



**ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA DİJİTALLEŞME:
ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN ÜRÜN TASARIM
PRATIĞİNDE KULLANIMI**

Ebru GEDİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2017

Ebru GEDİK tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA DİJİTALLEŞME: ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN ÜRÜN TASARIM PRATIĞİNDE KULLANIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Abdullah TOGAY

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Bülent YILMAZ

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 19/06/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ebru GEDİK

19/06/2017

ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA DİJİTALLEŞME:
ÜÇ BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİLERİNİN ÜRÜN TASARIM
PRATIĞİNDE KULLANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Ebru GEDİK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2017

ÖZET

Bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler ile gelişen dijital tasarım ve üretim araçları, üretme, tasarlama ve iş yapma biçimlerimize etki etmektedir. Bu teknolojilerin tasarım sürecine dahil olmasıyla ürün tasarım pratiğindeki etkileri de kaçınılmazdır. Dijital tasarım ve üretim araçlarının tasarım süreçlerinde kullanımı ile literatürde geleneksel tasarım süreci modellerine alternatif olarak dijital tasarım süreci modellerini görmek mümkündür. Yeni nesil dijital üretim teknolojisi olan üç boyutlu baskı, endüstri ürünleri tasarımı pratiği için önemli bir teknoloji olarak görülmekte ve ürün tasarım süreçlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Başlangıçta tasarımcılar için yalnızca tasarım sürecinin son evresinde kullanılan bu teknoloji, bugün tasarımların geliştirilme süreçlerinde diğer tasarım araçlarıyla birlikte tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren kullanılmaktadır. Bu çalışma ile dijital tasarım aracı olarak 3 boyutlu baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğindeki kullanım ve etki alanlarının araştırılması, geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ana çalışmaya referans niteliğinde bir ön araştırma yapılmıştır. Bu ön araştırma sonuçları analiz edilerek 40 profesyonel ürün tasarımcısıyla görüşmeler yürütülmüştür. Ayrıca literatürle tanımlanan 3 boyutlu baskı teknolojisi entegre edilmiş dijital tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkiler durum çalışmaları ile incelenmiştir. Sonuç olarak profesyonel ürün tasarımcılarının teknolojiyi tasarım süreçlerine entegre etme biçimleri, etkileri ile ilgili değerlendirmeleri ve uygulamalı çalışmalar yolu ile 3 boyutlu baskı teknolojisinin ürün tasarım sürecindeki yerine ve çıktıklarına ilişkin bütüncül bir değerlendirme ortaya konmuştur.

Bilim Kodu : 80308
Anahtar Kelimeler : Dijital Tasarım, Dijital Üretim, 3 Boyutlu Baskı, Ürün Tasarım Pratiği
Sayfa Adedi : 119
Danışman : Doç. Dr. Abdullah TOGAY

DIGITIZATION IN INDUSTRIAL DESIGN:
THE USE OF THREE-DIMENSIONAL PRINTING TECHNOLOGIES
WITHIN PRODUCT DESIGN PRACTISES

(M. Sc. Thesis)

Ebru GEDİK

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2017

ABSTRACT

The evolving digital design and production tools with the aid of advances in computer technology influence our way of designing, producing and doing business. With the inclusion of these technologies in design process, their effects on product design practice are also inevitable. The digital design process models can be mentioned as an alternative to the traditional one in the literature with the use of digital design and production tools in design processes. Three-dimensional printing, the next generation of digital production technology, is seen as a significant technology for the practice of industrial design and its use is becoming widespread in product design processes as a design tool. Initially used only in final stage of the design process, this technology has been in use today with other design tools from the early stages. In this study, it is aimed to determine the effects of 3D printing technology as a digital design tool in the product design practice compared to the traditional design process. For this purpose, a preliminary study has been carried out in reference to the main work. This preliminary research results were analyzed through which interviews were conducted with 40 professional product designers. In addition, the effects of the digital design processes integrated 3D printing technology defined by the literature compared to the traditional design process are examined by case studies. Consequently, a holistic evaluation on the ways how professional product designers integrate 3D printing technology into their design processes, their impact evaluations and case studies the position and outputs of the technology in design process is introduced.

Science Code : 80308

Key Words : Digital Design, Digital Fabrication, 3D Printing, Product Design Practise

Page Number : 119

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Abdullah TOGAY

TEŞEKKÜR

Öncelikle engin bilgi ve deneyimleriyle akademik çalışma hayatımda kendimi geliştirmem için en büyük kaynağım olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Abdullah Togay'a bana ayırdığı zaman ve harcadığı emek için teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez jürimde yer alarak değerli yorumlarda bulunan Sayın Prof. Dr. H. Güçlü Yavuzcan'a ve Sayın Prof. Dr. Bülent Yılmaz'a, manevi desteği için Sayın Doç. Dr. Serkan Güneş'e, tez kapsamındaki görüşmelerde bilgi ve deneyimlerini paylaşan tüm tasarımcılara ve Gazi Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı bölümünden tez kapsamındaki çalışmaya gönüllü olarak katılan öğrencilere teşekkür etmek isterim.

Bu uzun ve emek isteyen süreç, bana inanan, sevgisiyle yanımda olan insanların varlığının ne kadar önemli olduğunu anlamama vesile oldu. Bu insanların başında gelen, bilgi ve dostluklarına çok değer verdiğim Serpil Erdönmez, oda arkadaşım Araş. Gör. Merve Coşkun ve Araş. Gör. Ferit Aydın'a, bu süreçte bana destek olan ve motive eden Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesindeki çalışma arkadaşlarıma, uzakta da olsalar desteklerini hep hissettiren Ayşenur Orak, Burcu Özgünetey, Miray Güneri, Kübra Çimen ve sonsuz sevgisi ve desteği için Fatih Erken'e çok teşekkür ederim. Son ve en büyük teşekkürü, bana her zaman inanan, güvenen, hayatım boyunca başarılı olmak için güç bulduğum ve bulacağım annem, babam, ablam ve yeğenim *Ayşe Beren*'e varlıkları için etmek isterim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. Teknoloji ve Dijitalleşme	5
2.1.1. Dijital tasarım.....	6
2.1.2. Dijital üretim	7
2.2. Üç Boyutlu Baskının Tanımı	9
2.3. Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Tarihi	10
2.4. Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Sınıflandırılması	11
2.4.1. Malzeme ekstrüzyonu	13
2.4.2. Fotopolimerizasyon.....	14
2.4.3. Toz zeminde füzyon.....	16
2.5. Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Uygulama Alanları	17
2.5.1. Hızlı prototipleme.....	19
2.5.2. Fonksiyonel ürün üretimi	19
2.5.3. Masaüstü imalat.....	20

	Sayfa
2.6. Ürün Tasarım Pratiği.....	21
2.6.1. Ürün tasarım süreci	23
2.6.2. Dijital tasarım süreci	28
2.6.3. Tasarım araçları	30
2.6.4. Dijital tasarım aracı olarak üç boyutlu baskı.....	33
2.7. Üç Boyutlu Baskı Üzerine Yapılan Çalışmalar	35
3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	39
3.1. Ön Çalışma.....	40
3.1.1. Ön çalışmanın yürütülmesi	41
3.1.2. Ön çalışma sonuçları	43
3.2. Ana Çalışma	46
3.2.1. Ana çalışma için seçilen veri toplama yöntemleri.....	47
3.2.2. Ana çalışmanın yürütülmesi.....	54
3.2.3. Ana çalışma verileri analizi.....	61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	65
4.1. Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular	65
4.2. Durum Çalışmasından Elde Edilen Bulgular	82
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR	101
EKLER.....	109
EK-1. Tasarımcılarla görüşme soruları.....	110
EK-2. Durum çalışması (1 ve 3) tasarım iş tanımı belgeleri.....	116
EK-3. Durum çalışması (2 ve 4) tasarım iş tanımı belgeleri.....	117
EK-4. Durum çalışmaları uzman değerlendirme formu	118

ÖZGEÇMİŞ 119



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımı değerlendirme ölçeği ve tasarımcı değerlendirmesi.....	45
Çizelge 3.2. Görüşme sorularında uygulanan ölçekte aritmetik ortalamaların değerlendirilmesi	62
Çizelge 4.1. Tasarımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile ilgili bilgilerinin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımına göre Ki kare bağımsızlık testi sonuçları	68
Çizelge 4.2. 3B baskı teknolojisinin uygulama alanlarının önem düzeyinin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımı değişkenine göre dağılımı	68
Çizelge 4.3. 3B baskı teknolojisi kullanım sıklığının teknolojiye erişime göre dağılımı	72
Çizelge 4.4. Konsept geliştirme evresinde 3B baskı teknolojisi kullanımının teknolojiye erişime göre dağılımı	73
Çizelge 4.5. Ürün tasarım süreci aşamalarında 3B baskı teknolojisi kullanımı etkinliğinin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı değişkenine göre bağımsız Mann-Whitney U testi sonuçları	77
Çizelge 4.6. 3B baskı teknolojisinin tasarım sürecinde etkinliğinin 3B baskı teknolojisi kullanımı değişkenine göre bağımsız Mann-Whitney U testi sonuçları	78
Çizelge 4.7. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanılan ürün özellikleri etkinliğinin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı değişkenine göre bağımsız Mann-Whitney U testi sonuçları	78
Çizelge 4.8. 3B baskı teknolojisi kullanımının genel sürece etki değerlendirmesinin 3B baskı kullanımı değişkenine göre bağımsız Mann-Whitney U testi sonuçları.....	80
Çizelge 4.9. Belirlenen ölçütler doğrultusunda tasarım süreci değerlendirmesi	83
Çizelge 4.10. Dijital ve geleneksel tasarım süreçlerinde tasarlanan form ve fonksiyon odaklı ürünlerin belirlenen ölçütler doğrultusunda uzman değerlendirmesi.....	88

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tezin yapısı.....	4
Şekil 2.1. Endüstriyel devrimin yolculuğu	5
Şekil 2.2. 3B baskının genel işleyişi	9
Şekil 2.3. Hızlı prototiplemenin 4 ana özelliği	10
Şekil 2.4. 3B baskının gelişiminde rolü olan teknolojik gelişmeler	11
Şekil 2.5. Tüketici (masaüstü) yazıcıların özelliklerinin profesyonel yazıcılarla kıyaslanması	12
Şekil 2.6. 3B baskı teknolojilerinin kullanılan hammadde yapısına göre sınıflandırılması	13
Şekil 2.7. Malzeme ekstrüzyonu çalışma prensibi.....	13
Şekil 2.8. Fotopolimerizasyon çalışma prensibi	14
Şekil 2.9. Sürekli sıvı ara yüz sistemi çalışma prensibi.....	16
Şekil 2.10. Toz zeminde füzyon çalışma prensibi	16
Şekil 2.11. 3B baskının farklı sektörlerdeki kullanımı	18
Şekil 2.12. Tasarım sürecindeki aktiviteler.....	23
Şekil 2.13. Lawson'un tasarım süreci modeli.....	24
Şekil 2.14. Genelden özele tasarım faaliyetine dayanan tasarım süreci modeli	24
Şekil 2.15. Ulrich ve Eppinger'in tasarım süreci modeli.....	25
Şekil 2.16. French'in tasarım modeli	25
Şekil 2.17. Cross'un tasarım modeli	26
Şekil 2.18. Endüstriyel tasarım sürecinin basitleştirilmiş modeli.....	26
Şekil 2.19. Endüstriyel tasarım sürecinin jenerik aşamaları	27
Şekil 2.20. CAID/RP metodolojik yaklaşımı.....	29
Şekil 2.21. Dijital tasarım üretimi (DDF) metodu	29

Şekil	Sayfa
Şekil 2.22. Dijital tasarım süreci için başlangıç çerçevesi.....	30
Şekil 2.23. Tasarım araçlarının sınıflandırılması.....	31
Şekil 2.24. Kişiselleştirme için önerilen metodolojik yaklaşım	35
Şekil 2.25. Katmanlı imalat için tasarım destek aracının ara yüzü.....	37
Şekil 3.1. Araştırma yöntemi aşamaları.....	39
Şekil 3.2. Durum çalışması için yapılandırılmış tasarım süreci.....	41
Şekil 3.3. Karşılaştırmalı durum çalışması hazırlık aşamaları.....	51
Şekil 3.4. Süreç 1: Dijital tasarım süreci.....	52
Şekil 3.5. Süreç 2: Geleneksel tasarım süreci.....	52
Şekil 3.6. Durumların oluşturulması.....	53
Şekil 3.7. Çalışma için kurgulanan durumlar.....	54
Şekil 3.8. Ana çalışma verilerinin analizi	61
Şekil 4.1. Katılımcıların firma nitelikleri.....	65
Şekil 4.2. Katılımcıların tasarım yaptıkları sektörlerin dağılımı	66
Şekil 4.3. Katılımcıların çalışma yılı deneyimleri	66
Şekil 4.4. Katılımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile ilgili bilgi sahibi olma durumu.....	67
Şekil 4.5. Katılımcıların bilgi sahibi olduğu 3B baskı teknolojilerinin dağılımı.....	67
Şekil 4.6. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanan tasarımcıların teknolojiye erişimleri.....	69
Şekil 4.7. Firma bünyesinde ve hizmet alımında tercih edilen 3B baskı teknolojileri dağılımı.....	70
Şekil 4.8. Tasarımcıların 3B baskı teknolojilerini ürün tasarım sürecinde kullanım sıklığı.....	71
Şekil 4.9. Ürün tasarım sürecinde kullanılan 3B baskı teknolojilerinin dağılımı	72
Şekil 4.10. 3B baskı teknolojisinin tasarım süreci evrelerinde kullanımı.....	73

Şekil	Sayfa
Şekil 4.11. 3B baskının ürün tasarım sürecinde kullanım amacı dağılımı.....	74
Şekil 4.12. 3B baskı teknolojisinin tasarlanma süreçlerinde etkin kullanıldığı ürünlerin kategorilendirmesi ve dağılımı	74
Şekil 4.13. 3B baskı kullanımının ürün kararları üzerine etkilerinin dağılımı	75
Şekil 4.14. Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarındaki oturum sayılarının karşılaştırılması	83
Şekil 4.15. Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayılarının karşılaştırılması.....	84
Şekil 4.16. Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifi sayılarının karşılaştırılması	84
Şekil 4.17. Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarındaki oturum sayılarının karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.18. Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayılarının karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.19. Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifi sayılarının karşılaştırılması.....	86
Şekil 4.20. Dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarındaki oturum sayılarının karşılaştırılması.....	86
Şekil 4.21. Dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayılarının karşılaştırılması.....	87
Şekil 4.22. Dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifi sayılarının karşılaştırılması.....	87

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. 3B Baskı ile üretilen taburenin montaj aşamaları.....	36
Resim 3.1. Gazi Üniversitesi Dijital Tasarım Laboratuvarı genel görünüş.....	41
Resim 3.2. İğne yaparken acı azaltıcı aparatın tasarım süreci	42
Resim 3.3. Tatlı ambalajının tasarım süreci.....	43
Resim 3.4. Fıstık açacağıının tasarım süreci.....	43
Resim 3.5. Birinci durum çalışması.....	56
Resim 3.6. Birinci durum çalışmasında fiziksel modeller	56
Resim 3.7. Birinci durum çalışmasının sunum paftası	57
Resim 3.8. İkinci durum çalışması.....	57
Resim 3.9. İkinci durum çalışmasında fiziksel modeller.....	58
Resim 3.10. İkinci durum çalışmasının sunum paftası	58
Resim 3.11. Üçüncü durum çalışması baskıları.....	59
Resim 3.12. Üçüncü durum çalışması.....	59
Resim 3.13. Üçüncü durum çalışmasının sunum paftası	60
Resim 3.14. Dördüncü durum çalışması	60
Resim 3.15. Dördüncü durum çalışmasında fiziksel modeller	61
Resim 3.16. Dördüncü durum çalışmasının sunum paftası.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

N	Katılımcı Sayısı
X	Ortalama Değer
P	Önem Düzeyi
Sd	Serbestlik Derecesi
x²	Ki Kare Değeri

Kısaltmalar

Açıklamalar

2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
3DP	3D Printing
AM	Additive Manufacturing
CAD	Computer Aided Design
CAID	Computer Aided Industrial Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CLIP	Continious Liquid Interface Production
CNC	Computer Numerical Control
FDM	Fused Deposition Technology
RP	Rapid Prototyping
SLA	Stereolithography
SLS	Selective Laser Sintering

1. GİRİŞ

Tarihsel süreç boyunca teknolojik gelişmeler, üretimin ve tasarımın doğasını değiştirerek toplumsal dönüşümlerde etkili olmuştur. 18. ve 19. yüzyılda (yy) buharlı makineler, montaj hattı gibi yeniliklerin üretimde kullanılması, 20. yy'den itibaren bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve yeni teknolojilerin ortaya çıkması, 21. yy'den itibaren ise internet ve kişisel bilgisayarların yaygınlaşması, üretme, tasarlama ve iş yapma biçimlerimizde radikal değişikliklere yol açarak yeni kavramları ve sistemleri beraberinde getirmiştir. Bilgisayarların ve internetin yaygınlaşmasına paralel olarak gerçekleşen dijital devrim, dijital teknolojilerin yapıyı çevremizin ayrılmaz bir parçası olması ve bilgisayarların her yerde kullanılması ile içinde yaşadığımız dünyayı değiştirmektedir. Bugün modern bilgisayar sistemleri farklı disiplinlerde geniş bir kullanım ve etki alanı bulmaktadır. Dijitalleşmenin bu disiplinlerde yarattığı değişimler, endüstride yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojileri olarak adlandırılan dijital tasarım ve dijital üretime dayanmaktadır.

Tasarım ve üretim uygulamalarında bilgisayar yazılımı, donanımı ve dijital teknolojilerin kullanımı olan dijital tasarım ve dijital üretim, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak gelişmektedir. Yeni nesil bir dijital üretim teknolojisi olarak 3 Boyutlu baskı (3D printing), diğer adıyla katkılı imalat (Additive Manufacturing-AM), nesnelere üretmek için malzemeyi katmanlar halinde birleştiren bir süreçtir. 3 boyutlu (3B) baskı teknolojisindeki ilerlemeler, ilaç endüstrisi, sanat, tasarım, inşaat, bilim gibi alanlarda enerji kullanımı, atık azaltma, kişiselleştirme yoluyla üretim dünyasını önemli ölçüde değiştirebilme potansiyeline sahiptir. 3B baskı teknolojilerinin tasarlama, üretme ve tüketme biçimlerimizde oluşturacağı değişikliklerle yeni bir endüstri devrimi olabileceği tartışılmaktadır (Prince, 2013; Berman, 2012; Barnatt, 2013).

Son yıllarda yaşanan önemli teknolojik gelişmeler, tasarımcıların pratiklerini ve beklentilerini de değiştirmektedir. Endüstriyel tasarım pratiği, özellikle bilgisayar destekli tasarımın kullanılmaya başlamasından günümüze büyük bir değişim geçirmiştir. Yaşanan dijital devrim, son yirmi yılda ürün tasarımında yeni yollar açma potansiyeline sahip daha gelişmiş, analitik ve üretken dijital tasarım ve üretim araçlarının tasarım sürecinde kullanılmasıyla tasarım pratiğini önemli ölçüde etkilemektedir. 3B baskı teknolojilerinin ortaya çıkışı ve tasarım aracı olarak tasarım pratiğine dahil oluşu, tasarım için önemli bir

gelişme olarak kabul edilmektedir. 3B baskı teknolojileri, zihnin yalnızca hayal edebileceği somut eserler yaratma imkanı sunarak yaratıcı tasarım sürecine entegre olmaktadır. Başlangıçta tasarımcılar için yalnızca tasarım sürecinin son evresinde kullanılan 3B baskı, endüstriyel tasarımcıların fikir üretmek, geliştirmek ve detaylandırmak için yoğun olarak kullandıkları 3B fiziksel modellerin üretiminde ürün tasarımcıları için önemli bir kolaylaştırıcı haline gelerek, bugün tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren tasarımların geliştirilme süreçlerinde diğer tasarım araçlarıyla birlikte kullanılmaktadır. Tasarım sürecinde fikirlerin fiziksel nesnelere dönüşmesini sağlayan bu teknoloji, yakın zamanda tasarımcının araç kitine son ürünün üreticisi olarak da eklenerek tasarım için yeni yollar açmaktadır. Tasarımcıların 3B baskının özelliklerinden, potansiyelinden ve etkilerinden haberdar olması, endüstriyel tasarım disiplini açısından önemlidir.

Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın amacı, bir dijital tasarım aracı olarak 3B baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğinde kullanım ve etki alanlarını araştırmak ve yaratıcı tasarım sürecine entegrasyonuna ilişkin etkileri değerlendirmektir.

Araştırmanın önemi

3B baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğindeki kullanım ve etki alanlarının araştırılması, ürün tasarımcıları tarafından teknolojinin potansiyelinin anlaşılacak şekilde tasarım sürecinde doğru şekilde konumlandırılması ve etkin bir biçimde kullanılabilmesi açısından önem arz etmektedir. Alandaki profesyonellerin 3B baskının özelliklerinden ve ürün tasarım sürecindeki etkilerinden haberdar olması ile teknolojinin ürün tasarım pratiğinde kullanımının daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Literatürde endüstri ürünleri tasarımı disipliniinde 3B baskı teknolojisinin; iç mekan ürünlerinin tasarımında ve üretimindeki etkileri (Lumans, 2014), endüstriyel tasarım mesleği ve tasarımcılar üzerindeki etkisi (Alpay, 2012), hızlı prototipleme ile endüstriyel tasarımın entegrasyonu üzerine metodolojik yaklaşımlar (Evans, 2002; Valamanesh, 2012) ve firmaların pazar başarısındaki etkisi, kullanım alanları, ürünün kişiselleştirilmesi gibi bağlamlarda ürün geliştirme süreçlerindeki rolü (Senol, 2001; Ağar, 2008; Douts mohammadi, 2015) üzerine çalışmalar mevcuttur. Bu çalışma ise, profesyonel ürün tasarımcılarının teknolojiyi tasarım süreçlerine entegre etme biçimlerini ve teknolojinin tasarım sürecinin jenerik aşamalarındaki (Pahl ve Beitz, 2007:

40) kullanımını amaçları ve etkileri bakımından inceleyerek teknolojinin sürece entegrasyonunu çok boyutlu olarak değerlendirmektedir.

Araştırma soruları

Araştırma amacına yönelik olarak bu çalışma ile cevaplandırılması hedeflenen temel araştırma sorusu ve ilişkili alt sorular şu şekildedir:

Temel araştırma sorusu:

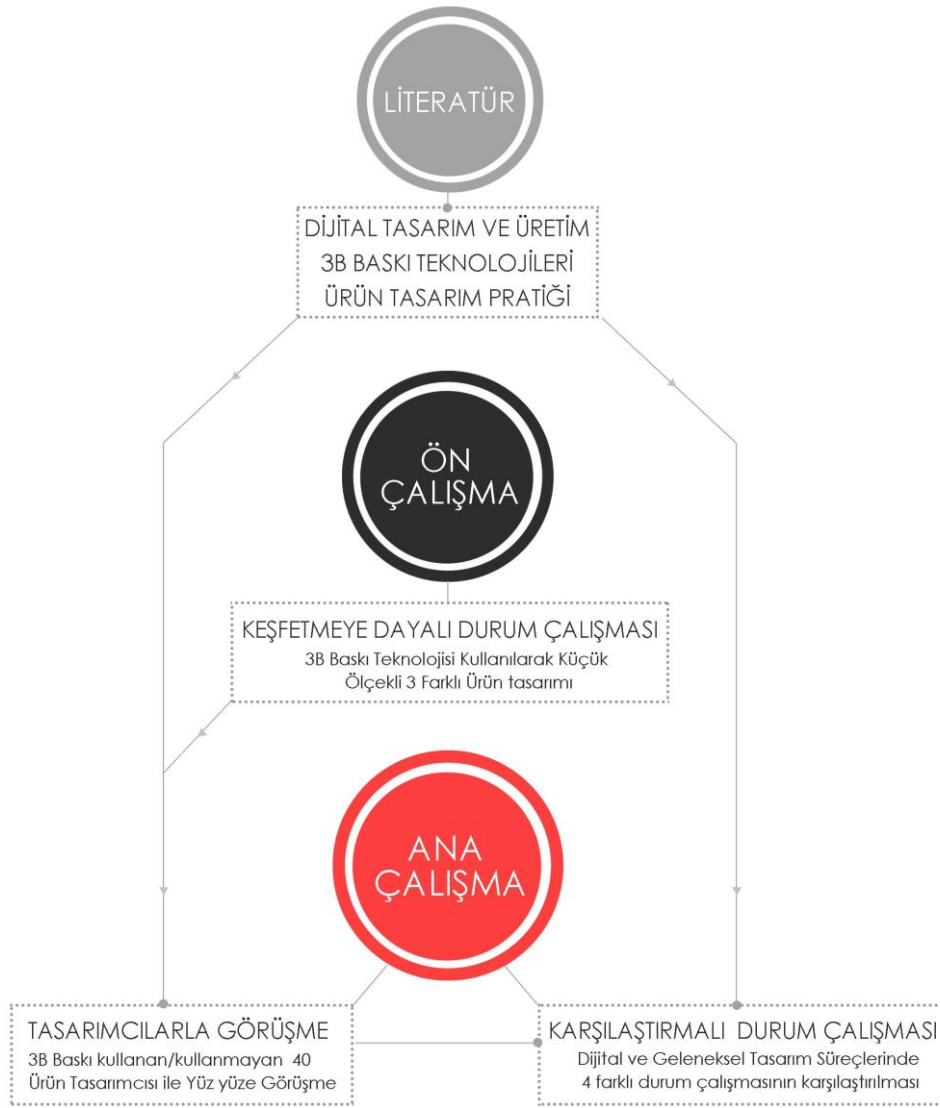
- 3 boyutlu baskı teknolojisinin ürün tasarım pratiğinde kullanım ve etki alanları nelerdir?

Alt sorular:

- 3 boyutlu baskı teknolojilerinin mevcut ve potansiyel uygulama alanları nelerdir?
- Farklı türdeki 3 boyutlu baskı teknolojileri ile bu teknolojilerin mevcut ve potansiyel uygulama alanlarına ilişkin bilgiler çerçevesinde ürün tasarımcıları açısından genel durum nedir?
- Tasarımcılar, ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknoloji kullanımının sürece etkisini nasıl değerlendirmektedir ve teknolojiyi süreçlerinde kullanan ve kullanmayan tasarımcıların bu değerlendirmelerindeki farklılaşma noktaları nelerdir?
- 3 boyutlu baskı teknolojisi entegre edilen dijital bir tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkiler nelerdir?

Tezin yapısı

Araştırma sorularına yanıt bulmak amacıyla literatür taraması, ana çalışmaya referans niteliğinde bir ön çalışma ve temel araştırma amacına yönelik bir ana çalışma olmak üzere 3 aşamalı bir çalışma kurgulanmıştır (Şekil 1.1).



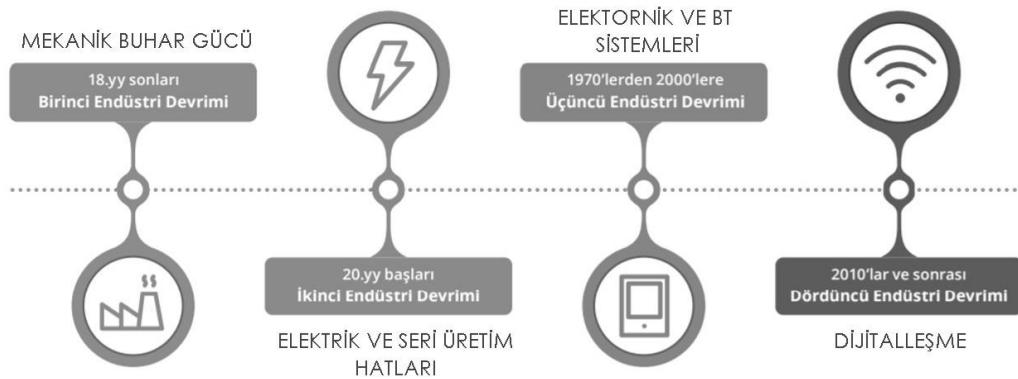
Şekil 1.1. Tezin yapısı

Literatür taraması 3 alan üzerine yoğunlaşmıştır. İlk olarak üretim sistemlerindeki değişimler bağlamında dijital tasarım ve üretim kavramları ve teknolojileri araştırılmıştır. İkinci aşamada tezin odağındaki dijital üretim teknolojisi olan 3B baskının tanımı, tarihi, sınıflandırılması, mevcut ve potansiyel uygulama alanları incelenmiştir. Son olarak ürün tasarım pratiği geleneksel ve dijital ürün tasarım süreçlerine ait modeller, tasarım sürecinde kullanılan tasarım araçları ve dijital tasarım aracı olarak 3B baskı teknolojisinin ürün tasarım sürecinde kullanımı üzerinden incelenmiş ve endüstri ürünleri tasarımında 3B baskı teknolojisi üzerine yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Ana çalışmaya referans oluşturmak amacıyla bir ön çalışma yürütülmüştür. Ana çalışma, profesyonel ürün tasarımcılarıyla yapılan görüşmeler ve mezuniyet adayı endüstri ürünleri tasarımı öğrencileriyle gerçekleştirilen durum çalışmalarından oluşmaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Teknoloji ve Dijitalleşme

Teknolojinin üretime dönük bir bilgi birikimi olduğu düşünüldüğünde üretim süreçleri üzerine doğrudan veya dolaylı etkisi kaçınılmazdır. Nitekim teknolojik gelişmeler, zamanın gereksinimleri doğrultusunda üretim sistemlerini değişikliğe uğratmaktadır. Sosyal bir faaliyet olan üretim fayda yaratmak, bir fiziksel varlık üzerinde onun değerini arttırıcı bir değişiklik yapmak olarak tanımlanmaktadır (Karaca, 1996). Bu bağlamda bugünkü modern makinaların, modern yöntemlerin ve teknolojinin var olmadığı 1800-1930 yılları arasında üretim faaliyetlerinde baskın olarak kullanılan el sanatı üretim sistemi (Çetin, 2006), müşteri isteklerine duyarlılık, esneklik ve ürün seçenekleri açısından üstün bir üretim sistemi olmakla birlikte, üretim kapasitesi, hızı çok düşük ve maliyeti yüksektir. El sanatı üretimin getirdiği yüksek maliyet, standart ürün üretememe ve sınırlı kapasite sorunlarına çözüm olarak 20. yüzyılın başlarında makineleşme ve standartlaşmanın önem kazanması ile birlikte kitlesel üretim kavramı ortaya çıkmıştır (Agrawal ve Hurriyet, 2004). Kitlesel üretimin yarattığı aynılığa ise kitlesel kişiselleştirme kavramını öne çıkarmıştır. Bu sürecin devamında internetin ve kişisel bilgisayarların yaygınlaşması ile dijitalleşme kavramı önem kazanmış, bu da yeni kavramları ve sistemleri beraberinde getirmiştir (Şekil 2.1). Teknolojik gelişmelerin üretimin ve tasarımın doğasını değiştirmesi, toplumsal dönüşümlerde de etkili olmuştur. 18. ve 19. yy'de buharlı makineler, montaj hattı gibi yeniliklerin üretimde kullanılması ile tarıma dayalı toplum sanayi toplumuna, 20. yy'den itibaren ise bilgi teknolojideki hızlı gelişmeler ve yenilikçi teknolojilerle birlikte sanayi toplumu bilgi toplumuna evrilmiştir (Şeker, 2005).



Şekil 2.1. Endüstriyel devrimin yolculuğu (Saçıkara ve Özdemir, 2017)

Dijitalleşme kavramı ile hayatımıza giren “dijital” terimi, sözlük anlamı olarak sayısal verilerin ekran üzerinde gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır (İnt1, 2017). Ancak zaman içerisinde bilgisayarların ve internetin yaygınlaşmasıyla birlikte verilerin dijitalleşmesinin ötesinde, süreçler de dijitalleşmiştir. Bu gelişmeler paralelinde yaşanan dijital devrim, bilgisayarların dijital teknolojinin yapılı çevremizin altyapısının parçası olmasını sağlayarak her yerde kullanılması ile içinde yaşadığımız dünyayı önemli ölçüde değiştirmektedir (Tung ve Deng, 2003). Öyle ki, modern bilgisayar sistemlerinin gücü ve yaygınlığı, farklı disiplinlerdeki geniş bir yelpazede bilgisayar programlama becerilerini geliştirmiştir (Jacobs, 2013). Dijitalleşmenin pek çok disiplinde yarattığı bu değişimler, temelde endüstride yaygın olarak kullanılan, CAD ve CAM olarak adlandırılan dijital tasarım ve dijital üretime dayanmaktadır.

2.1.1. Dijital tasarım

Dijital tasarım, tasarım uygulamaları için dijital teknolojilerin kullanılmasıdır. Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design), 2 boyutlu (2B) ve 3 boyutlu (3B) tasarım verilerinin oluşturulmasında bilgisayar donanımı ve yazılımı kullanımı olarak tanımlanabilir (Schoonmaker, 2002: 289). Yani CAD, tasarım sürecinde bilgi teknolojisi (BT) kullanımınıdır. Bir CAD sistemi, BT donanımı ve uygulama alanına bağlı olarak yazılımı içerir. 70’li yıllarda kullanılmaya başlanan CAD sistemlerinin gelişmesinde bilgisayarların boyutlarının küçülmesi, maliyetlerinin azalması ile kişisel bilgisayarların üretilmeye başlaması önemli rol oynamıştır (Waters, 2003). İlk CAD uygulamaları, 2B çizim tabanlı uygulamalar olmuştur. 80’li yılların ortalarından itibaren donanımsal ve yazılımsal gelişmelere paralel olarak 3B modelleme sistemleri yaygın hale gelmeye başlamıştır (Bilalis, 2000). Bu ilk uygulamalar kenar ve köşelerden sınırlar üreterek modeli tel çerçeve (wire-frame) olarak tanımladı ve yüzey göstermediği için gerçeklik açısından sınırlıydı. Daha sonra donanım ve yazılımdaki ilerlemelerle yüzey (surface) ve katı (solid) modelleme sistemleri kullanılmaya başlamıştır (Waters, 2003; Evans, 2002). İlk uygulamaları 2B çizim uygulamaları olan CAD sistemleri ile bugün gerçek parçanın 3B katı ve parametrik modellerini üretmek, tüm montaj parçalarını görmek, 3B modeli başka platformlara aktarmak, sanal bir prototipin analizi yapmak mümkündür (Bilalis, 2000). Parçaların üretimi için kodları içeren, üretim teknikleri ve cihazlarıyla uyumlu bilgisayar destekli tasarım teknolojisini; bilgisayar destekli üretim (Computer Aided Manufacturing) izlemiştir. 20. yüzyılın başından beri, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim, bilgisayar teknolojisinin ilerlemesine paralel olarak

gelişmektedir (Lim, 2006; Chryssolouris ve diğerleri, 2009). Bugün CAD ve CAM sistemleri elektronik, tekstil, ambalaj, giyim, deri, ayakkabı, otomotiv vb. tüm endüstriyel sektörlerde tasarım, mühendislik ve üretim uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.1.2. Dijital üretim

Dijital üretim, eklemeli veya eksiltmeli yöntemlerle malzemeyi işleyen bilgisayar destekli süreçler olarak tanımlanmaktadır. Dijital üretim sürecinde, fiziksel materyallerin kesilmesi, birleştirilmesi ve diğer şekillerde işlenmesi yoluyla dijital bir dosyayı belirli bir fiziksel nesneye dönüştürmek için dijital algoritmalar kullanılmaktadır (Mellis, 2011). Bu süreçte, nesnenin dijital bir 3B modeli yapılır ve bilgisayar tarafından çalıştırılan bir makine kullanılarak üretilir (Doustmohammadi, 2015). Bu makineler bilgisayar kontrolünde olduğundan, geleneksel el temelli alternatiflerden genellikle çok daha hızlı ve daha hassas çalışmaktadırlar. Ayrıca dijital girdiler, birinci ve ikinci endüstriyel devrim sırasında geliştirilen tekniklerden daha fazla esneklik sağlamaktadır (Stoutjesdijk, 2013).

Teknoloji ve dijital üretim, ürünler tasarlamak ve üretmek için yeni yollar yaratmaktadır. Dijital üretim işlemleriyle birlikte üretim geliştirme süresini ve maliyetini azaltmak, ürünün kişiselleştirilebilmesi için gereken ihtiyacı karşılayabilmek, ürün kalitesini yükseltmek ve pazarın talep ettiği ürün çeşitliliğine daha hızlı yanıt üretebilmek mümkün olmuştur (Mühür, 2014). İşlemler, bilgisayar sayımlı yönetim (CNC) işlemleri ve hızlı prototipleme (RP) işlemleri olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Eklemeli (additive) veya eksiltmeli (subtractive) üretim prensibine dayanan dijital üretim araçlarının en önemli örnekleri; lazer kesiciler, CNC frezeler ve üç boyutlu yazıcılarıdır (Mota, 2011). Lazer kesiciler ve CNC frezeler, ahşap, metal, köpük gibi levha şeklindeki ya da blok malzemeleri kullanabilirken, 3B yazıcılar ile plastik, karbon fiber, seramik, çeşitli gıdalar olmak üzere kullanılabilen malzemeler günden güne çeşitlenmektedir. Bu ikisi arasındaki en temel fark, CNC son ürünü oluşturmak için ana malzemeyi eksilterek işlerken, hızlı prototipleme malzeme katmanlarını ekleyerek aşamalı olarak oluşturmaktadır (Seely, 2004).

