



T.C.

E G E Ü N İ V E R S İ T E S İ
Sosyal Bilimler Enstitüsü

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK FELSEFESİYLE
TASARLANMIŞ DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI
ÖNERİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Şeyma ERENER

Disiplinlerarası Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı

İZMİR

2023

T.C.
E G E Ü N İ V E R S İ T E S İ
Sosyal Bilimler Enstitüsü

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK FELSEFESİYLE TASARLANMIŞ
DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI ÖNERİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Şeyma ERENER

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ziynet ÖNDOĞAN

Disiplinlerarası Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı
Disiplinlerarası Endüstriyel Tasarım Kültürü ve Uygulamaları
Yüksek Lisans Programı

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Ege Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne sunduğum "Sürdürülebilirlik Felsefesiyle Tasarlanmış Dizüstü Bilgisayar Sehpası Önerisi " adlı yüksek lisans tezimin kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarda bilimsel etik ve akademik kurallara uygun olduğunu, tez çalışması ve yazımı aşamalarında telif haklarının ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tez kapsamında elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı, yapılan atıfları kaynakçada usulüne uygun olarak gösterdiğimi beyan ederim.

Şeyma ERENER.

ÖNSÖZ

Eğitim hayatımın her anında bana bilgisiyle ve desteğiyle yardımcı olan annem Ulviye AKÇAY ERENER'e, sevgili babam Mehmet Emin ERENER'e, çalışma prensipleri ve edindiği başarıları kendime örnek aldığım İnşaat Yüksek Mühendisi abim Mehmet Fahrettin ERENER'e, her zaman yanımda olan canım kardeşim Berkay ERENER'e ve tez sürem boyunca desteklerini daima hissettiren arkadaşlarıma,

Yüksek lisans eğitimine başladığım günden bu yana her zaman desteğini sağlayan ve ufkumu açan sevgili hocam Doç. Dr. Serkan Boz'a, tez sürem boyunca çalışma konumun belirlenmesinde kıymetli fikirleriyle bana rehberlik eden, süreç boyunca bilgi birikimini benden esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Ziyet ÖNDOĞAN'a en içten şekilde teşekkür ederim.

İzmir, 2023

Şeyma ERENER

ÖZET

Sanayi Devrimiyle birlikte seri üretime geçiş doğal kaynak kullanımını ciddi bir biçimde arttırmıştır. Endüstriyelleşmenin dünya üzerindeki etkisi giderek olumsuz bir hal almıştır. Teknolojide yaşanan bir dizi gelişme sanayi devrimleri hız kazanmıştır. Üretim bantlarının uygulama süreçlerindeki ham madde kayıpları, enerji israfı, su kaynaklarının kontrolsüz kullanımı ve çevre kirliliği gibi nedenlerle çevre dostu yöntemler aranmaya başlamıştır. Sürdürülebilirlik kavramının çıkışıyla endüstriyel seri üretimde farklı metotlar denenmektedir. 4.Sanayi Devrimiyle Almanya’da temelleri atılan Endüstri 4.0 yöntemleri endüstriyel tasarımda sürdürülebilirliği amaçlamaktadır. Oluşturulan ağ sistemiyle ürünlerin prototiplenmesi, simüle edilmesi, eklemeli yöntemlerle işlenmesi, veri tabanı oluşturularak bilgisayarlar arası senkronizasyon sağlanması amaçlanmıştır. Teknolojik gelişmelerle her gün çağ atladığımız yeni çalışma modelleri de ortaya çıkmaktadır. Evden çalışma modeli gittikçe yaygınlaşan bir kavram olmaktadır. Bu modelde evden çalışma sistemi genellikle bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Dizüstü bilgisayarlarla uzun saatler boyunca çalışmak fizyolojik açıdan olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Kullanıcının konforunun ön planda olduğu bir bilgisayar sehpaı oldukça gereklidir. Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik düşünülerek geliştirilmiş bir ürün tasarımı literatürde bulunmamaktadır. Bu konuda literatüre katkı sağlamak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Endüstri 4.0, Endüstriyel tasarım, demonte, sehpa, 3 boyutlu yazıcı

Danışman: Prof. Dr. Ziyet ÖNDOĞAN, Ege Üniversitesi, Moda ve Tasarım Yüksekokulu, Endüstriyel Bölümü, İzmir, Türkiye

ABSTRACT

With the industrial revolution, the transition to mass production has significantly increased the use of natural resources in order to meet individuals' wants and needs. While scientists have contributed to the development of technology through their studies, they have also harmed the environment by using limited natural resources as if they were unlimited. Problems such as global warming due to climate change, air pollution caused by emissions from factories, water scarcity due to mass production and consumption, and challenges in raw material supply have emerged. In recent times, the impacts of these problems have become more noticeable, bringing the issue of sustainability to the forefront.

As new era business models emerge, office usage has decreased and the work-from-home model has been adopted by companies. As the model of working long hours at a computer at home becomes more widespread, there is an increasing need to create ergonomic workspaces that encompass both the computer and the individual. There are various studies in the literature on this subject. Initially, interior architectural studies that consider the individual's relationship with the space have been examined. The solution proposals found in these designs consist of designs that encompass all the necessary elements such as desk, chair, and storage areas, as well as designs that focus on the ergonomics of the desk and chair, which are highlighted by the use of 3D-printed leg details. Disadvantages of such designs include being specific to the dimensions of the applied space, causing space loss due to their fixed nature, or occupying a specific area within the space.

Stand designs specifically designed for computers have also been examined in the literature. Two types of products stand out. The first type includes products designed as intermediaries in terms of the position of the computer with the desk, aiming to provide ergonomic use for the user. Although these products are suitable for industrial production, they have not yet provided a solution to the user, chair, and unit issues. On the other hand, stands designed for the user to comfortably use the computer provide mobility and ease of storage. However, when evaluating these products in terms of material usage, it has been observed that sustainability is lacking.

Therefore, it is crucial to adopt a sustainable approach in industrial design considering the needs that arise with the widespread adoption of the work-from-home model. Environmentally friendly designs should be developed, taking into account factors such as material selection, energy efficiency, and recyclability. Additionally, designs that offer flexibility and mobility, and can be customized according to the user's needs, are important. In this way, the emerging needs associated with the work-from-home model can be met in accordance with the principles of sustainability, creating healthy work environments.

Keywords: Sustainability, Industry 4.0, Industrial design, disassembled, stand, 3D printer

Adviser: Prof. Dr. Ziyet ÖNDOĞAN ,Ege University Faculty of Fashion and Design, Industrial design, İzmir,Türkiye

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR	viii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İKİNCİ BÖLÜM SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI ve 3R KURALI

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı	6
2.2. Sürdürülebilirlik Kavramında 3R Kuralı.....	8

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ENDÜSTRİYEL TASARIM ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

3.1. Endüstriyel Tasarım Kavramı	11
3.2. Endüstriyel Tasarım Süreçleri	12
3.3. Endüstri 4.0. Kavramı	13
3.4. Endüstri 4.0. ve Sürdürülebilirlik İlişkisi	17
3.5. Endüstriyel Tasarımda Eklemeli İmalat	18

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal.....	25
4.2. Yöntem	26

BEŞİNCİ BÖLÜM

XAMBA DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI TASARIMI

5.1. Estetik Tasarımı.....	29
5.2. Ürün Teknik Tasarımı	35
5.3. Üretim Yöntemi Tasarım Süreci	39
5.4. Satış Sonrası Destek	42

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1. Sonuç	45
6.2. Öneriler.....	47
KAYNAKÇA.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Sürdürülebilirlik kavramında 3R kuralının şema görseli.....	10
Şekil 2. Endüstri 4.0. şema görseli.....	16
Şekil 3. Filament bobini görseli.	19
Şekil 4. FDM yazıcı görseli.	20
Şekil 5. 3 Boyutlu yazıcı sisteminin görsel anlatımı.....	21
Şekil 6. Xamba, Ürün görseli.....	29
Şekil 7. Ürünün kullanım alanı görseli.	30
Şekil 8. Durdurucu parça detay görseli.	30
Şekil 9. Ürünün tepeden görünüşü/ Soğutma ünitesi ve kablo boşluğu sol üst	32
Şekil 10. Fare pedinin detay görseli.....	33
Şekil 11. Kulp detayı ve talimat yazısı görseli.....	34
Şekil 12. Ürünün tepeden görünüşü/ kablo boşluğu (sol üst)	35
Şekil 13. Ürünün tepeden görünüşü/ skeç.....	37
Şekil 14. Ürünün önden ve yandan görünüşü/ skeç	37
Şekil 15. Ürünün patlatılmış görüntüsü/ skeç	38
Şekil 16. Ürünün kullanım şekli gösterimi / skeç	38
Şekil 17. Ürünün kullanıcıyla görünüşü / skeç	39
Şekil 18. Ürünün demonte görüntüsü/ skeç	43

KISALTMALAR

3R	Reduce, Reuse, Recycle.
EBM	Elektron Işınlı Ergitme.
CAD	Bilgisayar destekli yazılım.
DFA	Design For Aesthetics .
DFA	Design For Assembly.
DFE	Design For Ergonomics.
DFR	Design For Repairability.
DFS	Design For Safety.
DFT	Design For Testability.
DFM	Design For Manufacturing.
DFX	Design for X.
FDM	Eriterek Yığma ile Modelleme.
SLA	Stereolitografi.
SLE	Seçmeli Lazer Ergitme.
SLS	Seçmeli Lazer Sinterleme.
STL	3 boyutlu modelleme dosya uzantısı.
QR	Quick Response.

GİRİŞ

Sanayi Devrimiyle birlikte yaşanan seri üretim süreci, insanların istek ve ihtiyaçlarını karşılama konusunda önemli bir dönüm noktası olmuştur. Ancak bu süreçte, doğal kaynakların kullanımı konusunda ciddi bir artış gözlenmiş ve bu durum doğaya zarar veren sonuçlar doğurmuştur. Bilim insanları, teknolojinin gelişmesi için önemli çalışmalar yapmış olsa da, bu gelişmelerin hayata geçirilmesi sırasında sınırlı olan doğal kaynakları sınırsız bir şekilde kullanma eğilimi göstermişlerdir. Bu süreçte ortaya çıkan sorunlar arasında küresel ısınma, iklim değişikliği, hava kirliliği, su kaynaklarının yetersizliği ve hammadde tedariğindeki zorluklar ön plana çıkmaktadır. Küresel ısınma, sera gazlarının artmasıyla birlikte gezegenimizin ikliminin dengesini bozmakta ve çeşitli doğal afetlere neden olmaktadır. Fabrikalardaki gaz salınımları ise hava kalitesini olumsuz etkileyerek insan sağlığına zarar verebilmektedir. Seri üretim ve tüketim alışkanlıkları, su kaynaklarının aşırı kullanımına ve kıtlığa yol açmaktadır. Aynı şekilde hammadde tedariğindeki zorluklar da endüstriyel süreçlerin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Son dönemlerde bu sorunların etkilerinin daha da belirgin hale gelmesi, sürdürülebilirlik kavramını ön plana çıkarmıştır. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların dikkatli bir şekilde kullanılması, atık ve emisyonların azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin minimum düzeye indirilmesi gibi hedefleri içermektedir. Endüstriyel tasarım süreçlerinde sürdürülebilirlik ilkelerinin uygulanması, doğaya zarar veren etkilerin azaltılmasına ve daha yaşanabilir bir gelecek için adımlar atılmasına yardımcı olmaktadır.

Bu bağlamda endüstriyel tasarımda sürdürülebilirlik; malzeme seçimi, üretim yöntemleri, enerji kullanımı, ürün ömrü, geri dönüşüm ve atık yönetimi gibi unsurları içeren bir yaklaşımdır. Tasarımcılar, çevresel etkileri minimize edecek, doğal kaynakları verimli kullanacak, atıkları azaltacak ve ürünlerin yaşam döngüsünü uzatacak stratejiler geliştirmektedir. Bu sayede hem doğal kaynakların korunması sağlanmakta, hem de kullanıcıların sürdürülebilir ürünleri tercih etmesi teşvik edilmektedir.

Sürdürülebilirlik, endüstriyel tasarımın geleceği için büyük bir öneme sahiptir. Doğal kaynakların sınırlı olduğu bir dünyada, daha çevre dostu ve enerji verimli

ürünlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Böylece insan ihtiyaçları karşılanırken çevresel etkilerin minimize edildiği bir denge sağlanabilir. Endüstri 4.0 teknikleri de bu noktada önemli bir rol oynamaktadır çünkü dijitalleşme ve otomasyon sayesinde üretim süreçleri daha verimli hale getirilebilmekte ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Çağımızın getirdiği teknolojik gelişmelerle birlikte bireysel ihtiyaçlarımız değişime uğramıştır. Endüstri 4.0'ın getirisi olan sanal dünyayla insanlar teknolojik aletlerle dünyanın öbür ucuna bir “tık” mesafede durmaktadır. Çağı yakalamak ve küresel düzenin içinde kalmak için tasarımlara yenilikçi bakış açıları kazandırmak zorunlu hale gelmiştir. Çünkü teknoloji evrildikçe kullanıcının fiziki ve ruhsal ihtiyaçları değişerek farklılaşmıştır. Bunun için tasarımlarda öncelikli olarak kullanıcının hareket analizleri ve anatomik yapısı incelenerek çevresiyle uyumu göz önünde bulundurulmalıdır.

Son yıllarda evden çalışma “Home Office” modelinin tüm dünyada giderek yaygınlaştığını görmekteyiz. Başlıca sebeplerden biri firmaların ofis maliyetlerini azaltmak istemeleri olsa da, gençlerin ve çocukların da bilgisayar başında geçirdikleri vakitler azımsanamayacak seviyelerdedir (Žumárová, 2015).

2020 yılının başlarında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 virüsü sebebiyle alınan ulusal kısıtlama önlemleri uygulamalarıyla evden eğitim ve çalışma modeline geçilmiştir (Berberoğlu, v.d.,2021). Covid-19’labirlikte değişen sosyal alışkanlıklar insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu durumla beraber evdeki konfor alanının içerisine iş alanı da entegre edilmiştir. Masaüstü bilgisayar kullananlar sabit bir mobilyaya ihtiyaç duyarken dizüstü bilgisayar kullananların mobilite özelliği olan ürünlere yönelebilmektedir. Evdeki mevcut ekipmanlarla (Sandalye, masa, tabure gibi) bilgisayar başında geçirilen uzun saatler bel-boyun ağrılarını ve duruş bozukluklarını beraberinde getirmektedir. Bu özelliğe yönelik olarak kullanıcı ve ürün arasında ergonomik koşulları sağlayabilecek bir ürün ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Evde çalışma modelinin yaygınlaşmasıyla birlikte ergonomik çalışma alanlarının oluşturulması konusu önem kazanmıştır. Bu konuyla ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. İç mimari çalışmalar, evde çalışma alanlarının tasarımına odaklanarak çözüm önerileri sunmaktadır. Bu tasarımlar genellikle masa, sandalye ve depolama alanlarını içeren çözümleri kapsamaktadır. Ayrıca kayar sistem veya sabit mobilyalarla

birlikte ergonomiye önem verilen tasarımlar da bulunmaktadır. Ancak bu tasarımların bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Ürünlerin mekan ölçülerine özel olmaları sebebiyle sabit mobilya olmaları alan kaybına yol açmaktadır.

Literatürde ayrıca bilgisayar için tasarlanmış stant tasarımları da incelenmiştir. Bu tasarımlar arasında iki farklı tür ürün dikkat çekmektedir. Birinci tür, bilgisayarın masayla konumu aracılığıyla ergonomik bir kullanım sunmayı hedefleyen ürünlerdir. Bu ürünler endüstriyel üretime uygun olmalarına rağmen kullanıcı, oturak ve ünite gibi unsurlara çözüm getirebilme konusunda yeterince başarılı değildir. Diğer tür ise kullanıcının bilgisayarı rahatlıkla kullanabilmesi için tasarlanmış sehpaları içermektedir. Bu sehpa mobilite ve depolama kolaylığı sağlamaktadır. Ancak bu ürünlerin sürdürülebilirlik açısından eksiklikleri olduğu gözlemlenmiştir.

Bu noktada sürdürülebilirlik odaklı bir yaklaşımın evde çalışma alanlarının tasarımında önemli bir rol oynaması gerekmektedir. Malzeme seçimi, enerji verimliliği, geri dönüşüme uygunluk gibi faktörler göz önünde bulundurularak çevre dostu tasarımlar geliştirilmelidir. Ayrıca esneklik ve mobilite sağlayan, kullanıcının ihtiyaçlarına uygun şekilde özelleştirilebilen tasarımlar da önemlidir. Böylece evde çalışma modelinin yaygınlaşmasıyla birlikte ortaya çıkan ihtiyaçlar sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak karşılanabilmekte ve sağlıklı çalışma ortamları oluşturulabilmektedir.

Günümüzde doğal kaynak kullanımının hızla arttığı bu dönemde sürdürülebilir, geri dönüşüme uygun ve yenilenebilir tasarımlar ortaya koymak son derece önemlidir. Tezimde ele alacağım konu, kullanıcıya mobilite sağlayacak, çevreye duyarlı, ergonomik, demonte bir bilgisayar sehpa tasarımı önerisidir. Günümüzde giderek yaygınlaşan evden çalışma modeli için yapılacak çalışmanın, sürdürülebilirlik kavramı da ele alınarak tasarlanması literatüre katkı sağlayacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Sürdürülebilirlik kavramı benimsenerek tasarlanan dizüstü bilgisayar sehpası üzerine yapılan bu tez çalışmasına ilişkin literatür araştırması yapıldığında konunun içeriği hakkında birçok makale ve tez çalışması bulunmuş olsa da doğrudan bu çalışmanın konusu ile ilgili yapılan bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Aşağıda konuyla ilgili yapılan literatür çalışmasında bulunan makale ve tez çalışmalarına yer verilmiştir.

