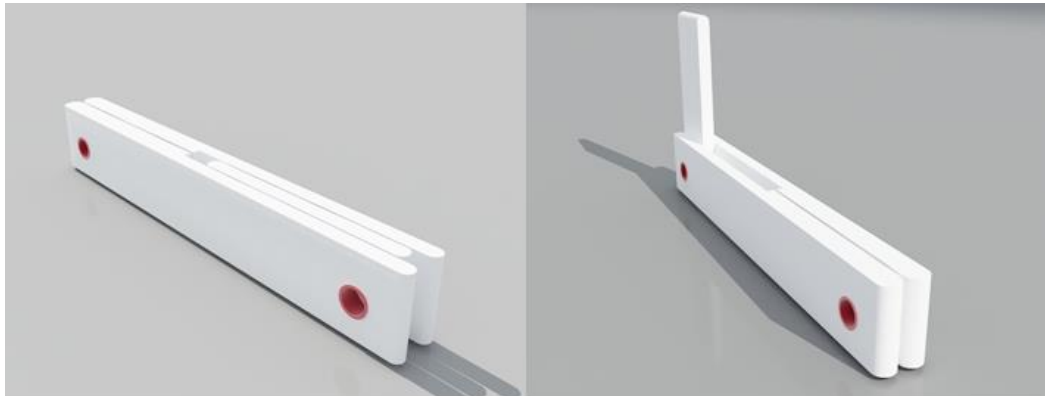
Şekil 3.110 : Kitapların dizilişi ile elde edilen diagram



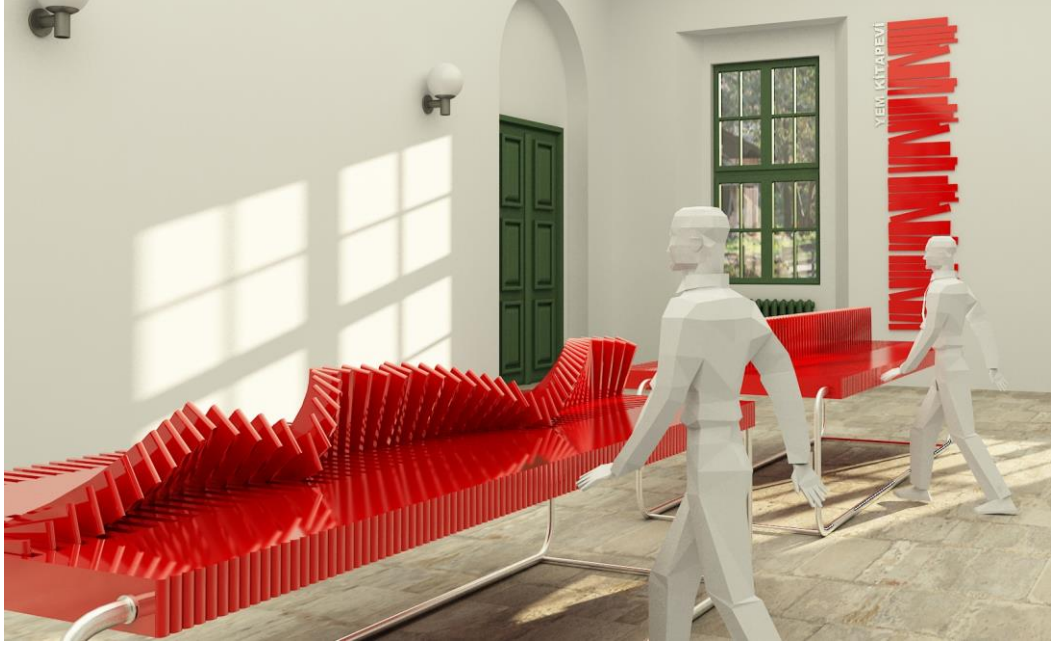
Şekil 3.111 : Modüllerin CNC makinasında kesim için hazırlanmış teknik çizimleri