CNC

CAD sistemlerinin uygulanmasında en büyük adım CNC'nin (Computer Numeric Control) ortaya çıkışıdır. CNC prosesleri, bir başlangıç bloğundan, çubuktan veya levhadan,

bilgisayar kontrollü hareketlerle malzeme çıkartarak nesnelere yaratır. Kullanıcı, bilgisayarda bir dosya hazırlayarak işlemi başlatır, malzemeyi makinede kurar ve ardından dosyayı makineye gönderir. Makine, bilgisayarın verdiği yönergelerle göre otomatik olarak öğütür veya keser (Seely, 2004). Çeşitli CNC makine türleri vardır. En yaygın olanları CNC router, CNC freze makineleri ve CNC torna tezgâhlarıdır (Rischau, 2011). CNC frezeler, ahşap, metal, plastik ve köpük gibi blok malzemelerden formlar oluşturmak için kullanılır. CNC routerların temel çalışma prensibi dönen kesici ucun işlenen parça üzerinde freze mantığında ilerleyerek işlemesine dayanır. CNC Tornalar ise, iş parçasının silindirik parçaları işlemek için döndüğü ve kesicinin parçadan talaş kaldırarak ilerlediği tezgâhlarıdır (Seely, 2004). CNC teknolojisi, 3B CAD modeli ile fiziksel model arasında doğrudan bir bağlantı kurabilmeyi gerçekleştirmiş, kalıp ve döküm gibi geleneksel yöntemlerin aksine dijital veri üzerinde yapılan değişikliklerin fiziksel model üzerinde görülebilmesini mümkün kılmıştır (Özcan, 2013).

Üç boyutlu baskı teknolojisi

3B baskı, yaygın bilinen adıyla hızlı prototipleme, 3B nesnelere imal etmek için malzemeyi katmanlar halinde birleştiren bir süreçtir (Prince, 2013). 3B baskıda son ürün, bilgisayar ortamında tasarlanan 3B modelin yazıcıya gönderilerek hammaddenin katmanlar halinde birbiri üzerine yığılmasıyla ya da katılaştırılmasıyla fiziksel hale gelir. Ana maddenin çeşitli yöntemlerle üst üste eklenmesi söz konusu olduğundan bu yöntem eklemeli üretim adını alır ve son ürünü oluşturmak için yalnızca gereken kadar malzeme kullanır (Özgünoğdu, 2014; Prince, 2013). Günümüzde kendi içinde avantajları ve dezavantajları olan çeşitli 3B baskı teknikleri kullanılmaktadır. En yaygın olanları SLA (Stereolithography), SLS (Selective Laser Sintering), FDM (Fused Deposition Modeling) ve Polyjet teknolojileridir. 3B yazıcılar günümüzde hem prototipleme hem de son ürün üretimi amacı ile kullanılmaktadır. 3B baskı teknolojisindeki ilerlemeler, enerji kullanımı, atık azaltma, kişiselleştirme, ürün kullanılabilirliği yoluyla ilaç endüstrisi, sanat, inşaat ve bilim gibi alanlarda üretim dünyasını önemli ölçüde değiştirebilecek potansiyele sahiptir (Vardhan ve diğeri, 2014). Yapılan çalışmalarda 3B baskı teknolojilerinin bu etkilere paralel olarak tasarlama, tüketme ve yaşama biçimlerimizde yaratacağı değişikliklerle yeni bir endüstri devrimi olabileceği tartışılmakta ve bu teknolojinin bir üretim yöntemi olmanın ötesinde bir tasarım, üretim ve tüketim felsefesi önerdiği vurgulanmaktadır (Prince, 2013; Berman, 2012; Barnatt, 2013; Özgünoğdu, 2014).

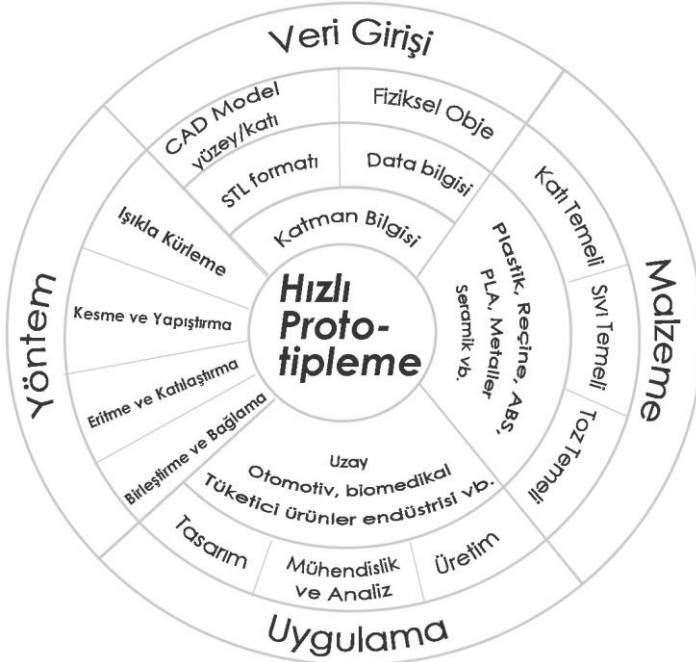
2.2. Üç Boyutlu Baskının Tanımı

3B baskı, diğer adıyla katkılı imalat, parçaya bağımlı araçlar kullanmadan doğrudan 3B CAD verilerinden 3B fiziksel nesnelere üretmek için kullanılan katman tabanlı otomatik üretim sürecidir (Gebhardt, 2011: 2). Üretim teknolojilerinde özellikle son yıllarda öne çıkan, prototip üretiminde tercih edilen ve son ürün üretiminde yer almaya başlayan 3B baskı, geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak “eklemeli üretim” için kullanılan bir terimdir ve ilk olarak hızlı model/prototip üretmek amacıyla geliştirilip kullanılmaya başlandıkları için hızlı prototipleme (Rapid Prototyping) adıyla da adlandırılmaktadır (Özgünoğdu, 2014; Ağar, 2008). 3B baskının genel işleyişi bilgisayar destekli tasarım programları veya 3B tarama ile objenin 3B modelinin hazırlanması, hazırlanan modelin 3B yazıcının işleyebileceği bir format olan STL (Standard Triangle Language) formatına dönüştürülmesi ve üretim aşamasından oluşmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. 3B baskının genel işleyişi (Ertek, 2014)

Hızlı prototipleme sürecinde veri girişi, yöntem, malzeme ve uygulama olmak üzere dört ana özellikten (Şekil 2.3) söz etmek mümkündür (Chua, Leong ve Lim, 2003: 12). 3B baskı için gerekli olan veri, objenin üretilmesi için gerekli bilgiyi içeren 3B CAD dosyasıdır. 3B baskı için 30'dan fazla yöntem bulunmakla birlikte bu yöntemler genel olarak ışıkla kütleme, eritme ve katılaştırma ya da birleştirerek bağlama prensiplerine dayanmaktadır. 3B baskı için yöntem seçimine bağlı olarak katı, sıvı veya toz temelli malzemeler bulunmaktadır. Son olarak 3B baskı uygulamaları kullanım amacına göre tasarım, mühendislik/analiz ve üretim olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 2.3. Hızlı prototiplemenin 4 ana özelliği (Chua ve diğerleri, 2003: 12)

3B baskı teknolojileri üretim teknolojilerindeki şekillendirmeye dayalı (formative)- ham malzemenin bir kalıbın şeklini almasını zorlayarak- veya eksiltmeli (subtractive)- ana kütleden malzeme çıkarılarak- yöntemlerin aksine nesneyi malzeme kaldırmak veya deforme etmek yerine üretim teknolojilerinde yeni bir yaklaşım olan üst üste ekleyerek (additive) üretirler (Weinmann, 2014). Yaklaşık otuz yıllık bir tarihi olan 3B baskı teknolojilerin diğer üretim yöntemlerine göre avantajları; talaşlı imalata kıyasla daha düşük güç gerektirerek katı parça üretmesi, tüm üretim teknolojilerinin içinde bilgisayarla kontrol edilebilirliği en kolay üretim yöntemi olması ve günümüzün en yüksek beceriye sahip teknolojisi olması olarak sıralanmaktadır (Jones ve diğerleri, 2011). Bu avantajları ile artık 3B baskı, üreticiler tarafından önemli ölçüde kesim, büküm, presleme ve döküm yöntemlerine alternatif bir üretim yöntemi olarak dikkate alınmaktadır (Yılmaz, Arar ve Koç, 2014).

2.3. Üç Boyutlu Baskı Teknolojisinin Tarihi

Yaklaşık 30 yıllık bir tarihi olan 3B baskı teknolojilerinin gelişmesinde bilgisayar teknolojileri ve beraberinde gelişen diğer teknolojilerin önemli etkisi olmuştur. Bu gelişmeler Şekil 2.4'de özetlenmektedir (Chua ve diğerleri, 2003: 8)

YIL	TEKNOLOJİ
1770	Makineleşme
1946	İlk Bilgisayar
1952	İlk CNC makine
1960	İlk Ticari Lazer
1961	İlk Ticari Robot
1963	İlk interaktif grafik sistemleri (Bilgisayar destekli tasarımın ilk versiyonu)
1988	İlk Ticari Hızlı Prototipleme Sistemi

Şekil 2.4. 3B baskının gelişiminde rolü olan teknolojik gelişmeler (Chua ve diğerleri, 2003'ten uyarlanmıştır.)

İlk 3B yazıcı 1984'de Charles Hull tarafından geliştirilmiş ve tekniği Stereolithography (SLA) olarak adlandırılmıştır. Yine 80'li yıllarda, 2001 yılında 3D Systems ile birleşen DTM firması tarafından SLS (Selective Laser Sintering) teknolojisi geliştirilmiştir. Ardından bugün en yaygın kullanılan teknolojilerden biri olan FDM (Fused Deposition Modeling) teknolojisinin 1989 yılında Strataysys'in kurucusu Scott Crump tarafından patenti alınmıştır (Alpay, 2012). 1992 yılında Charles Hull'un kurucusu olduğu 3D Systems tarafından ilk SLA teknolojiyi yazıcı üretilmiştir. Daha sonra 1993 yılında MIT, 3 Boyutlu Baskı (3DP) olarak adlandırdığı yazıcılarla 2 boyutlu mürekkep püskürtmeli baskı teknolojisini kullanmıştır. Z Corporation, 1995 yılında MIT'den lisansını satın alarak genel pazara yönelik 3D yazıcılar geliştirmeye başlamış, 2005 yılında ilk yüksek tanımlı renkli 3DP yazıcıyı piyasaya sunmuştur. Bunu Cornell Üniversitesi tarafından 2006'da tanıtılan ilk açık kaynaklı 3B yazıcı olan RepRap'ın başarısını izlemiştir (Vardhan ve diğerleri, 2014). 2006 yılında ise yine bugün en yaygın teknolojilerden olan SLS teknolojiyi ilk 3B yazıcı üretilmiştir (Grymol, 2013). Bu başlangıç gelişmelerinin ardından belirli firmaların elinde olan patentlerin sürelerinin dolmasıyla pek çok firmanın bu alanda üretime başlaması, son 20 yılda teknolojinin hızla gelişmesi ile basılan materyallerin çeşitliliği artması ve sürecin daha hızlı ve ekonomik hale gelmesi ile 3B yazıcıların yetenekleri de geliştirmektedir.

2.4. Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Sınıflandırılması

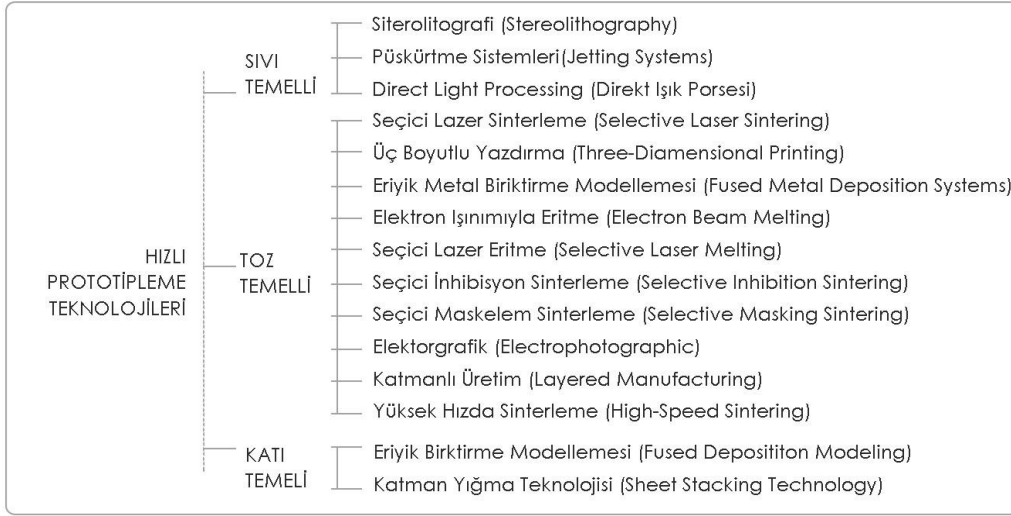
Üç boyutlu yazıcılar, nesnelerin imalatını malzemeyi katmanlar halinde biriktirerek veya katılaştırarak yapan bilgisayar kontrollü cihazlardır. Bu cihazlar; CAD programları ile tasarlanmış bir elektronik datayı kalıp, model vb. ihtiyacı duyulmaksızın 3B datasının

makineye gönderilmesiyle malzemeyi kat kat ekleyerek 3B parça imalatı yapmaktadır (Yılmaz ve diğerleri, 2014; Walters ve Davies, 2010). 3B baskı cihazları maliyet, yetenek ve uygulamalara dayalı olarak tüketici (masaüstü) ve profesyonel olarak 2'ye ayrılabilir. Masaüstü 3B yazıcılar, daha çok amatör kullanımına yönelik küçük, uygun fiyatlı ve kullanımı kolay 3B yazıcılardır. Profesyonel 3B yazıcılar ise endüstriyel kullanıcılara yönelik konsept modeller, fonksiyonel prototipler ve son ürün üretimde kullanılan yazıcılardır. Profesyonel yazıcılar, masaüstü yazıcılardan önemli ölçüde daha pahalı, güçlü ve verimlidir (Şekil 2.5).

	Tüketici	Profesyonel
Fiyat	200-3000 \$	50000 \$ ve üzeri
Baskı hacmi	10*10*10 dan az	12*12*12 üzeri
Malzeme	Sınırlı sayıda	Çok çeşitli malzeme
Çözünürlük	Yaklaşık 100 mikron	3 mikrona kadar
Kullanım Kolaylığı	Herkes tarafından kullanılabilir	Operasyonel Eğitim Gerekliliği
Kişiselleştirme	Sınırlı	Baskı parametreleri değiştirilebilir
Yazılım	Kolay kullanım	Kompleks, operatör gerekliliği
Kullanım maliyeti	Düşük	Yüksek operatör ve baskı maliyeti
Uygulama	Amatör kullanıcılar	Endüstriyel kullanım Hızlı prototipleme/üretim

Şekil 2.5. Tüketici (masaüstü) yazıcıların özelliklerinin profesyonel yazıcılarla kıyaslanması (İnt, 2017)

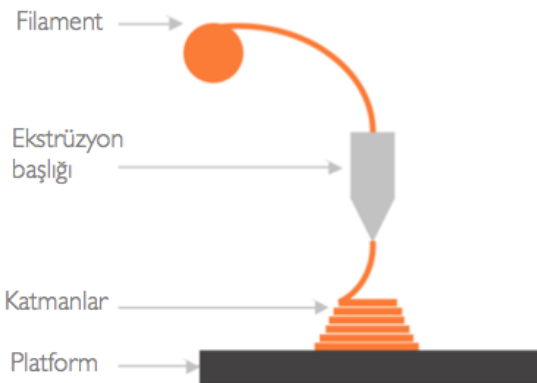
Eklemeli üretim yapan çok sayıda 3B baskı teknolojisi bulunmaktadır. Bu teknolojiler için farklı sınıflandırmalar mevcuttur. 3B baskı teknolojileri kullandığı hammaddenin yapısına göre katı temelli, sıvı temelli ve toz temelli olmak üzere (Şekil 2.6) sınıflandırılmaktadır (Chua ve diğerleri, 2003: 19; Hopkinson, Hauge ve Dickens, 2006: 55). 3B baskı teknolojileri çalışma prensiplerine göre ise malzeme ekstrüzyonu (Material extrusion), fotopolimerizasyon (Photopolymerization) ve toz zeminde füzyon (Granular Material Binding) olmak üzere 3 başlık altında toplanmaktadır (Barnatt, 2013: 26; Gibson, Rosen ve Stucker, 2010: 27).



Şekil 2.6. 3B baskı teknolojilerinin kullanılan hammadde yapısına göre sınıflandırılması (Hopkinson ve diğerleri, 2006)

2.4.1. Malzeme ekstrüzyonu

Malzeme ekstrüzyonu, ergimiş haldeki hammaddenin bilgisayar kontrolündeki ısıtılmış baskı kafasından itilerek katmanlı olarak inşa edildiği 3B baskı yöntemidir (Barnatt, 2013: 27). Katı temelli olan bu yöntemde hammadde katı halde bulunur ve uygulama anında ergitilerek bilgisayar verisine bağlı olarak model oluşturulur (Şekil 2.7). Bu yöntemde yaygın olarak termoplastikler kullanılır. En yaygın kullanılan termoplastikler ise Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) ve bir bio-plastik olan Polilaktik Asit (PLA) tir. Ayrıca bu yöntem ile metal, beton, seramik, çikolata, ahşap gibi çeşitli malzemeler de kullanılabilir (Barnatt, 2013; Açar, 2008). FDM olarak bilinen teknoloji, en bilinen malzeme ekstrüzyonu yöntemidir.



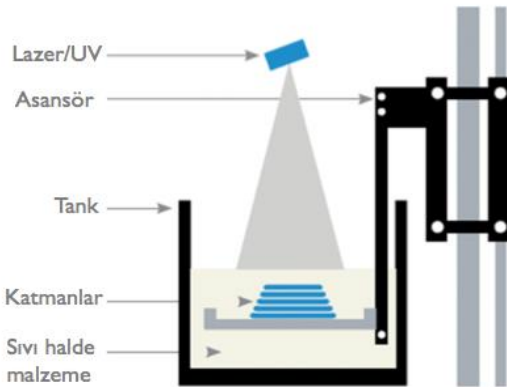
Şekil 2.7. Malzeme ekstrüzyonu çalışma prensibi

FDM (Fused Deposition Modeling)

Eriyik biriktirme modellemesi yöntemi, Stratasys firması tarafından geliştirilmiş ve “Fused Deposition Modeling” (FDM) adıyla patenti alınmıştır. Bu nedenle malzeme ekstrüzyonu teknolojileri için FDM adı yaygın olarak kullanılmaktadır (Gebhardt, 2011: 45). FDM, 3 eksenli bir CNC gibi çalışır. Bilgisayarda üç eksenle kontrol edilen ekstrüzyon başlığı, ısıtma ile eritilen malzemeyi sıkıştırarak dışarı doğru iter (Maidin, 2011). Ekstrüzyon başlığından eriyik halde çıkan malzeme, ortam sıcaklığında soğuyarak sertleşir. Hızlı ve ucuz olması, atık malzeme üretmemesi, malzemelerinin erişilebilir olması, lazer gibi hassas teknolojiler içermemesi FDM teknolojisinin avantajları iken, düşük yüzey kalitesi, destek malzemesi temizliği gerektirmesi ve baskı sonrası ek işlemler gerektirmesi dezavantajlarıdır (Chua ve diğerleri, 2003: 130). FDM teknolojisi ucuz ve kolay kullanılabilir olması sebebiyle özellikle model yapımında yoğun olarak kullanılmaktadır.

2.4.2. Fotopolimerizasyon

Fotopolimerizasyon yöntemi (Şekil 2.8), sıvı haldeki fotopolimer hammaddenin lazer veya UV ışınları ile kürleştirilmesiyle katılaştırılarak katmanlı olarak inşa edildiği 3B baskı yöntemidir (Barnatt, 2013: 45). Sıvı temelli olan bu yöntemde sıvı halde bulunan reçine tabanlı hammaddeler, bilgisayar datusına bağlı olarak katmanlar halinde kürleştirilerek model oluşturulmaktadır (Ağar, 2008). Bu yöntemde yalnızca sıvı ile kürleştirilebilen fotopolimer malzemeler kullanılabilir. Polyjet ve SLA teknolojileri en yaygın örneklerindedir. Sıvı temelli olan en son teknolojilerden biri ise Sürekli sıvı ara yüz sistemi yani CLIP (Continuous Liquid Interface Production) teknolojisidir.



Şekil 2.8. Fotopolimerizasyon çalışma prensibi

SLA (Stereolithography)

Stereolitografi (Stereolithography), kısaca SLA, 3D Systems firması tarafından geliştirilmiş, ilk hızlı prototipleme ve fotopolimerizasyon teknolojidir. SLA sistemleri, sıvı reçine ve kompozit malzemeleri katman katman katı kesitlere dönüştürerek son derece hassas üç boyutlu parçalar oluşturmak için ultraviyole lazer ve 3D CAD verilerini kullanır (Gebhardt, 2011: 34). Doğruluğu, mekanik özellikleri ve yüksek yüzey kalitesi nedeniyle, en popüler AM yöntemlerinden biridir (Chockalingam ve diğerleri, 2008). Herhangi bir geometrik sınırlama olmaksızın model üretimi yapabilmesi ve geleneksel üretimle yapılamayacak üretimlerin tek seferde yapılabilmesi SLA'nın avantajları iken, işletme giderlerinin yüksek olması, destek malzeme temizliğinin zor olması, lazer gibi hassas teknolojiler içermesi ve fotopolimer malzemenin ısıya duyarlı olması dezavantajlarıdır (Ermurat, 2002).

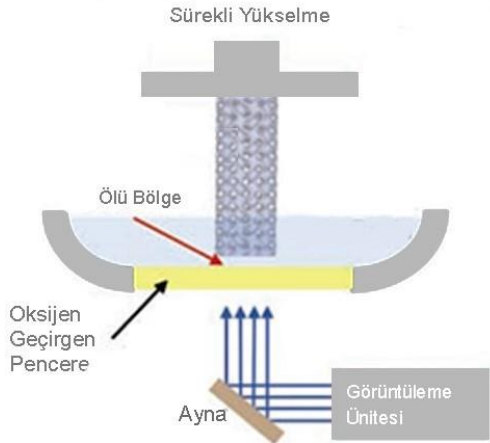
Polyjet

Polyjet tekniği, Stereolitografi tekniğini mürekkep püskürtme tekniği ile bir arada kullanan teknolojidir. Bu proseste her bir katmanı oluşturmak için püskürtme kafaları kullanılarak model ve destek malzemeleri bu kafalardan püskürtülür. Bu malzemeler UV ışıkla kürleştirilir. Mat, şeffaf, kauçuk, sert, yüksek mukavemetli, sıcaklığa dayanıklı gibi malzeme seçenekleri bulunmaktadır (Ermurat, 2002). Polyjet teknolojisinde çok sayıda malzeme çeşidi ile yüksek hassasiyette, gerçekçi prototipler yapılabilmektedir. Geometrik sınırlama olmaksızın her parçayı üretebilmesi, yüksek çözünürlük ve yüzey kalitesi, su ile temizlenebilir destek malzemesi Polyjetin avantajlarıdır. Oluşturulan parçaların ısıya duyarlı olması, üretim hızının yavaş olması ve küçük parça basımına uygun olması polyjet teknolojisinin dezavantajlarıdır (Ermurat, 2002).

CLIP (Continuous Liquid Interface Production)

Sürekli sıvı arayüz üretimi (Continuous Liquid Interface Production), kısa adıyla CLIP teknolojisi, yüksek çözünürlük, mekanik özellikler ve yüzey kalitesi ile parça üretmek için dijital UV ışık projektörü ve oksijen geçirgen optik sıvı reçineler kullanarak kesintisiz üretim yapan 3B baskı teknolojisidir (İnt3, 2017). Bu yöntemde UV ışınlar polimerleşmeyi ve oksijeni tetikleyerek bir reçine havuzundan devamlı olarak objenin üretimini sağlamaktadır (Şekil 2.9). Geleneksel teknolojilerdeki gibi katman oluşturmak için malzemeyi kesintiye

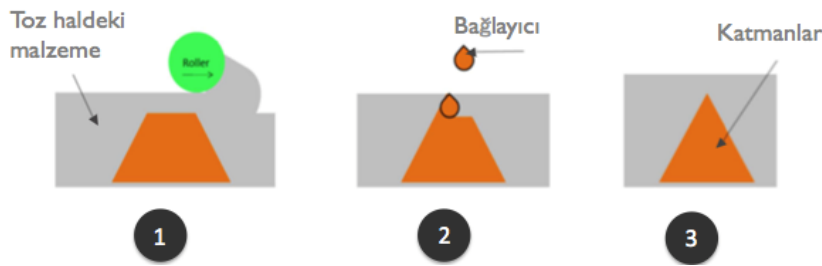
uğratmadığından bu yöntemle basılan parçalar enjeksiyon kalıptan çıkan parçalarla benzer mekanik özellikler göstermektedir. Diğer 3B baskı yöntemlerine göre çok daha hızlı olması, yüksek yüzey kalitesi ve mekanik özellikleriyle CLIP teknolojisi, hızlı prototipleme teknolojileri için önemli bir gelişme olarak görülmektedir (İnt4, 2017).



Şekil 2.9. Sürekli sıvı ara yüz sistemi çalışma prensibi

2.4.3. Toz zeminde füzyon

Toz zeminde füzyon, toz haldeki hammaddenin lazer gibi ışık kaynakları, elektron ışınımı veya yapıştırıcılar ile birbirine bağlanmasıyla katılaştırılarak katmanlı olarak inşa edildiği 3B baskı yöntemidir (Barnatt, 2013: 54). Bu yöntem mürekkep püskürtmeli yazıcıların mürekkep akışıyla 2B görüntü oluşturmaya benzer şekilde çalışmaktadır (Şekil 2.10). Toz temelli olan bu yöntemde hammadde olarak toz haline getirilmiş metaller, plastikler, nişasta tabanlı, alçı ve kompozit gibi çok çeşitli malzemeler kullanılabilir (Ağar, 2008). 3DP ve SLS olarak bilinen teknolojiler en yaygın örneklerdir.



Şekil 2.10. Toz zeminde füzyon çalışma prensibi

3DP (3D Printing)

Üç boyutlu yazdırma, kısaltılmış adıyla 3DP, toz haldeki hammaddenin yapıştırıcılar ile birbirine bağlandığı 3B baskı teknolojisidir. Bu yöntemde 2B mürekkep püskürtmeli yazıcılara benzer şekilde sıvı yapıştırıcı püskürtülür. Baskı süreci sonunda fiziksel model toz havuzunun içinde yapıştırılmış ve sertleşmiş halde durmaktadır. Model çıkartılarak hava püskürtmeyle tozlardan arındırılır ve sertleştirilmesi için sıvı yapıştırıcı emdirilir (Ağar, 2008). Bu yöntemde renkli baskılar yapmak mümkündür. 3DP tekniği, üzerinden hassas kalıbı çıkartılabilen modeller üretmek için, özellikle seramik/porselen sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. İşlem maliyetlerinin düşük olması, kullanımının basit ve hızlı olması, renkli baskı kabiliyeti ve destek yapısına ihtiyaç duymaması 3DP'nin olumlu yanlarıdır. Yüzeyinde katman yapılarının görülmesi ve fonksiyonel kullanım için ek işlem gerektirmesi ise olumsuz özellikleridir (Ermurat, 2002).

SLS (Selective Laser Sintering)

Seçici lazer sinterleme (Selective Laser Sintering), kısaca SLS, toz haldeki hammaddenin lazer ile sinterlenerek eritilip birbirine bağlandığı 3 boyutlu baskı teknolojisidir. Bu tekniğin temelinde, yeterli ısı altında eriyebilen toz haldeki hammaddenin, lazer ışınları ile noktasal olarak ısıtılarak kontrollü bir biçimde kaynaştırılması yatmaktadır (Ağar, 2008). Bu yöntemde bilgisayar verisine bağlı olarak yalnızca basılacak objenin kesiti katılaştırıldığından ve diğer kısımlar toz olarak kaldığından destek görevi görür. Bu nedenle ayrıca bir destek malzemesine gerek duymaz. Çeşitli termoplastikler, termoplastik elastomerler ve metal malzemeler bu sistemde kullanılabilir. SLS, genellikle form-fonksiyon için test prototipi üretiminde ve hassas kalıp, silikon ve kum kalıp için model üretiminde kullanılmaktadır (Ermurat, 2002).

2.5. Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Uygulama Alanları

Son yıllarda 3B baskı teknolojilerinde meydana gelen gelişmelerle 3B yazıcıların kabiliyetleri artmakta, buna paralel olarak kullanım alanları da her geçen gün çeşitlenmekte ve yaygınlaşmaktadır. Özellikle baskı malzemesi çeşitliliğinin artması, baskı maliyetlerinin ve sürelerinin azalması, 3B baskının hızlı prototipleme ve hızlı üretim yoluyla endüstride geniş bir uygulama yelpazesi bulmasına neden olmaktadır (Karagöl, 2015). Tüm bu geniş

spektrumlu endüstriyel uygulamalarda 3B baskıdan büyük ölçüde faydalanan sektörler (Şekil 2.11), medikal, havacılık ve uzay, otomotiv, takı/aksesuar, moda ve tüketici ürünleri sektörlerdir (Chua ve diğerleri, 2005: 296; Gebhardt, 2011: 87). Medikal sektörü kişiselleştirme ihtiyacının yoğun olması sebebiyle 3B baskının yaygın olarak kullanıldığı sektörlerin başında gelmektedir. Medikal sektöründe işitme cihazları, ortopedik tabanlıklar, kişiye özel protezler, diş düzelticiler, kalça ve diz implantları, kaza ve tramvalı hastalar için bir defaya mahsus implantlar için 3B Baskı teknolojisi kullanılmaktadır. Havacılık ve uzay endüstrisinde karmaşık şekillerdeki parçalar 3B yazıcılar tarafından üretilmektedir (Karagöl, 2015). Otomotiv endüstrisinde ise ürün geliştirme sürecinde çalışan makine parçalarından organik yüzeylere kadar birçok parça üretimi için 3B baskı teknolojileri kullanılmaktadır (Ağar, 2008). 3B baskı teknolojisi, kişiselleştirmenin kritik öneme sahip olduğu moda endüstrisinde kişiye özel takı ve kıyafetlerin üretiminde kullanılmaktadır. Yine kişiselleştirmenin önem kazanmasıyla gözlük, kulaklık, telefon kılıfı, ayakkabı, oyuncak gibi tüketici ürünlerinin üretiminde 3B baskı teknolojisi kullanılmaktadır.

Sektör	Kullanım Alanı
Otomotiv ve Endüstriyel Üretim	<ul style="list-style-type: none"> Bir çok bileşeni tek bir kompleks parçaya döndürme Üretim aracı Yedek parça ve komponent üretimi Hızlı prototipleme form ve uyum testleri sayesinde ürün geliştirme sürecini hızlandırma
Havacılık ve Uzay	<ul style="list-style-type: none"> Geleneksel yöntemlerle üretilmeyecek kompleks formlar ve geometriler yaratma Malzemenin rijitliği, yoğunluğu ve diğer özelliklerinin kontrol edilebilmesi ve parçanın buna göre sınıflandırılması Daha hafif parçalar üretme
İlaç ve Sağlık	<ul style="list-style-type: none"> Anatomik modeller ile ameliyatların planlanması Kişiselleştirilmiş ortopedik implant ve protezlerin geliştirilmesi Tıp eğitiminde 3B baskı ile basılmış kadavraların kullanılması Canlı doku basımı ve üretimi
Perakende	<ul style="list-style-type: none"> Kişiselleştirilmiş oyuncak, takı, oyun, dekoratif objeler vb. ürünleri üretimi Yedek parça imalatı
Spor	<ul style="list-style-type: none"> Geleneksel yöntemlerle üretilmeyecek formların ve kompleks geometrilerin yaratılması Kişiselleştirilmiş koruyucu araçların üretimi (Kask, dizlik vb.) Sporcular için biyomekanik verilere göre kişiselleştirilmiş ayakkabı üretimi Ürün testleri için çok renkli ve çok malzemeli prototiplerin üretilmesi

Şekil 2.11. 3B baskının farklı sektörlerdeki kullanımı (Pwc, 2014)

Berman'a göre (2012), 3B baskı teknolojisi kullanımı, üç aşamalı bir evrim süreci geçirmektedir: Birinci aşama, hızlı prototipleme (rapid prototyping) yani 3B baskının mimarlar, sanatçılar ve tasarımcılar tarafından, yeni tasarımların prototiplerini veya

maketlerini yapmak için kullanılmasıdır. 3B yazıcıların ikinci evrimsel aşaması, teknolojinin fonksiyonel ürünlerin üretimi (creating finished goods) için kullanımınıdır. Bu aşama 'doğrudan dijital üretim' olarak da adlandırılmaktadır. Üçüncü aşama ise masaüstü imalat (desktop manufacturing), yani geleneksel masaüstü inkjet yazıcıları gibi, 3B yazıcıların nihai tüketiciler tarafından satın alınması ve kullanılmasıdır.

2.5.1. Hızlı prototipleme

Hızlı prototipleme yaklaşık 30 yılı aşkın geçmişi olan 3B baskı teknolojilerinin ilk ve en yaygın kullanım alanıdır. Prototipler yeni bir ürünün ilk örneği veya ön uyarlamasıdır (Ağar, 2008). Üretim öncesi prototip üretimi gereksiniminin 2 temel sebebi vardır: Bunlar tasarımın doğruluğunun, estetik ve işlevsel yönden değerlendirilmesi ve tasarlanan modelin üretilebilirliğinin, montaj edilebilme ve sökülebilmeye olanaklarının değerlendirilebilmesidir (Ermurat, 2002). Ayrıca prototipler firmalarda tasarımcılara, mühendislere, pazarlama ekibine, üreticilere tasarımlar üretime geçmeden önce kontrol imkanı verir (Lipson ve Kurman, 2013: 30). Hızlı prototipleme yaygın olarak ürün tasarım ve üretim süreçlerinde, mühendislik tasarım ve analiz süreçlerinde ve mimari tasarım süreçlerinde kullanılmaktadır.

3B baskı teknolojileri ile ürün geliştirme sürecinin pek çok evresinde kısa sürede prototipler yapılabilen, tasarımlar üretime geçmeden form, fonksiyon, ölçü açısından gözden geçirilebilmekte, sanal ve gerçek arasında bağlantı kurulabilmektedir. Geleneksel yöntemlere göre 3B baskı ile prototip yapımı ürün geliştirme sürecini kısaltmakta ve hatalar minimum indirgenmektedir (İnt5, 2014). 3B baskı teknolojilerinin hızlı prototipleme amacıyla kullanılmasının işletmeye sağladığı stratejik faydalar ise; ürünün markete girişini hızlandırma, ürün geliştirilmesini destekleme, çalışma üretkenliğini artırma, ürünlerin müşteri isteklerine uygunluğunu artırma ve karmaşık modelleri üretebilme imkanı tanıma şeklinde sıralanabilir (Ermurat, 2002).

2.5.2. Fonksiyonel ürün üretimi

3B baskı ile fonksiyonel ürün üretimi, prototip üretiminden öteye geçerek son kullanıcıya ulaşan ürünleri üretmeyi ifade etmektedir. 3B baskı teknolojilerinin maliyetlerinin düşmesi, baskı hızının ve malzeme çeşitliliğinin artması, gelişen teknoloji sayesinde baskı parçaların yüzey özelliklerinin iyileşmesi ve mekanik dayanıklılığının artması ile bu teknoloji pek çok

sektörde son ürünün üreticisi olarak yer bulmaktadır. 3B baskı ile son ürün üretiminin önemli uygulama alanları küçük hacimli üretim gerektiren ve kişiselleştirme ihtiyacı olan ürünler olarak görülmektedir. Bu da kitlesel kişiselleştirme (mass customization) ile mümkündür. Kitlesel kişiselleştirme kavramı, bilgisayar destekli üretim sistemlerinin, esnek üretim sistemleriyle bütünleştirilmesi sonucunda her bir müşteri için farklı bir ürünün oldukça çok sayıda üretilmesini ifade etmektedir (Bardakçı, 2004). Kişiyeye özel kitlesel üretim, kişiselleştirilmiş ürünlerin az sayıda, ileri üretim ve bilgi teknolojileri kullanılarak kitlesel üretimde olduğu gibi yüksek verimlilik ve hızda üretilebildiği bir üretim yapısıdır. Bir başka deyişle kitlesel kişiselleştirme, kitlesel üretim ve kişiselleştirmenin bileşenlerinin bir araya getirilerek bütünleştirilmesidir (Yolovich, 1993). Bu üretim ile kişilerin gerçek ihtiyaçlarını ve isteklerini üretmek mümkün olabilmektedir. Pek çok yönü ile geleneksel üretimden üstün olan 3B baskı teknolojileri kitlesel kişiselleştirme için önemli bir potansiyele sahip olmasının yanı sıra seri üretim için, geleneksel üretime göre yavaş olmakla birlikte, küçük hacimli üretimde, maliyetin az önemli olduğu ürünlerde ve kişiyeye özel ürünlerde ana seçenek olarak görülmektedir (Doustmohammadi, 2015; Rischau, 2011; Berman, 2012; Yılmaz ve diğerleri, 2014).