Recep BOZLAĞAN, 2005’de yayınladığı “Sürdürülebilir gelişme düşüncesinin tarihsel arka planı” makalesinde Sürdürülebilirlik kavramının çıkış noktasını ele alarak tarihsel gelişiminin süreçlerini ayrıntılı bir şekilde anlatmıştır.

Bahar DURAN, 2018’de yaptığı Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Master tezinde sürdürülebilirlik kavramının önemi ve karşılaşılan sorunların şirket politikalarında nasıl şekillendiği hakkında bilgi verirken sürdürülebilirlik raporlarını inceleyerek veri analizlerinde bulunmuştur.

William MCDONOUGH, 1992’de yaptığı çalışmasında Sürdürülebilirlik prensipleri olarak kabul edilen Hannover prensiplerini açıklamaktadır. Sürdürülebilirlik için doğrudan açık iletişimin savunulduğu bu yazı doğal kaynakların, çevrenin korunmasının sosyal adaletle dengelenmesi gerektiğini savunmaktadır. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını gözetmek için bireysel olarak alınması gereken önlemlere vurgu yapmaktadır.

Gökçe DERVİŞOĞLU OKANDAN, 2010’da “İstanbul’da Kültür Ekonomisini Döndüren Çarklardan biri; Endüstriyel Tasarım” çalışmasında Endüstriyel tasarımın tanımını yaparak kavramı kültür üzerinden ele almaktadır. Endüstri tasarımının İstanbul kültür ekonomisine katkısını anlatmaktadır. Kavramın ana hatları ve özellikleri özet şeklinde işlenmektedir.

Wade GRAHAM, 2016’da yayınladığı “Rüya Şehirler” kitabında Dünyayı şekillendiren 7 tasarım fikrini anlatırken devrim niteliğinde olan sanat akımlarını da tarihsel sürece uygun bir şekilde işlemektedir. Endüstriyel tasarımın çıkış noktası olarak

kabul edilen "Bauhaus" akımının başlangıcını ve gelişim sürecini akıcı bir dille anlatmaktadır. Tasarlanan üründe kitabın içindeki birçok bilgidен yararlanılmıştır.

Ahmet Fazıl ÖZSOYLU, 2017'de yazdığı Endüstri 4.0 konulu makalesinde 4.Sanayi sürecini ilk Sanayi Devrimini ele alarak anlatmaktadır. Endüstri 4.0'ın içeriğine odaklanan bu makale konunun detaylı bir şekilde işlenmesini sağlamıştır. Makaledeki bilgiler bu tezin içeriğine büyük katkı sağlamıştır.

Şeyma ERENER ve Serkan BOZ, 2021'de yayınladıkları makaleyle Endüstri 4.0'ın önemli bir kolu olan Eklemeli imalat sistemlerinin tanımını yapmaktadır. İmalat sistemlerinin detaylıca anlatımı verilen örnekler çalışma konusu olan tezin içeriğine katkı sağlamıştır. İmalat yöntemlerinin başlığından yola çıkarak tanımlamalar geliştirilmiştir.

Charles M. EASTMAN, 2012'de Tasarım için "X" kavramı üzerine yaptığı çalışmada tasarımın süreçlerini anlatmaktadır. Tasarımın süreçlerinin tanımını yaparak 7 ana başlıkta işlemektedir. Bir tasarım yapılırken bu süreçlerin takip edilmesi gerektiğini savunmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI ve 3R KURALI

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sanayi Devrimiyle birlikte seri üretime geçiş, bireylerin istek ve ihtiyaçlarını karşılama doğrultusunda doğal kaynakların kullanımını ciddi bir şekilde arttırmıştır. Bilim insanları yaptığı çalışmalarla teknolojinin gelişmesini sağlamış ancak bu gelişmeleri hayata geçirirken kısıtlı olan doğal kaynakları sınırsızmışçasına kullanarak doğaya zarar vermişlerdir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği, fabrikalardaki gaz salınımları sebebiyle hava kirliliği, seri üretim ve tüketime bağlı su kaynakları yetersizliği gibi sorunlar baş göstermiştir. Son dönemlerde bu problemlerin etkilerinin çok daha hissedilir boyutlara ulaşması sürdürülebilirlik konusunu ön plana çıkarmaktadır.

Endüstrileşme, nüfus artışı ve kaynak kullanımındaki hızlı artış gibi faktörler, doğal kaynakların aşırı sömürülmesine, çevre kirliliğine ve ekosistemlerin tahribine yol açmaktadır. Bu durum insanların uzun vadede sürdürülebilir bir gelecek için harekete geçme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

1972 tarihli Birleşmiş Milletler İnsan Çevre Konferansı (Stockholm Konferansı), uluslararası düzeyde çevre koruma ve sürdürülebilirlik konularını ele almıştır. Bu konferans, sürdürülebilirliğin birçok yönünü kapsayan bir bildiri olan "İnsan Çevresi Bildirgesi"ni kabul etmiştir (TC Dış işleri bakanlığı, n.d.). 1987 yılında ise Birleşmiş Milletler Dünya Komisyonu'nun hazırladığı Brundtland Raporu (Resmi adı: "Our Common Future"), sürdürülebilirliğin tanımını ve önemini geniş kitlelere duyurmuştur. Raporda sürdürülebilir kalkınmanın "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılamaları için kendi kaynaklarını tehlikeye atmadan bugünkü ihtiyaçları karşılayabilme yeteneği" olduğu belirtilmiştir (Bozlağan, 2005). Bu rapor, sürdürülebilirlik kavramının temelini oluşturmuş ve sürdürülebilirlik üzerine çalışmaların artmasına yol açmıştır. Sonraki yıllarda çeşitli uluslararası anlaşmalar (örneğin, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması) ve sürdürülebilirlikle ilgili hedeflerin belirlendiği Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler), sürdürülebilirlik çabalarını desteklemektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı, geri dönüştürülemeyen kaynakların yerine birbiri yerine tekrar eden bir döngüyle kullanılacak kaynaklardan elde edilen ve bu kaynakların kullanımından doğabilecek çevresel olumsuz etkilerin en aza indirilmesi şeklinde tanımlanabilir (Duran,2018). Bu kavram son endüstri devrimin önemli dayanaklarından bir tanesi olarak görülmektedir. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakların ve çevrenin korunmasını, ekonomik büyümenin sosyal adaletle dengelenmesini ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasını hedefleyen bir yaklaşımdır. Sürdürülebilirlik, dünya çapında birçok sektörde ve toplumun her düzeyinde uygulanması gereken önemli bir ilkedir (McDonough, 1992).

Doğal kaynakların sınırlı olduğu bir dünyada, kaynakların verimli kullanılması ve atık miktarının azaltılması gerekmektedir. Bu kavram, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesini, enerji ve su tasarrufunu teşvik etmeyi, doğal ekosistemlerin korunmasını ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesini içermektedir. Ayrıca karbon salınımlarının azaltılması ve iklim değişikliğiyle mücadele gibi çevresel sorunlara çözüm bulunmasını da barındırmaktadır.

Ekonomik sürdürülebilirlik, uzun vadeli büyümeyi ve ekonomik refahı sosyal adaletle dengeler. Sürdürülebilir bir ekonomi, kaynakların adil bir şekilde dağıtılmasını, iş gücü koşullarının iyileştirilmesini ve yoksulluğun azaltılmasını amaçlar. İnovasyon, yeşil teknolojilerin geliştirilmesi ve sürdürülebilir iş modellerinin benimsenmesi, ekonomik sürdürülebilirliğin önemli unsurlarıdır (Gedik, 2020).

Sosyal sürdürülebilirlik, toplumların refahını ve yaşam kalitesini artırmayı hedefler. Bu kavram, insan haklarına saygıyı, eşitliği, adaleti ve sosyal kapsayıcılığı içerir. Eğitim, sağlık hizmetleri, güvenli barınma ve iş imkanları gibi temel gereksinimlerin karşılanması, sosyal sürdürülebilirliğin bir parçasıdır. Ayrıca toplumların katılımını teşvik etmek, kültürel çeşitliliği desteklemek ve dezavantajlı grupların güçlendirilmesi de sosyal sürdürülebilirlik için önemlidir (Gedik, 2020).

Sürdürülebilirlik, bireylerin, toplumların ve işletmelerin kararlarında ve eylemlerinde dikkate alınması gereken bir ilkedir. Sürdürülebilir bir gelecek için herkesin sorumluluk alması ve harekete geçmesi gerekmektedir. Bireyler tüketim alışkanlıklarını gözden geçirerek daha sürdürülebilir seçimler yapabilir, atık miktarını azaltabilir ve doğal kaynakları koruyabilir. İşletmeler sürdürülebilirlik ilkelerini iş

stratejilerine entegre ederek çevresel ve sosyal etkilerini azaltabilir ve sürdürülebilir iş modelleri geliştirebilir (McDonough, 1992).

2.2. Sürdürülebilirlik Kavramında 3R Kuralı

Doğal kaynakların korunması ve atık miktarının azaltılması için çeşitli stratejilerin uygulanması gerekmektedir. Bu stratejilerden biri de "3R Kuralı"dır. Bu kural tüketim alışkanlıklarımızı gözden geçirerek daha sürdürülebilir bir yaşam tarzı benimsememizi teşvik etmektedir. Kullanılan teknolojiler değiştikçe yeni dönüşüm teknikleri de şekillenmektedir. Beş ana başlığa indirilen bu yöntemler çoğaltılabilmektedir. Rethink (Yeniden Düşün), Reduce (Azalt), Reuse (Yeniden Kullan), Repair (Tamir Et) ve Recycle (Geri dönüşüm) olarak ele alınmaktadır (Mohammed, v.d. 2020).

Rethink (Yeniden Düşün); bu adım, tüketim alışkanlıklarımızı ve satın alma kararlarımızı yeniden değerlendirmemizi sağlar. Yeniden düşünmek, ihtiyaçlarımızı sorgulamamızı ve gereksiz tüketimi azaltmayı amaçlar. Örneğin, herhangi bir ürünü satın almadan önce "Bu ürünü gerçekten ihtiyacım var mı?" diye düşünebiliriz. Alternatif çözümler araştırarak daha sürdürülebilir seçenekleri tercih edebiliriz. Bu adım, bilinçli tüketim ve kaynak kullanımı konusunda daha dikkatli olmamızı sağlar.

Reduce (Azalt); bu adım, tüketim miktarını ve atık oluşumunu azaltmayı hedeflemektedir. Azaltma, gereksiz tüketimi önlemek ve kaynakları daha verimli kullanmak anlamına gelmektedir. Kullanılan cihazların enerji tasarruflu olanlarının tercih edilmesiyle enerji sarfiyatının önüne geçilebilir. Aynı zamanda sürdürülebilir ambalajlı ürünlerin tercih edilmesiyle atık miktarı azaltılabilir. Azaltma yöntemi doğal kaynakların korunmasına ve çevre üzerindeki etkimizin azalmasına yardımcı olmaktadır.

Reuse (Yeniden Kullan); yeniden kullanım, kullanılabilir ürünleri tekrar kullanmayı içerir. Bu adım, ürünlerin ömrünü uzatarak atık miktarını azaltmayı hedefler. Plastik veya cam su şişelerinin tekrar doldurarak kullanılması çevre kirliliğinin engellenmesinde büyük katkı sağlamaktadır. Aynı şekilde plastik poşetleri birkaç kez kullanarak atık miktarı minimize edilebilmektedir. Ayrıca kullanılmış eşyaları başka bir amaç için yeniden kullanmak da (Upcycling) yeniden kullanım örneklerine örnek olarak

verilebilmektedir. Yeniden kullanım, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayarak atık miktarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

Repair (Tamir Et); bu adım, bozulmuş veya hasar görmüş eşyaları onararak kullanılabilir hale getirmeyi hedeflemektedir. Tamir etmeyle, ürünlerin ömrü uzatılmakta ve atık miktarı azalmaktadır. Kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlanmaktadır. Arızalanan bir elektronik cihazın tamiri yapılarak cihaz yeniden kullanılabilir hale getirilebilir. Tamir etme, atık üretiminin azalmasına ve yeni ürün satın alma ihtiyacının azalmasına yardımcı olmaktadır.

Recycle (Geridönüşüm); geri dönüşüm, kullanılmış malzemelerin dönüştürülerek yeni ürünlerin üretilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Geri dönüşüm, atıkları kaynaklara dönüştürerek doğal kaynakların korunmasına ve atık miktarının azaltılmasına yardımcı olur. Kağıt, cam, plastik ve metal gibi malzemelerin geri dönüşüm kutularına atılması geri dönüşüm sürecine katkıda bulunmaktadır. Geri dönüşüm, atık yönetimi sürecinde önemli bir adımdır ve sürdürülebilirlik için önemlidir. Ancak geri dönüşümün etkin olabilmesi için atıkların doğru şekilde ayrıştırılması ve geri dönüştürülebilir malzemelerin toplanması önemlidir. Bireyler, kurumlar ve toplumlar geri dönüşüm sürecine aktif olarak katılarak sürdürülebilir bir geri dönüşüm sistemi oluşturabilir ve çevresel etkileri en aza indirebilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENDÜSTRİYEL TASARIM ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

3.1. Endüstriyel Tasarım Kavramı

Endüstriyel Tasarım ya da Endüstri Ürünleri Tasarımı, genel hatlarıyla tüketicinin ihtiyaçlarına ve sorunlarına karşı bir cevap olmayı amaçlamaktadır. Estetik kaygıları da içinde bulunduran bu kavram tüketicinin sorununu ergonomik standartlar, yaratıcı bakış açısı, işlevsellik, hammadde seçimi, üretim teknikleri, pazarlama ve seri üretime uygunluk gibi kriterleri ele alarak çözmeyi hedeflemektedir. Sorunu çözmeye yönelik oluşturulan bu fikir, bahsedilen süreçlerden geçerek tüketiciye yeni bir ürün olarak sunulmaktadır (Okandan, 2010). Ulaşım, elektronik eşya, mobilya, aydınlatma, medikal ekipmanlar, cam ve seramik, kişisel bakım ürünleri, takı tasarımı, ambalaj tasarımı, eğlence sektörü, savunma sanayi, inşaat sektörü, moda, fuar sektörü, gıda, spor gibi hayatın her alanında endüstriyel tasarım ürünleri kullanılmaktadır.

Endüstriyel Tasarım kavramının başlangıcı Sanayi Devrimine dayanmaktadır. İnsan popülasyonunun giderek artması, dünyada yapılan keşifler ve mühendislik alanında yaşanan gelişmelerle tüketicinin ürün ihtiyacının karşılanması için yeni yollar geliştirilmiştir. Makineleşmeyle başlayan bu çağ seri üretimi de beraberinde getirmiştir. El yapımı ürünler daha uzun sürelerde imal edildikleri ve fire payları yüksek olduğu için maliyetli olmaya başlamış bu yüzden makineleşmenin getirdiği hız ve konfor yaygınlaşmaya başlamıştır. "The Arts & Crafts" hareketi, her ne kadar el sanatlarının seri üretim olan ürünlerden daha değerli olduklarını savunsa da, endüstriyel tasarım kavramı "Bauhaus" akımıyla tamamen benimsenmiştir. (Graham, 2016)

Tasarımın endüstri ürünü olarak tanımlanabilmesi için bir takım özellikleri içinde barındırması gerekmektedir. Tasarlanacak ürünün seri üretime uygun olması gerekmektedir. Tüketicie ergonomik açıdan fayda ve kolaylık sağlamalıdır. Ham madde seçimi kullanılacak alan göz önünde bulundurularak minimum fire verilecek şekilde tasarlanmalıdır. Tüketicie olan ilişkisi ve markanın pazarlama stratejisi düşünülerek ürünün estetik açıdan doyurucu olması gerekmektedir. Tasarımın özelliklerine göre üretim teknikleri belirlenmelidir.

3.2. Endüstriyel Tasarım Süreçleri

Endüstriyel bir tasarım ürünün oluşumunda, çıkış noktasından imalatına kadar belirli yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerle ürün her açıdan düşünülüp değerlendirilmektedir. Özellikle kalitenin yönetilmesi sürecince kullanılan tasarım için uygulamalar, "Design for X" (DFX) adı altında incelenmektedir. Türkçesi "Tasarım için X" olarak kullanılan bu kavramdaki "X" tasarım süreçlerindeki değişkenleri simgelemektedir (Kuo vd., 2001). Bahsi geçen "X" yerine kullanılabilecek değişkenlere göre DFX kavramı; Design For Manufacturing (DFM), Design For Assembly (DFA), Design For Testability (DFT), Design For Safety (DFS), Design For Repairability (DFR), Design For Ergonomi (DFE) ve Design For Aesthetics (DFA) olarak yedi başlıkta ele alınmaktadır. Fakat uygulanacak metot değişikliği ve üretilecek ürün özellikleri sebebiyle bu başlıklar arttırılabilmektedir (Eastman, 2012).

Design For Manufacturing (DFM); kavram üretim için tasarım ya da üretilirliği düşünülmüş tasarım olarak da tanımlanmaktadır. Somut ürün bazlı yürütülen projeler için en temel gereksinimlerden biri olmaktadır. Tasarlanan ürünün üretilebilir olması açısından değerlendirilmesi ve araştırılmasını içermektedir. Teknik detaylarda parçaların değerlendirilmesini esas almaktadır. Nihai ürünün ortaya çıkarılmasına kadar olan üretim süreçlerini değerlendirerek maliyet kontrolünü de sağlamayı hedeflemektedir (Kuo vd., 2001).

Design For Assembly (DFA); ürünlerin parça montajıyla ilgilenmektedir. Tasarımda montaj kolaylığı, hızlı birleşim ve buna bağlı maliyet azaltılmasını incelemektedir. Seri üretim bandındaki birleşim aşamasını da içinde barındırmaktadır (Kuo vd., 2001).

Design For Testability (DFT); tasarımın test edilmesi anlamına gelen bu kavram, ürünün kontrolleri sırasında yapılması gereken testleri ve test verilerinin uygulanabilirliğini kontrol etmektedir. Yürütülecek testlerin uygulanabilmesi için ara yüz ve detaylandırma çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Williams & Parker, 1983).

