

# The Use of Virtual Reality for Mass Customization in Digital Fabrication Processes

Uğur Efe Uçar<sup>1</sup>, Ethem Gürer<sup>2</sup>

ORCID NO: 0000-0002-1080-3080<sup>1</sup>, 0000-0002-3482-2526<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture, Istanbul, Turkey

The paper focuses on the use of virtual reality technology as a mass customization tool in the digital fabrication process to produce design objects suitable for different user dimensions. In line with the specified focus, the theoretical framework of the paper was examined through the concept of standardization. The concept of standardization was examined in terms of both the product and the product user, and the existing anthropometric data were questioned. Because of the inquiries made, it was stated that an overarching definition could not be made regarding anthropometric measures and the concept of the “average man.” This situation revealed the need for new approaches to design and production processes. This approach, which encourages the transparency of the production process and the ability of users to customize products by participating in the production process, is presented concerning the development and use of digital fabrication technologies. At the intersection of digital fabrication tools and mass customization, this paper examines the potential of interfaces to increase producer-consumer dialogue. Virtual reality, which can make the design product experience on a 1/1 scale and turn the user from the “spectator” into the “actor” of the experience, has been determined as the design tool. In line with all these, the paper hypothesizes that the use of virtual reality as a tool in the mass customization and digital production process will contribute to creating the transparent and participatory design process features of the future. To examine the stated hypothesis, two different design scenarios were designed as a paper method. In the first of these scenarios, the participants physically experience a design object (chair) in the real world to determine the ergonomics of the design object for them. In the second scenario, the participants make customizations in the virtual reality environment over the model of the design object, for which the user determines the ergonomically unsuitable features in the first scenario. The data obtained through anthropometric conformity analysis and new chairs designed by participants were evaluated with visual design outputs. As a result, virtual reality technology, which emerged as a tool suitable for the participatory and dynamic structure of the design and production process, contributes to the evolution of the process into a participatory structure. In addition, the presented design and production process enables the production of many alternatives for design objects. The production of countless alternatives is valuable not only to reach the most suitable product for users but also to improve the creative processes and learning environments of designers.

**Received:** 24.01.2022

**Accepted:** 21.03.2022

**Corresponding Author:**

ugurefeucar@gmail.com

Uçar, U.E. & Gürer, E. (2022). The use of virtual reality for mass customization in digital fabrication processes. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 3(1), 19-38. <https://doi.org/10.53710/jcode.1062205>

**Keywords:** Mass Customization, Digital Fabrication, Virtual Reality, Anthropometry, Dimensional Customization.

19

# Dijital Fabrikasyon Süreçlerinde Sanal Gerçekliğin Kitlesele Bireyselleştirmeye Dönük Kullanımı

Uğur Efe Uçar<sup>1</sup>, Ethem Gürer<sup>2</sup>

ORCID NO: 0000-0002-1080-30801<sup>1</sup>, 0000-0002-3482-25262<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup> Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture, Istanbul, Turkey

Çalışma, farklı kullanıcı boyutlarına uygun tasarım nesnelere üretebilmek için, sanal gerçeklik teknolojisinin dijital fabrikasyon sürecinde kitlesele bireyselleştirme aracı olarak kullanımına odaklanmaktadır. Çalışmanın teorik çerçevesi doğrultusunda standardizasyon kavramına ürün ve kullanıcı özelinde yaklaşım, mevcut antropometrik veriler sorgulanmıştır. Tasarım ve üretim süreçlerinde yeni yaklaşımlara olan ihtiyaç kitlesele bireyselleştirme yaklaşımı üzerinden tartışılmıştır. Kullanıcıların üretim sürecine katılarak ürünleri bireyselleştirebilmesini teşvik eden bu yaklaşım, dijital fabrikasyon teknolojilerinin gelişimi ve kullanımı ile ilişkili olarak sunulmuştur. Dijital fabrikasyon araçları ve kitlesele bireyselleştirme kavramlarının ara kesitindeki çalışmada, tasarım ürününü 1/1 ölçekte deneyimleyen ve kullanıcıyı “seyirci” konumundan çıkarıp deneyimin “aktörü” haline getirebilen sanal gerçeklik teknolojisi araç olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışmanın hipotezi, tasarım ürününün kitlesele bireyselleştirilmesi ve dijital üretimi sürecinde, sanal gerçekliğin bir araç olarak kullanılmasının, geleceğin şeffaf ve katılımcı tasarım süreç özelliklerini oluşturmada katkı sunabileceğidir. Çalışma yöntemi olarak, iki farklı tasarım senaryosu kurgulanmıştır. Senaryoların ilkinde, ürün kullanıcı tasarım nesnesinin ergonomik uygunluğunu tespit etme amacıyla gerçek dünyada bir tasarım nesnesini (sandalye) fiziksel olarak deneyimlemektedir. İkinci senaryoda ise, ilk ortamda ergonomik olarak kendine uygun olmayan özellikleri belirlediği tasarım nesnesinin modeli üzerinden sanal gerçeklik ortamında kişiselleştirmeler yapılmaktadır. Antropometrik uygunluk analizi ve kullanıcılar tarafından üretilen yeni tasarım nesnelere üzerinden elde edilen veriler, görsel tasarım çıktıları ile değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, tasarım ve üretim sürecinin katılımcı ve dinamik yapısına uygun bir araç olarak ortaya çıkan sanal gerçeklik teknolojisi, sürecin katılımcı bir yapıya evrilmesine ve tasarım nesnelere ilişkin sayısız alternatifin üretilmesine katkı sunmaktadır. Bu durum, kullanıcıların kendisine en uygun ürüne ulaşması anlamında değil, tasarımcıların yaratma süreçlerinin ve öğrenme ortamlarının gelişmesi anlamında da değerlidir.