Petrick (2013), gelecekte 3B baskı teknolojisinin geleneksel üretimi etkileyeceği 3 ana basamağı tasarımın doğasının değişmesi, üretim ve tasarım arasındaki etkileşimin artması ve üretimin yerleşerek tüketicilerin birbirleri ve üreticiler ile daha etkileşim içinde olması olarak ifade etmektedir. Üretimin yerleşmesi, üretimin dijitalleşmesi ile üretim merkezlerinin yerleşmesini anlamına gelmektedir. Stoutjesdijk (2013), küçük ölçekli yerel üretimle, ürünlerin dünya çapında dağıtılmadan önce yapıldığı büyük fabrikalara artık ihtiyaç olmadığını belirtmektedir.

Berman'ın (2012) öngörüsüne göre ise 3B baskı ile son ürün üretimi dijital dosyalar üzerinden talebe göre yapılabilecek, ürünler fiziksel olarak değil dijital olarak stoklanabilecektir. Konteynerlarla gerçekleşen nakliyatın yerini ise daha küçük ölçekte (kargo firmaları vb.) nakliye alacaktır. 3B baskı ile son ürün üretimi özellikle bazı sektörler ve ürünlerde birin ekonomisini yaratacaktır. Ölçek ekonomisi standart ve çok sayıda üretim için gerekli olurken, birin ekonomisi daha az sayıda ve kişiselleştirilmiş ürünler için daha uygun olacaktır. Her iki model bir arada var olacak fakat aynı şeyler için kullanılmayacaktır.

2.5.3. Masaüstü imalat

3B baskının önemli uygulama alanlarından bir diğeri de teknolojinin kişisel kullanımınıdır. Bunun gerçekleşmesi ise 3B baskı hizmeti veren platformların ve kişisel 3B yazıcıların yaygınlaşması ile mümkündür. 3B yazıcıların yaygınlaşması ve internetin gelişimi ile açık tasarım oldukça önem kazanmaktadır. Açık tasarım hazır haldeki bir tasarımın, bir başkası tarafından üretilmesine imkan veren bir yaklaşımdır ve bu tasarımı uygulamak, geliştirmek ve fiziksel hale getirmek kullanıcıya aittir (Barnatt, 2013: 127). Açık tasarım pratiklerinde üretim öncesi aşamaların ortak bir şekilde yürütülebilmesi, paylaşılabilmesi ve böylece daha geniş bir kitleye ulaşabilmesi dijital teknolojiler aracılığıyla gerçekleşmektedir (Mühür, 2014). 3B yazıcıların kişisel kullanımı ile herkes üretici olabilecektir. Tüketiciler, internet üzerinden dijital olarak satın alabileceği tasarımları kendi üretebilecektir. Bugün thingiverse, shapeaways, imaterialise gibi çevrimiçi platformlar üzerinden tasarımlar paylaşılabilir. Bu yaklaşımın en etkili olacağı alanlardan biri ise, tek tek ve istenildiği zaman üretilebilme imkanı, sürekli bir üretim bandının işletilmesini ve stok ihtiyacını ortadan kaldıracak olması sebebiyle yedek parça imalatı olarak görülmektedir (Ertek, 2014). 3B yazıcıların tıpkı şu an evlerimizde kullanılan mürekkepli yazıcılar gibi her eve girmesinin ise, fiyatlarının oldukça düşmesi ile ortalama 20 yıl gibi bir sürede gerçekleşeceği öngörülmektedir (Barnatt, 2013: 23).

2.7. Ürün Tasarım Pratiği

Ürün tasarım pratiğini incelemeye önce “endüstriyel tasarım” kavramının anlaşılması gerekmektedir. Endüstriyel tasarım, hem kullanıcı hem de üreticinin karşılıklı yararı için ürünlerin ve sistemlerin işlev ve görünümünü optimize eden konseptleri ve özellikleri oluşturan ve geliştiren profesyonel bir hizmettir (İnt6, 2016). Endüstriyel Tasarımcılar Meslek Kuruluşu (ETMK) ise endüstriyel tasarımı, endüstride son kullanıcıya yönelik üretilen ürünlerin, fonksiyonellik, hedef kitle beğenisi ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılama gibi ölçütler doğrultusunda konseptinin geliştirilmesi ve üretime uygun projelendirilmesi olarak tanımlamaktadır (İnt7, 2017). Özetle fiziksel bir nesnenin veya hizmetin fikir üretimi, kavram geliştirme, test etme ve üretim/uygulaması olan endüstriyel tasarım terimi (Ulrich ve Eppinger, 2008: 189), stil ve ergonomiyle ilişkili olup “ürün tasarımı” olarak da adlandırılmaktadır (Unver, 2006). Bir ürün tasarlarırken, materyal seçimi, üretim metodu,

ürünün pazarlanma şekli, maliyet, pratiklik ve ürünün kullanım kolaylığı gibi tasarımcının göz önüne alması gereken birçok faktör vardır (Norman, 2002: 5). Estetik, ürün tasarımının merkezinde yer almakla birlikte ürün tasarımcıları işlevsellik, teknoloji, ergonomi, kullanılabilirlik, malzeme seçimi ve çevre sorunları gibi diğer önemli hususları da ele alırlar (Evans, 2002). Tasarım sürecinde ürün tasarımcıları, çözüm fikirleri üretmek yoluyla iyi tanımlanmamış bir problemi keşfederken, bu süreci desteklemek için çeşitli teknikleri ve araçları kullanırlar. Son yıllardaki önemli teknolojik gelişmelerle birlikte tasarımcıların pratikleri ve beklentileri değişmektedir (Oehlberg, Lau ve Agogino, 2009). Endüstriyel tasarım pratiği, özellikle bilgisayar destekli tasarımın 80'lerin sonlarında kullanılmaya başlamasından günümüze önemli bir değişim geçirmiştir. Gerçekleşen dijital devrim, son yirmi yılda tasarım süreci üzerinde önemli etkilere sebep olmuş ancak bu etkilerin çoğu görselleştirme ya da geleneksel dokümantasyon ve yönetim ile ilgili olmuştur (Stoutjesdijk, 2013). Son zamanlarda ise ürün tasarımında yeni yollar açma potansiyeline sahip daha gelişmiş, analitik ve üretken dijital tasarım araçları tasarım sürecinde kullanılmaktadır.

Endüstriyel tasarım pratiğinde kullanılan teknikler geleneksel ve dijital olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Geleneksel terimi bilgisayarın sürece dahil olmasından önceki endüstriyel tasarım metot ve tekniklerini ifade etmek için kullanılmaktadır. Örneğin markör renderı, kalem eskizi, model yapımı gibi elle yapılan teknikler geleneksel tekniklerdir. Tüm bunların bilgisayar ile yapılması ise dijital olarak nitelendirilmektedir (Evans, 2002). Endüstriyel ürün tasarımı, olası çözümleri basitçe açıklayan başlangıç çizimlerinden imalat veya analiz amaçlı kullanılan CAD dosyalarına kadar, grafik verilerin işlendiği süreçleri kapsamaktadır. Bu nedenle, bu alandaki profesyoneller arasında bilgisayarların ve grafik yazılımlarının kullanımı yaygın olarak görülmektedir (Alcaide-Marzal, Diego-Más, Asensio-Cuesta ve Piqueras-Fizman, 2013). Bugün, bilgisayar tabanlı teknolojik gelişmelerin etkileri oldukça yaygındır ve bu etkiler doğrultusunda tasarım faaliyetlerinde giderek artan bir rolü olan bilgisayarlar, tasarım stüdyolarının önemli bir parçası haline gelmiştir.

Dijital teknolojiler tasarım projelerinin ve tasarım stüdyosunun işleyişini de etkilemektedir. Örneğin, başlangıçta tasarımcıların yalnızca tasarım sürecinin son evresinde kullandığı 3B modelleme, bugün tasarımların geliştirilme süreçlerinde diğer tasarım araçlarıyla birlikte kullanılmaktadır (Loy, Canning ve Little, 2015). Tasarım kültürünü önemli derecede etkileyen bu teknolojiler konsept geliştirme, iletişim ve üretim süreçlerine entegre olarak sunma, iletişim kurma ve tasarlama yollarımızı etkilemektedir (Oxman, 2006). Tasarımın

yapıldığı ortam, tasarımcı için bir geri bildirim aracı olarak tasarımın geliştirilme şeklini, biçime ve fonksiyona yaklaşımlarını etkilemektedir. Bilgisayarın tasarım sürecine entegrasyonu ile tasarım ve üretim açısından yeni imkanların ortaya çıkması, tasarım pratiği açısından yeni bir dönüm noktası olarak görülmektedir (Turan, 2009). Bugün gelişmiş dijital araçlarının tasarım sürecine entegre olmasıyla literatürde geleneksel tasarım süreçlerine alternatif olarak dijital tasarım süreçlerini görmek mümkündür.

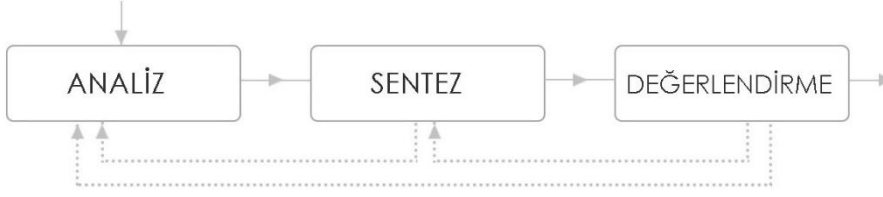
2.7.1. Ürün tasarım süreci

Ürün tasarım süreci, tasarımcıların bir sorunun çözümünü belirlemek, düşünmek, çözmek için uyguladığı bir dizi aşama olarak tanımlanabilir (Brown, 2008). Taylor (2004) ise tasarım sürecini "soyut kavramların maddi varlıklara dönüştürülmesi" olarak tanımlamaktadır. Bir ürünün tasarım süreci, sorunun belirlenmesiyle başlar ve hazır bir ürün veya hizmetin oluşturulmasıyla biter (Tamminen ve Moilanen, 2013). Şekil 2.12 tasarım sürecinde yapılması gereken aktiviteleri göstermektedir (Shetty, 2001).

KONSEPT GELİŞTİRME	Pazar Araştırmaları Kullanıcı Araştırmaları
TASARIM GELİŞTİRME	Fonksiyon Analizleri Üretim için tasarlama Demonte edilme için tasarlama CAD/CAM kullanarak ürünü modelleme Simülasyon Optimizasyon Hızlı Prototipleme

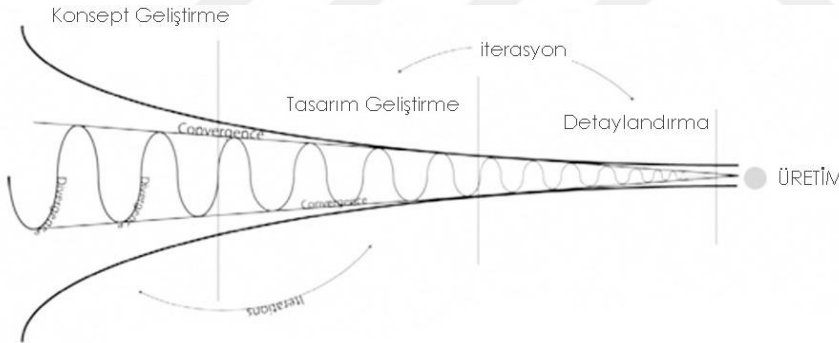
Şekil 2.12. Tasarım sürecindeki aktiviteler

Tasarımın çeşitli tanımlarının yanı sıra çeşitli tasarım süreci modelleri, tasarım teorileri ve tasarım metodolojileri mevcuttur. Lawson (2005: 38) tasarım sürecini "Analiz- sentez- değerlendirme" olmak üzere üç tekrarlayıcı adımda açıklanmaktadır (Şekil 2.13). Bu süreçte tasarımcılar genelden özele doğru, taslak önerilerden detay tasarımına ilerlemektedirler.



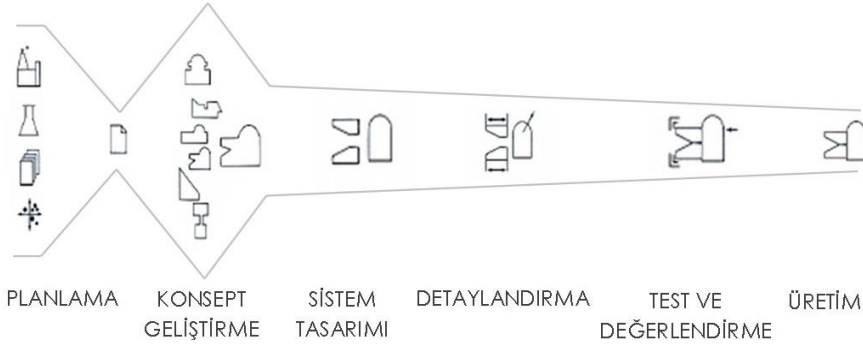
Şekil 2.13. Lawson'un tasarım süreci modeli

Hong (2007) ise tasarım sürecini sekiz adımda açıklamaktadır. Bunlar; 1. tasarım başlangıcı, 2. tasarım araştırması, 3. tasarım analizi, 4. tasarım konsepti, 5. tasarım geliştirme, 6. tasarımın sonuçlandırılması, 7. tasarımın değerlendirilmesi ve 8. tasarım iletişimidir. Modelinde ağırlıklı olarak, endüstriyel tasarımcıların, form oluşturma (şekillendirme), grafik ve kullanıcı ara yüzü çalışma gibi görevleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Endüstriyel tasarım pratiği açık ve genel düşünme biçimindeki tasarım aşamasından, başlangıç amaçlarının geliştirildiği ve üretildiği spesifik düşünme biçimindeki aşamaya doğru ilerlemektedir (Self, 2011). Şekil 2.14, genelden /özele tasarım faaliyetine dayanan tasarım sürecinin genel bir modelini göstermektedir (Cross, 2005: 194).



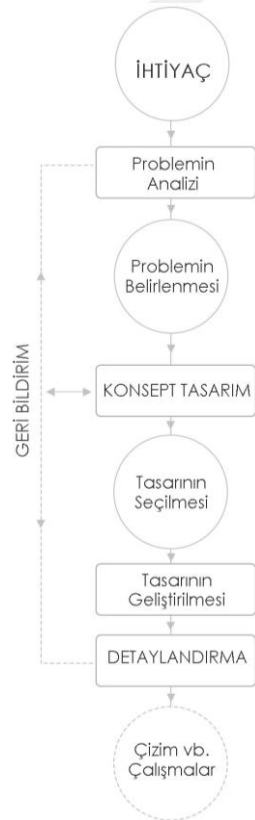
Şekil 2.14. Genelden özele tasarım faaliyetine dayanan tasarım süreci modeli

Ulrich ve Eppinger (2008: 197), ürün tasarım sürecine planlama aşamasından üretim aşamasına kadar 6 aşamalı bir yaklaşım önermektedir (Şekil 2.15). Ulrich ve Eppinger'in modeli problemin açığa kavuşturulmasından alt problemlere bölünmesine doğru ilerlemektedir.



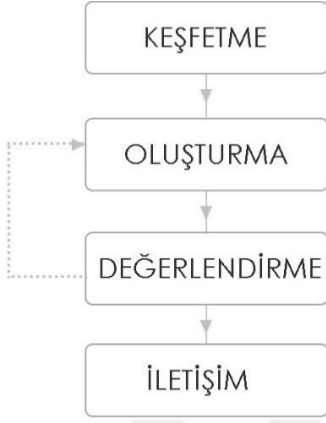
Şekil 2.15. Ulrich ve Eppinger'in tasarım süreci modeli

French ise tasarım süreci için 4 aşamalı bir model önermektedir (Cross, 2005: 31). Şekil 2.16'da gösterilen modelde daireler aşamaların çıktılarını, dikdörtgenler ise aşamaları göstermektedir. Bu modelde ilk aşama sorunun analizi ile başlar, bir tasarım sorununun belirlenmesi ile sonuçlanır. İkinci aşamada, belirlenen sorun için çok sayıda çözümler üretilir. Şemaların üçüncü aşama, kavramların daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesini ve aralarında son seçimini açıklamaktadır. Son olarak üretim öncesi tüm parçaların özellikleri tanımlanır. Bu modelde aşamalar arasında geri bildirim ve yinelemeye görülmektedir.



Şekil 2.16. French'in tasarım modeli

Cross (2005: 30), çözüm fikirleri üretme ve değerlendirilmesi arasındaki yinelemeyi göstermek için bir geribildirim döngüsü kullanan 4 aşamalı bir tasarım modeli önermektedir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Cross'un tasarım modeli

Self (2011), mevcut ürün geliştirme modelleri ve endüstriyel tasarımcının sorumluluklarına dayanarak, endüstriyel tasarım sürecinin basitleştirilmiş bir modelini oluşturmuştur (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Endüstriyel tasarım sürecinin basitleştirilmiş modeli

Tasarım sürecinin aşamalarını gösteren pek çok model bulunmakla birlikte, bu modellerdeki tasarım faaliyeti kavramsal tasarım, ürünleştirme ve detay tasarımı olmak üzere üç temel aşamaya ayrılabilir (Pahl ve Beitz, 2007: 40). Şekil 2.19, literatür tanımlarına dayanarak endüstriyel tasarım sürecinin genel aşamalarını göstermektedir.



Şekil 2.19. Endüstriyel tasarım sürecinin jenerik aşamaları

Konsept geliştirme

Konsept tasarımı tasarım pratiğinde sorunun belirlenerek çok sayıda çözüm üretildiği aşamadır (Cross, 2005: 31). Bu aşamada pek çok potansiyel ürün fikri oluşturulur ve belirlenen hedeflere uygun en olası fikirler daha ayrıntılı olarak düşünölmek üzere seçilir. Kavramsal tasarım aşamasının büyük bir kısmı, teknik ve ekonomik kriterlere uygun kavramların araştırılması, oluşturulması ve seçilmesi yoluyla fikir üretmeden oluşur (Pahl ve Beitz, 2007: 57). Konsept tasarımı, çözüm fikirleri üretmek için genel bir yaklaşım gerektiren, ancak tasarım ayrıntısı ve üretilebilirliğin de dikkate alındığı stüdyo pratiğinin başlangıç aşamasıdır. Konsept tasarımı aşamasında tasarımcı, yorumlamaya açık çözüm fikirlerinin ortaya çıkarılması yoluyla tasarım probleminin keşfeder ve çok sayıda alternatif üretir. Bunu yapmak için tasarımcıların hızlı ve dinamik tasarım araçlarına ihtiyacı vardır. Çizim ve eskiz model (köpük, karton veya kil kullanılarak üç boyutlu fikirlerin uygulanması) sıklıkla kullanılır (Self, 2011). Konsept aşamasının çıktısı, tasarlanan nesnenin form, işlev ve özelliklerinin yaklaşık olarak tanımlanmasıdır (Ulrich ve Eppinger, 2008: 98).

Tasarım geliştirme

Tasarım geliştirme, konsept aşaması çıktılarının yapılandırılarak geliştirildiği tasarım aşamadır (Self, 2011). Tasarım geliştirme aşamasının amacı sonlandırılmış kavramsal tasarımdan gelişmiş fikrin iyi tanımlanmış bir biçimini üretmektir. Tasarım geliştirme, müşterinin geribildirimini değerlendirmeyi ve ürün detaylarının çözümünü içerir (Evans, 2002). Tasarım geliştirme aşaması genellikle değişkendir. Bu aşamada tasarım fikirlerini geliştirmeye yönelik konsept fikirler daha rafine edilir. Bu aşamanın çıktısı genellikle,

ürünün geometrik bir planını, işlevsel özelliklerini ve nihai montaj aşaması için bir ön taslağı içeren, paydaşlara sunulacak şekilde tasarım amaçlarının daha ayrıntılı şekilde uygulanmasıdır (Ulrich ve Eppinger: 200, 2008; Self, 2011).

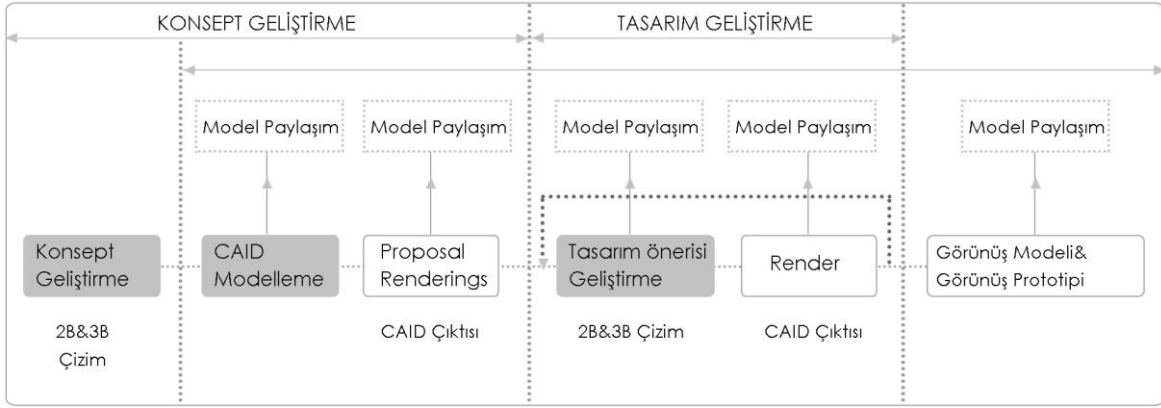
Detaylandırma

Detay tasarımı, ürün geliştirme sürecinin üçüncü önemli aşamasını oluşturmaktadır. Detaylandırma aşaması, ürünün tüm parçalarının geometrisi, malzemesi ve toleranslarının ayrıntılı olarak tanımlandığı aşamadır (Ulrich ve Eppinger, 2008: 200). Bu aşamada, tasarımın sonuca ve üretime odaklanmasına bağlı olarak tasarım çözümleri spesifik detaylarla somutlaştırılmaktadır. Bu nedenle tasarım sürecinde özellikle detaylandırma aşamasında dijital CAD araçlarının kullanımı oldukça yaygındır (Press ve Cooper, 2003). Detay geliştirme aşaması, parça özellikleri ve montajı üzerine odaklanıldığı aşamadır. Bu aşama üretim öncesi tasarım çözümünün nihai hale getirildiği aşamadır ve netleşmiş tasarım kararlarını gerektirir (Self, 2011).

2.6.2. Dijital tasarım süreci

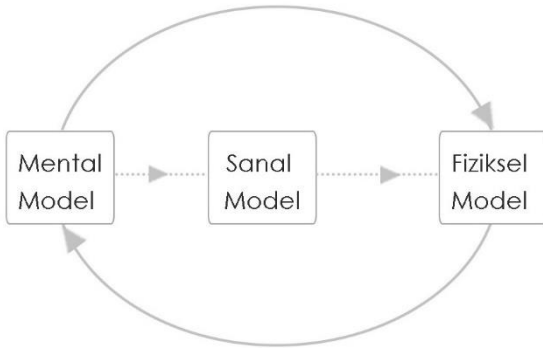
Literatür incelendiğinde dijital tasarım teriminin farklı anlam ve tanımlarının olduğu görülmektedir. Dijital ürün tasarımı, gömülü dijital teknolojileri kullanan ürünlerin tasarımıdır (Rogers ve Hulbert, 2007). Bir yöntem olarak dijital tasarım ise, genel olarak dijital ortamlarda tasarımı destekleyen bilgi ve temsil biçimleri arasında kurulmuş bir ilişki, yani tasarım kararlarının kağıt üzerinde değil de ekran üzerinde verildiği bir süreçtir. Tung ve Deng (2003), teknolojik gelişmelerle ürünlerin görünümlerinin değişmesi ve ürünlerin değişen doğası ile tasarlanma süreçlerinin de dönüşüme uğrayacağını vurgulamaktadır. Dijital tasarım sürecinde, bilgisayarlar tasarımın başlangıç aşamalarından itibaren kullanılarak tasarım kararları bu ortamda verilmektedir (Sass ve Oxman, 2006; Marx, 2000).

Yapılan çalışmalarda farklı dijital tasarım süreci modelleri tanımlanmıştır. Evans (2002) endüstriyel tasarım pratiğinde uygulanan geleneksel ve dijital tekniklerden ve hızlı prototiplemenin özelliklerini inceledikten sonra, bilgisayar destekli endüstriyel tasarım (Computer Aided Industrial Design/CAID) ve hızlı prototiplemenin etkin biçimde entegrasyonu için metodolojik bir yaklaşım önermiştir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. CAID/RP metodolojik yaklaşımı (Evans, 2002)

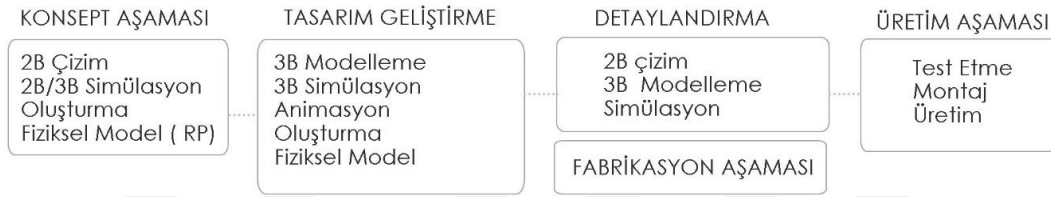
Sass ve Oxman (2006) tarafından tanımlanan dijital tasarım üretimi (Digital Design Fabrication- DDF), detaylı proje modellemesi ve üretim dahil olmak üzere, tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren bilgisayarın kullanıldığı, bilgisayar ve hızlı prototiplemenin süreçte entegre çalıştığı iki aşamalı bir yöntemdir (Şekil 2.21). İkisi bir araya gelerek tasarım problemlerine çözüm üretmek için tasarım sürecini desteklemektedirler. DDF yöntemi ayrıca çizim veya sanal yöntemlere göre ürünlerin formsal, yapısal, aydınlatma ile ilgili fiziksel değerlendirmelerine de destek olmaktadır. DFF 'nin en önemli özelliği yaparak öğrenme kavramını somutlaştırarak geliştirmesidir (Sass ve Oxman, 2006).



Şekil 2.21. Dijital tasarım üretimi (DDF) metodu

Al-Doy ve Evans (2010) tarafından geliştirilen Dijital Endüstriyel Tasarım (Digital Industrial Design-DID), endüstriyel / ürün tasarımcılarının tüm form verme faaliyetlerini dijital olarak (kalem / kağıt / köpük veya fiziksel malzeme ile doğrudan etkileşimde bulunmadan) gerçekleştirdikleri bir ürün geliştirme yaklaşımıdır. Bu yöntemde tasarım sürecinin aşamalarındaki ihtiyaca göre bölünmüş on yedi dijital araç kullanılmaktadır. Bu yöntemin amacı tamamen dijital bir endüstriyel tasarım stratejisi ile bilgisayar ortamında

planlama/ üretim maliyetini ve zamanını azaltmaktır (Aldoy ve Evans, 2010). Lim (2006) ise mimari tasarımda dijital tasarım süreci için başlangıç çerçevesi oluşturmuştur. Dijital tasarım süreci konsept aşaması, tasarım geliştirme aşaması, fabrikasyon aşaması, detay tasarım aşaması ve üretim aşaması olmak üzere 5 aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.22). 3B baskı CAD modelden direkt 3B fiziksel model üretme kabiliyetine sahip olmasından dolayı özellikle kavramsal aşamada tasarım geliştirme aşamasında tasarımcıya form bulmada yardımcı olmaktadır (Lim, 2006).



Şekil 2.22. Dijital tasarım süreci için başlangıç çerçevesi (Lim, 2006)

Dijital tasarım sürecinin, geleneksel tasarım sürecine kıyasla pek çok avantajı bulunmaktadır. Literatürde dijital yöntemlerin faydaları tasarım sürecini hızlandırma (Chen ve Owen, 1998); tasarımcılar ve mühendisler için ortak bir dil oluşturma (Lynn, 2006); daha az fiziksel model kullanımı (Bordegoni ve diğerleri, 2006); ve daha gerçekçi ürün (Marx, 2000) olarak belirtilmektedir. Marx'a (2000) göre, dijital tasarım süreci, modellerin yeniden oluşturulmasını ve yeniden çizilmesini gerektiren geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında tasarım öğelerinin kolayca değiştirilmesini sağlamaktadır. Nitekim geleneksel yöntemlerde süreç boyunca eskiz ve maketin birçok kere yeniden çizilmesi, mockup ve maketlerin tekrar yapılması gerekmektedir. Dijital tasarım yöntemlerinde ise bilgisayar ortamında oluşturulan bir model bitmiş bir biçim oluşturmakta, tasarımcının elinde bulunan modeli sürekli düzenleyebilmesini sağlamaktadır. Böylece tasarım sürecinde yeniden kurgulamaktan kaynaklanan hata ve zaman kayıpları azalmaktadır. Ancak bu yaklaşımın, geleneksel yöntemlerle çalışırken ortaya çıkabilecek yeni fikirleri engelleme ve çok yönlülüğü azaltma olasılığı da mevcuttur (Turan, 2009).

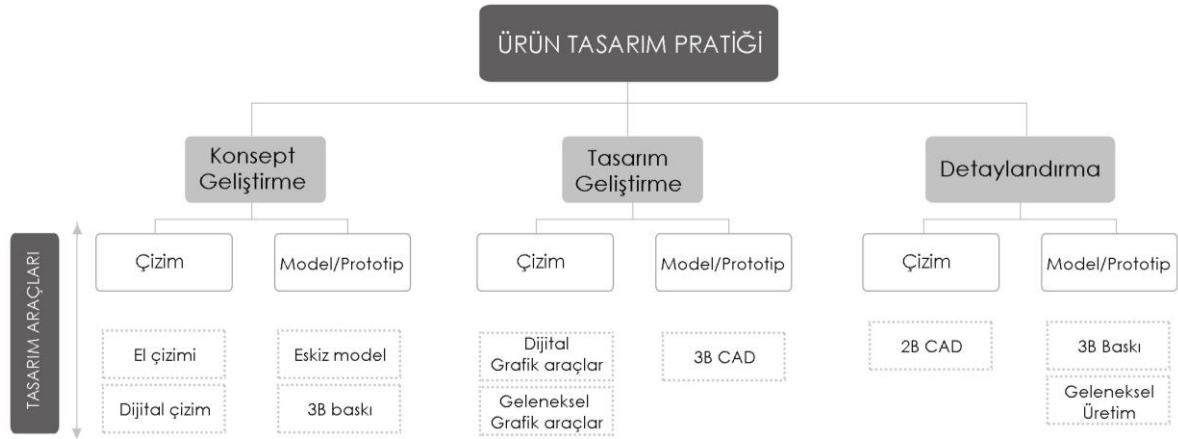
2.6.3. Tasarım araçları

Tasarım pratiğini anlamak için yapılan çalışmalar, özellikle son yıllarda tasarım araçlarına yönelmiştir. Stolterman (2008) tasarım araçlarını, tasarımcıların tasarım düşüncesine destek

olan ve belirli bir nesne/ürün üretmelerinde yardımcı olan araçlar olarak tanımlanmaktadır. Ürün tasarımında süreç aşamaları, bir tasarımcının farklı zamanlarda izlemesi gereken farklı yolları ve tasarım faaliyetini desteklemek için çeşitli araçları gerektirmektedir. Tasarım pratiğinde kullanılan araçlar analog, dijital ve hibrit olmak üzere 3'e ayrılmaktadır (Self, 2011). Analog araçlar, dijital teknolojileri gerektirmeyen ve genellikle daha karmaşık motor becerilerin kullanıldığı araçlar olarak tanımlanır. El çizimi, eskiz model yapımı ve diğer el işçiliği atölye uygulamaları bu sınıfta yer almaktadır. Dijital araçlar tasarım uygulamaları için dijital teknolojileri kullanan araçlardır. Bilgisayar destekli tasarım yazılımları, dijital modelleme, iki ve üç boyutlu illüstrasyon ve hızlı prototipleme teknolojileri bu sınıfta yer almaktadır. Son olarak, hibrid araçlar, karmaşık motor becerileri ve dijital teknolojileri birlikte kullanan araçlardır. Haptik cihazlar, grafik tabletler bu grupta yer almaktadır. Tasarım araçları, belirli bir tasarım faaliyetini desteklemek için onları daha fazla veya daha az etkin yapan özelliklere sahiptir (Stolterman ve diğerleri, 2008). Self (2011), literatür doğrultusunda 5 farklı evrensel tasarım aracı özelliği (Universal design tool characteristics-UTCs) tanımlamıştır. Bu özellikler, tasarım sürecinin tanımlanmış aşamalarını (konsept geliştirme, tasarım geliştirme ve detaylandırma) desteklemek için sınıflandırılan tasarım araçlarının kabiliyet ve sınırlılıklarını tanımlamak için bir araç olarak kullanılmaktadır. Tanımlanan özellikler, tasarım aracı ile tasarım pratiğindeki desteği arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Evrensel tasarım araçları özellikleri sırasıyla şu şekildedir: iletişim modu, belirginlik seviyesi, dönüşümsellik kabiliyeti, detay düzeyi ve tamamlanmışlık düzeyi. Tanımlanan her bir özellik, aşağıdaki sorulara yanıt olarak tasarım araçlarının etkinliğini ve tasarım sürecini destekleme becerisini ortaya koymaktadır:

- İletişim modu: Kullanılan araç, bireysel tasarım etkinliğini mi yoksa başkaları ile paylaşımlı tasarım etkinliğini mi destekliyor?
- Belirginlik seviyesi: Araç, ne ölçüde tasarım amaçlarının somut biçimde uygulanmasına izin veriyor?
- Dönüşümsellik kabiliyeti: Araç, ne ölçüde bir tasarım fikrinden diğerine geçişi veya tek bir tasarımın geliştirilmesini sağlıyor?
- Detay düzeyi: Kullanılan tasarım aracı ile tasarım amaçları ne kadar detaylandırılabilir?
- Tamamlanmışlık seviyesi: Aracın kullanımı yoluyla belirlenen tasarım amaçları ne kadar somut bir şekilde sonuçlandırılabilir?

Endüstriyel tasarımcılar tasarım çözümlerini ortaya çıkarmak, geliştirmek ve özelleştirmek için çok farklı tasarım araçları kullanırlar. Self (2011) , tasarım araçlarını tasarım sürecinin konsept tasarım, tasarım geliştirme ve detaylandırma aşamalarında kullanımına göre sınıflandırmıştır (Şekil 2.23). Bu sınıflandırmaya göre tasarım araçları temelde çizim ve model araçları olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır.



Şekil 2.23. Tasarım araçlarının sınıflandırılması (Self, 2011'den uyarlanmıştır.)

Çizim; tasarım fikirlerinin etkin iletişimi, yorumlanması ve sürecin kolaylaştırılması için önemli bir araçtır (Garner, 1999). Tasarımcılar, ürün geliştirme sırasında kararlar almak ve tasarımı geliştirmek için sürekli etkileşimde bulunacakları esnek temsil araçlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Tasarım sürecinde tasarımcılara bu esnekliği sunan çizimler; kavram geliştirmede kullanılan serbest el çizimleri, gerçekliği arttırmak için renk, ton ve ayrıntı kullanılan eskiz renderları, ürünün görünüş, ölçü ve detaylarını gösteren teknik çizimlerdir (Evans, 2002; Self, 2011).

Fiziksel modelleme (FM); tasarımcıların zihinlerinde ürettikleri kavramları anlamalarının bir yolu olarak fikir üretmek, geliştirmek ve detaylandırmak için yoğun şekilde kullandıkları bir tasarım aracıdır (Sass ve Oxman, 2006). Bir tasarım temsili olarak 3B model yapım süreci, konseptin ötesine geçerek yeni formlar oluşturmaya olanak sağlar. FM, özellikle ürün geliştirme aşamasında, üretime geçmeden formun daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini mümkün kıldığı için müşterinin karar verme sürecinde vazgeçilmez bir araç haline gelmektedir. Bu nedenle ürün geliştirme sürecinin erken aşamalarında fikirleri 3B formlara dönüştürmek oldukça faydalıdır. FM'nin süreçte yarattığı faydalar; formun tanımlanmasına ve geliştirilmesine yardımcı olmak üzere iki başlık altında toplanabilir (Evans, 2002; Sass

ve Oxman, 2006). Endüstriyel tasarımda kullanılan modeller 3B eskiz modeller, tasarım geliştirme modelleri ve görünüm modellerinden oluşmaktadır (Pei, Campbell ve Evans, 2011). 3B eskiz modeller, tasarım fikirlerini somutlaştırmak için genellikle karton, köpük gibi malzemelerden yapılır. 3B eskiz modelleri, görsel geri bildirim elde etmenin yanı sıra, 2B eskizlerden veya çizimlerden gelen potansiyel fikirleri somut bir ortama fiziksel olarak sunmanın basit ve hızlı bir yoludur. Tasarım geliştirme modelleri, formun rafine edilerek bileşenlerin nasıl bir araya getirildiğini görmek ve test amaçlı araştırmalar için kullanılır. Görünüm modelleri, paydaşların ve müşterilerin ürünün gerçekçi bir görünümünü elde etmelerine olanak sağlar (Pei ve diğerleri, 2011; Evans, 1992). Endüstriyel / ürün tasarımcıları genellikle ürün formunu ve fiziksel boyutunu tanımlamak ve onaylamak için görünüm modelleri kullanır. Son olarak prototipler ise, önerilen bir ürünün özelliklerinin bir kısmını veya tamamını göstermek için kullanılan gerçek boyutlu çalışan tasarım araçlarıdır (Evans, 2002).