Design For Safety (DFS); tasarım için güvenlik konusu, ürünün oluşturulması sırasında uygulanacak güvenlik önlemlerini konu kalmaktadır. Tasarımın

oluşturulmasında kullanıcıyla olan kısmı düşünülmekte, üretiminde ise üretim bandı ve çalışanlar açısından güvenliği ele alınmaktadır (Poghosyan, vd.,2018).

Design For Repairability (DFR); tasarlanan ürünün bakım aşamasında, bakımının daha hızlı ve kolay yapılmasıyla ilgilenmektedir. Kullanılan bilgisayar destekli ara yüzlerin tasarım için kolaylık sağlamasını amaçlamaktadır. (Kuo vd., 2001).

Design For Ergonomi (DFE); tasarım için ergonomi konusu ürünün kullanıcıyla uyum halinde olması için oldukça önemlidir. Üretilcek ürününün kullanıcının fizyolojik yapısına göre tasarlanması kısmıyla ilgilenmektedir. Bununla ilgili olarak insanın vücut ölçüleri ve kullanım alan verileri araştırmaya katılmaktadır. Aynı şekilde dezavantajlı grup olarak geçen, çocuklar, hamileler ve engeli olan kişilerde veri taraması kullanılmaktadır. Ürünün teknik kısmının ergonomisi kadar kullanılacağı alan ve kullanacak kişi ilişkisi de oldukça önemlidir. Ergonomi konusunun çıkışı çalışanların çalışma sürelerinin arttırılmak istenmesiyle ortaya çıksa da, günümüzde kullanıcının hayatın her alanında konforunu sağlama amacıyla kullanılmaktadır (Zöllner, 2014).

Design For Aesthetics (DFA); tasarım için estetik kavramı nihai kullanıcıya ulaşabilmesi aşamasında oldukça önemlidir. Ürünün tasarlanmadan önce parçalarının daha estetik hale getirilmesi, bu bölümün konusunu oluşturmaktadır. Modelin ergonomisi sağlandıktan sonra kullanıcıya estetik açıdan çekici görünmesi sağlanmaktadır. Nihai ürünün hazırlanmasında, renk seçimi oldukça önemlidir. Kullanılan renklerin insan üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Renk seçimi kadar malzemenin belirlenmesi de önem taşımaktadır. Malzeme seçiminde verilecek kararlar ve kullanılacak doku farklılıkları kullanıcının hissiyatına hitap etme konusunda avantaj sağlamaktadır. Ürünün üzerindeki şekil, desen ve oluşturulacak boşluklar da estetik algıyı kuvvetlendirerek tasarımı çekici kılmaya yardımcı olmaktadır (Kuo vd., 2001).

3.3. Endüstri 4.0. Kavramı

İktisat tarihi, toplumların yaşamlarını derinden değiştiren ve performanslarının artırarak büyümesini sağlayan iki önemli değişikliği konu almaktadır. Bunlardan biri Tarım Devrimi, diğeri ise Sanayi Devrimi olarak tanımlanmaktadır. Tarım Devrimiyle birlikte yerleşik hayata geçişin başlaması, avcı-toplayıcı yaşam tarzının giderek

azalmasına yol açmıştır. Bu tarz bir değişiklik toplumların sosyo-ekonomik yapılarında devrim yaratmıştır. Yerleşik hayata geçişe bağlı nüfus artışları ve şehirleşme ihtiyacından doğan mimari kaygılar ortaya çıkmaya başlamıştır. Özel mülkiyet kavramı ortaya çıkarak idari yapı ve yönetim birimleri gelişmiştir (Özsoylu, 2017).

Bu sürecin başlamasından yaklaşık 10 bin yıl sonra insanlık tarihi için olan önemli ikinci gelişme Sanayi Devrimi yaşanmıştır. 1700'lerin ikinci yarısında İngiltere'de başlamış olan Endüstri Devrimi insan gücünün yerini makineleşmeye bırakmıştır. Buharlı makinaların icadıyla pek çok alanda seri üretime geçilerek üretim artırılmış ve maliyetler düşürülmüştür. İngiltere'de başlayan bu devrim kısa sürede Avrupa ve Amerika'ya da etki ederek sanayileşmeyi desteklemiş, böylece ülkelerin refah seviyeleri artmıştır (Özsoylu, 2017). Tarım ve hayvancılıkla ilgilenen toplumun bir kesimi de sanayi ve hizmet sektörüne yönelmiştir. Sanayi Devrimi, insanlara iş imkânları vererek yeni meslek kollarının da oluşmasını sağlamıştır. Endüstri Devrimi, yıllar içinde gelişerek devam etmiştir.

Çelik üretiminin ucuzlamasıyla gelişen demiryolu ağı sayesinde 2. Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır. 1. Dünya Savaşı ile birlikte başlayan ve 2. Dünya Savaşı kadar devam eden demir yollarındaki gelişmeler ulaşım ağlarını yaygınlaştırıp kolaylaştırmıştır. Hammadde tedarigi, bitmiş ürünün farklı pazarlara da ulaştırılabilirliği ulaşım ağı sayesinde gerçekleştirilmiştir. "Teknoloji Devrimi" şeklinde tanımlanan bu dönemde yarı mekanik makineler, ortaya çıkan buluşlar ve elektriğin de kullanımıyla endüstri adına çalışmalar hız kesmeden devam etmiştir.

2. Dünya Savaşı sonrasında yaşanan teknolojik gelişmelerle beraber 3. Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır. Mikro elektrik, bilgisayar, genetik, lazer ve nükleer gibi birçok alanlarda gelişmeler meydana gelmiştir (Özenir & Nakıboğlu, 2019). Diğer gelişme sıçramalarından farklı olarak endüstri alanında imalatın payı azaltılarak hizmete ağırlık verilmiştir. İstisnai olarak Almanya 2. Dünya Savaşı'ndan sonra ülkesini kalkındırmak amaçlı imalat sektöründe ilerlemeye devam etmiştir. Farklı birçok sektöründe içinde bulunduran kalkındırma projesinde, seri üretim bandını önem sıralamasında üstlere koyan Almanya, 4. Sanayi Devrimi için temellerini hazırlamaya başlamıştır (Özsoylu, 2017).

4.Sanayi Devrimi olarak bilinen Endüstri 4.0. kavramı, 2011 yılında Almanya’da Hannover Fuarı’nda ortaya çıkan ilk üç Sanayi Devrimi'ndeki mekanizasyon, elektrik ve bilişim teknolojilerine nesnelerin ve hizmetlerin internetinin üretim ortamına dahil edilmesidir (Kagermann, Helbig, Hellinger, v.d., 2013). 4.Sanayi kavramının bileşenleri sayesinde günümüz ve geleceğin vizyonu verimli ve modüler üretim sistemlerini içererek ürünlerin kendi üretim süreçlerini kontrol ettiği senaryolardan oluşacaktır (Lasi, Fettke, Kemper, v.d., 2014). Bu sayede Endüstri 4.0.’la insanlığın günümüze kadar oluşturduğu çevre kirliliği ve doğal kaynak tüketimini azaltarak yavaşlatmak hedeflenmiştir (Özenir İ. & Nakıboğlu, 2019).

Endüstri 4.0. kavramı, üretimde bilgisayar destekli ileri teknoloji stratejilerini kapsayarak ve günümüz iş modellerini kökten değiştirecek gömülü sistem ve akıllı üretim süreçlerini birleştirmeyi esas almaktadır (MacDougall, 2014). Hammaddeyle başlayarak tedarikçiden fabrikaya, dağıtımçı şirketten lojistik ağına ve son olarak nihai kullanıcıya kadar birbirine bağlı bir iletişim ağı oluşturmayı hedeflemektedir. (Carvalho, Chaim, Cazarini v.d., 2018). Bu uygulamayla üretim bandı sensör, aktüatör ve otonom sistemlerle kurularak, endüstriyel internet ağı, siber güvenlik ve buluta aktarım, veri toplama, yatay ve dikey entegrasyonlar, simülasyon, artırılmış gerçeklik ve eklemeli üretim (3 boyutlu baskı) teknolojileriyle çevrelenecektir (Cordes ve Stacey, 2017) (Şekil 2).



Şekil 2. Endüstri 4.0. şema görseli.

Endüstri 4.0. teknolojileri, markaların uygulayacağı tedarik zinciri üzerinde veri görünürlüğü sağlamasına imkan tanımaktadır. Akıllı üretim sistemi, şirketlerin ürün ve hizmetlerinin hızlı, düşük maliyetli ve kaliteli olmasını sağlamaktadır. Şekil 2'de bahsedilen döngüyle üretimin daha kontrollü, düşük maliyetli, hammadde denetimli ve geliştirilebilir olması sağlanmaktadır. Nesnelerin interneti sayesinde üretim ve tasarımda kullanılan robotlar, birbiriyle iletişim halinde olarak değişen üretim stratejilerine hızlı adapte olabilmektedir. Veri akışı hızlı bir şekilde sağlanarak geri dönüşler alınmaktadır. Bu sayede sistem entegrasyonu sağlanarak veri analizleri yapılmaktadır (Erol, Jäger, Hold, v.d., 2016). Kullanılan eklemeleri üretim yöntemleri, tasarımcıya ürün geliştirme aşamasında hızlı prototip imkanı tanımakta ve revize şansı yaratmaktadır. Yine artırılmış gerçeklik sayesinde tasarımın üretilmeden üç boyutlu bir şekilde algılanması sağlanmaktadır. Aynı şekilde hizmet sektöründe ürünün üretilmeden simülasyonunun kullanıcısıyla buluşması sağlanmaktadır.

3.4. Endüstri 4.0. ve Sürdürülebilirlik İlişkisi

Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda 1992 yılında ilk defa ortaya atılan sürdürülebilir üretim kavramı, sürdürülebilir kalkınmanın kilit bileşenlerinden biri olmaktadır (Krajncve Glavič, 2003). Sürdürülebilir üretim, üretim ve hizmetlerinde, çevre dostu, enerji ve doğal kaynakları koruyan, işçi, toplum ve nihai kullanıcı için güvenilir sistemlerin kullanılmasını içermektedir (Özenir & Nakıboğlu, 2019), Yeşil tasarım, çevre dostu hammadde kullanımı ve üretimde planlamanın optimizasyonu ile çevreye zararlı madde kullanımını azaltan imalat yöntemlerinin geliştirilmesidir (Kangvd., 2016). Seri üretimde kullanılan hammadde ve zarar gören doğal kaynaklar sürdürülebilirlik kavramının önemini gün yüzüne çıkarmaktadır. Hızlı tüketim ve buna bağlı oluşan atıklar da düşünüldüğünde Endüstri 4.0'ın sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir tasarıma katkısı ön plana çıkmaktadır. Endüstri 4.0. sürdürülebilirliğin, Reduce (Azaltma), Reuse (Tekrar Kullanım), Recycle (Geri Dönüşüm), Rebuy (Geri Satın Alma), Upcycling (İleri Dönüşüm) kavramlarının yerine getirilmesini de içermektedir.

Endüstri 4.0. kavramı diğer devrimlerden üç temel özellik ile ayrılmaktadır. Bu özellikler; yeni ve geliştirilmiş teknolojilerin kullanımını hızla bağlayarak, kendisini besleyen ve geliştiren sistemler üreterek, her şeyin bağlantılı olduğu ağ sistemleriyle bütünsel bir dönüşüm bandı oluşturmaktır (Fırat ve Fırat, 2017a). Oluşturulan bu ağ sayesinde üretici, ürünün nihai haline getirilmesi sürecinde oluşabilecek hataları minimize ederek sürdürülebilirlik kavramının gereklerini de yerine getiriyecektir.

Tasarım, üretim, hizmet, ulaşım ve geri dönüşüm olarak ele alınan Endüstri 4.0 sisteminin temelinde; üretim bandında "fazla" olan ne varsa optimize etmek yatmaktadır. Minimum birimden maksimum verim almayı, enerji, hammadde ve iş gücü tasarrufu sağlamayı amaçlamaktadır. Kullanılan hammaddenin minimum fireyle işlenmesi sağlanarak doğal kaynak kullanımını minimize etmek için eklemeli imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Özellikle üretim aşamasındaki enerji kaybı, hammadde ve hata paylarını minimize etmek amacıyla eklemeli üretim(3 boyutlu baskı) tekniklerinden fazlaca yararlanılmaktadır. Bununla birlikte tasarlanan ürünün daha üretim aşamasına gelmeden sanal gerçeklik gibi bilgisayar destekli, iki ve üç boyutlu görsel oluşturma

programlarıyla çizilmesi, gereksiz doğal kaynak kullanımını engellemektedir. Üretim öncesi kontrollerin yapılması için, eklemeli imalat yöntemleri kullanılarak yapılan prototipler sayesinde, üretim bandında oluşabilecek olası hatalar minimize edilmektedir. Bu yöntemin bir diğer katkısı ise; 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan basım malzemelerinin çoğunun ısıtılarak geri dönüşüme kazandırılabilmesi olmasıdır (Erener & Boz, 2021). Nesnelerin interneti sayesinde kurulan sistem entegrasyonu, bilgisayarların aralarında bilgi ağı geliştirerek veri depolamasına olanak sağlamaktadır. Çalışanları birbiriyle koordineli olmasına olanak sağlayan bu düzen oluşabilecek her türlü enerji sarfiyatını engellemektedir. Buluta yükleme ile elde edilen veriler kurumsal temelli sistemlere aktararak, ürün kalite kontrolünün hızlıca çözülmesine imkân sağlamaktadır. Eş zamanlı olarak dijital ekranlardan takip edilebilecek bu süreçler denetim prosedürlerini uygulamayı kolaylaştırmaktadır. Verilerin buluta aktarımı fiziksel depolamanın önüne geçerek kullanılabilir doğal kaynağın tasarrufunu sağlamaktadır. Döngünün temelinde azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüşüm ilkelerini bulundurmaktadır. Sürdürülebilirliğin geri satın alma ve ileri dönüşüm kısımları içinse; firmaların ürünü geri alması durumunda, ürünün doğaya kazandırılması ya da yenilenerek satışı kısmında Endüstri 4.0. teknikleri kullanılmaktadır.

3.5. Endüstriyel Tasarımda Eklemeli İmalat

Endüstriyel Tasarım, makineleşmeyle birlikte ortaya çıkan seri üretim tabanlı bir kavramdır. Ürünlerdeki el işi kısmının minimize edilmesiyle imalattan maksimum verim alma amaçlanmaktadır. Endüstriyel Tasarım; ürün çıkış noktası, teknik ve 3 boyutlu çizim, prototip geliştirme, veri analizi, revizyon, ürün imalat yöntemlerinin belirlenmesi, malzeme seçimi, nihai ürünün oluşturulması ve paketleme süreçlerinden oluşmaktadır. Üretim bantlarının başından sonuna düşünüldüğü Endüstri 4.0., endüstriyel tasarım süreçlerine katkı sağlamaktadır.

Endüstri 4.0. kavramı, üretimde bilgisayar destekli ileri teknoloji stratejilerini kapsayarak günümüz iş modellerini kökten değiştirecek gömülü sistem ve akıllı üretim süreçlerini birleştirmeyi esas almaktadır (MacDougall, 2014). Hammaddeyle başlayarak tedarikçiden fabrikaya, dağıtımçı şirketten lojistik ağına ve son olarak nihai kullanıcıya kadar birbirine bağlı bir iletişim ağı oluşturmayı hedeflemektedir (Carvalho, Chaim,

Cazarini v.d., 2018). Bu uygulamayla endüstriyel üretim bandı sensör, aktüatör ve otonom sistemlerle kurulmaktadır. Seri üretim endüstriyel internet ağı, siber güvenlik, buluta aktarım, veri toplama, yatay ve dikey entegrasyonlar, simülasyon, artırılmış gerçeklik ve eklemeli üretim (3 boyutlu baskı) teknolojileriyle çevrelenmektedir (Cordes ve Stacey, 2017). Kullanılacak bu yöntemler üretimin verimliliğini arttırarak, üretim bandındaki insan kaynaklı hataları minimize edip, üretime anında müdahale revize, değiştirme ve ekleme kolaylığı sunacaktır.

Özellikle üretim aşamasındaki enerji kaybı hammadde ve hata paylarını minimize etmek amacıyla eklemeli üretim (3 boyutlu baskı) tekniklerinden fazlaca yararlanılacaktır. Eklemeli imalat, bilgisayar destekli tasarım programları aracılığıyla tasarlanan bir ürünün teknik çizim verilerinin belirli bir formatta 3 boyutlu yazıcıya yüklenmesidir. Kullanılacak malzemenin makinada ısıtılıp eritilerek birbiri ardına katmanlı bir yapı halinde ürünü oluşturma yöntemidir. 3 Boyutlu yazıcı teknolojisi tasarlanacak ürüne bilgisayar ortamında prototip, kalıp ve bitmiş ürün oluşturma imkanı sağlamaktadır. Nihai ürüne eldeki oluşturulan veriler yardımıyla yedek parça desteğini sağlamak da mümkün olmaktadır. Bu teknoloji Tıp, Uzay ve Havacılık, Kalıpcılık, Otomotiv, Dişçilik, Askeri donanım, Mimari, Kişisel araç-gereç, Heykeltçilik, Kuyumculuk, Eğitim, Moda, Gıda ve Endüstriyel Tasarım alanında prototip, kalıp, nihai ürün ya da yedek parça üretim amacıyla kullanılmaktadır (Özsoy, & Duman, 2017).



Şekil 3. Filament bobini görseli.