Teslim Tarihi: 24.01.2022

Kabul Tarihi: 21.03.2022

Sorumlu Yazar:

ugurefeucar@gmail.com

Uçar, U.E. & Gürer, E. (2022). Dijital fabrikasyon süreçlerinde sanal gerçekliğin kitlesele bireyselleştirmeye dönük kullanımı. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 3(1), 19-38. <https://doi.org/10.53710/jcode.1062205>

**Anahtar Kelimeler:** Kitlesele Bireyselleştirme, Dijital Fabrikasyon, Sanal Gerçeklik, Antropometri, Boyutsal Bireyselleştirme.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sanayi Devrimi sonrası seri üretim kavramının hızla yaygınlaşması, tasarım ürünlerinin endüstriyel anlamda hızlı üretilebilir ve az maliyetli olması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Tasarım ürünlerinin basit geometrik formlara sahip olması, bu gerekliliğin bir sonucudur. Bu durum, tasarım ürünlerinin standartlaşmasına sebep olmuştur. Yirminci yüzyıl boyunca üretilen yapı bileşenleri hem geometrik karmaşıklığın hem de form çeşitliliğinin olumsuz ekonomik etkilerinden dolayı geometrik olarak basit ve form açısından sınırlıdır (Dunn, 2012). Buna ek olarak, bahsedilen standartlaşma süreci sadece ürün ve bileşenleri özelinde değil ürün kullanıcısı özelinde de gerçekleşmiştir. Standart bir ürünü çok daha az maliyetle üreterek kâr elde etmeye dayalı seri üretim mantığının standart kullanıcılara ihtiyaç duyması, bu durumun sebebidir.

İnsan bedenine dair standardizasyonun temelini oluşturan bu düşünce yapısı, “ortalama insan” fikri üzerine antropometrik çalışmaların üretimini ortaya çıkarmıştır. Panero ve Zelnik’e (1979) göre bu yaklaşım bir yanılgı olup, ortalama insan kavramının mümkün olmadığı açıktır. Bu bağlamda, ihtiyaç ve kullanım farklılıkları, farklı yaşam tarzları ve kültürel geçmişler, cinsiyet, vb. gibi farklı değişkenleri barındıran kullanıcı profillerinin tek bir profile indirgenmesi mümkün değildir. Antropometrik olarak “ortalama insan” için üretilen bu ürünlerin özünde “hiç kimse” için olduğu ve konuya ilişkin yeni yaklaşımların gerekliliği açıktır.

Seri üretimin aksine “kitlesele bireyselleştirme” kavramı, ürün kullanıcılarının kendi istekleriyle ürünleri özelleştirmesine izin veren bir yaklaşımı içermektedir. Kitlesele bireyselleştirme, bireyselleştirilmiş ihtiyaçları karşılamak için ürün spesifikasyonunda kullanıcı katılımı ve karar verme vaadi sunmaktadır (Duray ve diğ., 2000). Ürünlerin nicel olarak daha az ve ancak kişiye özgü olarak üretildiği bu süreç, düşünsel anlamda tasarım ürününün ve kullanıcısının biricikliğine ve bütüncüllüğüne odaklanmaktadır. Bahsedilen odak noktasının sadece düşünsel anlamda kalmayıp aynı zamanda üretilebilir olması, alternatif bir yaklaşım elde edebilmek için önemlidir.