CAD/CAM; bilgisayar destekli tasarımın yanı sıra gelişmiş bir üretim aracıdır ve kavramsal tasarımın ilk evrelerinden itibaren dijital prototipleme, üretim ve dokümantasyona kadar tasarım ve imalat sürecinde geniş yer bulmakta, bu nedenle de özellikle son yıllarda ürün tasarım ve geliştirme sürecinin ayrılmaz bir parçası olmaktadır (Oropallo ve Piegl, 2016; Burton, 2005). Bilgisayar tabanlı tasarım araçları, verimliliği arttırarak daha hızlı ürün geliştirme ve daha gelişmiş tasarım çıktısı elde etmeyi sağlamaktadır (Chen ve Owen, 1998). Örneğin CAD, konsept üretimin sonuna doğru kullanıldığında, oluşturulan 3B geometri, tasarım geliştirme sırasında da kullanılabilir. Diğer bir etkisi ise biçime yaklaşım üzerine olmaktadır. Geleneksel yöntemlerde biçime yaklaşım daha öklidyen geometrilere yönelirken, dijital araçların sunmuş olduğu imkanlar sayesinde daha karmaşık ve eğimli biçimlere yönelmektedir (Turan, 2009). Tasarım sürecinde bilgisayarın kullanılmasına yönelik eleştiriler ise çoğunlukla bilgisayarın, yaratıcılığı, duyarlılığı, dokunulabilirliği kısıtladığı üzerinedir (Barrow, 2006). Dijital tasarım araçlarının sağladığı avantajlar sayesinde bugün çok sayıda tasarımcı fikirlerini göstermek için bu araçları kullanmaktadır (Valamanesh, 2012; Al-Doy ve Evans, 2011). Yan (2006) da modern dijital tasarım araçlarının bugün endüstriyel/ürün tasarım pratiği için vazgeçilmez bir araç olduğunu vurgulamaktadır. Dijital araçlar tasarım sürecinde öncelikle daha çok görselleştirme ve dokümantasyon amaçlı kullanılmıştır. Son yıllarda ise endüstriyel tasarım pratiğinde yeni yollar açma potansiyeline sahip daha gelişmiş dijital tasarım araçları kullanılmaktadır

(Stoutjesdijk, 2013). Bugün tasarım sürecinde hızlı prototipleme ve hızlı üretim yoluyla yer alan 3B baskı teknolojisi bu araçların başında gelmektedir.

2.6.4. Dijital tasarım aracı olarak üç boyutlu baskı

Hızlı prototipleme olarak adlandırılan teknolojilerin ortaya çıkışı ve tasarım pratiğine dahil oluşu tasarım için önemli bir gelişme olarak kabul edilmektedir (Sass ve Oxman, 2006). Tasarım terimi, 3B baskı kullanımıyla ilgili olarak çeşitli disiplinleri kapsamaktadır. Bunlara endüstriyel tasarım, makine mühendisliği tasarımı, mimari tasarım ve moda tasarımı dahildir. 3B baskı, daha önce ekonomik olmayan veya imkânsız olan tasarımların üretilmesini sağlayarak, bu alanların tümünde etkili olmaktadır (Campbell, Bourell ve Gibson, 2012). Dijital üretim teknolojileri ve özellikle hızlı prototipleme, zihnin yalnızca hayal edebileceği somut eserler yaratma imkanı sunarak yaratıcı tasarım sürecine entegre olma potansiyeline sahiptir (Valamanesh, 2012).

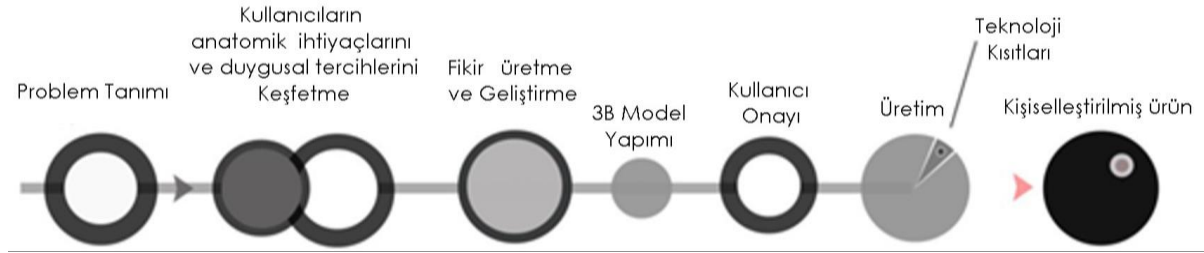
Dijital tasarım aracı olarak 3B baskı teknolojisi, tasarımcılar için yeni imkanlar sunmaktadır (Tamminen ve Moilanen, 2013). Öyle ki 3B baskı, endüstriyel tasarımcıların fikir üretmek, geliştirmek ve detaylandırmak için yoğun bir şekilde kullandıkları 3B fiziksel modellerin üretiminde ürün tasarımcıları için önemli bir kolaylaştırıcı haline gelmektedir. Genellikle prosesin her aşamasında ürünleri görmek için kullanılan hızlı prototipleme, bir ürünün işlevsel ve ergonomik özelliklerini göstermek (Sass ve Oxman, 2006), erken evrelerinde ise üretilen modelleri, uyum, ergonomi ve estetik konuları açısından kontrol etmek, modeli başkalarıyla paylaşmak ve hatta değişiklikler yapmak için kullanılabilir (Prieto, Wright ve Qin, 2003).

Tasarım okulları ve profesyonel tasarımcılar hızlı prototipleme araçlarını tasarım süreçlerine dahil etmektedirler (Sass ve Oxman, 2006). Tasarım sürecinde konsept fikirlerinin fiziksel nesnelere dönüşmesini sağlayan 3B baskı teknolojileri, yakın zamanda tasarımcının araç kitine sadece hızlı prototipleme aracı olarak değil, aynı zamanda son ürünün bir üreticisi olarak da eklenmiştir (Fleming ve Paterson, 2013). Bu nedenle tasarımcıların üç boyutlu baskının benzersiz özelliklerden ve potansiyelinden haberdar olmasına ve üretim için tasarım anlayışının sınırlarına çıkmasına ihtiyaç vardır (Campbell ve diğerleri, 2012).

2.7. Üç Boyutlu Baskı Üzerine Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda endüstri ürünleri tasarımı disiplinindeki araştırmalarda, 3B baskı teknolojileri incelemeye değer bir konu olarak yer bulmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında literatürde endüstri ürünleri tasarımında 3B baskı teknolojisi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ancak türkçe literatürde konu üzerine sınırlı çalışma olduğu görülmüştür.

Doustmohammadi (2015), 3B baskı teknolojilerinin tasarım ve üretim dünyasında yarattığı fırsatlar doğrultusunda, bu teknolojinin ürünün kişiselleştirilmesi üzerine uygulamaları ve potansiyelini araştırmıştır. Araştırmada durum çalışması ile epilepsi hastası bir çocuk için özelleştirilmiş bir koruyucu kask tasarlanmış ve üretilmiştir. Durum çalışmasından elde edilen veriler, sonrasında yapılan anket ve derinlemesine görüşmeler sonucunda ürün tasarımı alanında dijital üretim teknolojileri entegre edilmiş bir kişiselleştirme metodolojisi önerilmiştir (Şekil 2.24).

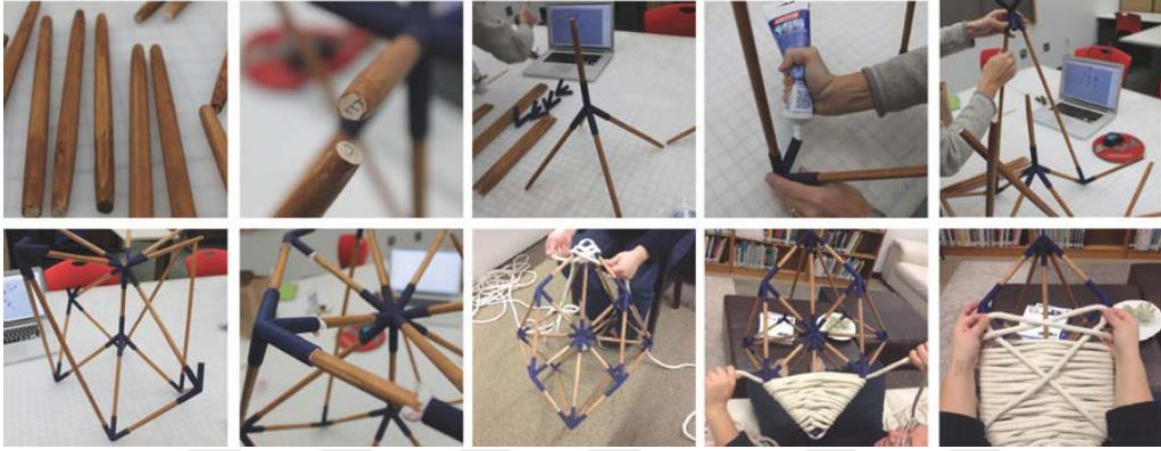


Şekil 2.24. Kişiselleştirme için önerilen metodolojik yaklaşım (Doustmohammadi, 2015)

Dewar (2014), tasarımın, dijital katmanlı imalat teknolojilerinde üretim kabiliyetini ve uygulamasını geliştirmedeki rolünü araştırmıştır. Bu amaçla düşük bütçeli, açık kaynak ekipmanlarla durum çalışmaları gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda yazar katman tasarımı; destek tasarımı; profil tasarımı; yapısal tasarım; ekstrüzyon aleti; katılma kontrolü; baskı yüzeyi ve konumlandırma sistemi olmak üzere sekiz gelişme alanını belirlemiştir. Bu gelişme alanları profesyonel ve hobi amaçlı üreticileri katmanlı imalat için tasarım kriterleri konusunda bilgilendirmektedir.

Lumans (2014), iç mekan ürünlerinin tasarımında 3B baskı teknolojisinin etkilerini keşfetmek amacıyla uygulamalardan oluşan 3 aşamalı bir çalışma gerçekleştirmiştir. İlk aşamada araştırmacı tarafından 3B baskı, iteratif tasarım aracı olarak kullanılmıştır. Bu

aşamada var olan bir ürünün formu simetri, hiyerarşi, ritim ve dönüşüm prensipleri doğrultusunda iterasyonlu şekilde değiştirilmiştir. İkinci aşamada araştırmacı bir yüksek lisans öğrencisi ortaklığında 3B baskıyı son ürün üretimi amaçlı kullanarak tabure tasarlamış ve üretmiştir (Resim 2.1). Son aşamada ise lisans öğrencileri ile tasarım sürecinde 3B baskının öğretim aracı olarak etkilerini belirlemeye yönelik çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında öğrencilerin 3B baskıyı tasarım sürecinde doğru şekilde kullanabilmelerine yönelik kılavuz geliştirilmiştir.




Resim 2.1. 3B Baskı ile üretilen taburenin montaj aşamaları (Lumans, 2014)

Alpay (2012), keşfedici çalışma ile katkılı imalatın endüstriyel tasarım mesleği ve tasarımcılar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada literatür taraması ile hızlı imalatın çeşitli deneysel ve ticari uygulama örnekleri belirlenmiş, tespit edilen bu örnekler İstanbul'da bulunan ve hızlı imalat deneyimi olan yedi profesyonel endüstri ürünleri tasarımcısıyla yapılan yarı-yapılandırılmış görüşmeler yoluyla hızlı imalatın endüstriyel tasarım mesleği ve tasarımcılar üzerindeki olası sonuçları hakkında niteliksel değerlendirme için kullanılmıştır. Araştırma, katkılı imalatın endüstriyel tasarımcının rolü, meslek ve tasarım sürecinin tanımlanması gibi konularda paradigma değişimlerine yol açma potansiyeline sahip olduğu yönünde sonuçlanmıştır.

Valamanesh (2012), hızlı prototipleme teknolojilerinin yaratıcı tasarım sürecinin bir parçası olarak somut çözümler üretme sürecindeki yerini belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma kapsamında daha karmaşık tasarım problemlerini çözmenin bir yolu olarak "Dijital Model Üretimi" (Digital Model Fabrication) başlıklı yeni bir

yaklaşım geliştirilmiştir. Yapılan durum çalışması ile geliştirilen tasarım metodu geleneksel metotla karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Maidin (2011), yaptığı çalışma ile katkılı imalat ile üretimi yapılan ürün veya parçaların tasarımına yardımcı olacak bir tasarım destek aracı geliştirmiştir. Çalışma kapsamında yapılan durum çalışmaları ile katmanlı imalat teknolojileri için tasarım faktörleri belirlenmiş ve katmanlı imalat için tasarım özellikleri sınıflandırması oluşturulmuştur. Geliştirilen katmanlı imalat için tasarım destek aracının yazılım uygulaması yapılarak kullanılabilirliği test edilmiştir. Geliştirilen araçta yer alan tasarım özelliği veri tabanı, endüstriyel tasarımcıların, kendi tasarım çalışmalarına benzer örneklerdeki tasarım özelliklerini incelemelerini sağlamakta, katmanlı imalat için üretimin uygulanabilirliğine dair geri bildirim vererek tasarımcıyı yönlendirmektedir (Şekil 2.25).

Additive Manufacturing AIM:	Aesthetics Requirement	
Sub category:	Customised Form	
Design Features:	Curve Feature	
Application:	Light	
Functionality Keywords:	Aesthetics	
AM System:	SLS	
Material:	Polymer	
Source:	Assa Ashuach	
<input type="button" value="Previous Design Feature"/> <input type="button" value="Next Design Feature"/>		<input type="button" value="Back"/> <input type="button" value="Print"/>

Şekil 2.25. Katmanlı imalat için tasarım destek aracının ara yüzü (Maidin, 2011)

Ağar (2008), bilgisayarlı prototipleme teknolojilerini, kullanım alanları ile birlikte ürün tasarımı kavramı açısından araştırmıştır. Bu araştırma ile yaygın kullanılan bilgisayarlı prototipleme teknolojileri örnekleri, çalışma mantıkları açıklanarak incelenmiş, farklı tekniklerin, hangi uygulama sahalarında, ne amaçla kullanıldığı örnekleri üzerinden ürün tasarımına etkilerine ilişkin değerlendirme yapılmıştır. Çalışma ile bilgisayarlı prototipleme teknolojilerinin ürün tasarımında yaygın olarak kullanıldığı ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak bu kullanımın artacağını belirtilmektedir.

Burton (2005), yaptığı çalışma ile katmanlı imalat için tasarım aracı geliştirmiştir. Bu amaçla 6 farklı durum çalışması gerçekleştirmiştir. Durum çalışmalarında 6 farklı ürün, profesyonel tasarımcılar tarafından hem geleneksel üretim yöntemleri hem de katmanlı imalat ile üretilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışma ile katmanlı imalat için tasarım özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen aracın kullanım denemeleri endüstriyel tasarımcılar ile yapılmıştır.

Evans (2002), yaptığı çalışma ile endüstriyel tasarım pratiğinde uygulanan geleneksel ve dijital teknikleri ve hızlı prototiplemenin özelliklerini inceledikten sonra, bilgisayar destekli endüstriyel tasarım (Computer Aided Industrial Design-CAID) ve hızlı prototiplemenin (RP) etkin biçimde entegrasyonu için metodolojik bir yaklaşım önermiştir (Bkz. Şekil 4.9).

Senol (2001), ürün geliştirme sürecinin firmanın pazarda elde ettiği başarıdaki etkisi bağlamında ürün geliştirme süreçlerinde önemli yeri olan prototiplemede kullanılan katmanlı imalat teknolojilerinin, ürün tasarımı ve yeni ürün geliştirme süreçlerindeki rolünü araştırmıştır. Bu amaçla profesyonel ürün geliştirme hizmeti veren bir firmada, 2 farklı ürün tasarım sürecinde hızlı prototiplemenin ürün geliştirme sürecindeki yeri incelenmiştir. Sonuç olarak süreçte hızlı prototipleme kullanımının firmaya sağladığı avantajlar süreç yönetimi, markete çıkma süresi, maliyet ve kalite başlıkları altında irdelenmiştir.

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Üç boyutlu baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğinde kullanımının araştırılması ve 3B baskı teknolojisi entegre edilmiş dijital tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkilerin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışma, ana çalışmaya referans niteliğinde bir ön çalışma, ön çalışma sonuçlarından yola çıkılarak profesyonel ürün tasarımcılarıyla gerçekleştirilen görüşmeler ve eş zamanlı olarak literatürle tanımlanan geleneksel/dijital tasarım süreçleri üzerinden mezuniyet adayı endüstri ürünleri tasarımı öğrencileri ile yürütülen karşılaştırmalı durum çalışmasından oluşan ana çalışmadan oluşmaktadır (Şekil 3.1).



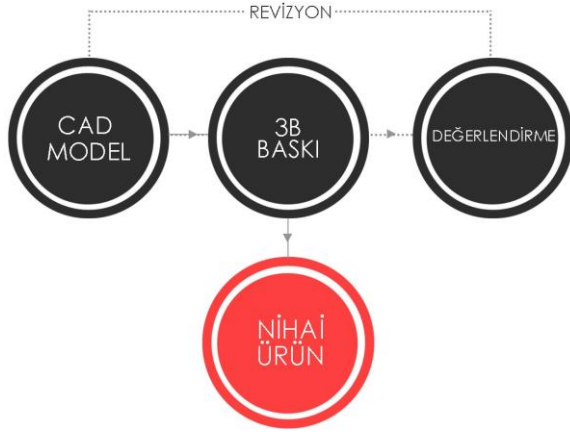
Şekil 3.1. Araştırma yöntemi aşamaları

3.1. Ön Çalışma

Ön çalışmanın amacı, ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımının ürüne ve sürece etkilerini basit örnekler üzerinden keşfederek ana çalışma kapsamında tasarımcılarla yapılacak görüşmelerdeki anket sorularını ve özelliklerini belirlemek, 3B baskı teknolojisinin tasarım sürecine etkilerini değerlendirmeye dayalı ölçek geliştirmektir. Ön çalışmanın yöntemi keşfetmeye dayalı durum çalışmasıdır. Keşfetmeye dayalı durum çalışmaları (Exploratory Case Studies), daha geniş ölçekli bir araştırma yapılmadan önce belirsizliği gidermek, soruları ve ölçme araçlarını belirlemek amacıyla yapılmaktadır (Davey, 1991). Ön çalışma kapsamında 3B baskı teknolojisi kullanılan 3 farklı ürün tasarım süreci bir tasarımcı ile ortaklaşa yürütülmüştür. Bu çalışma ile ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımının tasarım süreci ve ürün kararları üzerine potansiyel etkilerinin neler olabileceğinin araştırılması ve bu çalışmadan elde edilen bilgilerin ana çalışmaya referans oluşturması amaçlanmıştır.

Ön çalışma kapsamında, Gazi Üniversitesi Dijital Tasarım Laboratuvarından hali hazırda konseptlerini geliştirmiş olduğu 3 farklı ürün tasarımı için baskı desteği almak isteyen bir tasarımcının ürün geliştirme süreçlerine dahil olunmuştur. Bu ürünler iğne yaparken acı azaltıcı aparat, fıstık açacağı ve tatlı ambalajıdır. Ön çalışma için bu süreçlere dahil olunmasında, zaman kısıtı göz önünde bulundurularak, tasarlanacak ürünlerin boyutlarının küçük olması ile baskı sürecinin hızlandırılarak süreç içerisinde fazla sayıda baskı alınabileceğinin öngörülmesi ve hem form hem fonksiyon odaklı olmak üzere farklı özellikte ürünler olması etkili olmuştur.

Yapılan küçük ölçekli ürün tasarımlarında, tasarım sürecinin konsept geliştirme evresinden sonra ürünlerin bilgisayar destekli tasarım programları ile 3B modeli hazırlanmıştır. Tasarım süreci, hazırlanan ilk modelden itibaren 3B baskı alınması, alınan baskı üzerinden tasarımın değerlendirilmesi, değerlendirmeler doğrultusunda CAD modelin revize edilmesi ve tekrar 3B baskı alınması şeklinde iterasyonlu yapılandırılmış ve ürünler nihai sonuçlarına ulaştırılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Durum çalışması için yapılandırılmış tasarım süreci

3.1.1. Ön çalışmanın yürütülmesi

Ön araştırma kapsamında yürütülen durum çalışması, Gazi üniversitesi Dijital Tasarım Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Resim 3.1). Gazi Üniversitesi Dijital Tasarım Laboratuvarı; dijital çizim tabletleri, 3B baskı cihazları, 3B tarayıcı ve artırılmış gerçeklik gözlükleri olmak üzere dijital tasarım ve üretim teknolojilerinin yer aldığı bir laboratuvardır. Lab bünyesinde 2 adet Zortrax M200 ve 1 adet Makerbot Replicator plus FDM teknoloji 3B yazıcı, 1 adet Stratasys Objet24 Polyjet teknoloji 3B yazıcı ve 1 adet 3Dmast Proje 1200 SLA teknoloji 3B yazıcı bulunmaktadır.



Resim 3.1. Gazi Üniversitesi Dijital Tasarım Laboratuvarı genel görünüş

Durum çalışmalarında baskı yapılacak cihaz kararı baskı maliyeti, baskı boyutları, baskı süresi ve baskı alınacak ürün özellikleri (mekanik, yüzey vb.) değerlendirilerek verilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda baskılar Zortrax M200 FDM teknoloji 3B yazıcı ile ABS filament kullanılarak yapılmıştır.

Ürün 1: İğne aparatı

Ürünün amacı şeker hastaları gibi sürekli iğne olması gereken kişilerin, özellikle hastalığın başlangıç sürecinde olanların, kendi kendilerine iğne yaparken acı hissetmesini engellemektir. Ürün, konsept geliştirme evresinden sonra ilk CAD modelin hazırlanmasını takiben 3B baskı alınarak geliştirilmiştir (Resim 3.2). Ürünün konsept geliştirme evresinde ürünün kullanım senaryosunda hem farklı boyuttaki parmaklarda hem de karından yapılan iğne sırasında kullanılması ve acı hissini engellemek amacıyla ince/plastik çıkıntılarının iğne yapılan bölgeye baskı yapması öngörülmüştür. Alınan ilk baskı ile yapılan kullanım denemelerinde sürecin ortaklaşa yürütüldüğü tasarımcı tarafından öngörülen karından kullanımdan vazgeçilerek yalnızca parmak için kullanılabilen bir ürün olmasına karar verilmiştir. Bu kararla birlikte ürünün ölçü-boyut kararları da değişmiştir. Sonraki süreçte farklı ölçülerde baskılar denenerek uygun ölçüye karar verilmiştir. Ürünün acı hissini azaltma işlevi için öngörülen ince/plastik çıkıntılarının acı hissini azaltıp azaltmadığını test etmek amacıyla detay baskıları alınarak denemeler yapılmış ve çıkıntılarının formu/kesiti/kalınlığı değiştirilmiştir. Ürünü kullanırken tutucu parmakların kaymaması için form üzerinde yüzeyler oluşturulmuştur. Ürünün renk kararının verilmesinde baskı sonuçları etkili olmuştur.



Resim 3.2. İğne yaparken acı azaltıcı aparatın tasarım süreci

Ürün 2: Tatlı ambalajı

Ürün; markette satılacak ve içinde toz şerbet ambalajı bulunacak kuru antep baklavası ambalajıdır ve konsept geliştirme evresinden sonra hazırlanan ilk CAD modelini takiben 3B baskı alınarak geliştirilmiştir (Resim 3.3). Alınan ilk baskıdan sonra baskının içine kuru baklava ve şerbet paketi yerleştirilmiş ve sonrasında ürünün ölçü/boyut kararı değiştirilmiştir. Sonraki süreçte baskı üzerinden ürününü üretim yöntemi düşünülerek kalıp açılımları değerlendirilmiş ve form revize edilerek nihai karar verilmiştir.



Resim 3.3. Tatlı ambalajının tasarım süreci

Ürün 3: Fıstık açacağı

Ürün; antep fıstığı ambalajının içinden çıkacak ve antep fıstığını kolay açmaya yarayacak fıstık açacağıdır. Ürün, konsept geliştirme evresinden sonra hazırlanan ilk CAD modelini takiben 3B baskı alınarak geliştirilmiştir (Resim 3.4). Ürünün konsept geliştirme evresinde ürünün ucundaki kabuk formuna uyumlu çıkıntının antep fıstığının içine tamamen girerek açması öngörülmüştür. Alınan ilk baskıdan sonra antep fıstığını açma işlevini test etmek amacıyla denemeler yapılmıştır. Denemelerde ağzı çok açık olmayan fıstıklarda öngörülen açma şeklinin kullanımı zorlaştırdığı ve uzun süreli kullanımda açma ucunda bükülme gerçekleştiği görülmüştür. Sonraki süreçte alınan baskılarla yapılan denemelerde çıkıntı kısmının fıstık içine tamamen girmeden ağız kısmında yapılan dönme hareketiyle fıstığın daha kolay açıldığı ve ağzı çok açık olmayan fıstıklarda da etkili olduğu görülmüştür. Yine baskı sürecinde uç kısmındaki bükülmeyi engellemek amacıyla çıkıntının uzunluğu azaltılmış ve gövde ile birleşim noktası güçlendirilerek form revize edilmiştir.



Resim 3.4. Fıstık açacağının tasarım süreci

3.1.2. Ön çalışma sonuçları

Durum çalışmasının sonuçları, araştırmacın veri toplamak amacı ile süreç içerisinde yaptığı gözlemlerden ve bu gözlemler sonucunda 3B baskı teknolojisi kullanımının ürün kararları

ve tasarım süreci üzerindeki etkilerini değerlendirmeye yönelik geliştirilen değerlendirme ölçeğinin sürecin ortaklaşa yürütüldüğü tasarımcıya uygulanmasından elde edilmiştir. Geliştirilen değerlendirme ölçeği; 3B baskı teknolojisi kullanımının ürün kararlarına, tasarım sürecine etkisini ölçmeye yöneliktir. Ön araştırmanın amacı ana çalışmaya referans oluşturmak olduğundan sonuçlarına ana çalışma öncesinde yer verilmiştir.

Gözlemlerden elde edilen sonuçlar

Durum çalışması süresince tasarım süreçleri, araştırmacı tarafından gözlemlenmiştir. Araştırmacı tarafından yapılan gözlemler şu şekildedir:

- *Ürünün boyutunun büyümesi ile baskı süresini arttırması ve zamanın kısıtlı olması alınan baskı sayısını düşürmüştür,*
- *Özellikle küçük detaylarda CAD modeldeki yanılğılar alınan baskı ile fark edilmiştir.*
- *Baskı malzemesinin son ürün malzemesi ile aynı olması mekanik özellikleri değerlendirme ve üretim kararlarını vermede tasarımcının öngörüde bulunmasını kolaylaştırmıştır,*
- *Tatlı ambalajının form odaklı bir ürün olması sebebi ile tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımının etkinliği, fonksiyon odaklı diğer 2 ürüne göre düşük olmuştur.*
- *Alınan 3B baskılar tasarımcının konsept evresindeki öngörülerini test ederek yanılğılarını erken evrede fark etmesini sağlamıştır,*
- *Tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren 3B baskı teknolojisi kullanımı ürünün erken somutlaşmasını ve son ürüne yaklaşmasını sağladığından tasarımcının nihai kararları almasını kolaylaştırmıştır.*

Tasarımcı değerlendirmesinden elde edilen sonuçlar

Durum çalışmasında araştırmacı tarafından gözlemlenen 3 farklı ürünün yapılandırılmış tasarım süreci, ürünün özelliği göz önünde bulundurularak sürecin ortaklaşa yürütüldüğü tasarımcı tarafından 3B baskının etkisi ekseninde geliştirilen ölçek ile değerlendirilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımını değerlendirme ölçeği ve tasarımcının değerlendirmesi

ÖZELLİKLER		ÜRÜN 1	ÜRÜN 2	ÜRÜN 3
ÜRÜN KARARLARI	Form Estetik Değerlendirme	3	4	2
	Ölçü Boyut Belirleme	4	4	3
	Renk Kararı	2	1	0
	Kullanım Senaryosu/Ürünün kullanımı	4	1	4
	Mekanik Özellikler	4	1	4
TASARIM SÜREİ	Ürün Geliştirme Evresinde Kullanımı	4	3	4
	Detaylandırma Evresinde Kullanımı	4	2	3
GENEL ETKİLER	Kullanım Denemelerini Kolaylaştırma	3	2	4
	Revizyon Geribildirimini Kolaylaştırma	4	3	4
	Mekanik Özellikleri Değerlendirebilme	3	1	4
	Fonksiyonel Özellikleri Değerlendirebilme	4	1	4
	Üretim Kararlarını Destekleme	3	4	3
	Nihai Kararlara Erişimi Kolaylaştırma	4	3	4
	Tasarım Sürecini Kısaltma	4	3	3
	Nihai Kararlara Erişimi Kolaylaştırma	4	3	3
ORTAMA DEĞER (x)		3,6	2,4	3,25
<i>Hiç:0, Az:1, Orta:2, Çok:3, Fazlasıyla:4</i>				

Tasarımcı tarafından yapılan değerlendirmelere göre 3 boyutlu baskı teknolojisi;

- En etkin olarak iğne aparatının (x:3,6) tasarım sürecinde kullanılmıştır,
- İğne aparatı ve fıstık açacağıın tasarım sürecinde kullanım senaryosu ve mekanik özellikler ile ilgili kararlarda daha etkin iken, tatlı ambalajında form estetik değerlendirme ve ölçü-boyut belirlemede etkin olmuştur,
- Tüm ürünlerin tasarım sürecinde renk kararı vermekte düşük etkinliktedir,
- Tüm ürünlerin tasarım sürecinde üretim kararlarını desteklemede etkindir,
- İğne aparatının tasarım sürecinde detaylandırma evresinde etkin olarak kullanılırken, tatlı ambalajında bu evredeki etkinliği düşüktür,
- İğne aparatı ve fıstık açacağıın tasarım sürecinde, mekanik ve fonksiyonel özellikleri değerlendirebilmede ve kullanım denemelerini kolaylaştırmada daha etkindir,
- Tüm ürünlerin tasarım sürecinde revizyon geri bildirimini ve nihai kararlara erişimi kolaylaştırmış, tasarım sürecini kısaltmış ve final ürün kalitesini arttırmıştır.

Sonuç olarak yapılan keşfedici durum çalışması ile 3B baskı teknolojisinin ürün tasarım sürecinde kullanımını sorgulayan ana çalışmaya referans oluşturacak çıkarımlar şunlardır:

- Ürün geliştirme sürecinde 3B baskı teknolojisinin kullanım amaçları temelde biçimsel ve fonksiyonel olarak ikiye ayrılmaktadır. Tasarımcılara uygulanan anket ile çoğunlukla hangi amaçlar için tercih edildiği ortaya konacaktır,
- 3B baskı teknolojisi tasarım sürecinin her evresine farklı şekilde entegre olabilir. Özellikle konsept geliştirme evresinde konsept alternatiflerini değerlendirmek amacıyla kullanılabilir. Bu durum, teknolojiyi tasarım sürecinde kullanan profesyonel tasarımcılara yöneltilen sorularla irdelenecektir,
- 3B baskı teknolojisinin fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım sürecinde form odaklı ürünlere göre daha etkin kullanılabildiği gözlemi, tasarımcılarla yapılacak görüşmeler ve uygulamalı çalışmalarla incelenecektir,
- Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımı, süreçte yarattığı olumlu etkiler ile tasarım sürecini kısaltabilir. Bu konu üzerine tasarımcı değerlendirmeleri istenecektir,
- Ürünün boyutu ve son ürün malzemesi, tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımını etkileyebilir. Teknolojinin hangi özellikteki ürünlerin tasarım sürecinde daha etkin kullanılabileceği tasarımcılarla yapılan görüşmelerle irdelenecektir,
- Ön çalışma kapsamında geliştirilen değerlendirme ölçeğindeki özellikler, tasarımcıların 3B baskının tasarım sürecine etki değerlendirmelerinde kullanılacaktır.

3.2. Ana Çalışma

Ana çalışmada ürün tasarımcılarının 3B baskı teknolojisinin ürün tasarım pratiğinde kullanımının tasarımcı/tasarım süreci/ürün üzerine etkilerinin ve 3B baskı teknolojisi entegre edilmiş dijital tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ile 3B baskının tasarım sürecindeki yerini belirlerken, ürün tasarımcılarının 3 boyutlu baskı teknolojileri konusunda bilgi ve farkındalıkları ile ilgili durum tespiti yapmak amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda ana çalışma kapsamında yapılacak çalışmalar ile cevaplanması hedeflenen başlıklar şunlardır:

- Profesyonel ürün tasarımcılarının 3 boyutlu baskı teknolojileri, mevcut ve potansiyel uygulama alanları ile ilgili güncel bilgi ve farkındalıklarını ortaya koyarak durum tespiti yapmak,
- 3B baskı teknolojilerinin profesyonel ürün tasarımcıları tarafından tasarım pratiğinde nasıl kullanıldığını belirlemek,

- 3B baskı teknolojisinin ürün tasarım sürecinde kullanımının tasarım sürecine etki noktalarını belirlemek,
- 3B baskı teknolojisinin ürün tasarım pratiğine entegrasyonu ile ilgili tasarımcı değerlendirmelerini almak ve teknolojiyi tasarım sürecinde kullanan ve kullanmayan tasarımcıların değerlendirmelerini karşılaştırmak,
- 3B baskı teknolojisinin ürün tasarım sürecinde kullanımının ürün kararlarına etkilerini belirlemek,
- 3B baskı teknolojisinin tasarım sürecinde daha etkin kullanılabileceği ürün özelliklerini ortaya koymak,
- 3B baskı teknolojisi entegre edilmiş dijital tasarım sürecinin geleneksel sürece kıyasla yarattığı etkileri belirlemek,
- Form ve fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi entegre edilmiş dijital tasarım sürecinin geleneksel sürece kıyasla yarattığı etkileri karşılaştırmalı olarak ortaya koymak,
- Form ve fonksiyon odaklı ürünlerin dijital tasarım süreçlerini 3B baskı teknolojisinin etkinliği doğrultusunda karşılaştırmaktır.

3.2.1. Ana çalışma için seçilen veri toplama yöntemleri

Cross (1999), tasarım araştırmalarını tasarımcılarla görüşmeler, gözlem ve durum çalışmaları, protokol çalışmaları, derinlemesine düşünme ve kuramsallaştırma ve simülasyon denemeleri başlıkları altında sınıflandırmıştır. Ana çalışmada belirlenen amaçlar doğrultusunda veri toplama yöntemi eş zamanlı olarak yürütülen iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, tasarımcılarla gerçekleştirilen görüşmelerdir. Bu süreçte ürün tasarım süreçlerinde 3B baskı teknolojisini kullanan/kullanmayan toplam 40 tasarımcı ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile tasarımcıların 3B baskı teknolojileri ve potansiyel uygulama alanları ile ilgili güncel bilgi ve farkındalıklarını ortaya koyarak durum tespiti yapmak, teknolojinin ürün tasarım pratiğinde kullanım ve etki alanlarını araştırmak hedeflenmiştir. Ana çalışmanın ikinci aşaması karşılaştırmalı durum çalışmasıdır. Durum çalışmaları bir durum veya olayın derinlemesine incelenerek ortamda neler olduğuna bakma ve sistematik bir yaklaşımla toplanan verileri analiz ederek sonuçları ortaya koyma yoludur (Davey, 1991). Durum çalışmaları olgu ve içinde bulunduğu çevre arasındaki sınırların net olmadığı ve birden fazla veri kaynağının mevcut olduğu durumlarda kullanılan bir araştırma

yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2003: 190). Bu çalışmada ürün tasarım pratiğinin girift yapısı sebebiyle durum çalışması yöntemi tercih edilmiştir. Mezuniyet adayı olan 6 endüstri ürünleri tasarımı bölümü son sınıf öğrencisi ile hedeflenen amaçlara yönelik olarak kurgulanan tasarım süreçlerinden oluşan 4 farklı durum çalışması yapılmıştır. Çalışmada tasarımcı adaylarından 4 farklı durumda belirlenen süre içerisinde ürün tasarımı yapmaları istenmiştir. Bu çalışma ile tasarım aracı olarak 3B baskı teknolojisi kullanılan dijital tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkileri belirlemek hedeflenmiştir.

1. Tasarımcılarla görüşme

Ana çalışmanın ilk aşaması tasarımcılarla yapılan görüşmelerdir. Tasarımcıların 3B baskı teknolojileri ile ilgili farkındalıklarının, 3B baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğindeki yerinin belirlenmesi, tasarım sürecine ve ürün kararlarına etkilerinin araştırılması ve değerlendirilmesi amacıyla ürün tasarım süreçlerinde 3B baskı teknolojisini kullanan 20 ve kullanmayan 20 olmak üzere toplam 40 tasarımcı ile yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Teknolojiyi tasarım sürecinde kullanan ve kullanmayan tasarımcıların teknolojinin ürün tasarım pratiğine entegrasyonu ile ilgili değerlendirmelerini istatistiksel olarak karşılaştırabilmek için örnekleme kullanan ve kullanmayan tasarımcılar eşit sayıda yer almıştır. Araştırmaya katılan tasarımcılar, teknolojiyi kullanıp kullanmama ölçütüne göre rastgele örneklem seçimi tekniği ile seçilmiştir. Görüşmelerle ikincil olarak ana çalışmanın ikinci aşamasındaki durum çalışmalarında hangi ürünler ve süreçler üzerinden bir sorgulama yapılması gerektiğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Görüşmelerde uygulanan anket 3'ü açık uçlu olmak üzere toplam 18 sorudan oluşmaktadır (EK-1). Sorular, "tasarımcı ile ilgili bilgiler", "3 boyutlu baskı teknolojileri", "ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımı" ve "ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımını değerlendirme" olmak üzere 4 bölümden oluşmaktadır. "Tasarımcı ile ilgili bilgiler", "3 boyutlu baskı teknolojileri" ve "ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımını değerlendirme" bölümlerindeki sorular teknolojiyi ürün tasarım süreçlerinde kullanan ve kullanmayan tasarımcılar tarafından ortak cevaplandırılmıştır. "Ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımı" bölümündeki sorular ise yalnızca teknolojiyi ürün tasarım sürecinde kullanan tasarımcılar tarafından cevaplandırılmıştır.