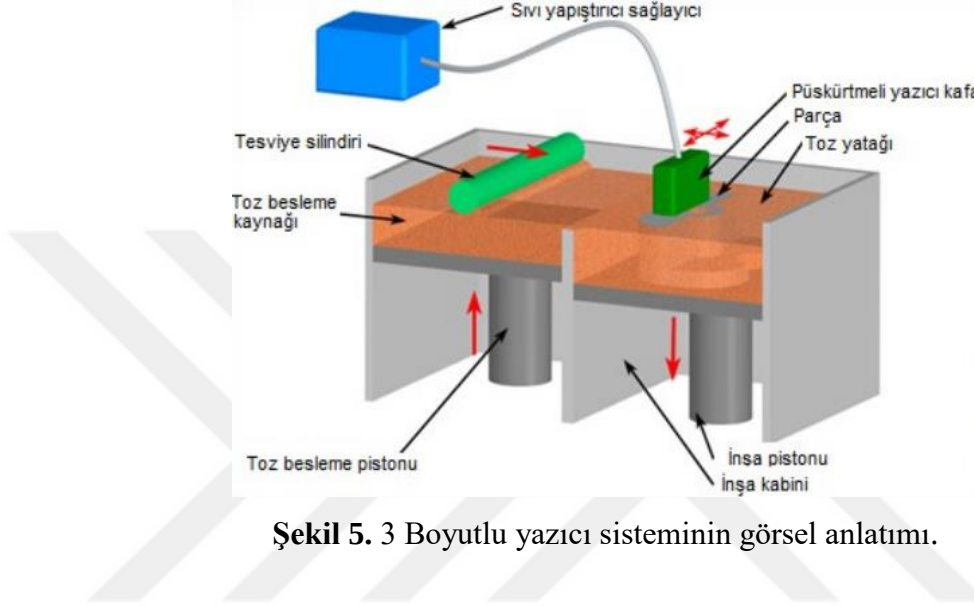


Şekil 4. FDM yazıcı görseli.

3 Boyutlu yazıcı kullanılan üretim teknolojileri örneklenen sektörlerin üretim teknikleri ve malzemelerine göre farklı özellikleri barındırmaktadırlar. Bu özellikler 3 Boyutlu yazıcıların baskı kalitesi, yapısal ve şekilsel donanımlarıyla alakalıdır. Kullanım amacı bakımından yazıcılar iki grupta incelenmektedir. Ev tipi olarak adlandırılan masaüstü boy yazıcıların, kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlaması açısından ebatları küçüktür. Hobi amaçlı kullanıma daha uygundur. Ticari amaçlı üretime uygun tasarlanmış yazıcılarda ise baskı kalitesi yüksektir ve ebatları daha büyüktür. Endüstriyel bir görünüme sahiplerdir. Basım tekniği açısından değerlendirildiğinde en yaygın beş yöntem; Stereolitografi (SLA), Ergiterek Yığılma ile Modelleme (FDM), Seçmeli Lazer Sinterleme (SLS) ve Seçmeli Lazer Ergitme (SLE), Elektron Işınlı Ergitme (EBM) olarak listelenmektedir (Groth, Kravitz, Jones, v.d. 2014).

Eklemeli üretimde kullanılan 3 boyutlu yazıcıların geliştirilmesi ABD'de Massachussets Teknoloji Enstitüsü'nde meydana gelmiştir. Cihazların çalışma prensibi toz, sıvı veya katı halde olan baskı malzemelerinin işlenmesidir. İşlenen materyallerle dijital platformda tasarlanan ürün baskıya verilmektedir. Yazıcı kullanılan maddeyi püskürtme kafasından zemine yaymaya başlayarak katmanlı bir yapı halinde üç boyut kazandırmaktadır. Bir yapı inşa eden yazıcı, üründe oluşturduğu destek ayakları sayesinde şeklin formunun korunmasını sağlamaktadır. İşlem bittikten sonra oluşan

destek saçakları fırça veya el yardımıyla ortadan kaldırılmaktadır. Genel hatlarıyla tüm yazıcıların çalışma stili bu şekilde olmaktadır. Malzeme ve uygulama farklılıkları meydana gelse de 3 boyutlu yazıcıların çalışma şekli değişmemektedir (Erener & Boz, 2021).



Şekil 5. 3 Boyutlu yazıcı sisteminin görsel anlatımı.

Steryolitografi tekniği, sıvı halde bulunan fotopolimer reçine tabaksına ultraviyole lazer ışınını noktasal bir şekilde yansıtarak belirli bölgelerinin katılaştırılması prensibine dayanmaktadır. Sıvı dolu bir tank içindeki fotopolimer malzemeyi lazer yardımıyla katılaştırarak bir araya getirmeyi amaçlamaktadır (Ekte, 2019). Baskı sırasında reçine tabaksının lazer ışınıyla taranmasıyla ilk katman oluşturulmaktadır. Katman bitimiyle parçanın bulunduğu tabla (elevator) katman kalınlığı kadar aşağı inerek yeni kat için hazırlanan sıvı fotopolimer alttakinin üstüne sıvanarak katılaştırılmaktadır. Bu işlem kendini arka arkaya tekrar ederek çizimdeki parçanın 3 boyutlu modeli basılmaktadır. Ürünün basımı bittikten sonra parça reçine havuzundan çıkarılır ve destek göreyi gören yapı parçadan ayrıştırılmaktadır (Groth, Kravitz, Jones, v.d. 2014) .

Sıvı reçine olan fotopolimer, malzemesi yapısı gereği ışığa duyarlıdır. UV (Ultraviyole) ışık ile katılaştırılmaktadır. Fotopolimerlerin içine eklenen farklı katkı maddeleriyle tipik etkileri değişiklik göstermektedir. Basılı nesnelerin sertliği,

dayanıklılığı ve esnekliğini içine karıştırılan maddelere göre değişmektedir (Anon,2020).

Katı zemin kürleme, ingilizce “Solid Ground Curing” adıyla da bilinen bir yöntemdir. Basım işlemi sırasında yüzeye ince bir tabaka fotopolimer püskürtülmektedir. Aynı anda cam bir plaka üzerine elektrofotografi yöntemiyle cam toner yardımıyla maske oluşturulmaktadır. Maske fotopolimer tabakası üzerine getirildikten sonra güçlü bir ampül yardımıyla ultraviyole ışık verilmektedir. Maskelenmemiş alanlar kür olarak kalmakta ve sıvı haldeki polimer vakum kafasıyla emilmektedir. Vakum ile temizlenen alanlara destek malzemesi olarak erimiş mum püskürtülmektedir. Çabuk sertleşmesi sağlanmak istenen mumun üzerine su ile soğutulan metal bir plaka ile bastırılmaktadır. İşlem bittikten sonra yüzey freze çakısıyla tıraşlanmaktadır (Özsoy, & Duman, 2017).

Lamine nesne üretimi, Kaliforniya merkezli Helisys Inc. şirketi tarafında geliştirilen hızlı bir prototipleme sistemidir. LOM teknolojisi, bilgisayar ortamında yapılan çizim dosyasının verilerini esas alarak yapılan birleşim ve kesim mantığıyla çalışmaktadır (Ekte, 2019). Bu yöntemde Platform üzerinde malzemenin ilerlemesini sağlayan besleme mekanizması, birleştirme işlemi için basınç uygulayacak ısıtılmış bir silindir ve parçayı kesmeye yaran bir lazer bulunmaktadır. Laminasyon işlemi, yapışkan kaplanmış levhanın bir önceki katman ile birleştirip kesilmesiyle yapılmaktadır. Lazer yardımıyla tüm katmanlar parça sınırından kesilmektedir. Kesme işlemi tamamlanan levhalar platform kalınlığına eşit derinlikte aşağı indirilerek birbiri üzerine ilerletilmektedir. Platform hafifçe yükseldikten sonra ısıtılmış silindir üzerine basınç uygulayarak malzemeye yeni katmanı yapıştırmaktadır. Lazer ise, kesim yaparak ana şekli ve dış kısımları birbirinden ayırmaktadır. Kesim bitene kadar bu işlem uygulanmaktadır (Özsoy, & Duman, 2017).

Eriyik yığarak modelleme (Fused Deposition Modeling /FDM), 1988 yılında ortaya çıkan bu teknik termoplastik malzeme kullanılarak bobine sarılmış bir filament boru yardımıyla basım yapmaktadır. Filament ince kablo şeklindedir ve sarmal halinde bobinde durmaktadır. Bu yöntemle malzeme yazının kafasına ulaştığında ısıyla yarı-eritilmiş hale getirilmektedir (Groth, Kravitz, Jones, v.d. 2014). Kafasındaki ince uçlu nozuldan filament ısıtıp eriterek akıtmaktadır. Nozuldan ısıtılarak çıkan filament

tablanın üzerine katmanlar oluşturmaktadır. Katmanın yazımı bittikten sonra kafa sabit kalarak tabla bir kademe aşağı inerek parça inşa edilmektedir. Bu üretim yönteminin 2 farklı basım tekniği bulunmaktadır. Diğer teknikte ise katman bittikten sonra tabla sabit kalarak kafa yukarı hareket etmektedir (Groth, Kravitz, Jones, v.d. 2014). Yazıcının kafasında eriyen malzeme oda sıcaklığında anında soğuyarak katılaşmaktadır. Basım işlemi bittikten sonra parça tabladan alınıp destek için atılan saçakları temizlenmektedir.

Kullanılacağı sektöre göre malzemeler çeşit kazanmaktadır. Yazıcıda PETG (Polietilen tereftalat), HIPS (High Impact Polystyrene), PVA (Polivinil alkol), ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) ve PLA (Biopolimer Polilaktik Asit) türleri kullanılmaktadır (Eke, 2019). En yaygın olarak kullanılan plastikler ABS ve PLA'dır (Gvimradze, 2019).

ABS, petrol bazlı bir polimerdir. Kimyasal içeriği sebebiyle basım işlemi sırasında eritilirken toksik gaz salınımı yapmaktadır. Hafif sert, işlenmesi kolay ve dayanıklıdır (Gvimradze, 2019). Belirli aşamalardan geçerek geri dönüşüme girmektedir (PAGEV, n.d.).

PLA'nın yapısı bio bazlı materyallerden oluşmaktadır. İçeriği şeker kamışı ve mısır nişastasıdır. ABS'ye kıyasla PLA'nın yanık kokusu toksik değildir. Doğada çözünebilen geri dönüşüme uygun bir malzemedir (Gvimradze, 2019).

MJF, bahsedilen diğer eklemeli imalat sistemlerindeki temel çalışma prensini uygulayarak ısıyla eritilmiş inşa malzemesinin nozuldan püskürtülmesiyle, 3 Boyutlu model üretimini sağlamaktadır. Fotopolimer sıvı reçinenin UV ışını sayesinde kirlenmesi işleminin defalarca tekrarlanmasıyla parça oluşumu sağlanmaktadır. Bu üretim yönteminin amacı inşa edilen modele farklı özellikler kazandırabilmektir. Üretimi yapılan tek bir parçanın üzerinde farklı özellikler bulunmasına imkan sağlamaktadır. Multijet modelleme yönteminde değişen malzeme adetlerine göre kullanılan enjeksiyon kafalarından boş tabla üzerine püskürtme uygulanmaktadır. Püskürtülen hammaddeyle oluşturulan katman, malzeme tahliye edildiği anda UV ışınlar yardımıyla soğutularak katılaştırılmaktadır. Basım sırasında enjeksiyon kafaları iş birliği yaparak biri ürünü imal ederken diğeri destek yollarını atmaktadır. İmalat işlemi bittikten sonra parça yerinden çıkarılarak destek saçakları temizlenmektedir (Özsoy, & Duman, 2017). Her

katmanda (cihazın türüne göre) tabla aşağı inerek parçayı kademeli bir şekilde inşa etmektedir.

SLS ve SLE yöntemleri, 1980'li yılların ortalarında Amerika'da Teksas Üniversitesinde geliştirilmiştir. Kullanılan sistemde ısıtıldığında kaynaşabilen özellikteki toz halinde bulunan inşa malzemesi tabla üzerine yayılmaktadır. Yüzeydeki seçili bölgeler lazer ısıyla taranmaktadır. Lazerin ısıyla eriyen ve sinterlenen toz malzeme temas halinde diğer parçacıklarla kaynaşarak taranan bölgedeki katmanı oluşturmaktadır (Deckard,, 1989) (Anon,2019). İşlemin devamında diğer sistemlerde olduğu gibi tablanın aşağı yukarı hareketiyle nihai parça elde edilmektedir. Üretim aşaması bittikten sonra artık parçalar vakumlu emici, fırça veya manuel olarak temizlenmektedir.

İngilizce adı “Electron Beam Melting” olan Elektron ışınli eritme sistemi, çalışma prensibi açısından Seçici lazer sinterleme (SLS) yöntemiyle benzer şekilde uygulanmaktadır. Fakat EBM işleminde metal tozları kullanılmaktadır. Güçlü elektron ışınlarıyla metal tozları işlenerek yüksek yoğunluklu metal parçalar elde edilmektedir (Anon,2019).

Bahsi geçen bütün yöntemlerde imalat için hazırlanan program dosyasının formatı STL olarak belirtilmektedir. STL formatı yaygın olarak kullanılan bir tasarım programı uzantısıdır. Yüksek çözünürlüklü olması imalatla kolaylık sağladığından tercih edilmektedir. Fakat farklı formatlarda kaydedilen modellerin de basımı yapılabilmektedir. Üretime başlamadan önce filament kontrolü, ürün yerleşimi ve hata kontrol basımı yapılmaktadır. Basılacak modelin inşa yönü, destek kontrolü de yapıldıktan sonra model yazıcıya gönderilerek işleme başlanmaktadır. Yazıcının püskürtme ağızı gelen verilerle modeli kat kat oluşturarak ürünü ortaya çıkarmaktadır. Yazımı biten ürünün destek ayakları/saçakları temizlenerek nihai ürün ortaya çıkarılmaktadır (Özsoy, & Duman, 2017).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Mateyal

Düşünülen ürün konsept tasarım olduğundan, teze konu olan projenin ortaya çıkışında bilgisayar destekli modelleme programlarından yararlanılmıştır. Tasarlanan ürününün skeç oluşturma kısmından nihai görsel tasarımına kadar olan sürecinde kullanılacak programlar özenle seçilmiştir.

Ürünün form çizimleri 2 Boyutlu olarak çizilmiştir. AutoCad programı kullanılarak ürünün teknik detayları belirlenmiştir.

AutoCAD; Autodesk tarafından geliştirilen bir Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımıdır (Omura, 2012) CAD yazılımları, Mimarlar, Mühendisler, İç Mimarlar ve diğer tasarım profesyonelleri tarafından kullanılan teknik çizimlerin oluşturulması, düzenlenmesi ve analiz edilmesi için kullanılan bir araçtır. AutoCAD, 2B ve 3B tasarımların oluşturulmasına ve düzenlenmesine olanak tanır. AutoCAD, dünya genelinde birçok endüstri ve sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mimari projelerin tasarlanması ve çizimi, mekanik parça tasarımları, elektrik ve elektronik sistemlerin çizimi, harita ve yol tasarımları, iç mekân tasarımları gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Ürünün teknik detayları belirlendikten sonra 3 Boyutlu tasarım süreci için modelleme programlarından yardım alınmıştır. Ön geliştirme ve skeç çalışması için SketchUp Pro kullanılmıştır.

SketchUp Pro; Trimble tarafından geliştirilen ve profesyonel kullanıcılar için tasarlanmış bir 3B modelleme ve tasarım yazılımıdır. SketchUp Pro, Mimarlar, İç Mimarlar, Mühendisler, Endüstriyel Tasarımcılar ve diğer görsel sanatlarla uğraşan profesyonellerin kullanabileceği birçok özellik sunar (Chopra, 2012). Google Sketchup, kullanıcılara hızlı ve kolay bir şekilde 3 boyutlu modeller oluşturma imkânı sağlar. İleri derecede modelleme becerileri gerektirmeyen kullanıcı dostu bir ara yüze sahiptir. Kullanıcılar, nesneleri çizebilir, taşıyabilir, döndürebilir ve ölçeklendirebilir. Ayrıca, yüzeylere renk, doku ve malzeme özellikleri ekleyebilirler. Modelleri farklı dosya

formatlarına dışa aktarabilme ve başka yazılımlardan 3 boyutlu modelleri içe aktarabilme yeteneğine sahiptir. Bu sayede, projeleri diğer 3 boyutlu modelleme ve tasarım yazılımlarıyla uyumlu hale getirebilmektedir. Kullanıcı dostu ara yüzü, hızlı ve kolay modelleme imkanı ve geniş eklenti desteği ile 3 boyutlu modelleme ve tasarım süreçlerini basitleştirir ve verimliliği artırır. Bu yüzden ürün tasarımının ilk ayağında kullanılmıştır. Oluşturulan modelin diğer yazılım programına aktarımını kolaylaştırmaktadır. Üretim sürecinde skeç oluşturmak için kullanılmıştır.

Ürünün kullanıcıya anlatılabilmesi için oluşturulan 3 boyutlu modelin görselleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede mobilyanın nihai halinin nasıl olacağı konusunda bilgi alınmaktadır. Render'dan (Görselleştirme) önce modelin nihai haline ulaştırılması için 3dsMax programı kullanılmıştır.

3ds Max; Autodesk tarafından geliştirilen ve görsel efektler, animasyonlar, oyun geliştirme, mimari ve iç mekan tasarımı gibi birçok alanda profesyoneller tarafından kullanılan kapsamlı bir 3 boyutlu modelleme, animasyon ve görselleştirme yazılımıdır (Reinhart & Breton, 2009). Bu yazılım kullanılarak nihai haline getirilen ürünün modeline, görselleştirme için malzeme ataması yapılmaktadır. Gerçekçi ürün malzemeleri atılan modele görselleştirme aşaması için sahne oluşturulmaktadır.

Vray; programıyla sağlanan görseller ürünün detay ve alan görsellerinin gerçekçi görüntü çıktısını vermektedir. V-Ray, Chaos Group tarafından geliştirilen popüler bir 3D render motorudur. V-Ray, farklı 3 boyutlu modelleme yazılımlarıyla entegre çalışabilen bir eklenti olarak kullanılır ve foto gerçekçi görsellerin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. V-Ray, farklı malzeme türleri için gerçekçi fiziksel yansıma özelliklerine sahiptir. Metal, cam, ahşap, kumaş gibi malzemelerin yüzey özelliklerini gerçekçi bir şekilde simüle edebilmektedir. Ayrıca, gerçek ışık kaynaklarının davranışını doğru bir şekilde modellere uygulayarak doğal ışıklandırma sonuçları elde edebilmektedir (He, 2022).