Kolarevic’e (2003) göre, dijital fabrikasyon teknolojileri ile bin adet özgün ürünü üretmek, bin adet özdeş ürünü üretmek kadar kolay ve uygun maliyetlidir. Bu noktada, dijital fabrikasyon teknikleri kullanılarak

biçimsel olarak birbirinden farklı bileşenleri, birbiri ile aynı olan bileşenler ile benzer süre ve maliyette üretebilme yeteneğinin altı çizilmiştir. Başka bir deyişle, biçimsel anlamda özdeş olarak tanımlanan ürünlerin seri üretim yaklaşımı ile üretildiği, özgün olarak tanımlanan ürünlerin ise kitlesel bireyselleştirme yaklaşımı doğrultusunda ve dijital fabrikasyon teknikleri kullanılarak üretilbileceği vurgulanmıştır. Vurgulanan bu ifade, kitlesel bireyselleştirme yaklaşımı ve dijital fabrikasyon tekniklerinin kavramsal anlamda paralellliğini ortaya koymakta olup, bu paralellik geleceğin üretim yaklaşım ve biçimleri açısından potansiyeller barındırmaktadır.

Kullanıcıların tasarım ve üretim sürecine daha fazla dahil olabilmesine dönük sorgulamalar üretmek, çalışmanın temel eksenini oluşturmaktadır. Bu eksen, sürecin demokratikleşmesine hizmet etmektedir (Khalili-Araghi & Kolarevic, 2020). Bu bağlamda, kullanıcıların, tasarım ürününü prototipleme aşamasından önce deneyimleyebilecekleri ve kişiselleştirebilecekleri araçların kullanımının demokratikleşme sürecine etkisi çalışmanın odağını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında, bu araç “sanal gerçeklik” olarak belirlenmiştir. Sanal gerçekliğin sahip olduğu; tasarım ürününe ilişkin modeli 1/1 ölçekte deneyimleyebilme ve kullanıcının kendi fiziksel bedenini 1/1 ölçekli olarak deneyimleterek ürüne ilişkin ergonomik ilişkiler oluşturabilme özellikleri artırılmış gerçeklik veya karma gerçeklik teknolojilerine kıyasla etkileşimi yüksek bir süreç potansiyeli barındırmaktadır. Bu bağlam, sanal gerçekliğin kullanılmasına ilişkin temel sebeplerdendir.



**Şekil 1:** Çalışmaya ait hipotezi gösteren diyagram (Diagram that unveils the hypothesis of the study).

Tüm bunlar doğrultusunda çalışmanın ana amacı, sanal gerçekliğin dijital fabrikasyon sürecinde bireyselleştirme için kullanılmasının, kullanıcı merkezli kolektif tasarım sürecine sunacağı katkıları ortaya koymaktır. Bu bağlamda çalışmanın hipotezi, tasarım ürününün kitlesel

olarak bireyselleştirilmesi ve dijital olarak üretimi sürecinde, sanal gerçekliğin bir araç olarak kullanılmasının, geleceğin şeffaf ve katılımcı tasarım süreç özelliklerini oluşturmada katkı sunacağı yönündedir (Şekil 1). Belirtilen hipotezin incelenmesi amacıyla, çalışma yöntemi olarak iki farklı tasarım senaryosu kurgulanmıştır. Ürün kullanıcısı bu senaryoların ilkinde, ergonomik olarak tasarım nesnesinin kendisine uygunluğunu tespit etme amacıyla gerçek dünyada bir tasarım nesnesini (sandalye) fiziksel olarak deneyimlemektedir. İkinci ortamda ise, ilk ortamda ergonomik olarak kendisine uygun olmayan özellikleri belirlediği tasarım nesnesinin modeli üzerinden sanal gerçeklik ortamı içerisinde kişiselleştirmeler yapmaktadır. Antropometrik uygunluk analizi ve kullanıcılar tarafından üretilen yeni tasarım nesnelere üzerinden elde edilen veriler, katılımcı ile yapılan çalışmalar sonucu elde edilen görsel tasarım çıktıları eşliğinde değerlendirilmiştir. Bu noktada çalışma kapsamı, ürün ölçeğine indirilmiş ve kişiselleştirilecek tasarım nesnesi sandalye olarak belirlenmiştir. Bu durumun sebebi, sandalyelerin mimarlık disiplini içerisindeki seri üretim yaklaşımının simgelerinden birine dönüşmüş olmasından kaynaklanmaktadır. Birer ikon-nesne olan sandalyelerin, ironik bir şekilde, işlev odaklı ve kitlesel bireyselleştirme yaklaşımı doğrultusunda kişiselleştirilmesi süreci çalışmanın özünü oluşturmaktadır. Bu noktada, çalışmada uygulanan yöntemin, ürün ölçeğinde uygulanabilirliği test edilmektedir. Belirtilen yöntemin tüm tasarım nesnelere kapsayamayacağı öngörülmekte olup, kapsamın iç mimari ve mimari tasarım ölçeğine genişletilmesi gelecek çalışmalar için potansiyel barındırmaktadır.