Bölüm 1: Tasarımcı ile ilgili bilgiler

Tasarımcı ile ilgili bilgiler bölümünde, tasarımcının çalıştığı firma niteliği, hangi alanlara yönelik ürün tasarımı yaptığı ve kaç yıldır ürün tasarımcısı olarak çalıştığı olmak üzere 3 soru bulunmaktadır. Bu sorular diğer bölümlerde yöneltilecek sorulara verilen cevapların firmanın niteliğiyle, sektörlere göre değişkenliğiyle ve tasarımcının deneyimiyle ilişkilendirilerek değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Bölüm 2: Üç boyutlu baskı teknolojileri

3 boyutlu baskı teknolojileri bölümünde 4 soru yer almaktadır. İlk soruda tasarımcının hangi 3 boyutlu baskı teknolojileri ile ilgili bilgi sahibi olduğu sorulmuştur. İkinci soruda tasarımcılardan 3 boyutlu baskı teknolojileri ile öne çıkan uygulama alanlarının önem düzeyini değerlendirmesi istenmiştir. Değerlendirme için 5'li likert ölçeği kullanılmıştır. Bu değerlendirme yoluyla tasarımcıların 3 boyutlu baskı teknolojisinin potansiyeli kullanım ve uygulama alanları ile ilgili bilgi düzeylerini ölçmek amaçlanmıştır. Ayrıca bu soru, teknolojiyi tasarım sürecinde kullanan ve kullanmayan tasarımcıların 3 boyutlu baskı teknolojisi ile ilgili değerlendirmelerini karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Sonraki sorularda sırasıyla tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanıp kullanmadığı, kullanıyor ise teknolojiye nasıl ulaştığı sorulmuştur. Teknolojiye firma bünyesinde ya da hizmet alımı ile ulaşılması tasarımcının değerlendirmelerinin bu ekseninde değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Bölüm 3: Ürün tasarım sürecinde üç boyutlu baskı teknolojisi kullanımı

Ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımı bölümünde 6 soru yer almaktadır. İlk iki soruda tasarımcıların ürün tasarım süreçlerinde 3 boyutlu baskı teknolojisini ne sıklıkta kullandığı ve hangi teknolojileri kullandığı sorulmuştur. Bu sorular ile tasarımcıların ürün tasarım sürecinde teknolojiyi kullanma sıklıkları ve ağırlıklı olarak hangi teknolojinin kullanıldığını tespit etmek amaçlanmıştır. Üç ve dördüncü soruda ürün tasarım sürecinin hangi evrelerinde ve hangi amaçlarla kullandıkları sorulmuştur. Bu sorular ile amaçlanan tasarımcıların teknolojiyi sürece nasıl entegre ettiklerini ortaya koymaktır. Beşinci soruda ne tür ürünlerin tasarım süreçlerinde teknolojiyi etkin kullandıkları sorularak örneklendirmeleri istenmiştir. Bu sorunun sorulmasındaki amaç, 3 boyutlu baskı

teknolojisinin tasarım sürecinde etkin kullanılabileceği ürün özelliklerine ilişkin bir kategorilendirme oluşturmak ve buradan elde edilen bilgileri karşılaştırmalı durum çalışmasında kullanmaktır. Son soruda tasarımcılara ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımının ürünle ilgili hangi kararlarında etkili olduğu sorulmuştur. Bu soru ile teknolojinin ürün kararlarına etki noktalarını belirlemek amaçlanmıştır.

Bölüm 4: Ürün tasarım sürecinde üç boyutlu baskı teknolojisi kullanımını değerlendirme

Ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımını değerlendirme bölümünde 5 adet değerlendirme sorusu yer almaktadır. Değerlendirmeler için 5'li likert ölçeği kullanılmıştır. İlk iki soruda tasarımcıların teknolojinin belirtilen tasarım süreci evrelerinde kullanımının etkinliğinin değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelere ilişkin gerekçeleri istenmiştir. Bu soruların sorulmasındaki amaç, 3 boyutlu baskı teknolojisinin tasarım süreci aşamalarında kullanımının etkinliğini belirlemektir. Üçüncü soruda tasarımcılardan belirtilen özellikteki ürünlerin tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımının etkinliğini değerlendirmesi istenmiştir. Bu sorunun sorulmasındaki amaç, 3 boyutlu baskı teknolojisinin ne tür ürünlerin tasarım sürecinde etkin kullanılabileceğini belirlemektir. Dördüncü soruda tasarımcılardan teknolojinin tasarım sürecinde kullanımının genel sürece etkilerini değerlendirmeleri istenmiştir. Son olarak tasarımcılara 3 boyutlu baskı teknolojisinin tasarımcı ve tasarım pratiği üzerine etkilerinin neler olduğu/olacağı sorulmuştur. Bu bölümdeki sorular ile tasarımcıların 3 boyutlu baskı teknolojilerinin tasarım pratiğine entegrasyonuna ilişkin değerlendirmelerini ve teknolojiyi kullanan ve kullanmayan tasarımcıların değerlendirmelerine ilişkin görüş farklılığı olup olmadığını ortaya koymak amaçlanmıştır.

2. Karşılaştırmalı durum çalışması

Ana çalışmanın ikinci aşaması mezuniyet adayı endüstri ürünleri tasarımı bölümü öğrencileri ile gerçekleştirilen karşılaştırmalı durum çalışmasıdır. Bu çalışma ile tasarım aracı olarak 3B baskı teknolojisi kullanılan dijital tasarım sürecinin, form ve fonksiyon odaklı ürünlerin tasarımında geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, mezuniyet adayı endüstri ürünleri tasarımı bölümü son sınıf öğrencilerinden oluşturulan 3'er kişilik iki grup, tasarımcılarla yapılan görüşmelerden elde edilen veriler doğrultusunda (Bkz. Şekil 4.13) belirlenen iki ürün,

literatürdeki geleneksel ve dijital tasarım süreçlerinden (Lim, 2006; Evans, 2002; Sass ve Oxman, 2006; Pahl ve Beitz, 2007: 40) yola çıkarak kurgulanan 2 süreç ile 4 farklı durum oluşturulmuştur. Tasarımcı adayları, 3 aylık bir periyotta belirli aralıklarla gerçekleştirilen toplam 28 oturumda (her bir oturum süresi 1 gün olmak üzere), kurgulanan her bir duruma uygun 4 farklı ürün tasarlamıştır. Karşılaştırmalı durum çalışması için hazırlık süreci; süreçlerin belirlenmesi, ürünlerin belirlenmesi, grupların oluşturulması, durumların oluşturulması ve tasarım iş tanımı belgelerinin hazırlanması olmak üzere 5 aşama içermektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Karşılaştırmalı durum çalışması hazırlık aşamaları

1. Aşama: Süreçlerin belirlenmesi

Çalışma kapsamında dijital ve geleneksel olmak üzere 2 farklı süreç tanımlanmıştır. Süreçlerin tanımlanmasında literatürden yararlanılmıştır. Her iki süreç, literatürde tanımlanan endüstriyel tasarım pratiğinin jenerik aşamaları (Pahl ve Beitz, 2007: 40) ve her aşamada yapılması önerilen aktivitelerden (Shetty, 2001) yola çıkarak kurgulanmıştır. Çalışmanın amacının 3B baskı teknolojisinin tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren kullanımının geleneksel sürece kıyasla yarattığı etkileri incelemek olması sebebiyle geleneksel olarak tanımlanan süreçte de final ürünü prototipleme için 3B baskı teknolojisi kullanılmasına karar verilmiştir.

Dijital olarak tanımlanan “süreç 1”, 3B baskı teknolojisinin konsept geliştirme evresinden itibaren tasarım sürecine entegre edilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 3.4). Bu süreçte tasarımcılar konsept geliştirme evresine beyin fırtınası, araştırma ve eskiz yaparak başlayacaktır. Daha sonra geliştirdikleri alternatif konseptleri kendi seçtikleri bilgisayar destekli modelleme programları ile eskiz modellere çevirerek baskı alacak ve konsept değerlendirmesini aldıkları baskılar üzerinden yapacaktır. Teknolojinin konsept geliştirme evresine enregrasyonu, tasarımcılarla yapılan görüşmelerden yola çıkarak kurgulanmıştır.

Seçilen konsept üzerinden ürün geliştirme ve detaylandırma süreci alınan baskı üzerinden değerlendirme yapılması, 3B modelin revize edilmesi ve tekrar baskı alınması şeklinde iteratif yapıda devam edecek ve ürünler nihai sonuçlarına ulaşacaktır. 3B baskının etkilerine odaklanmak ve değişkeni sabit tutmak amacı ile dijital sürece 3B baskı dışında herhangi bir dijital teknoloji (dijital çizim, 3B tarama vb.) dahil edilmemiştir.

KONSEPT GELİŞTİRME	TASARIM GELİŞTİRME	DETAYLANDIRMA
Araştırma/Beyin Fırtınası Eskiz Modelleme 3B Baskı	Modelleme 3B Baskı Değerlendirme Revize	Modelleme 3B Baskı Değerlendirme Revize

Şekil 3.4. Süreç 1: Dijital tasarım süreci

Geleneksel olarak tanımlanan süreç 2, literatürde yer alan tasarım süreci ile ilgili çeşitli model ve tanımlamalardan yola çıkarak oluşturulmuştur (Şekil 3.5). Bu süreçte tasarımcılar konsept geliştirme evresinde geleneksel şekilde beyin fırtınası, araştırma, eskiz ve mock-up yaparak konsept alternatifleri geliştireceklerdir. Ürün geliştirme ve detaylandırma evresinde yine geleneksel şekilde eskiz ve maket yaparak çalışacak ve ürün nihai noktaya geldiğinde bilgisayar destekli modelleme programları ile 3B modeli hazırlayacaklardır.

KONSEPT GELİŞTİRME	TASARIM GELİŞTİRME	DETAYLANDIRMA
Araştırma/Beyin Fırtınası Eskiz Mock-up	Eskiz Mock up/Maket	Eskiz Maket /Mock up Modelleme

Şekil 3.5. Süreç 2: Geleneksel tasarım süreci

2. Aşama: Ürünlerin belirlenmesi

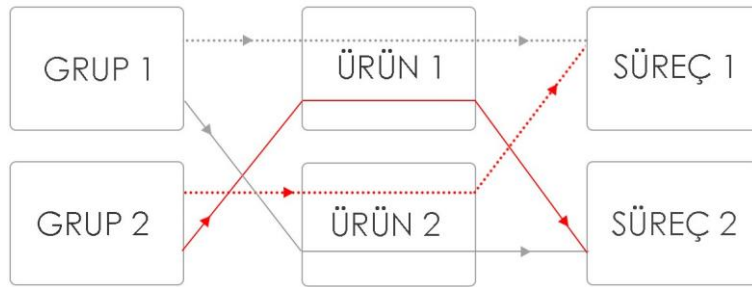
Tasarımcılarla yapılan görüşmelerde tasarımcılara yöneltilen 3. bölümdeki 5. sorudan elde edilen veriler (Bkz. Şekil 4.13) doğrultusunda ürünlerden birinin form odaklı, diğerinin fonksiyon odaklı ve çok parçalı/montaj gerektiren bir ürün olmasına, ürünlerin 1/1 baskı alınabilecek boyutlarda ve son ürün malzemesinin ağırlıklı plastik olmasına karar verilmiştir. Bu çerçevede durum çalışması için tuzluk/karabiberlik seti ve mutfak için belirli bir fonksiyona yönelik (kesme, doğrama, öğütme vb.) el aleti belirlenmiştir.

3. Aşama: Grupların oluşturulması

Durum çalışmalarında yer alması öngörülen 6 kişi, sürecin etkin şekilde yönetilmesini sağlamak amacıyla Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü son sınıf mezuniyet adayı (VIII. yarıyıl) öğrenciler arasından seçilmiştir. Öğrenciler yapılan ön değerlendirme ile 3B baskı teknolojisi bilgisi, bilgisayar destekli modelleme ve eskiz kabiliyetleri doğrultusunda belirlenmiş ve çalışmada gönüllü olarak yer almıştır. 3'er kişilik 2 grubun oluşturulmasında, öğrencilerin belirtilen kabiliyetleri göz önünde bulundurularak ürün geliştirme sürecinde denk özelliklere sahip 2 grup oluşturmak hedeflenmiştir.

4. Aşama: Durumların oluşturulması

Durumlar oluşturulurken belirlenen her bir ürünün kurgulanan 2 farklı süreçte de tasarlanması, her bir grubun iki süreçte ve iki ürünle çalışması hedeflenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Durumların oluşturulması

Bu amaç doğrultusunda 4 farklı durum kurgulanmıştır (Şekil 3.7). Oluşturulan durum 1, tuzluk/biberlik setinin (ürün 1) dijital tasarım sürecinde (süreç 1) grup 1 tarafından tasarlanmasıdır. Oluşturulan durum 2, mutfak için el aletinin (ürün 2) geleneksel tasarım sürecinde (süreç 2) grup 1 tarafından tasarlanmasıdır. Oluşturulan durum 3, tuzluk/biberlik setinin (ürün 1) geleneksel tasarım sürecinde (süreç 2) grup 2 tarafından tasarlanmasıdır. Oluşturulan durum 4, mutfak için el aletinin (ürün 2) dijital tasarım sürecinde (süreç 1) grup 2 tarafından tasarlanmasıdır.

DURUM 1	DURUM 2	DURUM 3	DURUM 4
GRUP 1	GRUP 1	GRUP 2	GRUP 2
ÜRÜN 1	ÜRÜN 2	ÜRÜN 1	ÜRÜN 2
SÜREÇ 1	SÜREÇ 2	SÜREÇ 2	SÜREÇ 1

Şekil 3.7. Çalışma için kurgulanan durumlar

5. Aşama: Tasarım iş tanımı belgelerinin hazırlanması

Oluşturulan dört farklı durum için dört farklı tasarım iş tanımı belgesi hazırlanmıştır. Durum 1 ve durum 3 için hazırlanan tasarım iş tanımı belgelerinde (EK-2) tuzluk/biberlik seti tasarımı için karşılanması beklenen kriterler, uygulayacakları tasarım süreci modeli, tasarım süreci aşamalarında yapmaları gereken aktiviteler ve tasarım süresi yer almaktadır. Durum 2 ve durum 4 için hazırlanan tasarım iş tanımı belgesinde (EK-3) mutfak için bir fonksiyona yönelik el aleti tasarımında karşılanması beklenen kriterler, uygulayacakları tasarım süreci modeli, tasarım süreci aşamalarında yapmaları gereken aktiviteler ve tasarım süresi yer almaktadır. Hazırlanan tuzluk/biberlik tasarım iş tanımı belgelerinde karşılanması beklenen kriterler, ürünün 1/1 baskı alınabilecek boyutlarda olması ve ana malzeme plastik olmak üzere ahşap, cam vb. yan malzemeler kullanılmasıdır. Hazırlanan mutfak için bir fonksiyona yönelik el aleti tasarım iş tanımı belgelerinde karşılanması beklenen kriterler, ürünün 1/1 baskı alınabilecek boyutlarda olması, ana malzeme plastik olmak üzere ahşap, cam vb. yan malzemeler kullanılması ve ürünün çok parçalı/montaj gerektiren ve çalışan parçaları olan yapıda olmasıdır. Tüm tasarım iş tanımı belgelerinde tasarım süresi 7 oturum (her bir oturum süresi 1 gün) olarak belirlenmiş, verilen tasarım süreci modeli ve her aşamada yapılması gereken aktivitelere uymak koşulu ile kontrollü bir süreç yönetimi gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Ana çalışmanın yürütülmesi

Ana çalışma kapsamında öncelikle tasarımcılarla görüşmeler, sonrasında tasarımcılarla yapılan görüşmelerden yararlanılarak kurgulanan durum çalışmaları yürütülmüştür.

Tasarımcılarla görüşmelerin yürütülmesi

Çalışmada Hidromek, Venn Design, Hamm, Futero Design, İnoksan, Aselsan, Çilek Mobilya, Vestel, İnoFab, Design Nobbis, Lineadecor, Enza, Zaxe gibi farklı sektörlerdeki

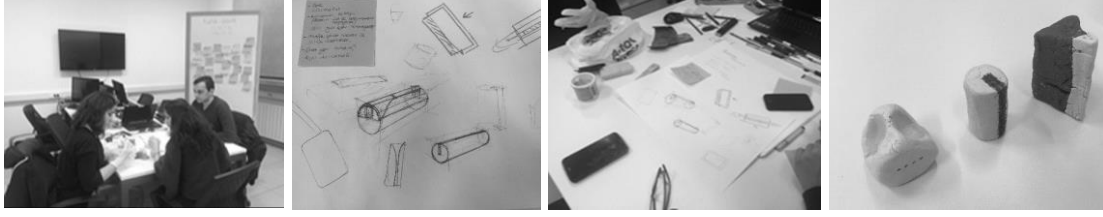
kurumsal firmalar ve tasarım ofislerinde çalışan tasarımcılar ile serbest çalışan tasarımcılar yer almıştır. Görüşmeler, tasarımcıların 30'u ile yüz yüze, 10'u ile çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde tasarımcılara hazırlanan anket soruları yöneltilmiş, sorulara vermiş oldukları cevaplar dışında görüşme süresindeki yorumları da kaydedilmiştir. Tasarımcılarla görüşmeler gerçekleştirilmeden önce, görüşmelerde tasarımcılara yöneltilen anketin geçerliliği test edilmiştir. Bu test ile hazırlanan taslak anketteki anlamı açık olmayan ifadeler, geliştirilmesi gereken noktalar ve anket için gerekli zaman ihtiyacı belirlenerek anket revize edilmiştir.

Durum çalışmalarının yürütülmesi

Durum çalışmaları Gazi Üniversitesi Dijital Tasarım Laboratuvarında, 2016-17 bahar döneminde yürütülmüştür. İki farklı grup, aynı ürünleri, farklı tasarım süreçlerinde tasarlamış, süreç içerisinde ürün ve süreçle ilgili birbirleri ile paylaşımda bulunmamışlardır. Geleneksel tasarım sürecinde çalışan öğrenciler için eskiz ve mock-up malzemeleri araştırmacı tarafından tedarik edilmiştir. Dijital tasarım sürecinde çalışan öğrencilerin süreç içerisindeki baskıları, baskı maliyeti, baskı alınacak ürün özellikleri (mekanik, yüzey vb.), baskı malzemesi değerlendirilerek, Zortrax M200 ve Makerbot Replicator Plus FDM teknolojiye yazıcılar ile yapılmıştır. Baskılar için ABS ve PLA filamentler kullanılmış, filamentler araştırmacı tarafından tedarik edilmiştir.

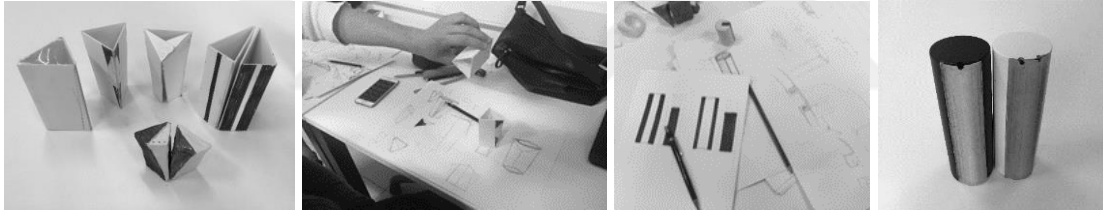
Birinci durum çalışması

Birinci durum çalışması, grup 1 tarafından geleneksel tasarım sürecinde yürütülen form odaklı ürün tasarımıdır. Öğrencilerden çalışmayı 7 oturumda (her bir oturum süreci 1 gün) tamamlamaları istenmiştir. Çalışmanın ilk oturumunda öğrenciler kendilerine verilen tasarım iş tanımı belgeleri doğrultusunda konsept geliştirme aşaması kapsamında beyin fırtınası, eskiz ve mock-up yolu ile alternatif kavram ve fikirleri oluşturmaya başlamıştır. 2. oturumda oluşturulan ilk kavramsal fikirler, eskiz ve mock-uplar ile geliştirilmiştir. Çalışmanın 3. oturumunda geliştirilen alternatif fikirler üzerinden seçim yapılarak tasarım geliştirme aşamasına geçilmiş, yapılan mock-uplar üzerinden kullanım denemeleri ve form çalışmaları yapılmıştır (Resim 3.5).



Resim 3.5. Birinci durum çalışması

Çalışmanın 4. oturumunda ayrıntılı modeller yapılarak ürün kullanıcı ve ürün mekan ilişkisi sorgulanmıştır. Bu aşamada öğrenciler geliştirme aşamasında üzerinde çalıştıkları form ve ürün yaklaşımını değiştirme kararı vermişlerdir. Yeni yaklaşımları doğrultusunda model ve eskizler ile tasarım geliştirmeye devam etmişlerdir. Çalışmanın 5. oturumunda detaylandırma aşamasına geçerek ayrıntılı çizim ve modeller yoluyla ürünün detay çalışmalarını yapmışlardır. Çalışmanın 6. oturumunda öğrenciler ürünü sonuçlandırarak bilgisayar ile modelleme yapmış ve render alarak sunum paftalarını hazırlamışlar (Resim 3.6).



Resim 3.6. Birinci durum çalışmasında fiziksel modeller

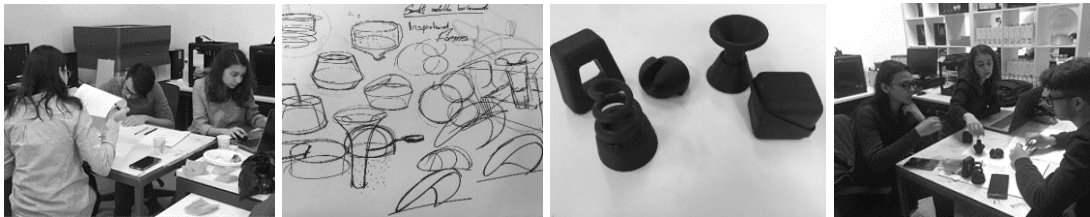
Böylelikle 2 oturum konsept geliştirme, 2 oturum tasarım geliştirme, 2 oturum detaylandırma aşamasında olmak üzere toplam 6 oturumda çalışmalarını tamamlamışlardır. Tasarımın çıkış noktası tuz ve karabiberin renklerinden doğan zıtlığın sade bir ile ürüne yansıtılmasıdır (Resim 3.7).



Resim 3.7. Birinci durum çalışmasının sunum paftası

İkinci durum çalışması

İkinci durum çalışması, grup 2 tarafından dijital tasarım sürecinde yürütülen form odaklı ürün tasarımıdır. Öğrencilerden çalışmayı 7 oturumda tamamlamaları istenmiştir. Çalışmanın 1. oturumunda konsept geliştirme aşaması kapsamında öğrenciler piyasadaki mevcut ürünleri araştırmış, beyin fırtınası ve eskiz yolu ile alternatif kavram ve fikirleri oluşturmaya başlamıştır. Çalışmanın 2. oturumunda oluşturulan fikir alternatifleri eskizler yapılarak geliştirilmiş ve CAD ara yüzüne geçilmiştir. Çalışmanın 3. oturumunda geliştirilen fikir alternatifleri üzerinden bilgisayar ile 3B modeller hazırlanmış ve baskıya verilmiştir. Çalışmanın 4. oturumunda alınan baskılar üzerinden geliştirilen fikir alternatifleri elenerek seçilenlerin CAD modelleri revize edilmiş ve tekrar baskıya verilmiştir (Resim 3.8).



Resim 3.8. İkinci durum çalışması

Çalışmanın 5. oturumunda alınan baskılar üzerinden değerlendirmeler yolu ile seçim yapılmış ve tasarım geliştirme aşamasına geçilmiştir. Mevcut modeller üzerinden değerlendirme yapılarak model revize edilmiş ve tekrar baskıya verilmiştir. 6. oturumda alınan baskılar üzerinden ürünün detay çalışmalarına başlanarak detaylandırma aşamasına geçilmiştir. Model revize edilerek tekrar baskıya verilmiştir. Çalışmanın son oturumunda

alınan son baskı üzerinden model tekrar revize edilerek ürün sonuçlandırılmış ve render alınarak sunum paftaları hazırlanmıştır (Resim 3.9).



Resim 3.9. İkinci durum çalışmasında fiziksel modeller

Konsept geliştirme aşamasında 4 oturum, tasarım geliştirme aşamasında 2 oturum, detaylandırma aşamasında 1 oturum olmak üzere 7 oturumda çalışmalarını tamamlamışlardır. Tasarımın çıkış noktası tuz ve karabiberin zıtlık ve uyumunun forma yansıtılmasıdır (Resim 3.10).



Resim 3.10. İkinci durum çalışmasının sunum paftası

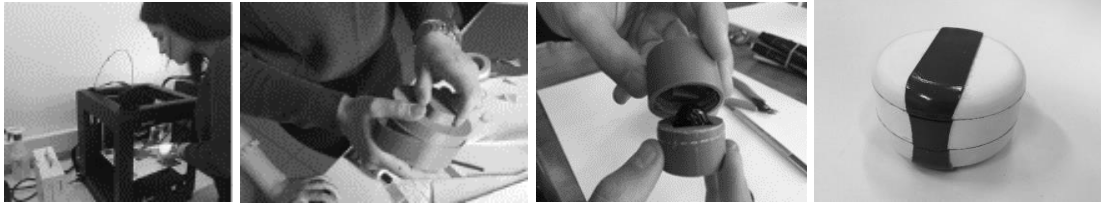
Üçüncü durum çalışması

Üçüncü durum çalışması, grup 1 tarafından dijital tasarım sürecinde yürütülen fonksiyon odaklı ürün tasarımıdır. Öğrencilerden çalışmayı 7 oturumda tamamlamaları istenmiştir. Çalışmanın 1. oturumunda konsept geliştirme aşaması kapsamında beyin fırtınası yapılarak alternatif fikir ve kavramlar oluşturulmaya başlanmıştır. 2. oturumda üzerinde durulan 3 fikir üzerinden seçilen 1 fikir ile ilgili alternatifler modellenerek baskıya verilmiştir.



Resim 3.11. Üçüncü durum çalışması baskıları

Çalışmanın 3. oturumunda alınan baskılar üzerinden karar verilerek tasarım geliştirme aşamasına geçilmiştir. 4. Oturumda baskılar üzerinden ön görülen fonksiyon ve kullanımla ilgili denemeler yapılmıştır. Yapılan denemeler doğrultusunda model revize edilerek baskıya verilmiştir. 5. Oturumda alınan baskılar üzerinden kullanım denemeleri yapılarak detaylandırma aşamasına geçilmiştir. Ürünle ilgili detayın modellenmesi yapılarak baskıya verilmiştir (Resim 3.11). 6. oturumda alınan detay baskısı üzerinden ürünün çalışma, birleşim, kullanım detayları üzerine çalışılmıştır. Çalışma sonucunda detay modeller yapılarak baskıya verilmiştir. Çalışmanın son oturumunda ürünün kullanımı ve genel formuyla ilgili son kararlar alınan baskılar üzerinden denemeler yapılarak verilmiştir. Üzerinde çalışılan bir detay çalışma devam ederken baskıya verilmiş, daha önce alınan modeller üzerine entegre edilerek deneme yapılmıştır. Çalışma sonucunda model revize edilerek ürün sonuçlandırılmıştır (Resim 3.12).



Resim 3.12. Üçüncü durum çalışması

Böylece 2 oturum konsept geliştirme, 2 oturum tasarım geliştirme ve 3 oturum detay geliştirme ve sunum hazırlıkları olmak üzere 7 oturumda çalışmalarını tamamlamışlardır. Tasarlanan ürün; evde zeytin yapımı için tasarlanan zeytin çizme aparatıdır (Resim 3.13).



Resim 3.13. Üçüncü durum çalışmasının sunum paftası

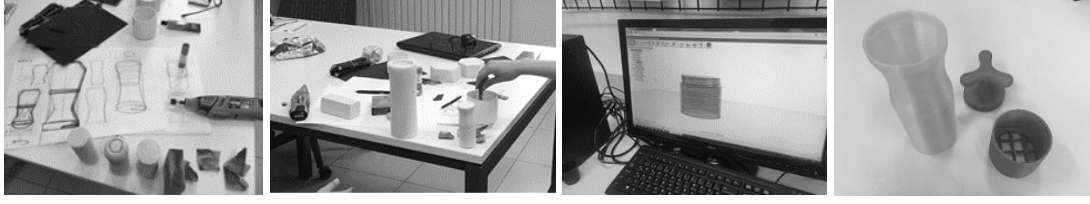
Dördüncü durum çalışması

Grup 2 tarafından geleneksel tasarım sürecinde yürütülen fonksiyon odaklı ürün tasarımıdır. Öğrencilerden çalışmayı 7 oturumda tamamlamaları istenmiştir. Çalışmanın 1. ve 2. oturumlarında konsept geliştirme aşaması kapsamında öncelikle mevcut ürünler analiz edilmiş, daha sonra eskiz yoluyla kavramsal fikirler oluşturulmuş ve alternatifler üzerinden seçim yapılarak tasarım geliştirme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada model üretilmemiştir.



Resim 3.14. Dördüncü durum çalışması

Çalışmanın 3. oturumunda belirlenen konsept, eskizler yoluyla geliştirilmeye çalışılmıştır. 4. Oturumda eskiz ve mockuplar yoluyla ürün geliştirmeye devam edilmiştir (Resim 3.14). 5. oturumda eskiz ve maketler yoluyla ürünün form çalışmaları yapılarak ürünün kullanımı ve genel parçaları üzerine çalışılmıştır. 6. oturumda detaylandırma aşamasına geçilmiş, maket ve CAD kullanılarak ürünün parçalarının birbirleri ile ilişkileri üzerine detay çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın son oturumunda ürün sonuçlandırılarak modellenmiş ve sunum paftaları hazırlanmıştır (Resim 3.15).



Resim 3.15. Dördüncü durum çalışmasında fiziksel modeller

Böylelikle 2 oturum konsept geliştirme, 3 oturum tasarım geliştirme, 2 oturum detaylandırma olmak üzere öğrenciler 7 oturumda çalışmalarını tamamlamışlardır. Tasarlanan ürün, meyve kesmek için özelleşmiş detoks içeceği şişesidir (Resim 3.16).



Resim 3.16. Dördüncü durum çalışmasının sunum paftası

3.2.3. Ana çalışma verileri analizi

Ana çalışma kapsamında durum çalışmalarından ve tasarımcılarla görüşmelerden elde edilen veriler ve analiz yöntemleri Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Ana çalışma verileri analizi

Bu çalışmada, Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) uygulamaları irdelenerek tasarım sürecinde 3B baskı kullanımının etkileri derecelendirilmiştir. KFG, ürün/hizmet geliştirilmeden önce müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin elde edilmesi üzerine kurulu bir yöntemdir (Daldır, 2015). KFG'den referans alınarak öncelikle 3B baskının tasarım sürecindeki kullanımı izlenmiş ve gözlemlenmiş, böylece 3B baskının potansiyel etkileri ve tasarımcı beklentileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ortaya çıkarılan bu etkiler ve beklentiler profesyonel ürün tasarımcılarına uygulanan anket ile yapılan derecelendirme üzerinden değerlendirilmiştir.

Tasarımcılarla görüşme verileri analizi

Tasarımcılar ile gerçekleştirilen görüşmelerden toplanan verilerin analizleri için SPSS programı kullanılarak aritmetik ortalama (\bar{x}), yüzde (%) ve frekans değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen verilerde değişkenler arasındaki farkların anlamlılığını test etmek amacıyla Mann-Whitney U ve Ki Kare (Chi-square) testi kullanılmıştır. Mann-Whitney U Testi, iki örneklem grubunun aritmetik ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılan parametrik bağımsız gruplar t testinin parametrik olmayan alternatifidir. Örneklem sayısı veya normal dağılım ön şartını yerine getiremeyen değişkenler için t test yerine Mann-Whitney U testi kullanılır (Eymen, 2007). Bu çalışmada her bir alt grup için örneklem sayısının 20 olması sebebiyle Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Ki Kare testi ise genellikle iki bağımsız niteliksel kriteri test etmek için kullanılan parametrik olmayan bir analiz yöntemidir. Belli bir tip cevabın diğerlerine kıyasla daha sık ortaya çıkıp çıkmayacağını belirleme gibi durumlarda Ki-Kare testi kullanılır (Güngör ve Bulut, 2008). Testlerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak belirlenmiştir. Görüşme sorularında uygulanan değerlendirme ölçeği çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Görüşme sorularında uygulanan ölçekte aritmetik ortalamaların değerlendirilmesi

HİÇ	AZ	ORTA	ÇOK	FAZLASIYLA
0-0,80	0,81-1,60	1,61-2,40	2,41-3,20	3,21-4,00

Durum çalışması verileri analizi

Durum çalışması verilerinin analizi tasarım süreci ve ürünler üzerinden durumlar arasında karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Yapılan 3 farklı karşılaştırma şu şekildedir:

- Form odaklı ürün tasarımında geleneksel tasarım süreci ile dijital tasarım sürecinin karşılaştırılması
- Fonksiyon odaklı ürün tasarımında geleneksel tasarım süreci ile dijital tasarım sürecinin karşılaştırılması
- Dijital tasarım sürecinde form odaklı ve fonksiyon odaklı ürün tasarım süreçlerinin karşılaştırılması

Durum çalışmalarında karşılaştırmalar için tasarım sürecini değerlendirme ve sonuç ürünü değerlendirme olmak üzere iki aşamalı değerlendirme ölçütü oluşturulmuştur. Tasarım sürecini değerlendirme ölçütleri her bir aşama için harcanan süre, konsept için üretilen alternatif sayısı ve her bir aşamada üretilen fiziksel model sayısıdır. Sonuç ürünler mobilya, ve tüketici ürünleri sektörüne yönelik olarak tasarım yapan 5 profesyonel ürün tasarımcısı tarafından yaratıcılık, detay düzeyi, tamamlanmışlık seviyesi ve estetik ölçütleri (Sass, 2011; Evans, 2002; Turan, 2009) üzerinden değerlendirilmiştir (EK-4). Yaratıcılık ölçütü önerilen konsept fikrin yaratıcılık ve yenilikçiliğini, detay düzeyi ölçütü tasarım fikrinin belirlenen amaçlar doğrultusunda ne kadar detaylandırılabilirdiğini, tamamlanmışlık seviyesi ölçütü önerilen tasarımın ne düzeyde sonuçlandırılabilirdiğini ve estetik ölçütü fonksiyonel ve anlamsal olarak biçimsel yaklaşımı ifade etmektedir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

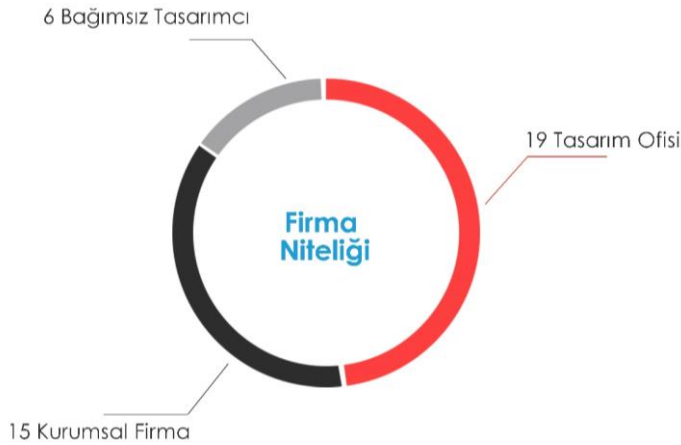
Ana çalışmadan elde edilen bulgular, “görüşmelerden elde edilen bulgular” ve “durum çalışmalarından elde edilen bulgular” olarak 2 başlık altında verilmiş ve tartışılmıştır.

4.1. Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular

Profesyonel 40 ürün tasarımcısı ile yapılan görüşmeler analiz edilerek elde edilen nicel ve nitel bulgular, görüşme sorularındaki sırasıyla tasarımcı ile ilgili bilgiler, 3 boyutlu baskı teknolojileri, 3 boyutlu baskı teknolojisinin ürün tasarım sürecinde kullanımı ve ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımını değerlendirme olarak 4 bölümde açıklanmış ve tartışılmıştır.