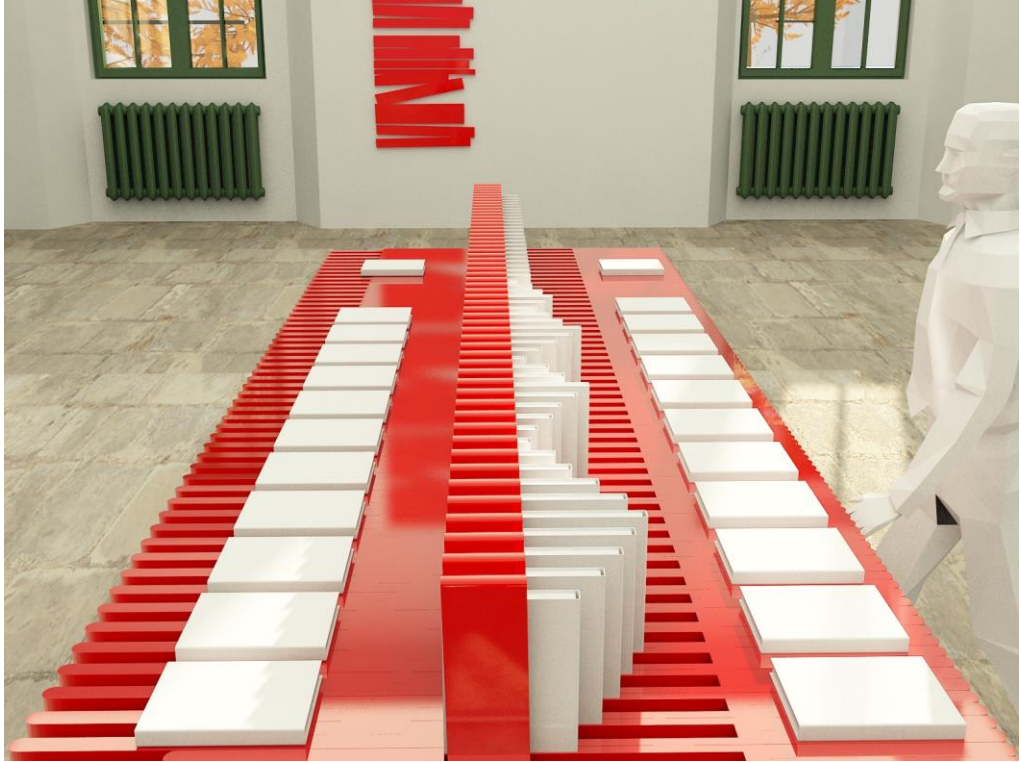
Şekil 3.112 : Modüllerin teknik çizimi



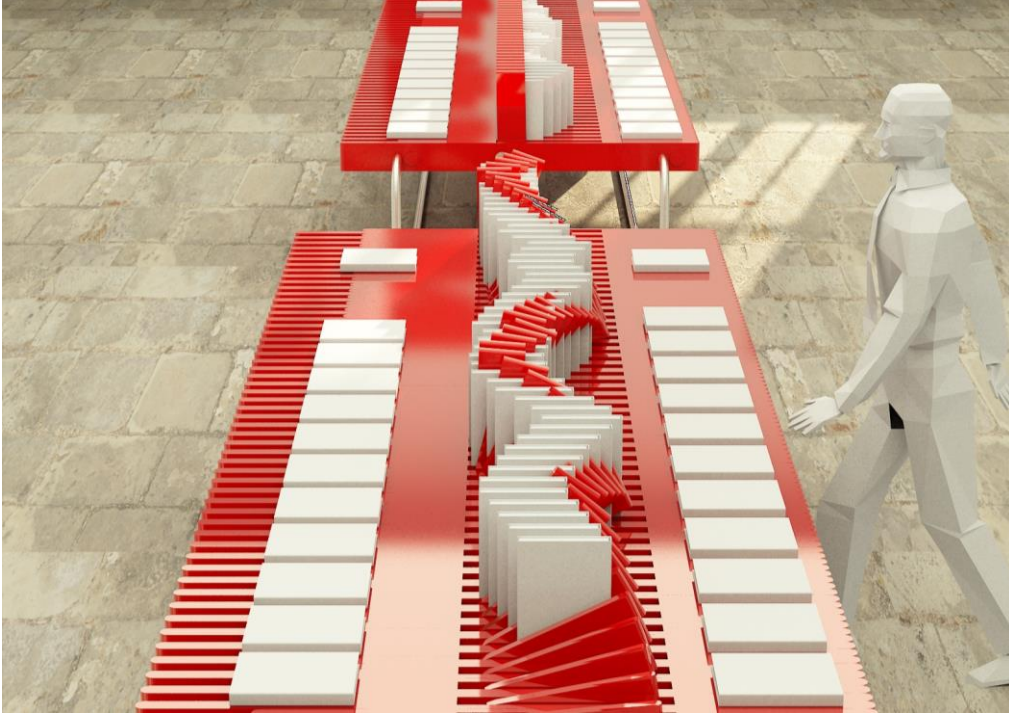
Şekil 3.113 : Sergileme ünitesinde yer alan hareketli modülün açık ve kapalı konumu