4.2. Yöntem

Ürünün çıkış noktası “Home Office” isimli çalışma yönteminin yaygınlaşmasıyla hızla artan bilgisayar kullanımı ve buna bağlı olarak değişen kullanım alışkanlıklarının incelenmesidir. Masaüstü bilgisayarların yerini alan dizüstü

bilgisayarların kullanıcıyla arasındaki ergonominin incelenmesiyle bir ürün ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Dizüstü bilgisayarlar da masaüstü bilgisayarlar gibi masa ve sandalyeden oluşan bir çalışma grubunda kullanılabilir. Tasarımları gereği mobiliteye de uygundur fakat kullanıcıyla arasında bir ürüne ihtiyaç duymaktadır. Bunun sebebi, insanların oturdukları yüzeyde, herhangi aracı bir sehpa kullanmadan uzun sürelerde dizüstü bilgisayarda çalışmasının ergonomik açıdan optimum konforu sağlayamayacak olmasıdır. Yine dizüstü bilgisayarın mobilitelik özelliği ele alınarak ürünün de sabit bir mobilya olmaması gerektiği düşünülmüştür. Bu sebeple mobiliteye uygun demonte özelliklerde olan bir dizüstü bilgisayar sehpa tasarımı düşünülmüştür. Ürünün demonte olması yer tasarrufu sağlamaktadır. Aynı zamanda bu özellik gerekli yedek parça desteğine de imkân sağlamaktadır. Tasarlanan bu üründe sürdürülebilir kaygılar gözetilmektedir. Ürün formuyla kullanıcı ve makine ergonomisini sağlamaktadır. Üretiminde 3 boyutlu yazıcı teknolojilerinin uygulanmasıyla ve malzeme seçimiyle sürdürülebilir özellikte bir mobilya tasarımı elde edilmektedir. Zarif tasarımıyla estetik bir görüntü vermeyi amaçlarken, teknik özellikleri sayesinde kullanıcıya birden farklı renk seçeneği imkanı sunmaktadır.

Gerekli çizimler yapılırken ürünün ismi "Xamba" olarak belirlenmiştir. Kullanılan renkleri ve dinamik yapısı sebebiyle ismini "Samba" müziğinden ve festival kıyafetlerinden almıştır. Ürün isminin başında kullanılan "X" ise tasarım yöntemleri için kullanılacak olan DFX uygulamasındaki X'in değişkenliğini temsil etmektedir.

Ürünün teknik tasarım kısmında DFX yöntemleri kullanılmıştır. Design For Manufacturing ile ürünün üretilebilirliği ve nasıl üretilebileceği önerisi ele alınmıştır. Ürünün üretim teknik önerisi için taşıyıcı ayaklarında 3 boyutlu baskı tekniği kullanılırken sehpanın üst yüzeyi ve çerçevesinde CNC ile kesim tekniği uygulanmaktadır. Parçanın montajıyla ilgili kısım için Design For Assembly yönteminden faydalanılmıştır. Ürünün konseptine uygun düşünülmüş parçalar demonte olarak tercih edilmiştir. Design For Testability için 3 boyutlu modelleme teknikleri kullanılmış görünüş ve teknik detayları kontrol edilmiştir. Design For Safety kısmında ürünün formunun revizyonu sağlanmıştır. Nihai formda kullanıcıya tehlike oluşturabilecek kısımlar en aza indirilmiştir. Xamba, Design For Repairability için demonte formda tasarlanmıştır. Masa ve sehpa gibi ürünlerin en çok hasar alan kısımları

genellikle taşıyıcı ayak ve köşeleri olduğu için bu kısımlar 3 boyutlu yazıcıdan basılması düşünülmüştür. Demonte formda olan ürünün hasarlı parçası yazıcı sayesinde kolayca yenilebilecektir. Ayrıca mouse pad kısmı Velbant'lı olarak düşünülmüştür ve zarar görmesi halinde yedek parça imkânı sağlanabilecektir. Design For Ergonomic ile ürünün formu şekillendirilmiştir. Kullanıcı ve dizüstü bilgisayara uygun olarak tasarım yapılmıştır. Bilgisayarın sehpa üzerindeki konumu, elin mouse pad ile mesafesi, sehpanın eğimi ve kullanıcının bilgisayara uzaklığı gibi faktörler de ele alınmıştır. Bu verilere dayanak oluşturulan şekil Design For Aesthetics ile estetik açıdan değerlendirilmiştir. Renk ve şekil açısından dinamik bir form yakalanmıştır. Kontrast renkler tercih edilen ürünün çekiciliğinin arttırılması amaçlanmıştır. Tasarımda sehpanın ayak kısımlarının parçaları kullanıcıya ürünü özelleştirme imkânı tanımaktadır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

XAMBA DİZÜSTÜ BİLGİSAYAR SEHPASI TASARIMI

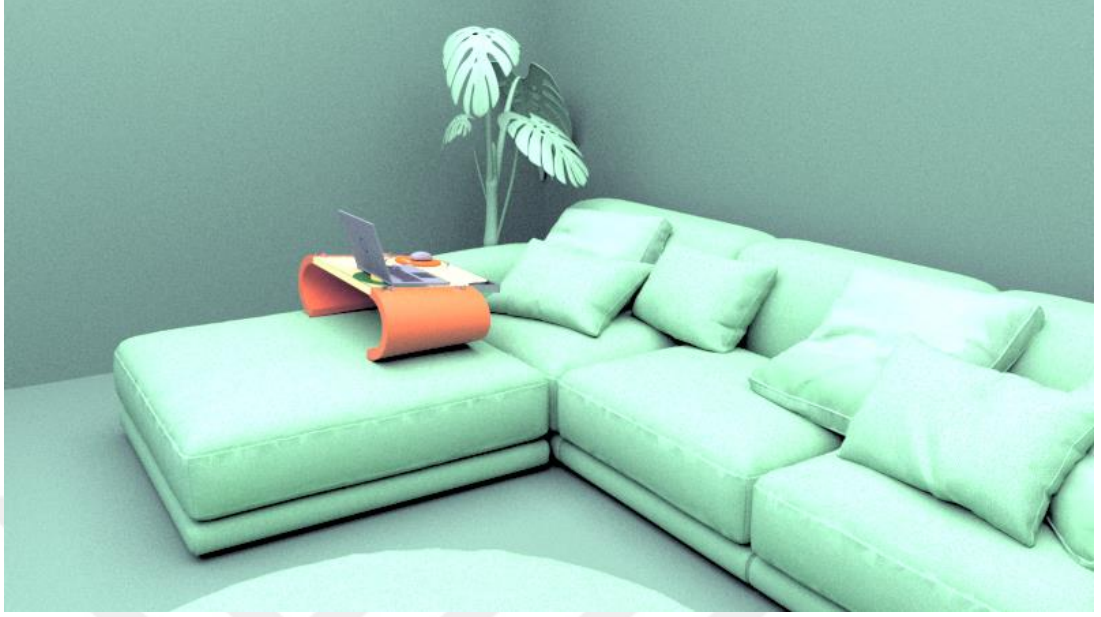
5.1. Estetik Tasarımı

Xamba, kullanıcıya dizüstü bilgisayar kullanırken maksimum konfor sunmayı amaçlar. Kullanım alanları koltuk, berjer, puf gibi iç mekanda kullanıcının kendi konforunu uzun süreler boyunca sağlayabileceği alanlardır. Ürün kullanıcının üzerinde eğimli bir tepsi görevindedir. Bu eğim sayesinde kullanıcıya dizüstü bilgisayarını kendi göz hizasına göre ayarlama imkanı tanır.



Şekil 6. Xamba, Ürün görseli.

Xamba, tasarlanırken hem kullanıcıyla arasındaki ergonomi hem de dizüstü bilgisayarla arasındaki uyum düşünülerek tasarlanmıştır. Ürünün tabladaki eğimli kısmından dizüstü bilgisayarın kayabileceği düşünülerek yüzeyin üzerine kabartmalı durdurucu görevde harfler eklenmiştir. Bu sayede olası sallanmalarda dizüstü bilgisayarın herhangi bir hasar alması önlenmiştir. Durdurucu harfler dizüstü bilgisayarın kaymasını engellerken soğutucu alanda kalmasını da sağlamaktadır. Bu yüzden ingilizce “cool down” soğuma bölümü yazısı yer almaktadır. Bilgilendirme yazısı tasarımın bir parçası haline getirilerek form fonksiyonla bütünleştirilmiştir.



Şekil 7. Ürünün kullanım alanı görseli.



Şekil 8. Durdurucu parça detay görseli.

Dizüstü bilgisayarlar sıklıkla yoğun kullanım altında ısınabilir ve bu durum performans düşüklüğüne veya hatta cihazın zarar görmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle soğutma alanı oluşturularak bu sorun ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Kullanılan pervane, cihazın altındaki hava akışını artırarak ısıнын etkili bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır. Böylece bilgisayarın daha uzun süreli ve sorunsuz bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir.

Alanın etrafındaki "yeşil çizgi" şarj kısmı olduğunu temsil etmektedir. Çevre dostu ve sürdürülebilir bir tasarımı temsil eden yeşil renkle çevrelenmiştir. Bu da kullanıcıda çevre bilincini artırarak sürdürülebilirlik konusunda bir farkındalık yaratmayı amaçlar.

Tasarlanan sehpa da dikkate alınan bir diğer özellik, sol üst köşede yer alan şarj kablosu için düşünülen boşluktur. Bu boşluk kullanıcının şarj kablosunu düzenli bir şekilde yerleştirebilmesini sağlamaktadır. Kontrolsüz bir biçimde konumlandırmanın neden olabileceği kırılma veya aşınma gibi sorunların önüne geçmeyi hedefler. Bu şekilde kullanıcının cihazını güvenli ve düzenli bir şekilde şarj edebilmesi sağlanmaktadır.

Sol alt köşede bulunan boşluk cep telefonu şarj aleti, kablolu kulaklık ve benzeri bağımsız kablolu cihazların kullanımını desteklemek amacıyla özel olarak tasarlanmıştır. Bu bölüm, kullanıcının bu tür cihazları düzenli bir şekilde yerleştirebilmesini ve kablolardaki karışıklığı önlemeyi hedeflemektedir. Düzenli bir kablo yönetimi, kullanıcıya pratiklik sağlar ve elektronik cihazların kullanımını daha keyifli hale getirmektedir. Kablolardaki düzen, kabloların hasar görmesini önler ve kullanıcıların cihazlarını düzenli ve temiz bir şekilde kullanmalarını sağlamaktadır. Ayrıca kabloların birbirine dolanması veya karışması gibi sorunların önüne geçilerek kullanıcının zamanını ve enerjisini tasarruf etmesine yardımcı olmaktadır.

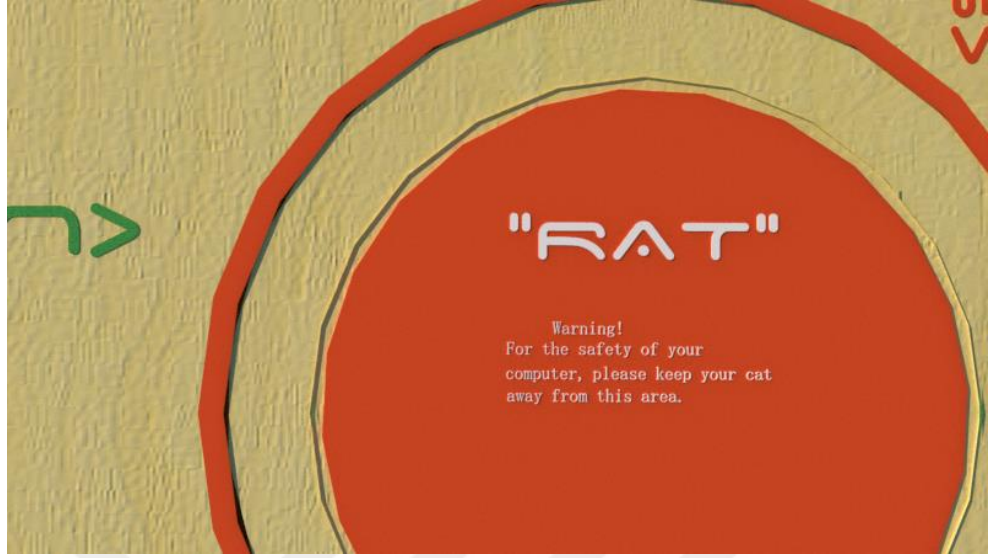


Şekil 9. Ürünün tepeden görünüşü/ Soğutma ünitesi ve kablo boşluğu sol üst

Farenin kullanılacağı alan, ürünün ana rengi olan turuncuyla belirginleştirilmiştir. Taşıyıcı ayaklarla aynı renk olan bu kısım, soğuma alanındaki yeşil kullanımıyla bir kontrast yakalamaktadır. Sıcak tonlardaki turuncu renk, yaratıcılığı ve enerjikliği temsil eder. Bu sayede, kullanıcıya canlılık ve hareketlilik hissi verilir.

Fare pedi üzerinde İngilizce olarak "Rat" yazmaktadır. Bu kelime, "Fare" anlamına gelir ve tasarıma espritüel bir bakış açısı katmaktadır. "Rat" kelimesinin kullanılmasıyla genç ve dinamik bir tasarım ortaya çıkartılmak istenmektedir. İngilizce kelimenin seçimi, ürüne uluslararası bir karakter kazandırarak geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmayı hedefler.

Tasarımda renk ve kelime oyunları ile ürüne karakter ve benzersizlik kazandırılmak istenmiştir. Turuncu renk, kullanıcılara enerji ve canlılık hissi verirken, yeşil renk ile kontrast oluşturarak dikkat çekmektedir. "Rat" kelimesi ise sıradan bir "fare" ifadesinden farklı, etkileyici ve fütüristik bir yaklaşım sunmaktadır. Tasarım seçimleri, ürünün genç ve dinamik bir kullanıcı kitlesine hitap etmesini amaçlamaktadır. Kullanıcılar farklılık arayan bir tasarımı tercih ederek kendi tarzlarını yansıtabilir ve enerjik bir çalışma deneyimi yaşayabilirler.



Şekil 10. Fare pedinin detay görseli

Destek ayaklarının üzerinde yer alan "Push or Pull" yazısı, parçaların nasıl kullanılacağına dair talimatları gösterirken aynı zamanda tasarıma estetik bir bütünlük katmaktadır. Bu yazı, kullanıcıya parçaları iterek veya çekerek hareket ettirmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu basit ve net talimatlar, kullanıcının ürünü doğru bir şekilde kullanmasına yardımcı olmaktadır.

Yazının yanında yer alan kulp detayları, destek ayaklarının montaj ve demontaj işlemlerinde kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Kulp detayları, kullanıcının destek ayaklarını kolayca yerleştirmesini veya çıkarmasını sağlamaktadır. Bu sayede kullanıcıya pratiklik ve kullanım kolaylığı sunulmaktadır.

Kulp detaylarının konumlandırılması, kullanıcının parçaları tutarken daha iyi kavrama ve kontrol sağlamasını amaçlamaktadır. Bu detaylar, destek ayaklarının üst bölümünde stratejik bir şekilde yerleştirilir ve kullanıcının parçaları rahatlıkla taşımasını veya yerleştirmesini sağlamaktadır.

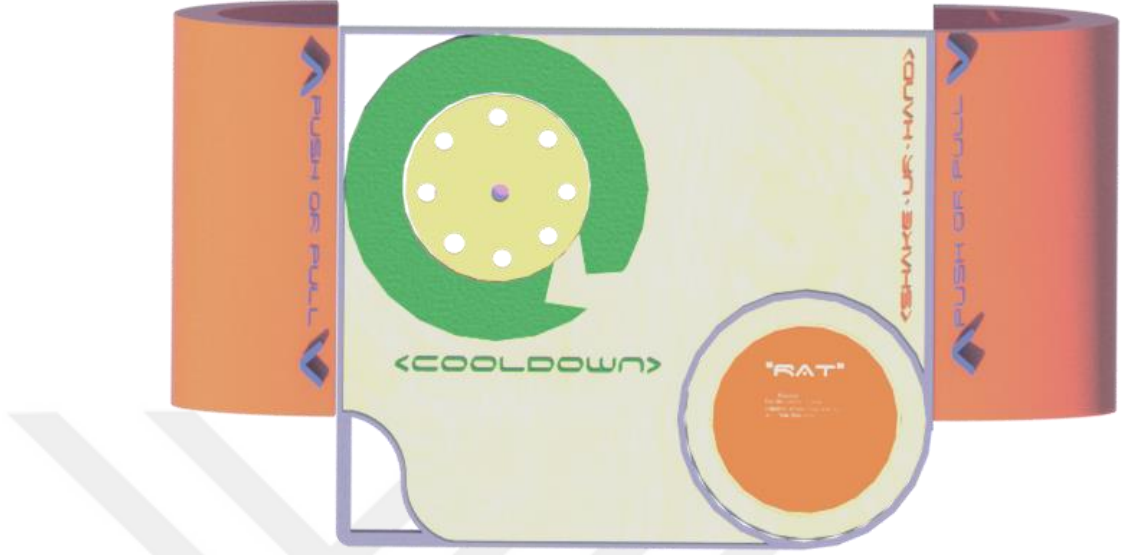
Alınan tasarım kararları kullanıcının ürünü doğru bir şekilde kullanmasını kolaylaştırırken, aynı zamanda estetik bir bütünlük sağlamaktadır. Talimatların açık olması, kullanıcının ürünü doğru ve etkin bir şekilde kullanabilmesine yardımcı olmaktadır. Bu sayede kullanıcının ürünü doğru ve verimli bir şekilde kullanması sağlanarak kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir.



Şekil 11. Kulp detayı ve talimat yazısı görseli.