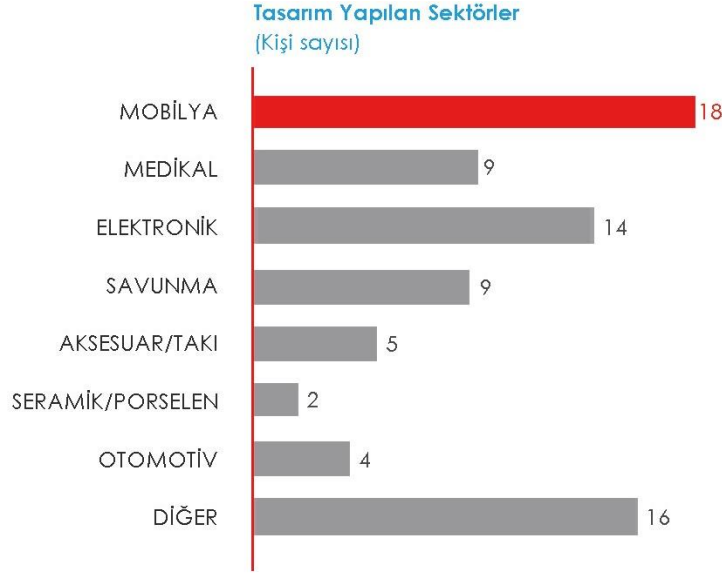
Bölüm 1: Tasarımcı ile ilgili bilgiler

Araştırmaya katılan 40 tasarımcıdan 19’u tasarım ofisinde, 15’i kurumsal firmada, 6’sı ise serbest olarak çalışmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Katılımcıların firma nitelikleri

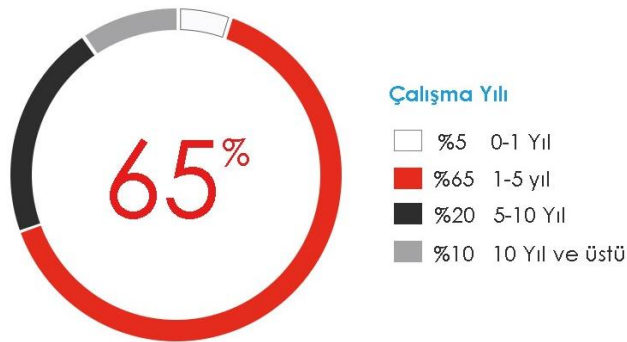
Tasarımcıların ürün tasarımı yaptığı sektörlerin dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Katılımcıların tasarım yaptıkları sektörlerin dağılımı

Şekil 4.2'deki dağılıma göre tasarımcıların en çok ürün tasarımı yaptıkları sektör mobilyadır. Bunu sırasıyla diğer sektörler ve elektronik sektörü takip etmektedir (Şekil 4.2). Diğer kategorisinde tüketici ürünleri, beyaz eşya, endüstriyel mutfak ekipmanları, aydınlatma, eğitim gibi sektörler yer almaktadır.

Tasarımcıların çalışma yılı deneyimleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

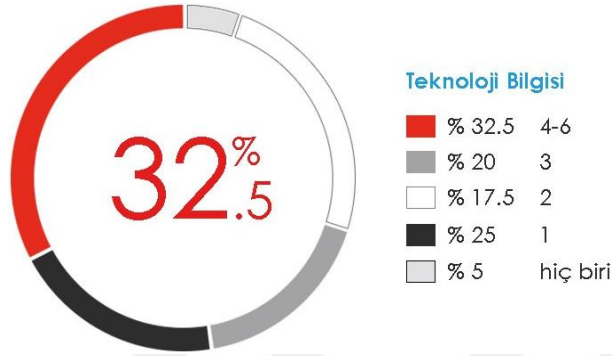


Şekil 4.3. Katılımcıların çalışma yılı deneyimleri

Tasarımcıların %5'i 0-1 yıl, %65'i 1-5 yıl, %20'si 5-10 yıl, %10'u ise 10 yıl ve üstü çalışma deneyimine sahiptir (Şekil 4.3).

Bölüm 2: 3B baskı teknolojileri

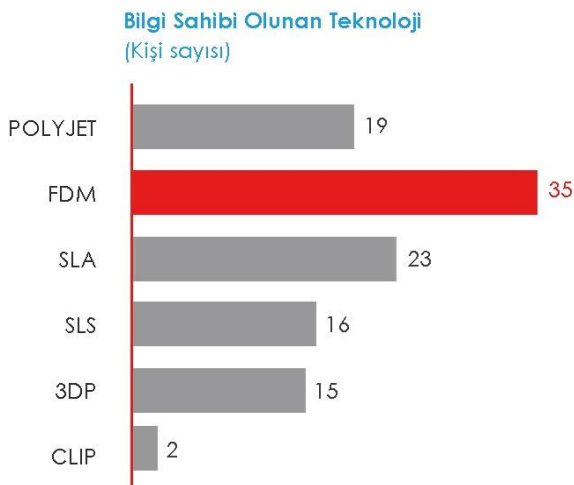
Tasarımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile ilgili bilgi sahibi olma durumları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Katılımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile ilgili bilgi sahibi olma durumu

Tasarımcıların %32,5'i, soruda yer alan 6 farklı 3B baskı teknolojisinden 4-6'sı, %20'si 3'ü, %17.5'i 2'si, %25'i yalnızca 1 tanesi hakkında bilgi sahibidir. %5'i ise hiç biri hakkında bilgi sahibi değildir (Şekil 4.4). Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanan tasarımcıların %94'ü en az 2 ve üstünde farklı 3B baskı teknolojisi hakkında bilgi sahibi iken, kullanmayan tasarımcılarda bu oran %45'tir.

Tasarımcıların bilgi sahibi olduğu farklı 3B baskı teknolojilerinin dağılımı Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Katılımcıların bilgi sahibi olduğu 3B Baskı teknolojilerinin dağılımı

Buna göre tasarımcılar arasında en bilinen teknoloji FDM iken, en az bilinen ise CLIP'tir. 3B baskı teknolojisini tasarım sürecinde kullanan tasarımcılar ile kullanmayan tasarımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile ilgili bilgi sahiplikleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla Ki kare bağımsızlık testi uygulanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Tasarımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile ilgili bilgilerinin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımına göre Ki Kare bağımsızlık testi sonuçları

Tasarım Sürecinde 3B baskı teknolojisi Kullanan+ Kullananmayan -	2 ve Üstünde Teknoloji Hakkında Bilgi Sahibi	2'nin altında Teknoloji Hakkında Bilgi Sahibi	Toplam	χ^2	sd	P
+	18	2	20	10.989	1	,001
-	8	12	20			
Toplam	26	14	40			

Sd: Serbestlik derecesi, χ^2 : Ki Kare değeri, P: Önem düzeyi

Analiz sonuçlarına göre kullanan ve kullanmayan tasarımcıların bilgi sahiplikleri arasında anlamlı bir fark ($P < 0,05$) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Tasarımcıların 3B baskı teknolojilerinin uygulama alanlarını önem düzeylerine göre değerlendirmelerinin ortalamaları Çizelge 4.2'de göstermektedir.

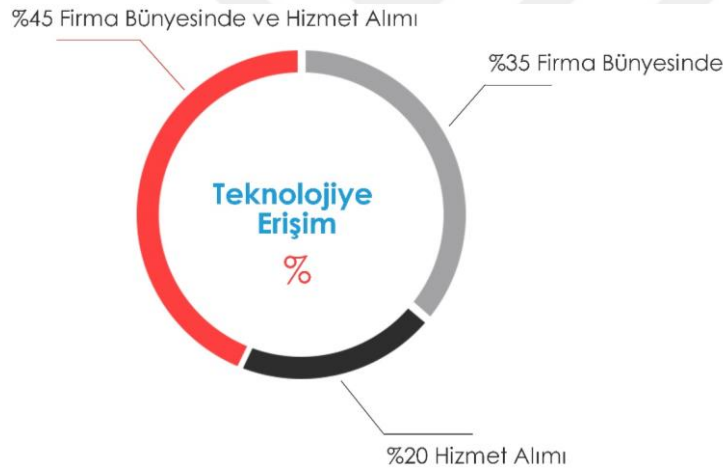
Çizelge 4.2. 3B baskı teknolojisinin uygulama alanlarının önem düzeyinin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımı değişkenine göre dağılımı

Gruplar	Tasarım Sürecinde 3B baskı teknolojisi Kullanan+ Kullananmayan -	N	\bar{X}^1	\bar{X}^2
Hızlı Prototipleme	+	20	3,80	3,6750
	-	20	3,55	
Son Ürün Üretimi	+	20	1,75	1,80
	-	20	1,85	
Masüstü İmalat	+	20	2,15	2,20
	-	20	2,25	
Kitlesele Kişiselleştirme	+	20	2,55	2,475
	-	20	2,40	
Dijital Üretim	+	20	2,50	2,525
	-	20	2,55	
Açık Tasarım	+	20	2,90	2,75
	-	20	2,60	
Lokal Üretim	+	20	2,20	2,10
	-	20	2,00	

*N: Katılımcı Sayısı, \bar{X}^1 : Gruplara göre Ortama değer, \bar{X}^2 : Ortama değer
Hiç: 0-0.80, Az: 0.81-1.60, Orta: 1.61-2.40, Çok: 2.41-3.20, Fazlasıyla: 3.21-4.00*

Buna göre 3B baskının en önemli uygulama alanı hızlı prototipleme, en düşük öneme sahip uygulama alanı ise son ürün üretimidir. Tasarımcı değerlendirmelerine göre hızlı prototiplemenin (\bar{x} :3,6750) önem düzeyi ‘fazlasıyla’, dijital üretim (\bar{x} :2,525), açık tasarım (\bar{x} :2,75) ve kitlesel kişiselleştirmenin (\bar{x} :2,475) ‘çok’, masaüstü imalat (\bar{x} :2,20), lokal üretim (\bar{x} :2,10) ve son ürün üretiminin (\bar{x} :1,80) ‘orta’ olarak belirtilmiştir. Tasarım sürecinde teknolojiyi kullanan tasarımcıların hızlı prototipleme, kitlesel kişiselleştirme, açık tasarım ve lokal üretim önem düzeyi ortalamalarının kullanmayan tasarımcılara göre daha yüksek, son ürün üretimi, masaüstü imalat ve dijital üretim önem düzeyi ortalamalarının daha düşük olduğu görülmektedir.

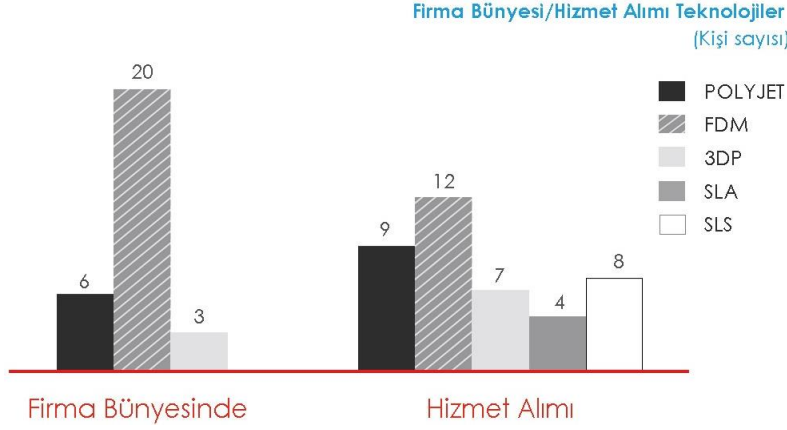
Araştırma örneklemindeki ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanan 20 tasarımcının teknolojiye erişim şekilleri Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanan tasarımcıların teknolojiye erişimleri

Ürün tasarım sürecinde 3B baskıyı kullanan tasarımcıların %35’i teknolojiye firma bünyesinde, %20’si hizmet alımı yaparak, %45’i ise firma bünyesinde bulunmasına ek hizmet alımı yaparak erişmektedir (Şekil 4.6).

Firma bünyesi ve hizmet alımında tercih edilen teknolojiler ve dağılımları Şekil 4.7’de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Firma bünyesinde ve hizmet alımında tercih edilen 3B baskı teknolojileri dağılımı

Firma bünyesinde en çok kullanılan teknolojiler sırası ile FDM, polyjet ve 3DP iken, hizmet alımında en çok tercih edilen teknolojiler sırasıyla FDM, Polyjet, SLS, 3DP ve SLA'dır (Şekil 4.7). Firma bünyesinde SLS ve SLA teknolojileri yer almamaktadır.

Bölüm değerlendirmesi

FDM teknolojisinin ucuz, kolay erişilebilir ve yaygın olması sebebiyle tasarımcılar tarafından bilinirliği en yüksektir. Buna karşılık diğer 3B baskı yöntemlerine göre çok daha hızlı olması, yüksek yüzey kalitesi ve mekanik özellikleriyle hızlı prototipleme teknolojileri için önemli bir gelişme olarak görülen yeni nesil 3B baskı teknolojisi olan CLIP çok bilinmemektedir. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanan tasarımcıların farklı 3B baskı teknolojileri ile bilgileri kullanmayanlara göre daha fazladır. Bu durum baskı yapılacak parçanın yüzey kalitesi, mekanik özellikleri, maliyeti gibi etmenlere göre farklı yöntem seçimlerini gerektirmesi sebebiyle kullanan tasarımcıların daha fazla 3B baskı teknolojisini araştırma ve deneyimleme gereksinimiyle açıklanabilir. Nitekim CLIP teknolojisi hakkında bilgi sahibi olan az sayıda tasarımcının da kullanan tasarımcılar olduğu görülmektedir.

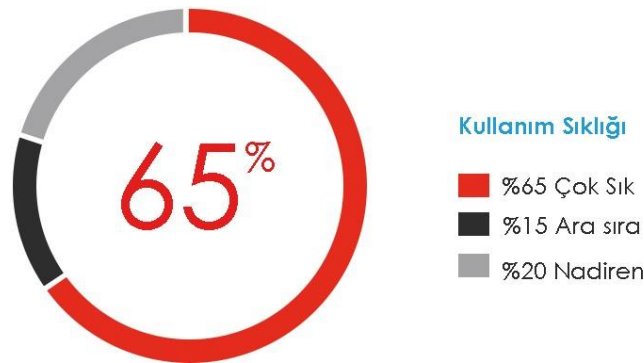
FDM teknolojisinin firma bünyesi ve hizmet alımında en çok tercih edilmesinin sebebi diğer 3B baskı teknolojilerine kıyasla hem cihaz hem baskı maliyetlerinin düşük, malzemelerinin kolay erişilebilir olması ve hassas teknolojiler içermemesidir. Hizmet alımında firma bünyesine göre teknoloji çeşitliliğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum baskı yapılacak parçanın yüzey kalitesi, mekanik özellikleri, maliyeti gibi etmenlerine göre

yöntem seçimine bağlı olarak hizmet alımında gereken teknolojiye ulaşılabilirken, firma bünyesinde farklı teknolojiler bulundurmanın maliyetler göz önünde bulundurulduğunda güç olmasıyla açıklanabilir. Kurumsal firmalara kıyasla tasarım ofislerinde firma bünyesinde bulunan teknoloji çeşidi sayısı çok daha az olmaktadır.

Tasarımcılar tarafından 3B baskının ilk ve en yaygın kullanım alanı olan hızlı prototipleme, teknolojinin en önemli uygulama alanı olarak görülürken, literatürde 3B baskının gelecek uygulamalarında yüksek potansiyele sahip olduğu belirtilen son ürün üretiminde potansiyel görülmemektedir. Kullanan tasarımcılarda bu değerlendirmenin kullanmayanlara kıyasla daha düşük olması, tasarımcıların 3B baskı deneyimlerinin çoğunlukla profesyonel olmayan, profesyonel yazıcılara göre çözünürlük, mekanik etkiler gibi özellikler yönünden daha zayıf çıktılar veren masaüstü yazıcılar ile olması ile açıklanabilir.

Bölüm 3: Ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımı

Ürün tasarım sürecinde 3B baskıyı kullanan 20 tasarımcının % 65'i 3B baskı teknolojisini ürün tasarım sürecinde çok sık, %15'i ara sıra, %20'si ise nadiren kullanmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Tasarımcıların 3B baskı teknolojilerini ürün tasarım sürecinde kullanım sıklığı

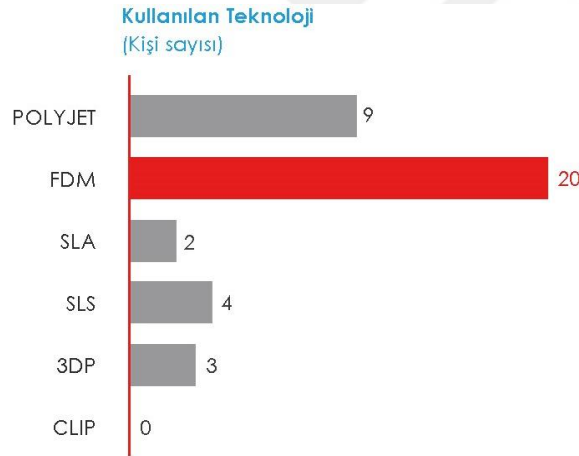
3B baskı teknolojisi kullanım sıklığının teknolojiye erişime göre dağılımı Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3. 3B baskı teknolojisi kullanım sıklığının teknolojiye erişime göre dağılımı

Gruplar		Teknolojiye Erişim			Toplam
		Sadece Firma Bünyesinde	Sadece Hizmet Alımı	Firma Bünyesinde bulunmasına ek olarak Hizmet Alımı	
Kullanım Sıklığı	Çok Sık	5	0	8	13
	Ara Sıra	1	1	1	3
	Nadiren	1	3	0	4
	Toplam	7	4	9	20

Buna göre teknolojiye sadece firma bünyesinde ve firma bünyesinde bulunmasına ek olarak hizmet alımı ile erişen tasarımcıların tasarım süreçlerinde 3B baskı teknolojisini genellikle çok sık, sadece hizmet alımı ile ulaşan tasarımcıların ise nadiren kullandığı görülmektedir.

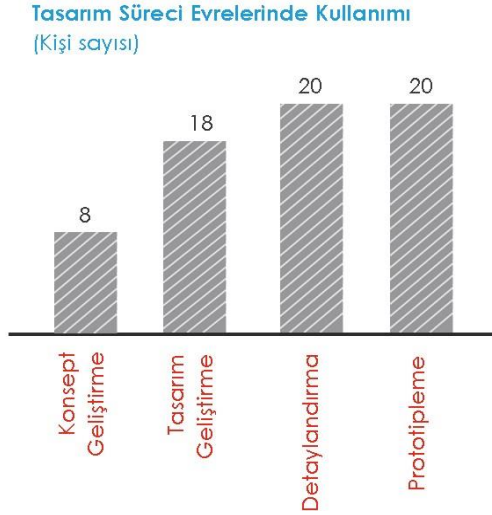
Ürün tasarım sürecinde kullanılan farklı 3B baskı teknolojilerinin dağılımı Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Ürün tasarım sürecinde kullanılan 3B baskı teknolojilerinin dağılımı

Ürün tasarım sürecinde en fazla kullanılan teknoloji FDM iken, en az kullanılan ise SLA teknolojisidir. CLIP teknolojisi ise ürün tasarım sürecinde kullanılmamaktadır (Şekil 4.9).

3B baskı teknolojilerinin ürün tasarım süreci evrelerindeki kullanımı Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



Şekil 4.10. 3B baskı teknolojisinin tasarım süreci evrelerinde kullanımı

3B baskı teknolojisi en fazla ürün tasarım sürecinin prototipleme ve detaylandırma evresinde, en az ise konsept geliştirme evresinde kullanılmaktadır (Şekil 4.10).

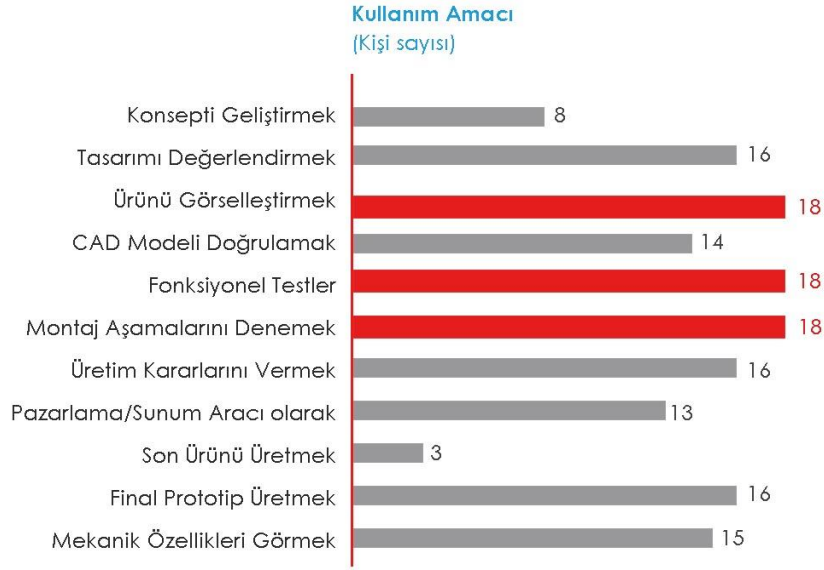
Konsept geliştirme evresinde 3B baskı teknolojisi kullanımının teknolojiye erişime göre dağılımı Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Konsept geliştirme evresinde 3B baskı teknolojisi kullanımının teknolojiye erişime göre dağılımı

Gruplar		Teknolojiye Erişim			Toplam
		Sadece Firma Bünyesinde	Sadece Hizmet Alımı	Firma Bünyesinde bulunmasına ek olarak Hizmet Alımı	
Konsept geliştirme Evresinde kullanımı	Evet	2	0	6	8
	Hayır	5	4	3	12
	Toplam	7	4	9	20

Buna göre teknolojiye sadece hizmet alımı ile erişen tasarımcıların hiçbirinin konsept geliştirme aşamasında 3B baskı teknolojisini kullanmadığı görülmektedir.

3B baskının tasarım sürecinde kullanım amaçlarının dağılımı Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. 3B baskının ürün tasarım sürecinde kullanım amacı dağılımı

Ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi en fazla ürünü görselleştirmek, fonksiyonel testler ve montaj aşamalarını denemek, en az ise son ürün üretmek için kullanılmaktadır (Şekil 4.11).

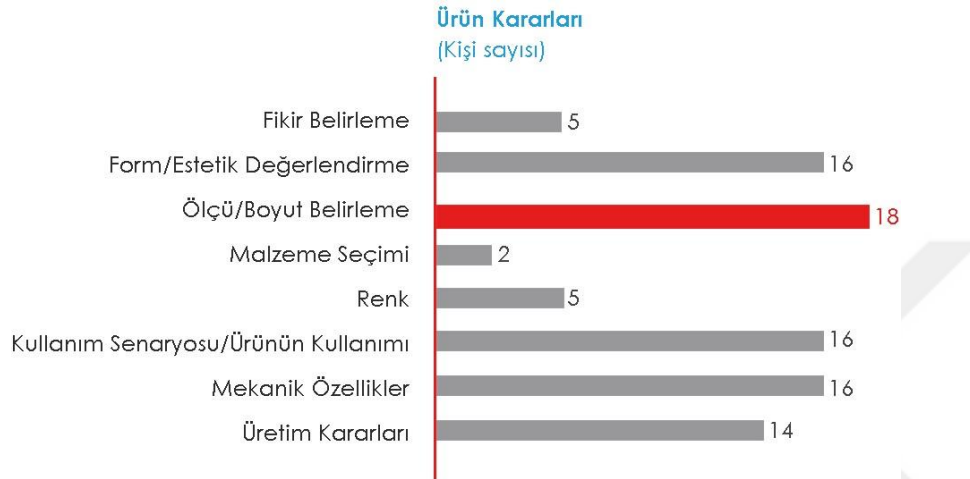
Tasarımcılara yöneltilen “Ağırlıklı olarak ne tür ürünlerin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanıyorsunuz? Örneklendiriniz.” sorusundan elde edilen veriler içerik analizi yapılarak cevapların ortaklığına göre çözümlenmiş ve 7 adet ürün kategorisi oluşturulmuştur (Şekil 4.12).

Kategoriler	Özellik	Kişi sayısı
1 Detaylı Ürünler	yeni detay tasarımları-birleşim-tırnak-geçme detayları- mm'lik detaylar	12
2 Küçük Boyutlu Ürünler	1/1 baskısı alınabilecek-cihazın baskı alanına uygun	13
3 Çok Parçalı Ürünler	montaj gerektiren- birbirine uyum sağlaması gereken parçaları olan çalışan parçaları olan	15
4 Baskı Malzemesi ile Yapısal Benzerlik Gösteren Ürünler	plastik/ağaç vb son ürün malzemesi ile baskı malzemesi arasında mekanik/görsel etkiler açısından benzerlik olan	8
5 Form Odaklı Ürünler	eğimli-komplex yapıli-geometrik formli	9
6 Ürün/Kullanıcı İlişkili Ürünler	El veya vücut ile ilişkili olan- Ergonomik denemeler gerektiren	10
7 Elektronik Ürünler	Elektronik kart içeren ürünler- İç yerleşim gerektiren	8

Şekil 4.12. 3B baskı teknolojisinin tasarlanma süreçlerinde etkin kullanıldığı ürünlerin kategorilendirmesi ve dağılımı

Bu kategorilendirmeye göre tasarımcılar çoğunlukla çok parçalı, küçük boyutlu ve detaylı ürünlerin tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanmaktadır (Şekil 4.12).

3B Baskı kullanımının ürün kararları üzerine etkilerinin dağılımı Şekil 4.13'te gösterilmektedir.



Şekil 4.13. 3B baskı kullanımının ürün kararları üzerine etkilerinin dağılımı

Tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı ürünle ilgili en fazla ölçü/boyut belirleme, en az malzeme ve renk kararlarında etki etmektedir (Şekil 4.13).

Bölüm değerlendirmesi

Bilgi sahibi olunan teknolojilere benzer bir şekilde, tasarım sürecinde de en çok kullanılan teknoloji FDM iken, CLIP teknolojisi henüz tasarım süreçlerine dahil olabilmiş değildir. FDM teknolojisinin baskı maliyetlerinin ucuz, malzemelerinin kolay ulaşılabilir olması ve ürünün geliştirilme sürecinde çokça deneme baskısı alabilmeye olanak sağlaması sebebiyle sürecin erken evrelerinden itibaren kullanıma uygun olduğunu söylemek mümkündür.

Tasarımcıların teknolojiye erişim şekilleri, teknolojinin tasarım sürecinde kullanım sıklığını ve hangi aşamalarında kullanıldığını belirleyen önemli bir etkidir. Teknolojiye firma bünyesinde ulaşan tasarımcılar tasarım sürecinin ilk evrelerinden itibaren teknolojiyi sürece dahil edebilmekte ve daha sık kullanabilmektedir. Yalnızca hizmet alımında ulaşan tasarımcıların ise kullanım sıklığı azalmakta ve tasarım sürecinin ilerleyen evrelerinde

teknolojiyi sürece dahil edebilmektedir. Bu durum tasarım sürecinin değişken yapısı sebebiyle iterasyon gerektirmesi fakat hizmet alımı süreçlerinin bu değişkenlik ve hıza uygun olmamasıyla açıklanabilir.

3B baskı, tasarım sürecinin başından sonuna kadar her aşamada farklı amaçlar için kullanılabilir. Tasarımcıların 3B baskıyı yalnızca görsel değerlendirme için değil, ürünün geliştirilmesinde kritik yeri olan mekanik etkileri görmek, montaj aşamalarını denemek, üretim kararlarını vermek için sıklıkla kullandıkları görülmektedir. 3B baskı ile üretilen modeller, final ürün çıktısına benzer mekanik ve fonksiyonel özellikler gösterirken, geleneksel yöntemlerle üretilen fiziksel modellerde final prototiplemeden önce bu etkileri görmek oldukça zordur. Bu kabiliyet, 3B baskının tasarım sürecinde kullanımının geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlarından biridir. Tasarımcıların tasarlanma süreçlerinde 3B baskıyı en etkin kullandıkları ürünlerin küçük boyutlu, detaylı ve çok parçalı ürünler olması bu durumla ilişkilendirilmektedir. 3B baskı kullanımı üründe malzeme ve renkle ilgili kararları vermekte etkili olmamaktadır. Bu durum baskı malzemelerinin final ürün kalitesinde görsel nitelikleri yansıtmada yeterli olmaması ile açıklanabilir. Fikir belirleme için de 3B baskı etkili değildir. Bu durum ürün fikrinin pazar, kullanıcı kitlesi, firma beklentisi, tasarım iş tanımı belgesi gibi etkenler doğrultusunda belirlenmesi ilişkilendirilmektedir.

Bölüm 4: Ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini değerlendirme

Tasarımcılar tarafından yapılan değerlendirmelere göre 3B baskı teknolojisi kullanımının en etkin kullanıldığı ürün tasarım süreci evresi prototipleme (\bar{x} :3,30) iken, en az etkinlik gösterdiği aşama konsept geliştirme (\bar{x} :1,5750) evresidir (Çizelge 4.4). Konsept geliştirmedeki etkinliği az, tasarım geliştirme ve detaylandırmada çok, prototiplemede ise fazlasıyla olarak belirtilmiştir. Ürün tasarım süreci aşamalarında 3B baskı teknolojisi kullanımı etkinlik değerlendirmesinde kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla uygulanan Mann-Whitney U testi sonuçları Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.5. Ürün tasarım süreci aşamalarında 3B baskı teknolojisi kullanımı etkinliğinin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı değişkenine göre bağımsız Mann-Whitney U testi sonuçları

Tasarım Süreci Aşamaları	Tasarım Sürecinde 3B baskı teknolojisi Kullanan+ Kullananmayan -	N	\bar{X}^1	\bar{X}^2	Z Değeri	P
Konsept geliştirme	+	20	1,8000	1,5750	1,19588	,175
	-	20	1,3500			
Tasarım geliştirme	+	20	3,1500	2,80	,96609	,035
	-	20	2,4500			
Detaylandırma	+	20	3,2500	2,80	1,11401	,010
	-	20	2,3500			
Prototipleme	+	20	3,2000	3,30	,96609	,376
	-	20	3,4000			

*N: Katılımcı sayısı, \bar{X}^1 : Gruplara göre Ortama değer, \bar{X}^2 : Ortama değer, P: Önem Düzeyi
Hiç:0-0.80, Az:0.81-1.60, Orta:1.61-2.40, Çok:2.41-3.20, Fazlasıyla:3.21-4.00*

Tasarım geliştirme ve detaylandırma aşamasında tasarım sürecinde teknolojiyi kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında anlamlı bir fark ($P < 0,05$) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5). Kullanan tasarımcılar için 3B baskının en etkin kullanıldığı tasarım süreci evresi detaylandırma (\bar{X}^1 : 3,25) iken, kullanmayanlar için prototiplemedir (\bar{X}^1 :3,40).

Tasarımcıların değerlendirmelerine ilişkin açıklamalarına göre;

- Konsept geliştirme aşamasında 3B baskı kullanımının düşük etkinlikte olmasının en sık belirtilen sebebi bu aşamanın hız gerektirmesidir. Buna ek olarak baskı süresinin zaman kaybı olması, çokça alternatif fikir üretilmesi için ürünün erken somutlaşmaması gerekliliği, 3B baskının konsept geliştirme için yeterince esnek olmaması ve bu aşamanın daha çok kağıt üzerinde ilerlemesi gerekliliği belirtilmiştir.
- Konsept geliştirme evresinde 3B baskının konsept aşamasının sonuna doğru, ayrıntısız modeller ile form değerlendirme, fikir alternatiflerini değerlendirme ve seçim yapma amacıyla etkin kullanıldığı, somutlaştırılan fikir alternatiflerinin bu aşama sonunda müşteriye sunulması kararın birlikte verilebileceği belirtilmiştir.
- Tasarım geliştirme ve detaylandırma evresinde 3B baskının yüksek etkinlikte olmasının en sık belirtilen sebebi; bu aşamalarda ürünün gerçekliğe yaklaşması ile somutlaşma gerekliliğidir. Buna ek olarak ürünleşme aşamasında karar verilmesini hızlandırması, seri üretim öncesi tasarım doğrulama ihtiyacı, mekanizmaların çalışmasının kontrol edilebilmesi, detay çözümlerine katkı sağlaması ve hızlı şekilde geri bildirim alabilme belirtilmiştir.

- Prototipleme evresinde 3B baskı kullanımının yüksek etkinlikte olmasının sebebi; daha doğru sonuç vermesi, 3B baskının maliyetli olması sebebiyle tasarım sürecinin en çok sonuçlandırılması gereken evresinde kullanılması gerekliliği olarak belirtilmiştir.

Tasarım süreci evrelerindeki değerlendirmelerin ortalaması alınarak 3B baskı kullanımının tasarım sürecinde genel etkinlik değerlendirmesinde kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla uygulanan Mann-Whitney U testi sonuçları Çizelge 4.6'da görülmektedir.

Çizelge 4.6. 3B baskı teknolojisinin tasarım sürecinde etkinliğinin 3B baskı teknolojisini kullanımı değişkenine göre bağımsız Mann-Whitney U testi sonuçları

Gruplar	Tasarım Sürecinde 3B baskı teknolojisi		N	\bar{X}	Z Değeri	P
	Kullanan+	Kullanmayan -				
Tasarım Sürecindeki Etkinlik	+	-	20	3,25	-2,014	0,044
	-		20	2,50		

N: Katılımcı sayısı, \bar{X} : Ortama değer, P: Önem Düzeyi

3B baskı kullanımının tasarım sürecinde genel etkinlik değerlendirmesinde tasarım sürecinde teknolojiyi kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında anlamlı bir fark ($P < 0,05$) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6).

Tasarımcılar tarafından yapılan değerlendirmelere göre tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımının en etkin olduğu ürünler kompleks geometrili ürünler (\bar{X} :3,2250) iken, en az etkinlik gösterdiği ürünler form odaklı (\bar{X} :2,475) ürünlerdir (Çizelge 6.6). Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanılan ürün özelliklerinin etkinliğinin, tasarım sürecinde teknoloji kullanımı değişkenine göre fark olup olmadığını belirlemek amacıyla uygulanan Mann-Whitney U testi sonuçları Çizelge 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanılan ürün özellikleri etkinliğinin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı değişkenine göre Mann-Whitney U testi sonuçları

Gruplar	3B baskı teknolojisi	N	\bar{X}^1	\bar{X}^2	Z Değeri	P
	Kullanan + Kullanmayan -					
Form Odaklı	+	20	2,5	2,475	-,211	,833
	-	20	2,450			
Fonksiyon Odaklı	+	20	2,80	2,6250	-1,047	,295
	-	20	2,45			

Çizelge 4.7. (devam) Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanılan ürün özellikleri etkinliğinin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımını değişkenine göre Mann-Whitney U testi sonuçları

Gruplar	3B baskı teknolojisi		N	\bar{x}^1	\bar{x}^2	Z Değeri	P
	Kullanan+	Kullanmayan -					
Çok Parçalı/Montaj Gerektiren	+		20	3,20	2,8250	-2,214	,027
	-		20	2,45			
Hareketli Parçalar İçeren	+		20	3,10	2,7750	-2,045	,041
	-		20	2,45			
Kişiselleştirilebilir	+		20	2,95	2,8750	-1,036	,300
	-		20	2,80			
Kompleks Geometrilili	+		20	3,05	3,2250	-,956	,339
	-		20	3,40			

*N: Katılımcı sayısı, \bar{x}^1 : Gruplara göre Ortama değer, \bar{x}^2 : Ortama değer, P: Önem Düzeyi
Hiç: 0-0.80, Az: 0.81-1.60, Orta: 1.61-2.40, Çok: 2.41-3.20, Fazlasıyla: 3.21-4.00*

Çok parçalı/montaj gerektiren ve hareketli parçalar içeren ürün özelliklerinin değerlendirilmesinde tasarım sürecinde teknolojiyi kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında anlamlı bir fark ($P < 0,05$) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7). Ölçek analizine ek olarak yapılan görüşme sırasında katılımcılar;

- Kompleks geometrilili formlar için 3 boyutlu baskının neredeyse tek yöntem olduğunu fakat 3 boyutlu baskıyı son ürün üretiminde kullanmadıklarını,
- Kişiselleştirilebilir ürünler için 3 boyutlu baskının etkin olacağını belirtmeler de kişiselleştirilebilir ürün tasarımı yapmadıklarını, seri üretime yönelik ürünler tasarladıklarını,
- Çok parçalı/montaj gerektiren ve hareketli parçalardan oluşan ürünlerin çoğunlukla fonksiyon odaklı olduğunu,
- Form odaklı ürünler organik veya geometrik yüzeyleyse veya el/vücut ile ilişkiliyse 3 boyutlu baskının kullanımının etkinliğinin arttığını, daha düzlemsel formlarda ise azaldığını, belirtmişlerdir.

3B baskı teknolojisi kullanımının sürece genel etkilerinin değerlendirmesinde kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında fark olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Mann-Whitney U testi sonuçları Çizelge 4.8'de görülmektedir. Tasarımcılar tarafından yapılan değerlendirmelere göre ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımının genel sürece en fazla etkisi prototip hızını artırma (\bar{x} : 3,40) iken, en az etkisi mekanik özellikleri değerlendirebilmedir (\bar{x} : 2,3750) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. 3B baskı teknolojisi kullanımının genel sürece etki değerlendirmesinin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı değişkenine göre Mann-Whitney U testi sonuçları

Gruplar	Tasarım Sürecinde 3B baskı teknolojisi		N	\bar{X}^1	\bar{X}^2	Z Değeri	P
	Kullanan+	Kullanmayan -					
Prototip Kalitesini Arttırma	+		20	2,70	2,65	-,463	,643
	-		20	2,60			
Prototip Hızını Arttırma	+		20	3,50	3,40	-,741	,459
	-		20	3,30			
Kullanım Denemelerini Kolaylaştırma	+		20	3,60	3,1750	-2,883	,004
	-		20	2,75			
Revizyon Geribildirimini Kolaylaştırma	+		20	3,40	3,1250	-2,235	,025
	-		20	2,85			
Mekanik Özellikleri Değerlendirebilme	+		20	2,50	2,3750	-,658	,510
	-		20	2,25			
Fonksiyonel Özellikleri Değerlendirebilme	+		20	2,95	2,7250	-1,530	,126
	-		20	2,50			
Üretim Kararlarını Destekleme	+		20	2,80	2,7750	-,575	,565
	-		20	2,75			
Nihai Kararlara Erişimi Kolaylaştırma	+		20	3,20	3,00	-1,836	,066
	-		20	2,80			
Tasarım Sürecini Kısaltma	+		20	2,75	2,6250	-,950	,342
	-		20	2,50			
Final Ürün Kalitesini Arttırma	+		20	2,85	2,65	-,952	,341
	-		20	2,45			

*N: Katılımcı sayısı, \bar{X}^1 :Gruplara göre Ortama değer, \bar{X}^2 : Ortama değer, P: Önem Düzeyi
Hiç:0-0.80, Az:0.81-1.60, Orta:1.61-2.40, Çok:2.41-3.20, Fazlasıyla:3.21-4.00*

Kullanım denemelerini kolaylaştırma ve revizyon geribildirimini kolaylaştırmada teknolojiyi tasarım sürecinde kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında anlamlı bir fark ($P<0,05$) görülmüştür (Çizelge 4.8).