Şekil 3.114 : Sergileme ünitesinin isteğe göre şekillenen modülleri



Şekil 3.115 : Tek düzen sergileme yöntemi, ancak kitaplardaki boyut farklılığından ortaya çıkan dinamik sergileniş



Şekil 3.116 : Kitapların farklı dizilişine imkan sunan sergileme düzeni



Şekil 3.117 : Mimari projelerin ve maketlerin sergilenmesi amacıyla kullanım şekli

Sonuç olarak, Bilgi Çağı'nda yaşanan değişimlerden tıpkı diğer disiplinler gibi mimarlık ve iç mimarlık da farklı şekillerde etkilenmiştirler. Bilgisayar teknolojilerinin yaygınlaşması ve günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası olması ile birlikte bilgisayar destekli tasarım ve üretim anlayışı da tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Günümüzde sayısal tasarım ve üretime engellenemez bir geçiş süreci yaşanmaktadır. Bu nedenle bütün platformlarda sayısallaşma kaçınılmaz hale gelmiştir, çünkü enformasyonu elde etmek, kullanmak, iletmek için her alanda sayısal araçlar kullanılır hale gelmektedir.

Bilgisayar destekli araçların tasarım sürecine entegrasyonu ile birlikte tasarımın önemli bir kısmı veya tümü sayısal ortamda gerçekleştirilirken tasarım anlayışında da değişimler yaşanmaktadır. Yeni teknolojilerle birlikte, sadece tasarım sürecinin değil tasarlanan mekanların da değişim yaşadığı bir sürece tanıklık etmekteyiz. Sayısal üretim araçlarının tasarım sürecine entegrasyonu ile birlikte tasarımcı maliyet, zaman ve kullanıcı odaklılık gibi kavramları daha fazla önemser hale gelmektedir. Bunun yanı sıra kompleks formları yaratmaya olan ilgi de artmaktadır. Ancak amaç kompleks formlar yaratmak değil yeni keşfedilen tekniklerle ne kadar karmaşıklıkta formların yaratılabileceğinin deneyimlenmesidir. Tüm bu formları yaratmada kullanılan teknikler matematiksel hesaplamalara dayalı sistemlerdir. Formun üretimini sağlayan kurallar ve parametreler basit geometrik şekilleri beklenmedik ve karmaşık biçimlere dönüştürmektedir. Genel anlamda bu teknikler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir da aslında birçok teknik iç içe olarak kullanılmaktadır.

Sayısal üretim tekniklerinin endüstri devrimi ile birlikte ortaya çıkan makinalaşma sistemiyle benzerliklere sahip olduğunu ileri sürmek mümkündür. Ancak bu tekniklerin avantajı, sanayi devriminin yarattığı seri üretim anlayışının yerine kitlesel bireyselleştirilmiş üretim anlayışını olanaklı hale getirmesidir. Böylece birbirinden farklı modüller bir araya getirilerek yeni biçimler yaratılabilmektedir. Ayrıca tasarım amacıyla yaratılan bilgisayar modeli üretim amacıyla da kullanılabilir. Böylece ciddi anlamda bir zaman ve maliyet kazancı ortaya çıkmaktadır.