Tablanın sol alt ve üst köşesinde oluşturulan boşluklar kullanıcıya kablolarını istediği yerden kolaylıkla organize etme imkânı tanımaktadır. Bu boşluklar aynı zamanda ürünün taşınmasında da kulp görevi görmektedir. Kullanıcılar tablayı bu boşlukları tutarak kolayca taşıyabilmektedir. Bu tasarım özelliği, ürünün taşınabilirliğini artırmakta ve kullanıcıların tablayı istedikleri yere rahatlıkla taşımalarını sağlamaktadır. Tablanın sağ alt kısmında bulunan kavisli dönüş, kullanıcılara fare kullanımında rahatlık sağlamaktadır. Kavisli olan formu sayesinde kullanıcının elinin doğal bir pozisyonda fareyi kavramasını kolaylaştırarak uzun süreli kullanımda konfor sağlamaktadır. Kullanıcılar bu özellik sayesinde, daha rahat ve doğal bir şekilde fareyi kullanabilmektedir.

Tasarımda kullanılan bu detaylar kullanıcıya daha iyi bir deneyim sunmayı hedeflemektedir. Kablolardaki düzen çalışma alanında düzeni sağlar ve kullanıcının kablolarla uğraşmak zorunda kalmadan verimli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Taşınabilirlik özelliği, kullanıcıların tablayı istedikleri yere kolayca taşıyabilmesini hedeflemektedir. Bu şekilde kullanıcılar üründen en iyi şekilde faydalanabilmekte ve kullanım deneyimini daha keyifli hale getirebilmektedir.



Şekil 12. Ürünün tepeden görünüşü/ kablo boşluğu (sol üst)

5.2. Ürün Teknik Tasarımı

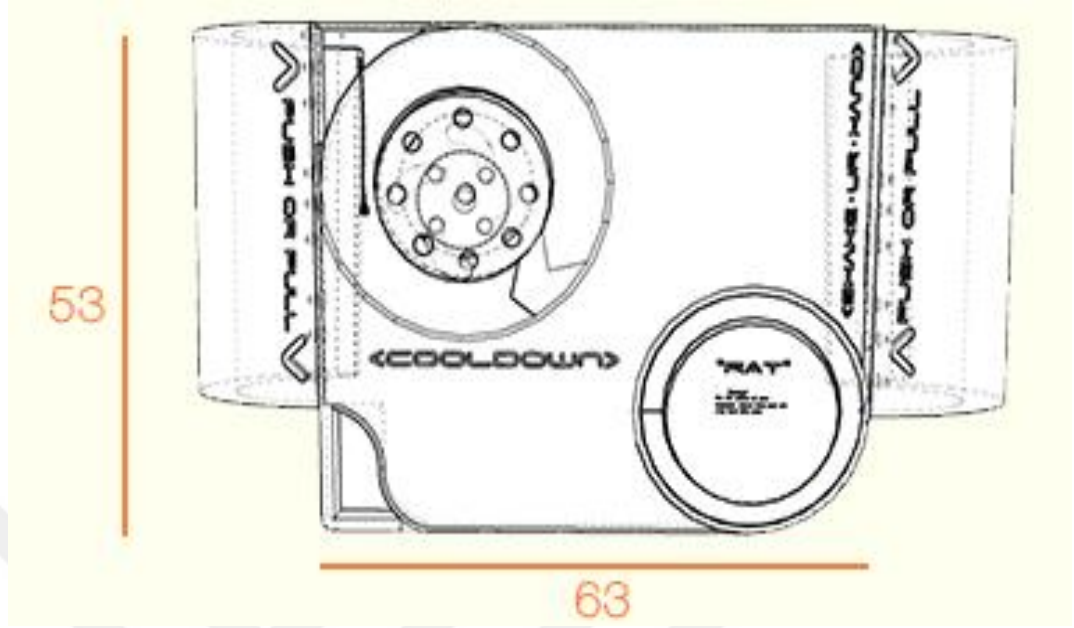
Tasarlanan dizüstü bilgisayar sehпасı, taşıyıcı ayaklar, çalışma tablası ve koruyucu çerçeve olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler, ürünün montajı sırasında bir araya getirilerek el ile birbirine geçirme yöntemiyle birleştirilir. Her bir bölüm tasarımın detaylarına sahiptir ve farklı fonksiyonları yerine getirmektedir.

Taşıyıcı ayaklar, sehpa ya stabilite katmak ve yüzeyde düzgün bir şekilde durmasını sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Sehpada 2 adet ayak bulunmaktadır. Genellikle metal veya plastik malzemeden üretilen ayaklar, tablanın alt kısmında yer alır ve sağlam bir temel oluşturmaktadır. Tasarlanan üründe, ayakların kavisli yapısı denge soruna çözüm sağlamaktadır. Ayrıca kullanıcıya bacaklarını hareket ettirebileceği ekstra alan oluşturabilmek için bu form tercih edilmiştir. Bacakların şekli kullanıcıyı çevreleyen yarım elips seklindedir. Tasarımı gereği kullanıcının ergonomisi göz önüne alındığı için ürünün taşıyıcı ayakları kullanıcıya temas etmemektedir. Bacakların alt yüzeyi koltuk, berjer vb. oturma yüzeylerinin üstüne oturmaktadır. Bu sayede kullanıcı sehpanın ve dizüstü bilgisayarın yükünü üzerinde uzun süreler boyunca taşımak zorunda kalmamaktadır. Ayakları demonte formda tasarlanmıştır. Bu sayede kolay

kurulumu imkan tanımaktadır. Çalışma tablası, dizüstü bilgisayarı yerleştirmek ve kullanıcıya bir çalışma alanı sunmak için tasarlanmıştır. Bu alan dizüstü bilgisayarın kullanıcıyla ergonomik ölçütlerini karşılayabilecek şekilde açılı bir tasarımdır. Dizüstü bilgisayarların kullanıcıyla göz ve el hizası baz alındığında ortalama 10-36 derecelerde eğimle kullanılması önerilmektedir (Alyami & Albarrati ,2016). Bu öneriler kullanıcının bel, boyun ve göz ergonomisinin optimum düzeyi sağlayabilmesi açısından verilmektedir (Yu. vd. ,2018) (Zöllner, F. 2014). Tablanın açısı da 18 derece olarak tasarlanmıştır. Sehpanın üstü yüzeyinde konumlandırılan kablo düzenleme boşlukları, dizüstü bilgisayarların genel teknik özellikleri düşünülerek sol tarafta tasarlanmıştır. Bilgisayarın ısınmasına karşı tablanın üzerinde sol tarafta soğuma alanı düşünülmüştür. Soğuma alanının bulunduğu kısımda usb ile bilgisayardan enerjisini üretebilen pervane konumlandırılmıştır. 10x10cm olarak tercih edilen pervane dizüstü bilgisayarın konumlandırılacağı alana yerleştirilmiştir. Tasarımın açılı yapısı gereği bilgisayarın olası bir sallanmada kayma yapmaması için tablanın üzerine bilgisayarın önüne gelecek şekilde stoperler yerleştirilmiştir. Tablanın üzerinde yer alan mouse ped, velbant özelliği sayesinde yenilenebilir ve temizlenebilir.

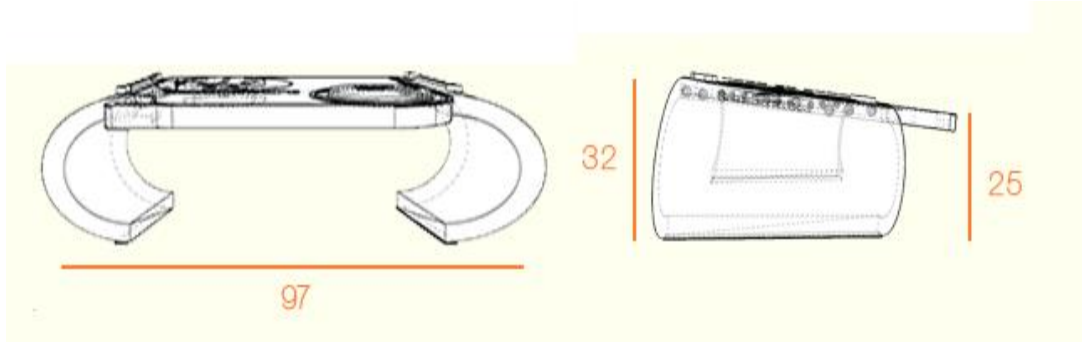
Koruyucu çerçeve, dizüstü bilgisayarın yan taraflarını ve köşelerini korumak için tasarlanmıştır. Bu çerçeve alüminyum malzemeden düşünülmüştür ve bilgisayar sehpasının çizilmelere, darbelere veya hasarlara karşı korunmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda ürüne estetik bir görünüm katarak kullanıcının bilgisayarını güvenle yerleştirmesini sağlamakta ve demonte haldeyken tablayı koruma görevini üstlenmektedir.

Bu tasarımın her bir bölümü işlevseldir. Parçalar el yardımıyla ve raylı sistemle birleştirilerek kullanıcıya kolay montaj imkânı sunmaktadır. Tasarımın her bir detayı, ürünün kullanımını optimize etmeyi ve sağlam bir yapı oluşturmayı hedeflemektedir. Bu şekilde kullanıcılar istedikleri şekilde dizüstü bilgisayarlarını kullanabilirken, sehpaalarını güvenli bir şekilde saklayabilmektedir.

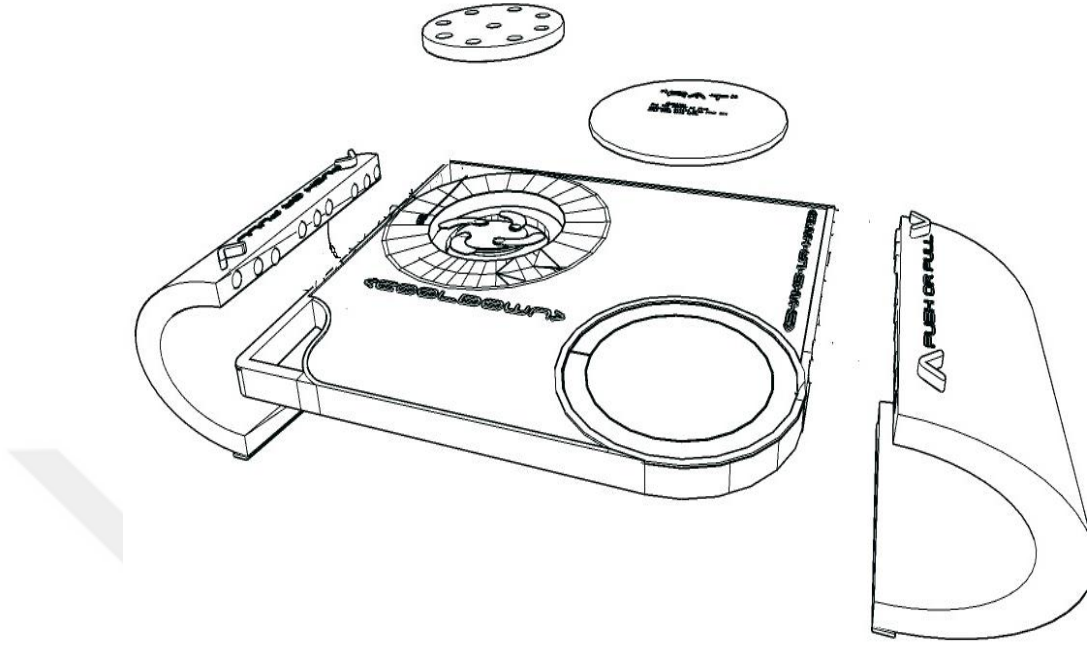


Şekil 13. Ürünün tepeden görünüşü/ skeç

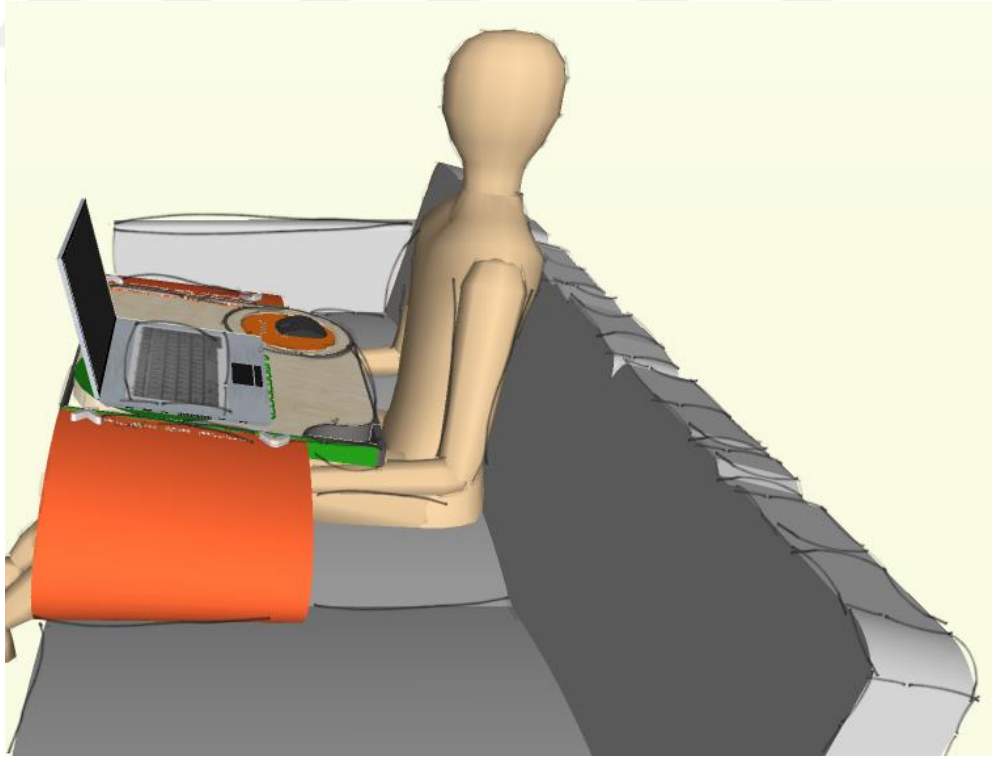
Ürünün düşünülen ölçüleri şekil 13 ve 14’de gösterilmektedir. Xamba’nın üstten görünüşü, en ve boy ölçülerini göstermektedir. Ön ve yan görünüş ise ürünün, ön ve arka kısmın yükseklik ölçülerini ve en geniş kısmının enini belirtmektedir. Ürünün demonte halinin parça görseli de şekil 14’de gösterilmektedir.



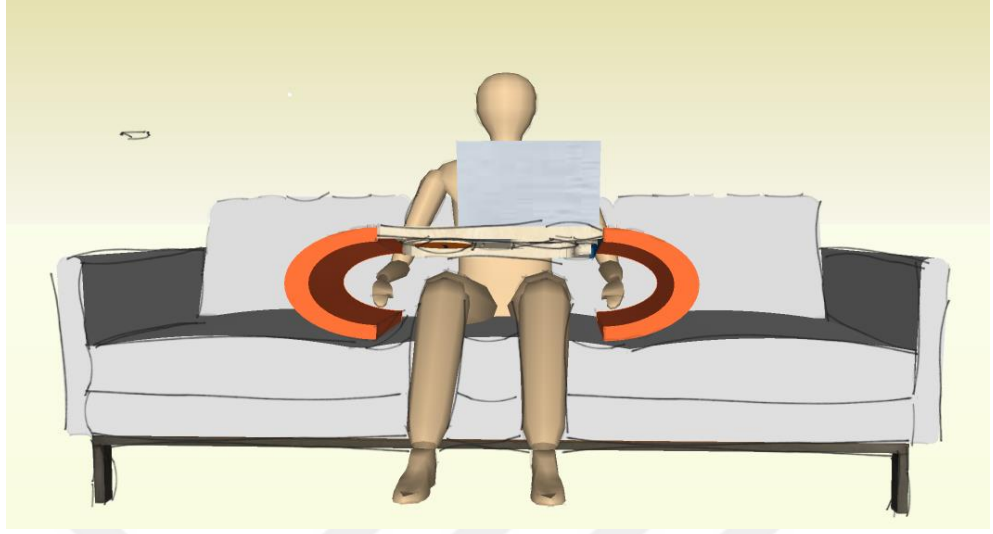
Şekil 14. Ürünün önden ve yandan görünüşü/ skeç



Şekil 15. Ürünün patlatılmış görüntüsü/ skeç



Şekil 16. Ürünün kullanım şekli gösterimi / skeç



Şekil 17. Ürünün kullanıcıyla görünüşü / skeç

5.3. Üretim Yöntemi Tasarım Süreci

Konsept bir tasarım olan Xamba'nın üretimi için belirli teknikler ve malzeme önerileri sunulmaktadır. Üretimin, tezin konusu olan sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 kavramı düşünülerek bilgisayar destekli makinelerde gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Teknik detaylarda bahsedilen ana parçaların oluşturulması için önerilen 2 adet üretim yöntemi bulunmaktadır.

Xamba'nın bilgisayar ortamında imalat çizimleri tamamlandıktan sonra tasarımın konsepti ve özelliklerine uygun, üretilebilir olan malzemeler belirlenmiştir. Sehpanın üst yüzeyi bir çalışma alanı olduğu için sürekli kullanıma açıktır. Üzerine koyulacak dizüstü bilgisayarın ağırlığı ve kullanıcının uyguladığı basınç da düşünülerek seçilen malzemenin dayanım özellikleri de önem kazanmıştır. Bu sebeple tablanın üst kısmında dayanıklı, hafif ve kolay temizlenebilir yapıda olan bir malzeme tercih edilmiştir. Tasarımın görsel hatları, teknik ve estetik özellikleri sebebiyle 28mm. kalınlığındaki Huş kontrplak tablanın malzemesi olarak belirlenmiştir. Huş kontrplak kullanılan ağaç sayesinde en iyi yük direncine ve üstün taşıma kapasitesine sahiptir. Kopma, çekme ve ayrılma dirençleri en iyi kontrplak çeşididir. Dayanıklılığı, mukavemeti, hafifliği ve işlenebilirliği nedeniyle üst tablada bu malzeme tercih edilmiştir (Giraud & Guille, 1998).