Son olarak tasarımcıların 3B baskı teknolojisinin tasarımcı üzerine etkilerinin neler olduğu/olacağı ile ilgili değerlendirmelerine göre;

- 3B baskı teknolojisinin tasarımcı üzerine etkileri tasarım sürecinin verimliliğini, ürün kalitesini arttırma, ürünü finale yakın görme şansı vererek tasarımcının elini güçlendirme, tasarım sürecinde daha doğru kararlar vererek riski azaltma, tasarım sürecini kısaltma, ürünü erken somutlaştırılması tasarımcının motivasyonunu arttırma, tasarımcının görsel algısını geliştirme, tasarım sürecini destekleme, tasarımcının yetkinliğini arttırma, tasarımcıyı dijital ara yüzden çıkartarak tasarımı somutlaştırma, tasarımcıya profesyonel katkı sağlama, tasarım alternatiflerini çeşitlendirerek ucuz maliyetle ortaya çıkarma, tasarımcının kendini hızlı ve etkin bir biçimde ifade

edebilmesini sağlama, form ve fonksiyon üretimine katkı sağlama, ürünün 3 boyutlu deneyimlenmesini sağlayarak ürünün geliştirilmesine katkı sağlama, tasarımcıya üretim öncesi hataları görme şansı verme olarak belirtilmektedir.

- Yeni 3B baskı teknolojilerinin ortaya çıkması, baskı hızı, baskı kalitesi, yüzey kalitesi, malzeme çeşitliliğinin artması, maliyetlerin düşmesi ile tasarım sürecindeki etkisinin ve kullanımının artacağı belirtilmektedir.
- 3B baskının gelecekte tasarımcı üzerine etkileri tasarımcıya üretici olma fırsatı verme, tasarımcı tanımını değiştirme, endüstriyel tasarım disiplini teknoloji ile birleştirerek dijital dünya ile geleneksel kültür buluşturma, tasarımcının üreticiye bağımlılığını azaltma, form sınırlaması olmadan, üretim kaygısı gütmeden fikirlerin ortaya çıkmasını sağlama, ürünlerin kitlesel beğeniye hitap eden ürünlerden kişiselleştirilebilir ürünlere doğru evrilmesiyle tasarımcının önemini arttırma, endüstri devrimi öncesi üreten ve tasarlayanın aynı kişi olduğu döneme dönülerek tasarımcının misyonu değiştirme olarak belirtilmektedir.
- 3B baskı teknolojisini tasarım eğitime entegre edilmesiyle öğrencilik sürecindeki ürünlerde ürünün somutlaşmaması ve sonuçlanmaması sorununa bir çözüm olabileceği ve geleceğin tasarımcıları tarafından teknolojinin daha aktif ve etkin bir şekilde kullanılacağı belirtilmektedir.
- Alandaki tasarımcı, öğrenci ve akademisyenlerin teknolojinin potansiyelini anladıkça teknolojinin kullanımının yaygınlaşacağı ve tasarım sürecine entegrasyonunun artacağı belirtilmektedir.
- Mobilya gibi 1/1 prototip üretimi gerektiren sektörlerde kullanımının çok etkin olmayacağı, iyi tasarımı garanti etmediği, özellikle şeffaf malzemelerde görsel etkisinin zayıf olduğu, masaüstü imalat ve son ürün üretiminin çok gerçekçi olmadığı, tek başına yeterli olmadığı durumlarda geleneksel yöntemlerle entegre kullanılması gerektiği, el çizimi ve maket yapımından daha fazla bilgisayara ve modellemeye yönelteceği için, modelleme programlarının sınırlayıcı etkisinin daha fazla hissedilmesine neden olabileceği belirtilmektedir.

Bölüm değerlendirmesi

Tasarımcılar 3B baskı teknolojisinin konsept geliştirme aşamasında kullanımını diğer evrelere kıyasla düşük etkinlikte bulsalar da, değerlendirmelerinde konsept aşamasının

sonuna doğru, ayrıntısız modeller ile form değerlendirme, konsept alternatiflerini değerlendirme ve seçim yapma amacıyla etkin kullanıldığı belirtilmiştir. Kullanan ve kullanmayan tasarımcıların 3B baskı teknolojisinin tasarım sürecinde kullanımı değerlendirmeleri arasında belirli noktalarda farklılaşmalar olduğu görülmektedir. Kullanan tasarımcılar tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren teknolojinin kullanımını kullanmayanlara göre daha etkin bulmaktadır. Yine tasarım sürecinin bütünündeki etkinlik değerlendirmeleri de daha yüksektir. Bu durum kullanan tasarımcıların teknoloji ile etkileşim içinde olmaları sebebiyle sürece etkilerini deneyimleyebilmeleri ve gözlemleyebilmeleriyle ilişkilendirilmektedir.

3B baskının tasarım sürecinde en etkin kullanıldığı ürünler kompleks geometriye sahip ürünler iken, etkin olmadığı ürünler form odaklı ürünlerdir. Kullanan tasarımcılar, çok parçalı/montaj gerektiren ve hareketli parçalar içeren ürünlerde 3B baskı kullanımını kullanmayanlara kıyasla daha etkili bulmaktadır. Yine sürece ilişkin değerlendirmelerde 3B baskının kullanım denemeleri ve revizyon geribildirimini kolaylaştırmasını kullanmayanlara kıyasla daha etkili bulmaktadır. Bu durum da kullanan tasarımcıların teknoloji ile etkileşim içinde olmaları sebebiyle sürece etkilerini deneyimleyebilmeleri ve gözlemleyebilmeleriyle ilişkilendirilmektedir. Nitekim kullanan tasarımcılar, alandaki tasarımcı, öğrenci ve akademisyenlerin teknolojinin potansiyelini anladıkça teknolojinin kullanımının yaygınlaşacağını, tasarım sürecine ve tasarım eğitimine entegrasyonunun artacağını belirtmektedir.

4.2. Durum Çalışmalarından Elde Edilen Bulgular

Tasarımcılarla yapılan görüşmelere ek olarak yapılan ürün tasarım pratiğindeki uygulamalar analiz edilerek elde edilen nicel ve nitel bulgular karşılaştırmalı şekilde tasarım sürecini değerlendirme ve sonuç ürünü değerlendirme olarak 2 bölümde açıklanmış ve tartışılmıştır.

Tasarım sürecini değerlendirme

Form odaklı üründe dijital/geleneksel tasarım süreçleri, fonksiyon odaklı üründe dijital/geleneksel tasarım süreçleri ve dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreçleri, tasarım sürecinin her bir aşaması için oturum sayısı, konsept fikri

için üretilen alternatif sayısı ve her bir aşamada üretilen fiziksel model sayısı ölçütleri doğrultusunda karşılaştırılmıştır.

Belirlenen ölçütler doğrultusunda 4 ürünün tasarım süreci değerlendirilmesi Çizelge 4.9’da görülmektedir.

Çizelge 4.9. Belirlenen ölçütler doğrultusunda tasarım süreci değerlendirmesi

SÜREÇLER	Tasarım Süreci Aşamalarındaki oturum sayısı				Fiziksel Model Sayısı(adet)				Konsept Alternatifi Sayısı(adet)
	Konsept Geliştirme	Tasarım Geliştirme	Detaylandırma	Toplam	Konsept Geliştirme	Tasarım Geliştirme	Detaylandırma	Toplam	
Form Odaklı Ürün Geleneksel Süreç	2	2	2	6	3	5	2	10	3
Form Odaklı Ürün Dijital Süreç	4	2	1	7	10	2	0	12	5
Fonksiyon Odaklı Ürün Dijital Süreç	2	2	3	7	2	2	7	11	2
Fonksiyon Odaklı Ürün Geleneksel Süreç	2	3	2	7	0	5	3	8	1

Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım sürecinin her bir aşamasındaki oturum sayıları Şekil 4.14 ‘te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarındaki oturum sayılarının karşılaştırılması

Geleneksel tasarım sürecine kıyasla dijital tasarım sürecinin konsept geliştirme aşamasında daha fazla, detaylandırma aşamasında ise daha az zaman harcadığı görülmektedir (Şekil 4.14). Tasarımlar dijital süreçte toplamda 7, geleneksel süreçte ise 6 oturumda tamamlanmıştır.

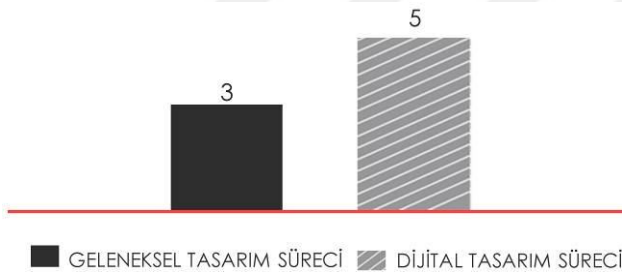
Form odaklı ürün tasarımında dijital tasarım süreci ile geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayısı Şekil 4.15’te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayılarının karşılaştırılması

Geleneksel tasarım sürecine kıyasla dijital tasarım sürecinin konsept geliştirme aşamasında daha fazla, tasarım geliştirme aşamasında ise daha az fiziksel model üretildiği, detaylandırma aşamasında ise model üretilmediği görülmektedir (Şekil 4.15).

Form odaklı ürün tasarımında dijital tasarım süreci ile geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifleri sayısı Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Form odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifleri sayılarının karşılaştırılması

Geleneksel tasarım sürecine kıyasla dijital tasarım sürecinde daha fazla konsept alternatifleri üretildiği görülmektedir (Şekil 4.16).

Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital tasarım süreci ile geleneksel tasarım sürecinin her bir aşamasındaki oturum sayıları Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarındaki oturum sayılarının karşılaştırılması

Geleneksel tasarım sürecine kıyasla dijital tasarım sürecinin detaylandırma aşamasında daha fazla, tasarım geliştirme aşamasında ise daha az zaman harcadığı görülmektedir (Şekil 4.17).

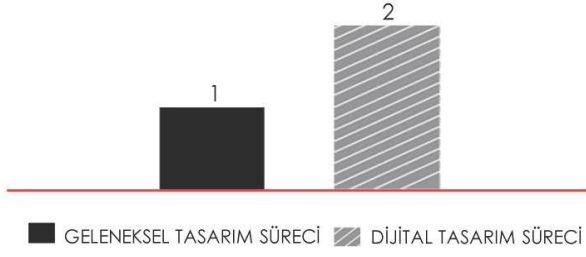
Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital tasarım süreci ile geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayısı Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayılarının karşılaştırılması

Geleneksel tasarım sürecine kıyasla dijital tasarım sürecinin detaylandırma ve konsept geliştirme aşamasında daha fazla, tasarım geliştirme aşamasında ise daha az fiziksel model üretildiği görülmektedir (Şekil 4.18).

Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital tasarım süreci ile geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifleri sayısı Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Fonksiyon odaklı ürün tasarımında dijital ve geleneksel tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatifi sayılarının karşılaştırılması

Geleneksel tasarım sürecine kıyasla dijital tasarım sürecinde daha fazla konsept alternatifi üretildiği görülmektedir (Şekil 4.19).

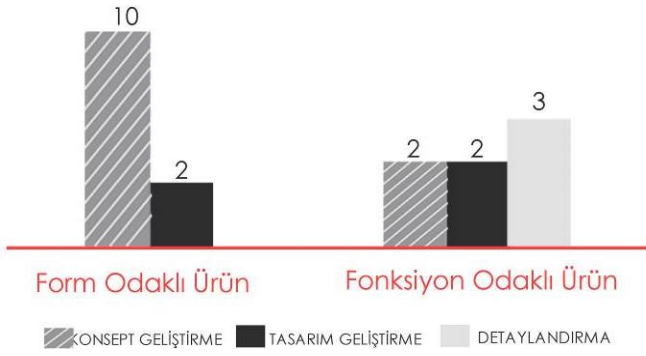
Dijital tasarım sürecinde form odaklı ve fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım sürecinin her bir aşamasındaki oturum sayıları Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarındaki oturum sayılarının karşılaştırılması

Form odaklı ürünün dijital tasarım sürecinin konsept geliştirme aşamasında daha fazla zaman harcanırken, detaylandırma aşamasında daha az zaman harcadığı görülmektedir (Şekil 4.20).

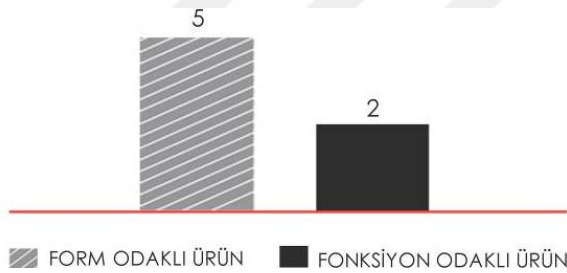
Dijital tasarım sürecinde form odaklı ve fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayısı Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarında üretilen fiziksel model sayılarının karşılaştırılması

Form odaklı ürünün dijital tasarım sürecinde en çok baskı konsept geliştirme aşamasında alınırken, fonksiyon odaklı üründe detaylandırma aşamasında alındığı görülmektedir. Form odaklı üründe detaylandırma aşamasında baskı alınmamıştır (Şekil 4.21).

Dijital tasarım sürecinde form odaklı ve fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatif sayısı Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Dijital tasarım sürecinde form odaklı/fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci aşamalarında üretilen konsept alternatif sayılarının karşılaştırılması

Form odaklı ürünün dijital tasarım sürecinde fonksiyon odaklı ürüne kıyasla daha çok konsept alternatifi üretildiği görülmektedir (Şekil 4.22).

Sonuç ürünü değerlendirme

Dijital ve geleneksel tasarım süreçlerinde tasarlanan form ve fonksiyon odaklı ürünler, profesyonel ürün tasarımcılarından oluşan 5 kişi tarafından önerilen konseptin yaratıcılığı, ürünün tamamlanmışlık seviyesi, ürünün detay düzeyi ve estetik ölçütleri üzerinden değerlendirilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Dijital ve geleneksel tasarım süreçlerinde tasarlanan form ve fonksiyon odaklı ürünlerin belirlenen ölçütler doğrultusunda uzman değerlendirmesi

ÖLÇÜTLER		YARATICILIK						DETAY DÜZEYİ					
Uzmanlar		1	2	3	4	5	ORT	1	2	3	4	5	ORT
Form odaklı ürün	ÜRÜN1	80	85	60	85	80	78	60	65	40	72	65	60,4
	ÜRÜN2	60	70	40	75	70	63	65	65	70	80	80	72
Fonksiyon odaklı ürün	ÜRÜN3	70	85	100	80	90	85	65	90	90	75	90	82
	ÜRÜN4	70	70	80	85	70	75	65	80	70	72	70	71,4
ÖLÇÜTLER		TAMAMLANMIŞLIK						ESTETİK					
Uzmanlar		1	2	3	4	5	ORT	1	2	3	4	5	ORT
Form odaklı ürün	ÜRÜN1	60	90	70	65	85	74	80	85	70	80	90	81
	ÜRÜN2	60	90	70	85	85	78	70	70	60	80	75	71
Fonksiyon odaklı ürün	ÜRÜN3	70	90	90	75	85	82	80	80	70	72	80	77,4
	ÜRÜN4	80	90	70	82	85	81,4	70	85	80	78	75	77,6

Çizelge 4.10'a göre form odaklı ürünlerin değerlendirilmesinde dijital tasarım sürecinde tasarlanan ürün 1'in yaratıcılık ve estetik ölçütünde geleneksel süreçte tasarlanan ürün 2'den yüksek, detay düzeyi ve tamamlanmışlık seviyesinde düşük puan aldığı görülmektedir. Değerlendirme sırasında uzmanlar ürün 1'in biçimsel yaklaşımını organik, ürün 2'nin biçimsel yaklaşımını geometrik olarak değerlendirmiştir. Fonksiyon odaklı ürünlerin değerlendirilmesinde dijital tasarım sürecinde tasarlanan ürün 3'ün yaratıcılık, detay düzeyi ve tamamlanmışlık ölçütlerinde geleneksel süreçte tasarlanan ürün 4'ten yüksek, estetik ölçütünde ise çok yakın olmakla beraber düşük puan aldığı görülmektedir.

Tartışma

Dijital ve geleneksel tasarım süreçlerinde tasarlanan form odaklı ürünlerin tasarım süreci ve sonuç ürün değerlendirmelerine göre, dijital tasarım sürecinde tasarlanan ürün 1'in konsept geliştirme aşamasında daha fazla zaman harcanması, tasarım geliştirme ve detaylandırma aşamalarına daha az zaman kalmasına sebep olduğundan detay düzeyi ve tamamlanmışlık ölçütlerinde geleneksel süreçteki ürüne kıyasla daha başarısız olduğu, buna karşılık 3B baskı ile daha fazla fiziksel model ve konsept alternatifi üretilerek yaratıcılık ve estetik ölçütlerinde daha başarılı olduğu görülmektedir. Dijital süreçte form odaklı ürün tasarımında konsept aşamasında geleneksel sürece kıyasla çok vakit harcanması, geleneksel süreçteki tasarımın 6, dijital süreçteki tasarımın 7 oturumda tamamlanması, tasarımcılarla yapılan görüşmelerde tasarımcıların konsept geliştirme aşamasının hız gerektirmesi ve 3B baskının bu aşama için yeterince esnek olmadığı değerlendirilmesi ile ilişkilendirilmektedir. Form odaklı

ürün tasarımındaki biçimsel yaklaşımlar geleneksel yöntemlerde biçime yaklaşımın daha öklidyen geometrilere, dijital araçların kullanımı ile daha karmaşık ve eğimli biçimlere yöneldiği (Turan, 2009) paralellik göstermektedir.

Dijital ve geleneksel tasarım süreçlerinde tasarlanan fonksiyon odaklı ürünlerin tasarım süreci ve sonuç ürün değerlendirmelerine göre, dijital tasarım sürecinde tasarlanan ürün 3'ün tasarım sürecinde 3B baskı ile daha fazla fiziksel model ve konsept alternatifi üretilmesi, detaylandırma aşamasında daha fazla zaman harcanması ile yaratıcılık, detay düzeyi ve tamamlanmışlık ölçütlerinde geleneksel süreçteki ürüne kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir. Dijital tasarım sürecinde form ve fonksiyon odaklı ürünlerde form odaklı üründe konsept aşamasında daha çok zaman harcanırken, fonksiyon odaklı üründe detaylandırma aşamasında daha çok zaman harcadığı, form odaklı üründe konsept geliştirme aşamasında daha çok fiziksel model üretilirken, fonksiyon odaklı üründe detaylandırma aşamasında daha çok fiziksel model üretildiği ve form odaklı üründe fonksiyon odaklı ürüne göre daha fazla konsept alternatifi üretildiği ve fonksiyon odaklı ürünün bütün ölçütlerde form odaklı ürüne kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu sonuç tasarımcılarla gerçekleştirilen görüşmelerde 3B baskı teknolojisinin fonksiyon odaklı ürünlerde form odaklı ürünlere kıyasla daha etkin kullanıldığı sonucuyla örtüşmektedir.

Literatürde dijital yöntemlerin tasarım sürecini hızlandırdığı belirtilirken (Chen ve Owen, 1998) durum çalışmalarında söz konusu etki görülmemiştir. Tasarımcılarla yapılan görüşmelerde belirtilen çok sayıda alternatif fikir üretilmesi için ürünün erken somutlaşmaması gerekliliği ve literatürde belirtilen dijital yöntemlerin çok yönlülüğü azaltma ve yenilikçiliği engelleme (Turan, 2009) etkilerinin aksine hem form hem fonksiyon odaklı ürün tasarım süreçlerinde daha fazla konsept alternatifi üretilmiş ve yaratıcılık ölçütünde daha başarılı olunmuştur. Tasarımcılarla görüşmelerde 3B baskının el çizimi ve maket yapımından daha fazla bilgisayara ve modellemeye yönelteceği için, modelleme programlarının sınırlayıcı etkisinin daha fazla hissedilmesine neden olabileceği etkisi durum çalışmalarında görülmemiş, aksine dijital süreçte çalışan öğrenciler hem konsept fikir hem de form konusunda daha üretken olmuşlardır. Dijital tasarım süreçlerinde geleneksel tasarım sürecine kıyasla hem form hem fonksiyon odaklı ürünlerin detay düzeyi ve tamamlanmışlık seviyesinde daha başarılı olması ile dijital yöntemlerle daha gerçekçi ürünler ortaya çıktığını söylemek mümkün olmaktadır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada dijital tasarım aracı olarak 3B baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğindeki yerini belirlemek amacıyla 3 aşamalı bir çalışma yürütülmüştür. İlk aşamada literatür taraması ile 3B baskı teknolojilerinin potansiyel kullanım ve uygulama alanları ve dijital tasarım aracı olarak ürün tasarım pratiğindeki yeri araştırılmıştır. İkinci aşama ana çalışmaya referans niteliğinde, tasarımcılarla yapılacak görüşme sorularının belirlendiği bir ön çalışmadır. Üçüncü aşamada, tasarımcılarla gerçekleştirilen görüşmeler ve karşılaştırmalı durum çalışmalarıyla teknolojinin ürün tasarım pratiğinde kullanım ve etki alanlarını, 3B baskı teknolojisi kullanılan dijital tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkileri belirlemek hedeflenmiştir. Elde edilen nicel ve nitel veriler analiz edilerek 3 boyutlu baskı teknolojilerinin ürün tasarım sürecindeki yerine ve sürece entegrasyonunun çıktıklarına ilişkin bütüncül bir değerlendirme ortaya konmuştur. Yapılan çalışmaların sonuçları doğrultusunda 3B baskının dijital tasarım aracı olarak tasarım sürecindeki etkinliği, evrensel tasarım araçları özellikleri (UTCs) (Self, 2011) doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu bölüm, araştırmanın temel araştırma bulgularını ve araştırma hedeflerini ele alarak, araştırmanın başında sunulan araştırma sorularına cevap vermektedir.

3 boyutlu baskı teknolojilerinin mevcut ve potansiyel uygulama alanları

3 boyutlu baskı teknolojilerinin güncel ve yakın gelecekteki potansiyel kullanımının anlaşılması amacıyla 3B baskı teknolojileri ile ilgili mevcut literatür taranmış, endüstriyel ve sektörel uygulama alanları araştırılmıştır.

3B baskının 3 temel uygulama alanı olan hızlı prototipleme, son ürün üretimi ve masaüstü imalat, kullanımına dair evrimsel bir süreci de ifade etmektedir (Berman, 2012). Yaklaşık 30 yılı aşkın geçmişi olan 3B baskı teknolojilerinin ilk ve en yaygın kullanım alanı olan hızlı prototipleme, ürün tasarım ve üretim süreçlerinde, mühendislik tasarım ve analiz süreçlerinde ve mimari tasarım süreçlerinde kullanılmaktadır. 3 boyutlu baskı ile son ürün üretimi, prototip üretiminden öteye geçerek son kullanıcıya ulaşan ürünleri üretmeyi ifade etmektedir. 3B baskı ile son ürün üretiminin önemli uygulama alanları küçük hacimli üretim gerektiren ve kişiselleştirme ihtiyacı olan ürünler olarak görülmektedir. Pek çok yönü ile geleneksel üretimden üstün görülen 3B baskı teknolojileri kitlesel kişiselleştirme için önemli

bir potansiyele sahiptir (Doustmohammadi, 2015; Rischau, 2011; Berman, 2012). 3B baskı ile son ürün üretimi, üretimin dijitalleşmesi ile üretim merkezlerinin yerleşmesini sağlayacak ve özellikle bazı sektörler ve ürünlerde birin ekonomisini yaratacaktır (Berman, 2012). 3B baskının önemli uygulama alanlarından bir diğeri teknolojinin kişisel kullanımınıdır. Kişisel 3B yazıcıların yaygınlaşması ile açık tasarım kavramı önem kazanacak, tüketiciler internet üzerinden dijital olarak satın alabileceği tasarımları kendi üretebilecektir. Bu yaklaşımın en etkili olacağı alanlardan biri tek tek ve istenildiği zaman üretilebilme imkanı, sürekli bir üretim bandının işletilmesini ve stok ihtiyacını ortadan kaldıracak olması sebebiyle yedek parça imalatı olarak görülmektedir (Burton, 2005; Berman, 2012). 3 boyutlu yazıcıların tıpkı şu an evlerimizde kullanılan mürekkepli yazıcılar gibi her eve girmesinin ise, fiyatlarının oldukça düşmesi ile ortalama 20 yıl gibi bir sürede gerçekleşeceği öngörülmektedir (Barnatt, 2013). 3B baskı teknolojilerinin malzeme çeşitliliğinin artması, baskı maliyetlerinin ve sürelerinin azalmasına paralel olarak kullanım alanları da her geçen gün çeşitlenmekte ve yaygınlaşmaktadır. 3B baskıdan büyük ölçüde faydalanan ve yakın gelecekte kullanımının artacağı öngörülen sektörler kişiselleştirme ihtiyacının yoğun olduğu medikal, takı/aksesuar, moda ve tüketici ürünleri sektörleri ile havacılık/uzay ve otomotiv sektörleridir (Pwc, 2014; Forbes, 2013). 3B baskı teknolojilerinin endüstriyel ve kişisel düzeyde yaygınlaşması üretici, tüketici, tasarımcı kavramları üzerinde önemli değişikliklere yol açacak potansiyele sahiptir. Tasarımın doğası değişecek, üretim ve tasarım arasındaki etkileşim artacak ve üretim yerleşerek tüketiciler birbirleri ve üreticiler ile daha interaktif olacaktır (Petrick, 2013). 3B baskının bir üretim teknolojisi olmasının ötesinde tasarlama, tüketme ve yaşama biçimlerimizde yaratacağı değişikliklerle yeni bir endüstri devrimi olabileceği tartışılmaktadır (Prince, 2013; Berman, 2012; Barnatt, 2013).

Farklı türdeki 3 boyutlu baskı teknolojileri ile bu teknolojilerin mevcut ve potansiyel uygulama alanlarına ilişkin bilgiler çerçevesinde ürün tasarımcıları açısından genel durum

Teknolojinin ürün tasarım pratiğindeki yerini belirlerken, ürün tasarımcılarının 3 boyutlu baskı teknolojileri, mevcut ve potansiyel uygulama alanları ile ilgili güncel bilgi ve farkındalıklarını ortaya koyarak durum tespiti yapılmıştır.

Çalışmaya katılan ürün tasarımcıları farklı 3B baskı teknolojileriyle ilgili genel bilgi sahibi olmakla birlikte- özellikle tasarım sürecinde teknolojiyi kullanmayan tasarımcıların- bu teknolojilerin temel çalışma prensipleri, bunların baskı kalitesi ve mekanik özelliklere

etkileri, birbirine kıyasla avantaj ve dezavantajları gibi konularda derinlemesine bilgi sahibi olmadığı görülmektedir. Baskı yapılacak parçanın yüzey kalitesi, mekanik özellikleri, maliyeti gibi etmenlerin farklı yöntem seçimlerini gerektirmesi, teknolojiyi aktif olarak kullanan tasarımcıların farklı 3B baskı teknolojilerini araştırmasını, derinlemesine incelemesini ve deneyimlemesini gerektirmektedir.

FDM teknolojisi tasarımcıların en çok bilgi sahibi olduğu teknoloji iken, hızlı prototipleme teknolojileri için önemli bir gelişme olarak görülen CLIP gibi yeni nesil ve farklı çalışma prensiplerine sahip teknolojilerin bilinirliği daha düşüktür. FDM teknolojisinin çok yaygın ve kolay erişilebilir olması sebebiyle bilinirliğinin yüksek olması olasıdır. Fakat tasarımcıların değerlendirmelerinde 3B baskı teknolojilerinin FDM teknolojisinden ibaret olduğu algısı görülmektedir. Bu algı, teknolojinin etkilerinin ve potansiyelinin FDM'in özellikleri çerçevesinden değerlendirilmesine neden olmaktadır. Oysa FDM teknolojisi-yaygın olarak masaüstü yazıcılarda- amatör kullanımına yönelik, yüzey kalitesi ve mekanik etkiler yönünden sınırlı özelliklere sahip 3B baskı teknolojisidir (Chua ve diğerleri, 2003:130).

Çalışmaya katılan tasarımcılar genel olarak 3B baskının güncel ve yaygın uygulama alanlarını önemli görürken, son ürün üretimi, masaüstü imalat gibi daha kökten değişimlere sebep olacağı öngörülen (Prince, 2013; Vardhan ve diğerleri, 2014) uygulama alanlarında daha düşük potansiyel görmektedir (Bkz. Çizelge 4.2). Özellikle teknolojiyi kullanan tasarımcıların kullanmayanlara kıyasla son ürün üretiminin potansiyelini daha düşük bulması şaşırtıcı bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bugün gelişmiş ülkelerde son ürün üretimi artık gelecek öngörüsü olmanın ötesinde, geleneksel üretim yöntemlerine tercih edilen bir alternatif haline gelmekte ve giderek yaygınlaşmaktadır (Pwc, 2014). Bu durum, tasarımcıların 3B baskı deneyimlerinin çoğunlukla profesyonel olmayan ve profesyonel yazıcılara göre çözünürlük, mekanik etkiler gibi özellikler yönünden daha zayıf çıktılar veren masaüstü yazıcılar ile olması ile ilişkilendirilmektedir.

3 boyutlu baskı teknolojilerinin ürün tasarım pratiğinde kullanım ve etki alanları

Teknolojinin ürün tasarım pratiğindeki yerinin anlaşılması amacıyla tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanan profesyonel ürün tasarımcılarının 3B baskı teknolojisini tasarım

sürecinin jenerik aşamalarına entegre etme biçimleri erişimleri, amaçları, tercihleri bağlamında incelenmiştir.

Tasarımcılar teknolojiye firma bünyesinde ya da hizmet alımıyla erişmektedir. Büyük çoğunluğu ise firma bünyesinde yazıcı bulunmasına ek olarak hizmet alımı da gerçekleştirmektedir. Ürün tasarım sürecinde en çok kullanılan, firma bünyesi ve hizmet alımında en çok tercih edilen 3B baskı teknolojisi FDM'dir. FDM teknolojisinin firma bünyesi ve hizmet alımında çok tercih edilmesinin sebebi diğer 3B baskı teknolojilerine kıyasla hem cihaz hem baskı maliyetlerinin düşük, malzemelerinin kolay erişilebilir olması ve hassas teknolojiler içermemesidir. Hizmet alımında firma bünyesine kıyasla teknoloji çeşitliliğinin daha fazla olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 4.7). Bu durum baskı yapılacak parçanın yüzey kalitesi, mekanik özellikleri, maliyeti gibi etmenlere göre yöntem seçimine bağlı olarak hizmet alımında gereken teknolojiye ulaşılabilirken, firma bünyesinde farklı teknolojiler bulundurma maliyetler göz önünde bulundurulduğunda güç olmasıyla açıklanabilir.

Tasarımcıların teknolojiye erişim şekilleri, teknolojinin tasarım sürecinde kullanım sıklığını ve hangi aşamalarında kullanıldığını etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Bkz. Çizelge 4.3). Tasarım sürecinin değişken yapısı iterasyon gerektirmekteyken hizmet alımı süreçlerinin bu değişkenlik ve hıza uygun olmaması, teknolojinin kullanım sıklığını azaltmakta ve sürece ürün sonuçlandırılmaya çok yakınken ya da yalnızca final prototiple için dahil edilmesine neden olmaktadır.

3B baskı teknolojisi tasarım sürecinde en fazla detaylandırma ve prototipleme evresinde, en az ise konsept geliştirme evresinde kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 4.10). Konsept geliştirme aşamasında kullanımın az olması, bu aşamanın hız gerektirmesi ve 3B baskının bu aşama için yeterince hızlı bir araç olmaması ile ilişkilendirilmektedir. Yapılan çalışmalarla 3B baskının konsept geliştirme evresinin sonuna doğru alternatifleri değerlendirme ve seçim yapma amacıyla kullanımında önemli potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Tasarımcılar 3B baskı ile somutlaşan alternatiflerin konsept aşamasında müşteriye sunulabildiğini belirtmektedir. 3B baskı kullanılarak oluşturulan gerçekçi çıktılar sayesinde paydaşların tasarım sürecinin ilk evrelerinden itibaren sürece dahil olabilmesi sağlanmaktadır. 3B baskının bu özelliği, tasarım aracı olarak kullanımının önemli bir avantajıdır.

3B baskı tasarım sürecinde en çok ürünü görselleştirmek, fonksiyonel testler, montaj aşamalarını denemek, üretim kararlarını vermek ve tasarımı değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 4.11). Ürünle ilgili en etkili olduğu kararlar ise ölçü/boyut belirleme, kullanım senaryosu/ürünün kullanımı, mekanik özellikler ve form/estetik değerlendirmedir (Bkz. Şekil 4.13). Teknoloji hakkında yeterince bilgi sahibi olmayanlardaki 3B baskının yalnızca görsel değerlendirme için kullanılabileceği kanısının aksine, tasarımcıların teknolojiyi ürünün geliştirilmesinde kritik yeri olan mekanik etkileri görmek, montaj aşamalarını denemek, üretim kararlarını vermek için sıklıkla kullandıkları görülmektedir. Geleneksel yöntemlerle üretilen fiziksel modellerde bu etkileri görmek zorken, 3B baskı ile üretilen çıktılar final ürüne benzer görsel, fonksiyonel ve mekanik özellikler gösterebilmektedir. 3B baskının bu özelliği, tasarım aracı olarak kullanımının bir önemli avantajlarından biridir. 3B baskının final ürüne benzer niteliklerde çıktı vermesi, kullanıcıların tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren dahil edilebilmesini ve ürün piyasaya çıkmadan önce form, fonksiyon, algı, kullanım vb. açılardan test edilmesini sağlayarak riski büyük ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir.

Çalışma ile 3B baskının tasarım sürecinde etkin kullanılabileceği 7 adet ürün kategorisi ortaya konmuştur. Bunlar detaylı ürünler, küçük boyutlu ürünler, çok parçalı ürünler, final ürün malzemesi baskı malzemesi ile yapısal benzerlik gösteren ürünler, form odaklı ürünler, ürün/kullanıcı ilişkili ürünler ve elektronik ürünlerdir (Bkz. Şekil 4.12). Bu kategorilendirme teknoloji hakkında yeterince bilgi sahibi olmayan firma ve tasarımcılara kılavuz niteliğindedir.

Ürün tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisini kullanan ve kullanmayan tasarımcıların teknolojinin sürece etkisine ilişkin değerlendirmelerindeki farklılaşma noktaları

Tasarım sürecinde 3B baskıyı kullanan ve kullanmayan ürün tasarımcılarının 3 boyutlu baskı teknolojilerinin tasarım sürecindeki etkilerine ilişkin değerlendirmelerindeki farklılaştığı noktalar ortaya konmuştur.

Ürün tasarım sürecinde teknolojiyi kullanan ve kullanmayan tasarımcıların 3B baskının tasarım sürecinin jenerik aşamalarında kullanımı ile ilgili değerlendirmelerinde farklılıklar vardır. Kullanan tasarımcılar 3B baskının tasarım sürecinin erken evrelerinde kullanımını daha etkin bulmaktadır (Bkz. Çizelge 4.4). 3B baskının tasarım sürecindeki etkinliğinin

değerlendirilmesinde de kullanan tasarımcılar 3B baskının tasarım sürecinde kullanımını daha etkin bulmaktadır. Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanılan ürünlerin tasarım sürecine 3B baskının etkisinin değerlendirilmesinde çok parçalı/montaj gerektiren ve hareketli parçalar içeren ürünlerde kullanan ve kullanmayan tasarımcılar arasında farklılık vardır. Kullanan tasarımcılar bu ürünlerin tasarım sürecinde 3B baskı kullanımını daha etkin bulmaktadır. 3B baskı teknolojisi kullanımının genel sürece etkilerinin değerlendirilmesinde kullanan tasarımcılar kullanmayanlara kıyasla kullanım denemelerini kolaylaştırma ve revizyon geribildirimini kolaylaştırmada 3B baskıyı daha etkili bulmaktadır.

Özetle kullanan ve kullanmayan tasarımcıların değerlendirmeleri karşılaştırıldığında, kullanmayan tasarımcılar teknolojinin tasarım sürecinin erken evrelerinde etkisini düşük görmekte, 3B baskının daha çok form ve görsel değerlendirmede etkili kullanılabileceğini öngörmektedir. Kullanan tasarımcılar ise bu durumun aksine 3B baskıyı tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren, ürünle ilgili önemli kararları vermek için etkili bir araç olarak görmektedir. Kullanan tasarımcıların süreçte teknoloji ile etkileşim içinde olması, deneyimleyerek etkilerini gözlemleyebilmelerine olanak sağlarken, kullanmayan tasarımcılar öngörüler üzerine değerlendirme yapmaktadır. Tasarım sürecinde teknolojiyi kullanan ve kullanmayan tasarımcıların değerlendirmeleri arasındaki bu farkın ortaya konmasındaki amaç, tezin de yapılış amaçlarından biri olan alandaki tasarımcı, öğrenci ve akademisyenlerin 3B baskının tasarım sürecinde final prototip üretmenin ötesindeki potansiyelini anladıkça teknolojinin kullanımının yaygınlaşacağını vurgulamaktır.