Dijital tasarım ve üretim tekniklerinin iç mimaride kullanımı üzerine olumlu ve olumsuz görüşler ortaya atılmaktadır. Kimi tasarımcılar bilgisayarların tasarımın temsilini, detaylandırılmasını ya da üretimini kolaylaştırdığını ileri sürerken, kimi tasarımcılar da tasarımcının artistik yeteneğini azalttığını bilgisayarın yarattığı

formların esiri olduğunu ileri sürmektedirler. Ancak tez kapsamında yapılan incelemeler doğrultusunda bilgisayarın tasarım sürecine entegrasyonu ile birlikte yaşanan değişimler genel anlamda olumlu etkileri beraberinde getirmektedir. Bu etkiler tasarımların daha kısa sürede, hatasız, düşük maliyetle üretimi, global ortamda paylaşımı gibi bileşenler olarak sıralanabilir.

Günümüz bilgi çağında birçok alanda sayısal teknolojilerin yarattığı etkiler tartışılırken, bilgi ve bilgisayar teknolojileri mimarlık alanında da yeni ilişkiler tanımlamakta ve yeni düzenleri beraberinde getirmektedir. Mimari ve iç mimari formlar matematik ve geometri kuralları çerçevesinde karmaşıklaşmakta ve üretim süreçleri bilgisayar teknolojileri aracılığıyla mimarlık disiplini üzerinde dönüştürücü etkiler yaratmaktadır. Bu süreç içerisinde, mimarların birçok disiplin ile etkileşimli olarak çalışması ve işbirliği yapması da gündeme gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Akipek, F.**, 2004. Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarımı Geliştirme Amaçlı Kullanımları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Ortamında Mimarlık, Doktora Tezi, İstanbul.
- Anderson J., Tang M.**, 2010. Interactive Information Model for Digital Fabricator, University of North Carolina Greensboro, University of Cincinnati.
- Azize, A. M.**, 2008. Sayısal Bilgi İşlemenin Mimarlık ve Tasarım Nesnesi Üzerindeki Etkileri , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Bacon, E.**, 1974. Design of Cities, The Viking Press, New York.
- Burphy, J., Burry, M.**, 2010. The New Mathematics of Architecture, Thames and Hudson, London
- Chaszar, A.**, 2006: Introduction: An exploration of Current CAD/CAM Techniques Blurring the Lines syf 6-15 Ed. Chaszar A., Great Britain, Wiley Academy.
- Çağdaş, G.**, 2005. Enformasyon Teknolojilerindeki Evrimsel Sürecin Mimari Tasarım Eğitimine Yansımaları, STÜDYO Tasarım Kuram Eleştiri Dergisi, 2, Güz 04-05, 2-6.
- Çakır, M.**, 2006. Bilgisayar Teknolojilerinin Gelişimi ile Ortaya Çıkan Form Üretim Teknikleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çaltık, A.**, 2008. Sayısal Tasarım Kavramları ve Algoritmik Düşüncenin Mimari Tasarıma Etkileri, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çolakoğlu, B., & Yazar, T.**, 2007. Mimarlık Eğitiminde Algoritma: Stüdyo Uygulamaları, Gazi Üni. Mim. Müh. Fak. Dergisi, Cilt 22, No.3, Ankara, s:379-385.
- Dunn N.**, 2012. Digital Fabrication in Architecture, Laurence king Publishing Limited, Çin.
- GÜTEF**, 2006. CNC Torna, Freze Çalışma Prensipleri ve Takım Teknolojisi, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kalıpcılık Öğretmenliği, Ankara.
- Hadia, H. A. A.**, 2007. Form Production Process in Digital Architecture: Thinking, Modelling and Fabrication.
- Iwamoto, L.**, 2009. Digital Fabrication: Architectural and Material Techniques, Princeton Architectural Press, New York.
- Kolarevic, B.**, 2003. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing, Spon Press, London.