Yapısı gereği geri dönüşüme uygun bir malzeme olan Huş kontrplağın, üretim aşamasında da geçtiği bazı süreçlerin değiştirilmesi sayesinde sürdürülebilirliğe katkısı arttırılabilmektedir. Bu süreçlerin değiştirilmesiyle malzemeye kalite standart sertifikası sağlanmaktadır. Tasarlanan sehpanın sürdürülebilir ve çevre dostu bir ürün olması sebebiyle kullanılan kontrplağın bu özellikleri sağlayacak nitelikte olması gerektiği düşünülmüştür. Bu sebeple EPD (Environmental Product Declaration) sertifikalı, sürdürülebilir ormanlarda yetiştirilen ağaçlardan elde edilmiş bir Huş kontrplak kullanılması planlanmıştır (Allander,2001). EPD sertifikası, diğer adıyla "Çevresel Ürün Beyanı Belgesi" ürünlerin yaşam döngüleri boyunca ortaya çıkan çevresel etkilerin, şeffaf ve karşılaştırılabilir bir biçimde iletişimini sağlayan, bağımsız doğrulanmış ve tescil edilmiş belgedir (Anon,n.d.).

Malzeme işlenebilirlik bakımından oldukça avantaj sağlamaktadır. Pürüzsüz yüzeyi sayesinde üretimde kolaylık sağlamaktadır. Plakalar halinde satılan huş kontrplak sehpanın tablasında kullanılmak üzere seçilmiştir. Malzemenin işlenerek istenilen parça ölçülerine getirilmesi için CNC makinesinin kullanılması düşünülmüştür. Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design) CAD ve Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacturing) CAM sistemlerinin kullanım amacı, tasarım ve üretim süreçlerini bütünleştirerek Bilgisayar Tümlşikli Üretim (Computer Integrated Manufacturing) CIM sürecinin verimli çalışabilmesini sağlamaktır. CAD – CAM terimi genellikle bir CNC makinesi ile beraber tasarım, programlama ve üretim için kullanılan yazımları tanımlamak için kullanılmaktadır (Suh. v.d.,2008). 2 Boyutlu çizimleri Autocad’de (CAD) yapılan konsept ürünün üretim çizim dosyaları CNC tabanlı ara yüze uygun (CAM) kesim makinelerine yollanabilmektedir.

CNC (Computer Numerical Control); bilgisayar kontrollü sayısal kontrol anlamına gelir. CNC, bir bilgisayarın kontrolü altında çalışan otomatik bir makine veya sistemdir. CNC sistemleri, genellikle hassas ve tekrarlanabilir işleme operasyonları için kullanılır ve birçok endüstride yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. CNC makineleri, bir bilgisayar programı aracılığıyla yönlendirilen önceden tanımlanmış bir işlemi gerçekleştirmektedir. Bu programlar; 3 boyutlu modelleme ve tasarım yazımları kullanılarak oluşturulabilir veya önceden hazırlanmış bir kodlama dili kullanılarak yazılabilmektedir. CNC makineleri, kesme, delme, frezeleme, tornalama, lazer kesme

gibi çeşitli işleme işlerini gerçekleştirebilmektedir. Bilgisayardaki üretim çizimine bağlı kesim yapan CNC'lerin hata oranı oldukça düşüktür (Suh. v.d.,2008). Hata payının oldukça düşük olması sebebiyle fire payları azdır. Bu sayede el işçiliğine bağlı hatalar ortadan kaldırılmaktadır. Bir operatörün kontrolünde işleme giren malzemeler, CNC makinelerinin insan iş gücünden daha hızlı olması sebebiyle çok daha kısa sürelerde işlenebilmektedir.

Ürünün taşıyıcı bacaklarının üretimi için yine sürdürülebilirliğe katkı sağlama amacıyla 3 boyutlu üretim teknolojileri düşünülmüştür. Geleceğin üretim teknolojisi olarak düşünülen ve giderek yaygınlaşan 3 boyutlu yazıcılar, tasarımı yapılan konsept ürünün odağını oluşturmaktadır. Ürünün ilk elden üretim kısmında, taşıyıcı ayakları ticari boyutlardaki kabin yazıcılarda basılacak şekilde düşünülmüştür. Bu yazıcıların boyutu kurulacak iskelete bağlı olarak değişim göstermektedir. Çünkü basım esnasında 3 boyutlu yazıcının kafası ve iç aksamı asıl işi yapmaktadır. Tabla ve taşıma çubukları değiştirilerek yazılacak programla yükseklik tanıtılmaktadır. Bu sayede 3 boyutlu yazıcıların basım yüzey alanı değiştirilebilmektedir (Güler, & Çetinkaya, 2018). Yedek parça desteği sağlanması için hazırlanan parça dosyalarındaki bacak detayları ev tipi yazıcı desteğiyle üretilebilmesi adına 4'e bölünmüştür. Bu sayede kayar sistemle birleştirilen parçalar kullanıcının tekrar kullanımına imkan sağlayacaktır. "ArtıBoyut A0" adlı yazıcının teknik özellikleri yükseklik açısından diğer modellerden daha avantajlı görülmüştür. Çeşitli filament desteği ve kolay ara yüzü açısından giderek yaygınlaşan bir modeldir. Fakat piyasada yaygın olarak kullanılan "Ultimaker S5pro bundle" ve ya "Raise3D Pro3 Plus" basım aracıyla ürünün parça desteği sağlanabilir (3 dörtgen,n.d) (ArtıBoyut,n.d.). Bilgisayar destekli çizim programlarında imalat çizimi yapılan parçaların dosya uzantısı STL'ye çevrildikten sonra 3 boyutlu yazıcılara gönderilebilmektedir. Bu teknoloji, tasarım süreçlerini hızlandırmakta, maliyetleri düşürmekte ve üretim esnekliğini arttırmaktadır.

Ürünün ayaklarının basımında "PLA" adı verilen nişasta bazlı geri dönüşüme uygun biyo malzeme kullanılması düşünülmüştür. Tercih edilen bu malzeme sayesinde tasarım sürdürülebilirliğe uygun hale getirilmektedir. Xamba'nın estetik tasarımında ayaklar turuncu renk pla olarak tercih edilmiştir. Renk skalası geniş ve toksik kimyasal bulundurmeyen küresel bir marka olan "BASF" marka ultrafuse turuncu pla seçilmiştir

(Gvimradze, 2019). Kullanılan üretim yöntemi kullanıcıya demonte parçalardan oluşan kişiselleştirilebilir bir ürün sunmayı hedeflemektedir. Kullanıcı 3 boyutlu yazıcıdan basılan ayakların modeliyle herhangi bir yazıcıdan ürünün parça desteğini alabilmektedir, farklı renk ve desenler kullanabilmektedir.

Üretimde oluşan parçalar aynı şekilde paketlenerek kullanıcıya sunulması hedeflenmiştir. Projenin üretim teknikleri önerisi kısmında yer alan QR Code desteği Demonte halde alınacak ürünler için kullanılması düşünülmüştür. QR kod (Quick Response code); hızlı yanıt kodu olarak da bilinen, bir matris barkod sistemidir. QR kodlar, kare şeklinde düzenlenmiş siyah beyaz bir desendir ve içerisinde bilgiyi saklamaktadır. QR kodlar, kameralar veya QR kod okuyucu uygulamaları aracılığıyla taranabilir ve içerdikleri bilgilere erişim sağlanabilmektedir (Tiwari, 2016).

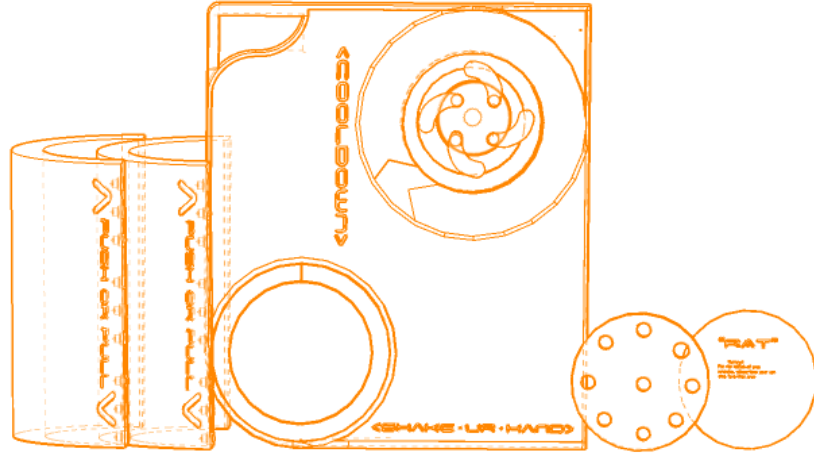
5.4. Satış Sonrası Destek

Demonte mobilyalar, paketlenmesi ve taşınması kolay olan mobilya türleridir. Bu mobilyalar üretici veya satıcı tarafından bileşenlerine ayrılmış halde paketlenmekte ve son kullanıcı tarafından montaj işlemiyle birleştirilmektedir. Demonte bir mobilya olan Xamba, satış sürecinde hem üreticiye hem de kullanıcıya ciddi avantajlar sağlamaktadır. Mobilyaların parçaları bir araya getirilerek daha küçük ve kompakt bir şekilde paketlenmektedir. Daha az yer kapladıklarından taşıma işlemlerinde, daha fazla ürün taşınarak nakliye maliyetlerinin azaltılması sağlamaktadır. Taşınma veya seyahat durumlarında kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Parçalara ayrılmış halde paketlenmesi sayesinde dar girişlere veya merdivenlere sığabilmektedir. Ayrıca yeni bir eve taşınırken veya farklı bir odaya yerleşirken yeniden monte edilebilmektedir.

Parçalara ayrıldığı için daha iyi bir şekilde korunmaktadır. Her bir bileşen ayrıca ambalajlanarak koruyucu malzemelerle sarılmaktadır. Her parçanın tek tek ambalajlanması, hasarlara karşı daha iyi bir koruma sağlamak ve mobilyaların taşınması sırasında çizilmeler veya kırılmalar gibi sorunlarla karşılaşma riskini azaltmaktadır.

Son kullanıcıya montaj deneyimi ve tatminini sunarak, ürünle kullanıcının duygusal bir bağ kurmasını da amaçlamaktadır. Xamba'nın parçalarının birleştirilme süreci, kullanıcıya katılımcı bir rol vermekte ve kendi mobilyalarını yapma keyfini

yaşamalarını sağlamaktadır. Montaj talimatları paketin üzerine QR kodla yerleştirilmektedir. Bu sayede kullanılacak kağıt israfı ortadan kaldırılmaktadır. QR kod sayesinde kullanıcı talimatları kaybetme kaygısı yaşamayacaktır. Teknolojiyle iç içe olan bu deneyimle kullanıcı ürünle bütünleşecektir. Xamba, sürdürülebilirliği ön planda tutarak demonte mobilyaların paketlenme ve ulaşım sürecinde çevresel faydalar sağlamaktadır. Paketlenme sırasında az yer kaplaması, nakliye sırasında daha az enerji tüketilmesini ve daha az sera gazı salınımını beraberinde getirmektedir. Bu, çevreye olumsuz etkileri azaltarak sürdürülebilirliğe katkıda bulunmayı hedefler.



Şekil 18. Ürünün demonte görüntüsü/ skeç

Xamba'nın demonte halde olan ürün tasarımı, kullanıcıların sehpayı uzun süre kullanabilmesini sağlamaktadır. Hasarlı veya eskimiş parçaların kolayca değiştirilebilmesi, ürünün uzun ömürlü olmasını ve atık miktarının azalmasını sağlamaktadır. Ürünün paketlemesinde yer alan QR kod ile kullanıcılar, 3 boyutlu model dosyalarına erişebilmekte ve yedek parça desteğini kendileri sağlayabilmektedir. Üretici firmaya gerek kalmadan deforme olmuş parçaları hızlı bir şekilde yenileyerek, ürünün kullanım süresini artırmaktadır. Kullanıcı, deforme olmuş bir ürünü üretici firmaya gönderdiğinde ise, geri dönüştürülebilir malzemeden yapılan ayaklar sayesinde

atık parçalar yeniden kullanılabilir. Böylelikle kaynakların daha etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlayarak sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmaktadır.

Estetik tercihleri olan kullanıcılara da hitap eden Xamba, renk ve malzeme seçenekleri sunmaktadır. Kullanıcılar, istedikleri zaman ürünün rengini veya malzemesini değiştirebilmekte böylece tasarımı kişiselleştirebilmektedir. Ürünün 3 boyutlu yazıcıda basılabilmesi, kullanıcılara özelleştirme imkanı tanıyarak tasarımın dönüşümünü kolaylaştırmaktadır.

Xamba'nın tasarımı, çevresel faydaları ve kullanıcıya sunulan özelleştirme imkanlarıyla sürdürülebilirliği ön plana çıkaran bir demonte mobilya seçeneği sunmaktadır. Bu sayede, hem çevreye duyarlı bir yaşam tarzı benimsenmekte hem de kullanıcılara uzun ömürlü ve kişiselleştirilebilir bir mobilya deneyimi sunulmaktadır.

ALTINCI BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1. Sonuç

Sanayi Devrimiyle birlikte seri üretim, tüketim ve teknolojik gelişmelerin hız kazanması, doğal kaynakların kullanımında ciddi bir artışa neden olmuştur. Ancak bu süreçte doğal kaynakların sınırsız olduğu düşüncesiyle hareket edilmiş ve çevresel sorunlar kaçınılmaz hale gelmiştir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu sera gazı emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Fabrikalardan, enerji üretiminden ve taşımacılıktan kaynaklanan gaz salınımları, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu artırarak sera etkisiyle birlikte iklim değişikliğine neden olmuştur. İklim değişikliği, hava kalitesini etkileyerek hava kirliliğini artırmış ve insan sağlığına zarar vermiştir. Seri üretim ve tüketim alışkanlıkları, doğal kaynakların hızla tükenmesine yol açmıştır. Sürdürülebilirlik, doğal kaynakları dengeli bir şekilde kullanmayı, enerji verimliliğini artırmayı, atıkları azaltmayı ve çevreye zarar vermeyen alternatif çözümler geliştirmeyi amaçlar. Endüstri 4.0., bu hedeflere ulaşmak için teknolojiyi sürdürülebilirlikle entegre ederek çözümler sunmaktadır.

Endüstri 4.0., gelişen teknolojilerin üretim süreçlerine entegrasyonu ve dijital dönüşümün bir sonucu olarak ortaya çıkmış bir kavramdır. Bu dönüşüm, otomasyon, veri analitiği, yapay zeka, nesnelerin interneti ve diğer ileri teknolojilerin kullanımını içermektedir. Endüstri 4.0.'ın getirdiği yenilikler, üretim ve iş süreçlerinde büyük ölçüde verimlilik artışı sağlamak ve rekabetçiliği güçlendirmektedir. Ancak bu dönüşüm sürecinde sürdürülebilirlik de önemli bir odak noktası haline gelmiştir. Endüstri 4.0. teknolojilerinin sürdürülebilir tasarımlar için kullanılmasıyla yeni bir dönem ortaya çıkmıştır. Seri üretim bantlarında kullanılan bu teknolojiler üründen maksimum verim almayı amaçlamaktadır. Üretim teknikleri ham madde kullanımını azaltmayı hedeflerken enerji kullanımını da dengelemektedir. Zamanla çoğalan çevre kirliliği ve doğal kaynakların gittikçe azalmasıyla endüstride sürdürülebilir tasarım kavramı ortaya çıkmıştır.

Endüstriyel Tasarım, bir ürünün veya sistemin; kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak üzere estetik ve işlevsellik açısından iyileştirilmesi ve üretim süreçlerinin optimize edilmesi için tasarım yöntemlerini uygulayan disiplinlerarası bir alanı ifade etmektedir. Endüstriyel Tasarım, ürünlerin fiziksel formu, ergonomisi, malzeme seçimi, kullanılabilirliği, estetiği ve üretilebilirliği gibi unsurların tasarım sürecinde değerlendirilmesini içermektedir.

Tasarlanan ürünün çıkış noktası gelişen teknolojiyle birlikte dizüstü bilgisayarların kullanımının artmasıyla evden çalışma modelinin yaygınlaşmasıdır. Evden çalışma modelinde kullanıcılar mobilitesi olan bir makine olan dizüstü bilgisayarı yaşam alanlarının her yerinde kullanabilmektedir. Taşınabilir oluşuyla kullanıcıya avantaj sağlarken, dizüstü bilgisayarlar duruş bozukluğu ve ergonomik rahatsızlıkları da beraberinde getirmektedir. Kullanımı için belirli bir alana sahip olmayışı sebebiyle kullanıcı ergonomisini kendi ayarlamak zorunda kalmaktadır. Uzun süreler çalışma kaynaklı oturma şekillerindeki değişiklikler uzun vadede kişinin duruşuna zarar vermektedir.

Sabit mobilyalar kullanılarak bir çalışma alanı sağlanabilmektedir. Fakat bu tarz mobilyalar evin içinde ciddi bir alan kaplamaktadır. Sorun belirlenerek kriterleri karşılayacak bir ürün seçilmiştir. Kullanıcının koltuğunda rahatça kullanabildiği modüler bir bilgisayar sehpası tasarımı düşünülmüştür. Ürünün ismi "Xamba" olarak belirlenmiştir.