3 boyutlu baskı teknolojisi entegre edilen dijital bir tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla yarattığı etkiler

3B baskı teknolojisi kullanılan dijital tasarım sürecinin geleneksel tasarım sürecine kıyasla tasarım sürecinde ve ürün üzerinde yarattığı etkiler, avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek ortaya konmuştur.

3B baskı entegre edilmiş dijital tasarım süreci, baskı alabilmek için tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren CAD ile çalışılmasını gerektirmektedir. CAD ile oluşturulan 3B geometri, tasarım geliştirme süresi boyunca kullanılabilmekte ve kolaylıkla dönüştürülebilmektedir. Yapılan çalışmalarla 3B baskı entegre edilmiş dijital tasarım sürecinin daha fazla alternatif üretebilmeyi sağladığı görülmüştür. Alternatiflerin somut

nesnelere dönüşmesi tasarımcının konsept öngörülerini doğru şekilde değerlendirmesini ve seçim yapmasını kolaylaştırmaktadır.

Dijital tasarım sürecinde 3B baskı kullanarak geleneksel yöntemlere kıyasla daha nitelikli, gerçekçi ve fazla sayıda fiziksel model üretmek mümkündür. Geleneksel süreçlerde her değişiklikte modelin tekrar kurgulanması gerekmektedir. Yeniden kurgulamadan kaynaklanan hatalar 3B baskı ile minimuma inmektedir. Oluşturulan fiziksel model, form, fonksiyon, malzeme, mekanik etkiler açısından daha gerçekçi sonuçlar verdiği için daha doğru değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

Tasarımın yapıldığı ortam ve kullanılan araçlar, tasarımcı için bir geri bildirim aracı olarak tasarımın geliştirilme şeklini, biçime ve fonksiyona yaklaşımlarını etkilemektedir. Tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı, form üretmeyi kolaylaştırmakta, biçime yaklaşım daha karmaşık ve eğimli formlara yönelmektedir. Bu durum CAD ile oluşturulan model üzerinde kolaylıkla değişiklik yapılabilmesi ve 3B baskı ile 2B ara yüzden 3B ara yüze geçişin sağlanması ile ilişkilendirilmektedir. 3B baskı kullanılan dijital tasarım süreci, literatürde dijital süreçlerin dokunabilirliği kısıtladığı (Barrow, 2006) yönündeki eleştirilere çözüm olmaktadır. Süreçte 3B baskı kullanımı tasarımcının sanal ile gerçek arasında iletişim kurmasını sağlamaktadır.

Tasarım sürecinde 3B baskı kullanımı, geleneksel yöntemlere kıyasla detay çözümlerini kolaylaştırmaktadır. Yapılan çalışmalarda geleneksel süreçte var olan çözümleri kullanmaya yönelim olurken, dijital süreçte yeni detay çözümleri üzerine çalışılmıştır. Bu durum 3B baskı ile üretilen fiziksel modellerin niteliği ile ilişkilendirilmektedir. Tasarım sürecinin erken evrelerinden itibaren final ürün çıktısına yakın özelliklerde çıktı elde edilmesi, öngörülen fonksiyon ve detayların denenmesi ve erken geri bildirim alınması ile daha doğru detay çözümleri gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel yöntemlerle üretilen fiziksel modellerde final prototiplemeden önce bu etkileri görmeyen zor olması, 3B baskının tasarım aracı olarak kullanımının önemli avantajlarından biridir.

3B baskı entegre edilen dijital tasarım süreci, baskı için bekleme süresi göz önüne alındığında, tasarım sürecini kısaltmamaktadır. Fakat sürecin her aşamasında gerçekleştirilmesi gereken aktivitelerde geleneksel yöntemlere kıyasla yarattığı etkiler ile tasarım sürecinin verimliliğini arttırmaktadır.

Dijital tasarım aracı olarak 3B baskının evrensel tasarım araçları özellikleri doğrultusunda değerlendirilmesi

Yapılan çalışmaların sonuçlarından hareketle bir dijital tasarım aracı olarak 3B baskının 5 farklı evrensel tasarım aracı özelliği (UTCs) doğrultusunda (Self, 2011) ürün tasarım pratiğinde tasarım faaliyetini desteklemedeki etkinliği değerlendirilmiştir.

Bir dijital tasarım aracı olarak 3B baskı, tasarım sürecinde başkaları ile paylaşımlı tasarım etkinliğini desteklemektedir (İletişim modu). Tasarım fikirlerinin sürecin erken evrelerinden itibaren 3B somut nesnelere dönüşmesini sağlayarak süreç içerisinde kullanıcılar, üreticiler, mühendisler, pazarlama birimi vb. paydaşlarla etkileşimi kolaylaştırmaktadır. 3B baskı konsept geliştirme evresinden itibaren tasarım amaçlarının somut biçimde uygulanmasına olanak sağlamaktadır (Belirginlik seviyesi). Konsept geliştirme aşamasında konsept alternatiflerinin ayrıntısız modellere dönüştürülmesiyle seçim yapmak kolaylaşmaktadır. Tasarım geliştirme evresinde ürün alternatifleri 3B somut nesnelere dönüştürülerek form ve fonksiyon denemeleri, ürün-kullanıcı, ürün-mekan etkileşimleri gerçek ortamda yapılabilmektedir. Detaylandırma aşamasında ise mekanik etkileri, montaj aşamalarını, parçaların birbirleri olan ilişkilerini, ön görülen kullanım ve detayların uygulanabilirliğini görmek ve test etmek mümkün olmaktadır. 3B baskı, CAD ara yüzünde oluşturulan sanal modellerin fiziksel modellere dönüşümünü sağlayarak geri bildirim almayı kolaylaştırmakta ve var olan model üzerinde kolaylıkla değişiklik yapmaya olanak sağlamaktadır (Dönüşümsellik kabiliyeti). 3B baskı sanal ile gerçek arasında iletişim kurarak sanal ortamda kolaylıkla yapılabilen değişiklikleri gerçek ortama aktarmaktadır. 3B baskı, tasarım sürecinin ilk evrelerinden itibaren final ürün ile benzer özellikte çıktılar vererek tasarım amaçlarının final ürünle örtüşecek şekilde detaylandırılabilmesine olanak sağlamaktadır (Detay düzeyi). 3B baskı ile belirlenen tasarım amaçları somut bir şekilde gerçekleştirilebilmekte ve nihai kararlara erişim kolaylaşmaktadır (Tamamlanmışlık seviyesi).

Sonuç olarak bu tez çalışması ile 3B baskının- ürünün form veya fonksiyon odaklı olması, hangi sektöre yönelik olduğu, boyutu gibi özelliklerine göre değişmekle birlikte- ürün tasarım pratiğinde tasarım sürecinin her bir aşamasına uygun şekilde konumlandırıldığında tasarım faaliyetini ve tasarımcıyı desteklemede etkin bir tasarım aracı olduğunu söylemek mümkündür.

Sınırlılıklar

Tasarım sürecinde 3B baskı teknolojilerinin kullanım ve etki alanlarını ölçmeye yönelik bu araştırmada, 3B baskı teknolojisi etkisinin profesyonel ürün tasarım süreçlerinde gözlemlenebilmesinin zaman ve erişim açısından zorluğu, dijital ve geleneksel süreçlerin karşılaştırılabilmesi için sürecin kurgulanması gerekliliği ve profesyonel süreçlerde bu kurgulamanın mümkün olmaması sebebiyle uygulamalı çalışmalar mezuniyet adayı öğrenciler ile gerçekleştirilmiş, profesyonel tasarımcılarla yüz yüze görüşme tercih edilmiştir. Tez kapsamındaki profesyonel tasarımcı değerlendirmeleri araştırmaya katılan tasarımcılarla sınırlıdır. Profesyonel tasarımcılara erişimin zorluğu sebebiyle örneklem Türkiye ile sınırlı tutulmuştur. Tez kapsamındaki tasarım sürecinde 3B baskı teknolojisi kullanımına ilişkin değerlendirmeler, çalışma kapsamında geliştirilen ölçekteki özellikler ile sınırlıdır.

İleri araştırma

Bu çalışmadan elde edilen çıktılar, ürün tasarımcıları açısından 3B baskının tasarım sürecinde nasıl konumlandırılması gerektiğine ilişkin yol gösterici niteliğindedir. Yapılan çalışmalarda ürün tasarım sürecinde 3B baskı kullanımının ürünün özelliklerine göre farklılaştığı ve etkinliğinin değiştiği görülmektedir. Farklı sektörlerde de ürünün özelliklerinin değişmesi, 3B baskının sürece dahil olduğu aşamaları, kullanım biçimlerini ve amaçlarını farklılaştıran bir faktördür. Buradan hareketle 3B baskı teknolojilerinin farklı sektörlerdeki ürün tasarım pratiğinde kullanımının araştırılması ve etkinliğinin belirlenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir. 3B baskı teknolojisi yalnızca profesyonel tasarımcıların değil, tasarım öğrencilerinin pratiklerine de etki etmekte ve ürün tasarım stüdyolarının doğasını değiştirmektedir. Bu doğrultuda teknolojinin geleceğin tasarımcılarının nasıl olması gerektiğine dair bir sorgulama bağlamında tasarım eğitime entegrasyonu üzerine yapılacak çalışmalar, endüstri ürünleri tasarımı disiplini açısından önem arz etmektedir.



KAYNAKLAR

- Agrawal, R. K., Hurriyet, H. (2004), The Advent of Manufacturing Technology and its Implications for the Development of the Value Chain, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(3/4), 319-336.
- Ağar, H. (2008). *Prototipleme Teknolojilerinin Ürün Tasarımına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alcaide-Marzal, J., Diego-Más, J. A., Asensio-Cuesta, S., and Piqueras-Fiszman, B. (2013). An exploratory study on the use of digital sculpting in conceptual product design. *Design Studies*, 34(2), 264–284.
- Al-Doy, N., Evans, M. (2010). The development of a curriculum for the study of digital industrial design. *Design Principles and Practices: An International Journal*, 4(1), 195-217.
- Al-Doy, N., Evans, M. (2011). A Review of digital industrial and product design methods in UK hinger education. *The Design Journal*, 14(3), 343-368.
- Alpay, E. (2012). *Implications of Additive Manufacturing Applications for Industrial Design Profession From the Perspective of Designers*, Doctoral dissertation, Middle East Technical University, Ankara.
- Bardakçı, A. (2004). Kitlesele bireyselleştirme uygulama yöntemleri. *Akdeniz Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(8), 1-17.
- Barnatt, C. (2013). *3D Printing The Next Industrial Revolution*. (First edition). USA: ExplainingTheFuture.com., 23-27, 45, 54,127.
- Barrow, L. R. (2006). *Digital design and making 30 Years after*. In Proceedings of the 25th Annual Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture (ACADIA), 158-177.
- Berman, B. (2012). 3D Printing: The New Industrial Revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155-162.
- Bilalis, N. (2000). Computer aided design cad. Technical University of Crete; InnoRegio: Dissemination of innovation and knowledge management techniques, *EC funded Project Report, Greece*, 1-27.
- Burton, M. J. (2005). *Design For Rapid Manufacture: Developing An Appropriate Knowledge Transfer Tool For Industrial Designers*, Doctoral Thesis, Loughborough University, London.
- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*, 84-95.
- Campbell, I., Bourell, D., and Gibson, I. (2012). Additive manufacturing: Rapid prototyping comes of age. *Rapid Prototyping Journal*, 18(4), 255–258.

- Chen, K., Owen, C. L. (1998). A study of computer-supported formal design. *Design Studies*, 19, 331–359.
- Chockalingam, K., Jawahar, N., Chandrasekar, U., and Ramanathan, K. N. (2008) Establishment of process model for part strength in stereolithography. *Journal of Materials Processing Technology*, 208, 348-365.
- Chryssolouris, G., Mavrikios, D., Papakostas, N., Mourtzis, D., Michalos, G. and Georgoulas, K. (2009). *Digital manufacturing: History, perspectives, and outlook*. In Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture, 223(5), 451–462.
- Chua, C. K., Leong, K. F., and Lim, C. S. (2003). *Rapid prototyping: Principles and applications*. (Second edition). Singapore: World Scientific Publishin Co., 8, 12, 19,130, 296.
- Cross, N. (2005). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. (Fourth edition). England: John Wiley & Sons, 30, 31, 194.
- Cross, N. (1999). Natural Intelligence in Design, *Design Studies*, 20(1), 25-39.
- Çetin, O. (2006). *Çevik Üretim ve Karşılaştırmalı bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Daldır, I. (2015). *Kalite Fonksiyon Göçerimi Yaklaşımı İle Müşteri Memnuniyetinin Analizi: Üçüncü Parti Lojistik Hizmet Sağlayıcılarında Deneysel Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Davey, L. (1991). The application of case study evaluations. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 2(9), 1-2.
- Dewar, A. (2014). *Digital Additive Manufacture: Improved Product and Equipment Design for 3D Printing*, Master Thesis, Carleton University, Ottawa.
- Doustmohammadi, S. (2015). *Product Customization Through Digital Fabrication Technology*, Doctoral dissertation, The Ohio State University, Ohio.
- Ermurat, M. (2002). *Hızlı Prototip ve Üretim Teknolojilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Evans, M. A. (2002). *The integration of rapid prototyping within industrial design practice*, Doctoral dissertation, Loughbrough University, London.
- Eymen, U. E. (2007). *SPSS 15.0 veri analiz yöntemleri*. (1. Baskı). İstanbul: İstatistik Merkezi.
- Fleming, M., Paterson, J. J. G. (2013). *Reviewing the extent to which 3D printing may offer an accessible, ubiquitous and affordable technical design tool for architectural*

technology undergraduates and practice. In Proceedings of the 4th international congress of architectural technology, 70-83.

Garner, S. (1999). *Drawing and designing: An analysis of sketching and its outputs as displayed by individuals and pairs when engaged in design tasks*, Doctoral thesis, Loughborough University, London.

Gebhardt, A. (2011). *Understanding additive manufacturing.* (First edition). Munich: Carl Hanser Verlag, 2, 31, 45, 87.

Gibson, I., Rosen, D. W. and Stucker, B. (2010). *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing.* (Second edition). Newyork: Springer, 27.

Grymol, B. (2013). Disruptive manufacturing: The effects of 3D printing. Deloitte; Innovative Thinking, *Deloitte Report, Toronto*, 1-18.

Güngör, M., Bulut, Y. (2008). Ki-Kare Testi Üzerine. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 7(1), 84-89.

Hopkinson, N., Hague, R. J. M. and Dickens, P. M. (Editors). (2006). *Rapid Manufacturing: An industrial revolution for the digital age.* (First edition). England: John Wiley & Sons, 55.

İnternet1: Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Ftdk.gov.tr%2Findex.php%3Foption%3Dcom_gts%26arama%3Dgts%26guid%3DTDK.GTS.593f8d6ee3d929.22149641&date=2017-06-13, Son Erişim Tarihi: 27.02.2017

İnternet2: 3D Printing: Consumer vs Professional. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcdn2.hubspot.net%2Fhubfs%2F340051%2FDesign%2FXometry%2FConsumer%2Fvs%2FProfessional%2F3D%2FPrinting.pdf%3Ft%3D1435786069171%26_hsenc%3Dp2ANqtz--UtcqjqRpNWSP-v9IUe4GJ_Hs9svl0YRkHbDFXQoxManQN-h1O8m52jh_hJKmm5wJYES-obH6V2xwDTAMI35JC_nowPQ%26_hsmi%3D19667817&date=2017-06-12, Son Erişim Tarihi: 20.04.2017.

İnternet3: Clip Process. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.carbon3d.com%2Fclip-process&date=2017-06-12>, Son Erişim Tarihi: 18.01.2017.

İnternet4: Devrim Niteliğinde Yeni 3 Boyutlu yazıcı teknolojisi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.prioid.com%2Fhaberler%2F25-100-kez-daha-hizli-devrim-niteliğinde-yeni-uc-boyutlu-yazici-teknolojisi-carbon-3d%2F&date=2017-06-12>, Son Erişim Tarihi: 05.06. 2016.

İnternet5: The Free Beginner's Guide to 3D Printing. (2014). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F3dprintingindustry.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F07%2F3D-Printing-Guide.pdf&date=2017-06-12>, Son Erişim Tarihi: 25.04.2017.

- İnternet6: What is ID. URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.idsa.org%2Fevents%2Fwhat-id&date=2017-06-12>, Son Erişim Tarihi: 29.07.2016.
- İnternet7: Endüstriyel Tasarım Tanımı. URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fetmk.org.tr%2Ftr%2Fendustriyel-tasarim%2F&date=2017-06-12>, Son Erişim Tarihi: 29.07.2016.
- İnternet8: Karagöl, B. (2015) 3D Printing: What does it offer and for whom? URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fstps.metu.edu.tr%2Fsites%2Fstps.metu.edu.tr%2Ffiles%2FSTPS-WP-15-02_0.pdf&date=2017-06-12, Son Erişim Tarihi: 10.09.2016.
- İnternet9: Ertek, E. (2014) 3. Endüstri Devrimi: 3 boyutlu baskı ve masaüstü imalat. *TSKB Ekonomik Araştırmalar*, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.tskb.com.tr%2Fi%2Fcontent%2F2553_1_TSKB_3D%2520Yaz%25C4%25B1c%25C4%25B1lar%2520ve%2520Masa%25C3%25BCst%25C3%25BC%2520%25C4%25B0malat%2520Bilgi%2520Notu_Kas%25C4%25B1m%25202014.pdf&date=2017-06-12, Son Erişim Tarihi: 16.08.2016.
- İnternet10: Forbes (2013). Our Future With 3D Printers: 7 Disrupted Industries. URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.forbes.com%2Fsites%2Fehrllichfu%2F2013%2F10%2F29%2Four-future-with-3-d-printers-7-disrupted-industries%2F%237a266a6e5e69&date=2017-06-13>, Son Erişim Tarihi: 10.11.2016
- Jacobs, J. J. M. (2013). *Algorithmic Craft: The Synthesis Of Computational Design, Digital Fabrication, And Hand Craft*, Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C., and Bowyer, A. (2011). RepRap—the replicating rapid prototype, *Robotica*, 29(01), 177-191.
- Karaca, M. K. (1996). Montaj Hatları. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1).
- Lawson, B. (2005). *How Designers Think: The Design Process Demystified* (Fourth edition). USA: Routledge, 38.
- Lim, C. (2006). *Towards a Framework for Digital Design Process*. In Proceedings of the 11th conference on computer aided architectural design research in Asia, 245–242.
- Lipson, H. and Kurman, M. (2013). *Fabricated The New World of 3D Printing* (First edition). USA: John Wiley & Sons, 30.
- Loy, J., Canning, S., and Little, C. (2015). Industrial Design Digital Technology. *Procedia Technology*, 20(July), 32–38.
- Lumans, C. Z. (2014). *Printable Products: Investigating Three- Dimensional Printing in the Design Process of Interior Products*, Master Thesis, The University of North Carolina,

Greensboro.

- Maidin, S. (2011). *Development of a Design Feature Database to Support Design for Additive Manufacturing*, Doctoral Thesis, Loughborough University, London.
- Marx, J. (2000). A proposal for alternative methods for teaching digital design. *Automation in Construction*, 9(1), 19-35.
- Mellis, D. (2011). *Case Studies in the Digital Fabrication of Open-Source Consumer Electronic Products*, Doctoral Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Mota, C. (2011). *The rise of personal fabrication*. In Proceedings of the 8th ACM conference on creativity and cognition, 279-288.
- Mühür, M. (2014). *Bir Üretim Merkezi Önerisi Olarak Fab Lab'in Açık Tasarımın Gerçekleştirilmesinin Bir Aracı Olarak Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Norman, D. (2005). *The Design of Everyday Things*. (The revised and expanded edition). Newyork: Basic Books, 5.
- Oehlberg, L., Lau, K., and Agogino, A. (2009). Tangible interactions in a digital age: Medium and graphic visualization in design journals. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 23(03), 237-249.
- Oropallo, W., Piegl, L. A. (2016). Ten challenges in 3D printing. *Engineering with Computers*, 32(1), 135-148.
- Oxman, R. (2006). Special Issue of Design Studies on Digital Design. *Design Studies*, 27(3), 225-227.
- Özcan, K. (2013). *Crafting Mass Customization: A Study On Integrating CraftCustomization Attributes Into User Co-Design Toolkits*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özgündoğdu, A. F. (2014). *Seramik üretiminde çağdaş bir biçimlendirme yöntemi olarak üç boyutlu yazıcılar*. 8. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 203-227.
- Pahl, G., Beitz, W. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*. (Third edition). London; Springer, 40, 57.
- Pei, E., Campbell, I., and Evans, M. (2011). A taxonomic classification of visual design representations used by industrial designers and engineering designers. *Design Journal*, 14(1), 64-91.
- Petrick, I. J., Simpson, T. W. (2013). 3D printing disrupts manufacturing: how economies of one create new rules of competition. *Research-Technology Management*, 56(6), 12-16.

- Press, M., Cooper, R. (2003) *The design Experience: The Role of Design and Designers in the Twenty-First Century* . (First edition). London: Routledge.
- Prieto, P. A., Wright, D. K., and Qin, S. F. (2003). *A novel method for early formal developments using computer aided design and rapid prototyping technology*. In Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture , 217(5), 695–698.
- Prince, J. D. (2013). 3D Printing: An Industrial Revolution. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11(1), 39–45.
- Pwc Technology Forecasts. (2014). *The future of 3-D printing: Moving beyond prototyping to finished products*, (2).
- Rischau, J. J. (2011). *Custom digital fabrication in industrial design*, Master Thesis, University of Illinois, Urbana.
- Saçıkara, G., Özdemir, T. (2017). Tedarik zincirinde dijital tedarik ağlarına geçiş, *Deloitte Times*, 20-22.
- Sass, L., Oxman, R. (2006). Materializing design: The implications of rapid prototyping in digital design. *Design Studies*, 27(3), 325–355.
- Seely, J. C. (2004). *Digital Fabrication In The Architectural Design Process*, Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Self, J. A. (2011). *The Use Of Design Tools In Industrial Design Practice*, Doctoral Dissertation, Kingston University, London.
- Senol, C. K. (2001). *The Role Of Rapid Prototyping Technologies In New Product Design And Development*, Master Thesis, Istanbul Technical University, İstanbul.
- Schoonmaker, S. J. (2002) *The CAD guidebook : A basic manual for understanding and improving computer-aided design* (First edition), New York:Marcel Dekker, 289.
- Shetty, D. (2001). *Designing for product success*, In Proceedings of the 2001 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, 346-363.
- Stolterman, E., McAtee, J., Royer, D., and Thandapani, S. (2008). *Designerly Tools*. In Proceedings of Design Research Society Conference, 116-130.
- Stoutjesdijk, P.M.M. (2013). *Dijital Design And Fabrication For Ultimate Challenges*, Master thesis, Delft University of Technology, Delft.
- Şeker, T. B. (2005). Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler çerçevesinde bilgiye erişimin yeni boyutları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (13), 377-391.
- Tamminen, P., Moilanen, J. (2013). Design Revolution in 3D Printing Processes. *Consilience and Innovation in Design*, 1165–1176.

- Taylor, A. J., Taylor, V. M. (2004). The use of social representations in product design. In D. Mcdonagh, P. Hekkert, J. V. Erp and D. Gyı (Eds.), *Design and Emotion*. London: CRC Press, 267-271.
- Tung, F. W., Deng, Y. S. (2003). *A Study on Integrating Interaction Design into Industrial Design Processes*. In The 6th Asia Design International Conference, Tsukuba, Japan, 160-180.
- Turan, B., O. (2009). *Dijital Tasarım Sürecinin Geleneksel Tasarım Stüdyosuna Etkileri*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D. (2008) *Product design and development*, (Fourth edition), Newyork: McGraw-Hill, 98, 189, 197, 200.
- Unver, E. (2006). Strategies for the transition to cad based 3d design education. *Computer-Aided Design and Applications*, (3), 323–330.
- Valamanesh, R. (2012). *Industrial Design Inspired by Digital Fabrication*, Master Thesis, Arizona State University, Tempe.
- Vardhan, G. H., Charan, G. H., Reddy, P. V. S., Kumar, K. S. (2014). 3D printing: The dawn of a new era in manufacturing. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2(8), 2373–2376.
- Walters, P. ve Davies, K. (2010). 3D printing for artists: research and creative practice. Rapport: *Journal of the Norwegian Print Association*, 1, 12-15.
- Waters, J. K. (2003). *Blobitecture: Waveform architecture and digital design*. (First edition) Massachusetts: Rockport Publishers.
- Weinmann, J. (2014). *Makerspaces In The University Community*, Master Thesis, Stanford University Institute of Product Development, Stanford.
- Yan, Z., Hongke, T., Li, G., and Guangyu, Z. (2006). Digital technology and digital product design. In *Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design CAIDCD'06*, 1-5.
- Yıldırım, A., Şimsek, H. (2016). *Nitel araştırma yöntemleri*. (10. Baskı). Ankara: Seçkin Yayınevi, 190.
- Yılmaz, F., Arar, M. E., ve Koç, E. (2014). 3D baskı ile hızlı prototip ve son ürün üretimi. *Metalurji Dergisi*, 168, 35-40.
- Yolovich, B. G. (1993). Mass-customization sparks sea change. *Business Marketing*, 78(11), 43.





EKLER

EK-1. Tasarımcılarla görüşme soruları

Katılımcı Ad Soyad:Yaş:Cinsiyet:

Bu anket çalışması Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim dalı yüksek lisans öğrencisi Ebru Gedik tarafından yüksek lisans tezinde kullanılmak üzere yürütülmektedir. Anket, profesyonel ürün tasarımcılarına yönelik olarak hazırlanmıştır.

BÖLÜM 1: Tasarımcı

1. Çalıştığınız firma niteliğini belirtiniz.

- Kurumsal firma
- Tasarım ofisi
- Diğer.....(Lütfen yazınız.)

2. Hangi sektörlere yönelik ürün tasarımı yapıyorsunuz?

- Mobilya
- Medikal
- Elektronik
- Savunma
- Otomotiv
- Aksesuar/takı
- Seramik/porselen
- Diğer

3. Kaç yıldır ürün tasarımcılığı yapıyorsunuz?

.....

EK-1. (devam) Tasarımcılarla görüşme soruları

BÖLÜM 2: 3B Baskı Teknolojileri

1. 3 boyutlu baskı teknolojilerinden hangileri hakkında bilgi sahibisiniz?

- Polyjet
- FDM (Fused Deposition Modelling)
- SLA (Stereolithography)
- SLS (Selective Laser Sintering)
- 3DP (Toz Temelli)
- CLIP (Continuous Liquid Interface Production)
- Diğer.....(Lütfen yazınız.)

2. Lütfen aşağıdaki, 3 boyutlu baskı teknolojileri ile öne çıkan uygulama alanlarının önem düzeyini işaretleyiniz.

	Hiç	Az	Orta	Çok	Fazlasıyla
Hızlı Prototipleme					
Son Ürün Üretimi					
Masaüstü İmalat					
Kitlesele Kişiselleştirme					
Dijital Üretim					
Açık Tasarım					
Lokal Üretim					

3. Ürün tasarım süreçlerinizde 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanıyor musunuz?

- Evet
- Hayır

4. Cevabınız evet ise; teknolojiye nasıl ulaşıyorsunuz?

- Firma bünyesinde
(Lütfen teknolojisini belirtiniz.....)
- Hizmet alımı
(Lütfen teknolojisini belirtiniz.....)
- Diğer.....(Lütfen yazınız.)

EK-1. (devam) Tasarımcılarla görüşme soruları

BÖLÜM 3: Ürün Tasarım Sürecinde 3B Baskı Teknolojisi Kullanımı

1. Ürün tasarım süreçlerinizde 3 boyutlu baskı teknolojilerini ne sıklıkta kullanıyorsunuz?

- Çok sık
- Ara sıra
- Nadiren

2. Ürün tasarım süreçlerinizde 3 boyutlu baskı teknolojilerinden hangilerini kullandınız/ kullanıyorsunuz?

- Polyjet
- FDM
- SLA
- SLS
- 3DP
- Diğer.....(Lütfen yazınız.)

3. Ürün tasarım sürecinin hangi evrelerinde 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanıyorsunuz?



4. Ürün tasarım süreçlerinizde 3 boyutlu baskı teknolojisini hangi amaçlarla kullanıyorsunuz?

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> Konsept geliştirme | <input type="radio"/> Üretim kararlarını verme |
| <input type="radio"/> Tasarımı değerlendirme | <input type="radio"/> Pazarlama/sunum aracı olarak |
| <input type="radio"/> Ürünü görselleştirme | <input type="radio"/> Son ürün üretimi |
| <input type="radio"/> CAD modeli doğrulama | <input type="radio"/> Prototip üretimi |
| <input type="radio"/> Fonksiyonel testler | <input type="radio"/> Mekanik özellikleri görme |
| | <input type="radio"/> Montaj aşamalarını deneme |

EK-1. (devam) Tasarımcılarla görüşme soruları

5. Ağırlıklı olarak hangi tür ürünlerin tasarım süreçlerinde 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanıyorsunuz? Örneklendiriniz.

.....

.....

.....

.....

6. Ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımı aşağıdakilerden hangileri ile ilgili kararlarınızda etkili oluyor?

- Fikir Belirleme
- Form-Estetik Değerlendirme
- Ölçü-Boyut Belirleme
- Malzeme
- Renk
- Kullanım Senaryosu/Ürünün kullanımı
- Mekanik özellikler
- Üretim Kararları

BÖLÜM 4: Ürün Tasarım Sürecinde 3B Baskı Teknolojisi Kullanımını Değerlendirme

1. Lütfen aşağıdaki tasarım süreci evrelerinde, 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanımının etkinlik düzeyini işaretleyiniz.

	Hiç	Az	Orta	Çok	Fazlasıyla
Konsept Geliştirme					
Ürün Geliştirme					
Detaylandırma					
Prototipleme					

EK-1. (devam) Tasarımcılarla görüşme soruları

2. Yukarıda belirttiğiniz değerlendirmelere ilişkin gerekçeleri açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

3. Lütfen aşağıda belirtilen özellikteki ürünlerin tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımının etkinlik düzeyini değerlendiriniz.

	Hiç	Az	Orta	Çok	Fazlasıyla
Form Odaklı					
Fonksiyon Odaklı					
Çok Parçalı/Montaj Gerektiren					
Hareketli Parçalardan Oluşan					
Kişiselleştirilebilir					
Kompleks Geometrilili					

4. Ürün tasarım sürecinde 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanımının genel sürece ilişkin etkilerini değerlendiriniz.

	Hiç	Az	Orta	Çok	Fazlasıyla
Prototip Kalitesini Arttırma					
Prototip Hızını Arttırma					
Kullanım Denemelerini Kolaylaştırma					
Revizyon Geribildirimini Kolaylaştırma					
Mekanik Özellikleri Değerlendirebilme					
Fonksiyonel Özellikleri Değerlendirebilme					
Üretim Kararlarını Destekleme					
Nihai Kararlara Erişimi Kolaylaştırma					
Tasarım Sürecini Kısaltma					
Final Ürün Kalitesi Arttırma					

EK-1. (devam) Tasarımcılarla görüşme soruları

5. 3 boyutlu baskı teknolojisinin tasarımcı üzerine etkilerinin neler olduğunu/ olacağını düşünüyorsunuz?

.....

.....

.....

.....



EK-2. Durum çalışması (1 ve 3) tasarım iş tanımı belgeleri

PROJE TANIMI

Dijital Tasarım Süreci / Ürün 1

Tasarım 7 Oturumda tamamlanmalıdır.

Proje Konusu

Bu projede *tuzluk/biberlik seti* tasarlamanız istenmektedir. Tasarlanacak ürünün aşağıdaki beklentileri karşılaması beklenmektedir.

- 1/1 baskı alınabilecek boyutlarda olmalıdır.
- Ana malzemesi plastik olmak üzere yan malzemeler (ahşap/cam vb.) kullanılabilir.

**konsept geliştirme**

Araştırma/Beyin fırtınası
Eskiz
Modelleme
3B Baskı

AKTİVİTELER

- Konsept alternatifleri üretme
- Basit modelleme ve baskı ile üretilen alternatifler üzerinden seçim yapma

ürün geliştirme

Modelleme
3B Baskı
Değerlendirme
Revize

- Ürün-Mekan ilişkisi
- Ürün-Kullanıcı ilişkisi
- Form / Estetik Değerlendirme

detaylandırma

Revize
Değerlendirme
3B Baskı

- Üretim Kararlarını verme

PROJE TANIMI

Geleneksel Tasarım Süreci / Ürün 1

Tasarım 7 Oturumda tamamlanmalıdır.

Proje Konusu

Bu projede *tuzluk/biberlik seti* tasarlamanız istenmektedir. Tasarlanacak ürünün aşağıdaki beklentileri karşılaması beklenmektedir.

- Ana malzemesi plastik olmak üzere yan malzemeler (ahşap/cam vb.) kullanılabilir.

**konsept geliştirme**

Araştırma
Beyin fırtınası
Eskiz
Mock-up

AKTİVİTELER

- Konsept alternatifleri üretme
- Üretilen alternatifler üzerinden seçim yapma

ürün geliştirme

Eskiz
Mock-up
Maket

- Ürün-Mekan ilişkisi
- Ürün-Kullanıcı ilişkisi
- Form / Estetik Değerlendirme

detaylandırma

Eskiz
Mock-up
Maket
Modelleme

- Üretim Kararlarını verme

EK-3. Durum çalışması (2 ve 4) tasarım iş tanımı belgeleri

PROJE TANIMI

Dijital Tasarım Süreci / Ürün 2

Tasarım 7 Oturumda tamamlanmalıdır.

Proje Konusu

Bu projede *mutfak için bir fonksiyona yönelik (kesme/öğütme/sıkma/doğrama vb.) el aleti* tasarlanmanız istenmektedir. Tasarlanacak ürünün aşağıdaki beklentileri karşılaması beklenmektedir.

- 1/1 baskı alınabilecek boyutlarda olmalıdır.
- Ana malzemesi plastik olmak üzere yan malzemeler (ahşap/cam vb.) kullanılabilir.
- Çok parçalı/montaj gerektiren ve çalışan parçaları olan yapıda olmalıdır.

**konsept geliştirme**

Araştırma/Beyin fırtınası
Eskiz
Modelleme
3B Baskı

AKTİVİTELER

- Konsept alternatifleri üretme
- Basit modelleme ve baskı ile üretilen alternatifler üzerinden seçim yapma

ürün geliştirme

Modelleme
3B Baskı
Değerlendirme
Revize

- Fonksiyonel Denemeler
- Ürün-Kullanıcı ilişkisi
- Form / Estetik Değerlendirme

detaylandırma

Revize
Değerlendirme
3B Baskı

- Montaj aşamalarını deneme
- Üretim Kararlarını verme

PROJE TANIMI

Geleneksel Tasarım Süreci / Ürün 2

Tasarım 7 Oturumda tamamlanmalıdır.

Proje Konusu

Bu projede *mutfak için bir fonksiyona yönelik (kesme/öğütme/sıkma/doğrama vb.) el aleti* tasarlanmanız istenmektedir. Tasarlanacak ürünün aşağıdaki beklentileri karşılaması beklenmektedir.

- Ana malzemesi plastik olmak üzere yan malzemeler (ahşap/cam vb.) kullanılabilir.
- Çok parçalı/montaj gerektiren ve çalışan parçaları olan yapıda olmalıdır.

**konsept geliştirme**

Araştırma
Beyin fırtınası
Eskiz
Mock-up

AKTİVİTELER

- Konsept alternatifleri üretme
- Üretilen alternatifler üzerinden seçim yapma

ürün geliştirme

Eskiz
Mock-up
Maket

- Fonksiyonel Denemeler
- Ürün-Kullanıcı ilişkisi
- Form / Estetik Değerlendirme

detaylandırma

Eskiz
Mock-up
Maket
Modelleme

- Montaj aşamalarını deneme
- Üretim Kararlarını verme

EK-4. Durum çalışmaları uzman değerlendirme formu

DEĞERLENDİRMECİ

ÜRÜNLER	YARATICILIK	DETAY DÜZEYİ	TAMAMLANMIŞLIK SEVİYESİ	ESTETİK
ÜRÜN 1				
ÜRÜN 2				
ÜRÜN 3				
ÜRÜN 4				

Değerlendirmeler 100 puan üzerindedir.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Yaratıcılık: Önerilen konsept fikrin yaratıcılığı/yenilikçiliği

Detay Düzeyi: Önerilen tasarımın detaylandırılma düzeyi

Tamamlanmışlık Seviyesi: Önerilen tasarımın belirlenen amaçlar doğrultusunda sonuçlandırılabilme düzeyi

Estetik: Anlamsal/fonksiyonel olarak biçimsel yaklaşımın değerlendirilmesi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GEDİK, Ebru
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 16.05.1989, Lüleburgaz
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 202 37 27
 Faks : 0 (312) 202 37 27
 e-mail : ebrugedik@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Ürünleri Tasarımı	Devam Ediyor
Lisans	Anadolu Üniversitesi /Endüstriyel Tasarım	2013
Lise	Samsun Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce, İtalyanca

Yayınlar

Togay, A., Gedik, E. (2017). An exploratory study on the use of 3D printing technology in product design, In *Proceeding of the 2nd International Symposium on 3D Printing Technologies*, 144-151.

Gedik, E., Togay, A. (2016). Association crafter approach with technology: Customized product design with 3D printer. *Global Journal On Humanities and Social Sciences*, 3(1), 584-594.



GAZİ GELECEKTİR..