- Köksal, H.,** 2005. Dijital Mimarlıkta Tasarım ve Üretim Süreci, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kutsal, A. C.,** 2009. Dijital Tasarım ve Üretim Tekniklerinin Mimaride Kullanılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Liu, Y.,** 2009. Robotic Design Construction: Digital Fabrication Strategies For Freedom Masonry Casting and Mobile Assembly, Master of Science in Architecture Studies, Massachusetts Institute of Technology, ABD.
- March, L., Stiny G.,** 1984. Spatial systems in Architecture and Design: Some History and Logic, Environment and Planning B: Planning and Design, 12:31-53
- Mennan, Z.,** 2004. Non Standart Architectures-Standart Olmayan Mimarlıklar Arredamento Mimarlık, 166, 61-75.
- Mitchell W.J., McCullough M.,** 1995. Digital Design Media, John Wiley & Sons Inc., Canada.
- Moussavi, F.,** 2011. Function of Form, Actar and Harvard University Graduate School of Design, London.
- Norman, F. & Tilder, L.,** 2013. Digital Representation: Architecture, Technology and Representation, Cambridge,
- Ousterhout, L.,** 1998. Scripting: Higher Level Programming for the 21st Century, IEEE Computer.
- Picon, A.,** 2010. Digital Culture in Architecture, Birkhauser GmbH., İsviçre
- Rheingold, H.,** 1991. Virtual Reality, Simon & Schuster, New York.
- Rischau, J. J.,** 2011. Custom Digital Fabrication in Industrial Design, Master of Fine Arts in Art and Design, University of Illinois, Urbana Campaign
- Rocha, A. J. M.,** 2004. Architecture Theory 1960-1980. Emergence of a Computational Perspective, Massachusetts Institute of Technology, ABD.
- Özsel, F.,** 2004. Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Popescu, G. A., Mahale, T., & Gershenfeld, N.,** 2006. Digital Materials For Digital Printing, Digital Fabrication Conference, MIT's Center For Bits And Atoms, Denver, ABD.
- Sarıdal, A.,** 2007. A Research on Architectural Design Techniques And Manufactural Processes in the Digital Age, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Seely, J.,** 2004. Digital Fabrication in the Architectural Design Process , Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts Institute of Technology
- Timberlake K.,** 2004. Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction, McGraw-Hill, New York.

Zellner, P., 2000. Hybrid Spaces, syf 8-16, Thames&Hudson London.

Url-1 <http://tr.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D/>, alındığı tarih 20.04.2013.

Url-2 <http://tr.wikipedia.org/wiki/3DS_max/>, alındığı tarih 20.04.2013.

Url-3 < http://iys.inonu.edu.tr/webpanel/dosyalar/170/file/CNC_Torna.pdf>,
alındığı tarih 29.04.2013.

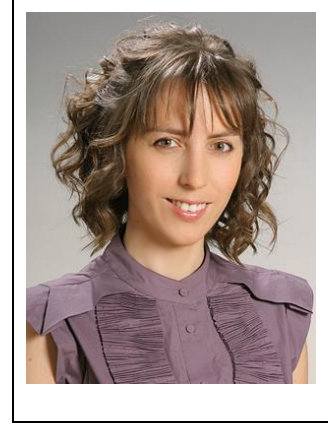
Url-4 < <http://www.hamitarslan.com/freze-tezgahlari.html>>,
alındığı tarih 20.04.2013.

Url-5 <<http://tr.wikipedia.org/wiki/lazer/>>, alındığı tarih 26.03.2013.

Url-6 <<http://www.ary.gen.tr/su-jeti-ile-kesme-teknigi/>>, alındığı tarih 05.04.2013.

Url-7 <<http://www.archdaily.com/274331/lignum-pavilion-frei-saarinen-architekten/>>, alındığı tarih 05.04.2013.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Sabiha Yıldız Sevgi

Doğum Yeri ve Tarihi: 18/02/1984 - Bulgaristan

Adres: Esentepe Mah. Öztan Sok. No:13/3 Nilüfer Bursa

Lisans Eğitimi: İstanbul Teknik Üniversitesi İç Mimarlık Bölümü

E-mail: sabihayildiz@gmail.com

İç Mimarlık alanında lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl İ.T.Ü. İç Mimari Tasarım Uluslararası Yüksek Lisans programında eğitime devam eden Sabiha Yıldız Sevgi, yüksek lisans programı kapsamında Hochschule Für Technik Stuttgart'ta eğitim aldı. Aynı yıl içerisinde Edinburgh College of Art 'da gerçekleştirilen Time Oriented Workshop programına dahil oldu.

İç Mimarlık lisansının yanı sıra Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü lisans eğitimini ikinci üniversite olarak tamamladı.