Xamba, sürdürülebilirlik odaklı bir yaklaşımla tasarlanmış, işlevsel ve yenilikçi bir dizüstü bilgisayar sehпасıdır. Ürünün özellikleri kullanıcının ihtiyaçlarını karşılamak ve kullanım deneyimini iyileştirmek için özenle tasarlanmıştır. Ürün geri dönüştürülebilir malzemelerden üretilmiştir ve üretim sürecinde enerji tasarrufu sağlayacak yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca ürünün ambalajlama ve paketleme süreci de çevreye duyarlı bir şekilde düşünülmüştür. Daha az malzeme kullanımı ve kompakt ambalajlama ile nakliye sırasında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Tasarımda kullanıcının kullanım deneyimini maksimum seviyede tutmak hedeflenmiştir. Üründe bulunan soğutma sistemi, dizüstü bilgisayarın aşırı ısınmasını engellerken, kullanıcının daha uzun süreler boyunca sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Estetik açıdan da çekici bir tasarıma sahip olan Xamba, modern ve şık

bir görünüme sahiptir. Ürünün 3 boyutlu baskı imkanıyla sunduğu renk seçenekleri, kullanıcılara kişisel tercihlerine göre özelleştirme imkanı sunmaktadır. Kullanıcılar Xamba'yı çalışma alanlarına uygun hale getirmek için farklı renk ve malzeme seçeneklerinden yararlanabilmektedir. QR kodlu 3 boyutlu model dosyasını bir 3 boyutlu yazıcıya yönlendirip bastırmaları yeterli olmaktadır.

Xamba'nın sürdürülebilirlik ve yeşil tasarım özelliklerine sahip olması, doğa dostu bir ürün olduğunu vurgulamaktadır. Malzemelerin geri dönüşüme uygun olması doğal kaynakların verimli kullanılmasını desteklerken, çevresel etkileri azaltmaktadır. Endüstri 4.0. tekniklerinin kullanılması ise üretim sürecinin daha verimli ve enerji tasarruflu olmasını sağlamaktadır.

Ürünün estetik açıdan genç, dinamik ve alışılmışın dışında bir tasarıma sahip olması, kullanıcılar arasında dikkat çeken bir ürün olmasını sağlamayı hedeflemektedir. 3 boyutlu yazıcı kullanılarak basılmış ayak detayları, özgün ve yenilikçi bir görünüm sunarken sürdürülebilir tasarım vurgusu yapmaktadır.

Demonte parçaların kullanılması, ürünün yer tasarrufu sağlamasına ve kolay taşınabilir olmasına olanak tanımaktadır. Aynı zamanda, yedek parça desteğini kolaylaştırır ve kullanıcının ürünü uzun süre kullanabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu durumda kullanıcılar ürünlerini daha uzun süre kullanabildikleri için sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

Xamba'nın sürdürülebilirlik ve yeşil tasarım prensipleriyle bir araya getirilen özellikleri, kullanıcıların çevreye duyarlı bir şekilde hareket etmelerine ve uzun süreli kullanım sağlamalarına olanak tanımaktadır. Ayrıca ürünlerin enerji tüketimi minimize edilerek enerji verimliliği sağlanmıştır. Yüksek kaliteli ve dayanıklı malzemelerin kullanımı, mobilyanın uzun süreli kullanımını desteklerken atık miktarını da azaltmaktadır. Genç ve dinamik tasarımıyla da kullanıcılar arasında tercih edilen bir seçenek olmayı başarması hedeflenmektedir.

6.2. Öneriler

İlerleyen yıllarda üzerine çalışılan ürünün özelliklerinde olan ve üretimde parça destekli demonte ürünlerin tasarımının yaygınlaşmaya başlaması ön görülmektedir. Giderek artan doğal kaynak tüketimi gelecekte endüstriyel seri üretimde yeni tasarım

prensiplerinin ortaya çıkmasına yol açacaktır. Bu durum daha sürdürülebilir ve evre dostu ürünlerin tasarlanması ve üretilmesine olanak sağlayacaktır.

Parça destekli demonte ürünlerin yaygınlaşmasıyla birlikte, kullanıcılar ürünlerini daha uzun süre kullanabilecek ve parçaları değiştirerek tamir edebileceklerdir. Bu da atık miktarını azaltacak ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Bu gelişmeler tüketicilerin çevreye duyarlılık konusundaki farkındalığının artmasıyla birlikte daha da hız kazanacaktır. Gelecekte sürdürülebilirlik ve yeşil tasarım prensiplerini benimseyen ürünlerin tercih edilmesi yaygınlaşacak ve bu durum, endüstriyel tasarımın gelecekteki yönünü şekillendirecektir.

Xamba, bu trendin öncülerinden biri olmayı hedeflemekte ve kullanıcıların çevreye duyarlı bir şekilde hareket etmelerini sağlamak için ilham verici bir rol üstlenmektedir. Bununla beraber ürün parça detayları, malzeme nerileri ve kullanılan formlar üzerine çalışılarak değerlendirilebilir. Sehpanın sade olan formu ayaklardaki kişiselleştirilebilme fikriyle ileri taşınabilir. Kullanıcıya eğim açısı ayarlanabilir bir sehpa nerisi sunulabilir. Ürünün bacaklarının kavisli yapısı, kademeli olarak tasarlanabilir, kullanıcının fizyolojisine uygun bir şekilde genişletilip daraltılarak kişiselleştirme imkanı tanınabilir. Bu sayede ürün geliştirilerek konsepte yeni sehpa versiyonları kazandırılabilir.

KAYNAKÇA

3 Dörtgen, (n.d.). **3Boyutlu yazıcılar**. <https://www.3dortgen.com/markalar.html>
Erişim Tarihi:19.02.2021

ArtıBoyut, (n.d.) **A0 3boyutlu yazıcı**.
<https://www.artiboyut.com/index.php/tr/urunlerimiz/artiboyut-a0-3d-yazici> Erişim
Tarihi:19.02.2021

Anon, (2019,12,Aralık). **Kontrplak Nedir? Kontrplak Kalite Sınıflar**.
İnsapedia <https://insapedia.com/kontrplak-nedir-kontrplak-kalite-siniflari/> Erişim
Tarihi:19.02.2021

Anon, (2020, 27 Eylül). **3D YAZICILARDA KULLANILAN REÇİNELERİN TÜRLERİ**. Metatechtr. <https://store.metatechtr.com/3d-yazicilarda-kullanilan-recinelerin-turleri> Erişim Tarihi:21.02.2021

Anon, (n.d.). **EDP NEDİR?**. [https://www.semtrio.com/blog/epd-nedir#:~:text=\(ENVIRONMENTAL%20PRODUCT%20DECLARATION\)%20EPD%20belgesi,do%C4%9Frulanm%C4%B1%C5%9F%20ve%20tescil%20edilmi%C5%9F%20belgedir](https://www.semtrio.com/blog/epd-nedir#:~:text=(ENVIRONMENTAL%20PRODUCT%20DECLARATION)%20EPD%20belgesi,do%C4%9Frulanm%C4%B1%C5%9F%20ve%20tescil%20edilmi%C5%9F%20belgedir). Erişim Tarihi:21.02.2021

Allander, A. (2001). **Successful certification of an environmental product declaration for an ABB product**. Corporate Environmental Strategy, 8(2), 133-141.
[https://doi.org/10.1016/S1066-7938\(01\)00094-X](https://doi.org/10.1016/S1066-7938(01)00094-X) Erişim Tarihi:21.02.2021

Alyami, H. ve Albarrati, AM (2016). **Bir dizüstü bilgisayar ve bir masaüstü bilgisayarda yazma görevinde omurga açılarının karşılaştırılması: Bir ön çalışma**. Amerikan Ergoterapi Dergisi , 70 (6), 7006350020p1-7006350020p8. Erişim Tarihi:21.02.2021

Berberoğlu, A. D., Doğan, T., & İLKILIÇ, İ. (2021). **Covid-19 Pandemisinde Bir Halk Sağlığı Önlemi Olarak Sokağa Çıkma Yasağı ve Kısıtlamalarının Normatif Analizi ve Etik Açından Değerlendirilmesi**. Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırma Erişim Tarihi:21.02.2021

Bozlağan, R. (2005). **Sürdürülebilir gelişme düşüncesinin tarihsel arka planı**. In **Journal of Social Policy Conferences** (No. 50, pp. 1011-1028). alar Dergisi, 4(S-1), 1-18. Erişim Tarihi:21.02.2021

Carvalho, N., Chaim, O., Cazarini, E., & Gerolamo, M. (2018). **Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in sustainable manufacturing.** *Procedia Manufacturing*, 21, 671-678. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.170 Erişim Tarihi:19.02.2021

Chopra, A. (2012). **Introduction to google sketchup.** John Wiley & Sons.
https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=bP2oF0_Uc0YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sketchup&ots=01oE_vqFuA&sig=qX16cv-EHT4k7u6mut7qo-ItI1U&redir_esc=y#v=onepage&q=sketchup&f=false Erişim Tarihi:22.02.2021

Cordes, F., & Stacey, N. (2017). **Is UK Industry Ready for the Fourth Industrial Revolution. The Boston Consulting Group:** Boston, MA, USA
<https://media-publications.bcg.com/Is-UK-Industry-Ready-for-the-Fourth-Industrial-Revolution.pdf> Erişim Tarihi:19.02.2021

Duran, B. (2018). **Sürdürülebilirlik kavramının önemi karşılaşılan sorunlar ve şirketlerin sürdürülebilirlik raporlarının incelenmesi** (Master's thesis, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
<http://acikerisim.baskent.edu.tr:8080/handle/11727/2833> Erişim tarihi:18.02.2021

Eastman, CM (Ed.). (2012). **X için Tasarım: eşzamanlı mühendislik zorunlulukları.** Springer Bilim ve İş Medyası. Erişim tarihi:13.08.2022

Eke,T. E. (2019). **Mobilya tasarım Ve üretiminde üç Boyutlu yazıcı Teknolojisi** (Order No. 28242192). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (2470040555). <https://search.proquest.com/dissertations-theses/mobilya-tasarim-ve-uretiminde-uc-boyutlu-yazici/docview/2470040555/se-2?accountid=10699> Erişim Tarihi:19.02.2021

Erener, Ş. & Boz, S. (2021). **MODERN ÜRETİM TEKNİKLERİNDE EKLEMELİ İMALAT SİSTEMLERİNİN YERİ VE KULLANIM ALANLARI .** *Turkish Journal of Fashion Design and Management* , 3 (1) , 47-56.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjfdm/issue/60484/885949> Erişim Tarihi:26.12.2022

Fırat, O. Z. ve Fırat, S. Ü. (2017a). **Endüstri 4.0 yolculuğunda trendler ve robotlar.** *Istanbul University Journal of the School of Business*, 46-2, 211-223. Doi: <https://doi.org/10.5152/iujbsb.2017.005>

Graham, W. (2016) **Rüya Şehirler: Dünyayı şekillendiren Yedi Tasarım Fikri** 20-25

Giraud-Guille, M. M. (1998). **Plywood structures in nature**. Current Opinion in Solid State and Materials Science, 3(3), 221-227. [https://doi.org/10.1016/S1359-0286\(98\)80094-6](https://doi.org/10.1016/S1359-0286(98)80094-6) Erişim Tarihi:26.12.2022

Groth, C. H. R. I. S. T. I. A. N., Kravitz, N. D., Jones, P. E., Graham, J. W., & Redmond, W. R. (2014). **Three-dimensional printing technology**. J Clin Orthod, 48(8), 475-85. <http://www.kravitzorthodontics.com/assets/pdfs/3-Dimensional-Printing-Technology.pdf> Erişim Tarihi:20.02.2021

Gedik, Y. (2020). **Sosyal, Ekonomik Ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik Ve Sürdürülebilir Kalkınma**. Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi, 3(3), 196-215. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijephss/issue/54205/722850> Erişim Tarihi:04.06.2023

GÜLER, B., & ÇETİNKAYA, K. (2018). **ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ**. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2(1), 11-22. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/435960> Erişim Tarihi:19.02.2021

Gvimradze, G. (2019,17 Nisan). **PLA ile ABS farkı: Hangisi ne zaman kullanılır?** <https://maggyprint.com/pla-ile-abs-filamenti-kiyasinda-hangisi-ne-zaman-kullanilir/> Erişim Tarihi:19.02.2021

He, L. (2022, Nisan). **3Dmax tabanlı VRay işleme teknolojisinin uygulama araştırması**. EMIE 2022'de; 2. Uluslararası Elektronik Malzemeler ve Bilgi Mühendisliği Konferansı (s. 1-4). VDE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10048461> Erişim Tarihi:19.01.2022

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013b). **Securing the future of German manufacturing industry**. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE, 4(199) Erişim Tarihi:19.02.2021

Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J. Y., Kim, B., H., & Do Noh, S. (2016). **Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions**. International Journal of Precision Engineering

and Manufacturing-Green Technology,3(1), 111-128. doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5.

Erişim Tarihi:19.02.2021

Kuo, TC, Huang, SH ve Zhang, HC (2001). **Üretim için tasarım ve 'X' için tasarım: kavramlar, uygulamalar ve perspektifler.** Bilgisayarlar ve endüstri mühendisliği , 41 (3), 241-260. Erişim Tarihi:25.06.2021

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). **Industry 4.0.** Business & information systems engineering, 6(4), 239-242. doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4 Erişim Tarihi:19.02.2021

MacDougall, W. (2014). **Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future.** Germany Trade & Invest <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Service/publications,did=917080.html> Erişim Tarihi:19.02.2021

McDonough, W. , **The Hannover Principles: Design for Sustainability,** (1992)

Mohammed, M., Shafiq, N., Abdallah, N. A. W., Ayoub, M., & Haruna, A. (2020, April). **A review on achieving sustainable construction waste management through application of 3R (reduction, reuse, recycling):** A lifecycle approach. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 476, No. 1, p. 012010). IOP Publishing

DOI 10.1088/1755-1315/476/1/012010 Erişim Tarihi:19.02.2021

Omura, G. (2012). **Mastering AutoCAD 2013 and AutoCAD LT 2013.** John Wiley & Sons. https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=rLPrXY5o-xoC&oi=fnd&pg=PA905&dq=autocad&ots=sGBwEicT44&sig=jAyZVnDiQIP-Jom4nBHh5MBW1wo&redir_esc=y#v=onepage&q=autocad&f=false Erişim Tarihi:20.02.2021

Okandan, G. D. (2010). **İstanbul'da Kültür Ekonomisini Döndüren Çarklardan biri: ENDÜSTRİYEL TASARIM** https://www.academia.edu/download/30868436/ISTANBULDA_ENDUSTRIYEL_TASARIM.pdf Erişim Tarihi:19.02.2021

Özsoylu, A. F. (2017). **Endüstri 4.0**. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(1), 41-64.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/cuiibfd/issue/34826/387693?publisher=cu;?publisher=cu;>
Erişim Tarihi:19.02.2021

Özenir, İ. & Nakıboğlu, G. (2019), **Sürdürülebilir Üretimde Endüstri 4.0'ın Yeri**, BMIJ, (2019), 7(5): 2248-2281 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i5.1197>
Erişim Tarihi:19.02.2021

Özsoy, K., & Duman, B. (2017). **EKLEMELİ İMALAT (3 BOYUTLU BASKI) TEKNOLOJİLERİNİN EĞİTİMDE KULLANILABİLİRLİĞİ**. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 1(1), 36-48.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/400794> Erişim Tarihi:19.02.2021

PAGEV, (n.d.). **Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı**. Akrilonitril Bütadiyen Stiren (ABS)/Geri Dönüşüm
<https://pagev.org/abs> Erişim Tarihi:19.02.2021

Poghosyan, A., Manu, P., Mahdjoubi, L., Gibb, AG, Behm, M., & Mahamadu, AM (2018). **Güvenlik uygulama faktörleri için tasarım: bir literatür taraması**. Mühendislik, Tasarım ve Teknoloji Dergisi . Erişim Tarihi:23.09.2021

Reinhart, C. ve Breton, PF (2009). **Autodesk® 3ds Max® Design 2009 ve DAYSIM 3.0'ın deneysel doğrulaması**. Leukos , 6 (1), 7-35.
<https://doi.org/10.1582/LEUKOS.2009.06.01001> Erişim Tarihi:21.02.2021

Suh, SH, Kang, SK, Chung, DH ve Stroud, I. (2008). **CNC sistemlerinin teorisi ve tasarımı** . Springer Bilim ve İş Medyası.
https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=c_-3TxZlnpMC&oi=fnd&pg=PR19&dq=cnc&ots=PZj_3PNSsC&sig=oDnkS2uOZXaPa8Dn_gQdZBWTauk&redir_esc=y#v=onepage&q=cnc&f=false Erişim Tarihi:23.09.2021

Türkiye Cumhuriyeti Dış işleri Bakanlığı, (n.d.) **Çevre, İklim Değişikliği ve Suyla Dair Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri**.
<https://www.mfa.gov.tr/surdurulebilir-kalkinma.tr.mfa#:~:text=5%2D16%20Haziran%201972%20tarihleri,%C4%B0nsan%20%C3%87evresi%20Bildirisi%20kabul%20edilmi%C5%9Ftir> Erişim Tarihi:29.10.2021

Tiwari, S. (2016, Aralık). **QR kod teknolojisine giriş**. 2016'da uluslararası bilgi teknolojisi konferansı (ICIT) (s. 39-44). IEEE. DOI: 10.1109/ICIT.2016.021 Tarihi:23.09.2021

Toker, K. (2018). **Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri**. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi, 29(84), 51-64. DOI: 10.26650/imj.2018.29.84.0003 Erişim Tarihi:19.02.2021

William McDonough **Architects**, New York, 1992

<https://mcdonough.com/wp-content/uploads/2013/03/Hannover-Principles-1992.pdf> Erişim Tarihi:26.12.2021

Williams, T. W., & Parker, K. P. (1983). **Design for testability—A survey**. Proceedings of the IEEE, 71(1), 98-112. Erişim Tarihi:07.10.2021

Žumárová, M. (2015). **Bilgisayarlar ve çocukların boş zamanları**. Procedia-Social and Behavioral Sciences , 176 , 779-786. Erişim Tarihi:23.01.2023

Zöllner, F. (2014). **Anthropomorphism: from Vitruvius to Neufert**, from human measurement to the module of fascism. https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/artdok/4476/1/Zoellner_Anthropomorphism_from_Vitruvius_to_Neufert_2014.pdf Erişim Tarihi:30.11.2023