**Şekil 2:** Çalışma strüktür diyagramı (Structural diagram of study).



Çalışma strüktürü, **Şekil 2'**de de görüldüğü üzere üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaların ilki çalışmanın girişini, ikincisi problemin belirlenmesi ve kavramsal çerçevenin oluşturulması aşamasını ve üçüncüsü ise tasarım senaryolarının geliştirilmesi aşamasını içermektedir. Çalışmanın ilk kısmında ortaya konulan kavramsal altyapı içerisinde, insan bedenine ilişkin fenomenolojik yaklaşımı barındırmaktadır. Antropometrik standardizasyonun fenomenolojik yaklaşımla ilişkisi ve bu ilişkinin kitlesel bireyselleştirmeye olan ihtiyacı kuramsal olarak ortaya koyması, çalışmanın ikinci kısmını oluşturmaktadır. Çalışmanın üçüncü kısmında ise, çalışma yöntemi ve bu yöntem doğrultusunda seçilen araç olan sanal gerçekliğin süreç içerisindeki rolü tanımlanmıştır.

## **2. PROBLEMİN BELİRLENMESİ VE KAVRAMSAL ÇERÇEVENİN AÇIKLANMASI (PROBLEM STATEMENT AND EXPLANATION OF THE CONCEPTUAL FRAMEWORK)**

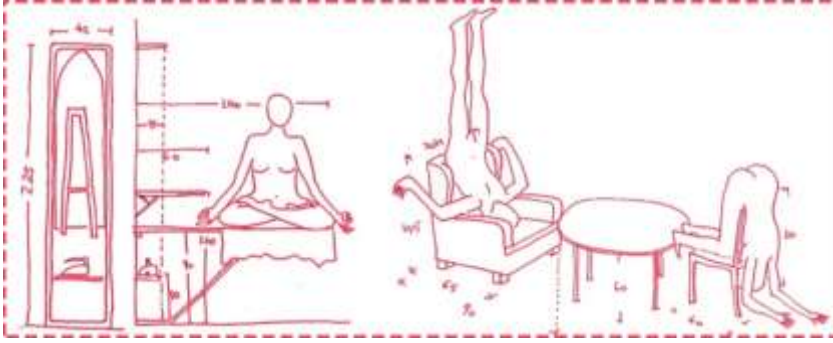
İnsanın çevresini anlama ve çevresi ile ilişki kurma sürecinde “beden” aktif bir rol oynamaktadır. Bu durumun temelinde; “bir şeyi öteki ile düşünmek ve bu düşünceyi o iki şey arasında kurulan farklı bağıntılar ile düzenleme” fikri yatmaktadır (Yazar, Yıl). Sayı sayma fikrinin parmaklarla kurulan ilişki yoluyla gelişmesi, ölçü birimlerinin insan uzuvları üzerinden tanımlanması (feet, mil, vb.) bu durumun örneklerindedir. İnsan bedenine ilişkin çalışmalar, düşünsel anlamda da kendisine alan açmıştır. İnsanın her şeyin ölçüsü olduğu fikri, mutlak güzellik anlayışının insan bedeni ve oransal ilişkileri üzerinden üretilmeye çalışılması, “makine insan” metaforu bunun örneklerindedir. Bu paralelde verilebilecek örneklerden bir diğeri ise, düşünce tarihi içerisinde bedenin özne (düşünen töz) ve nesne (maddesel töz) olarak iki ayrı töz olduğu fikrine dayanan Kartezyen Düalizmdir (Crane & Patterson, 2012). Bu düşüncenin aksine, Kartezyen Düalizm fikrini reddeden fenomenoloji, özne ve nesne deneyiminin aynı bedende gerçekleştiğini vurgulamaktadır (Gallagher & Zahavi, 2013). Çalışmanın kavramsal altyapısını oluşturan bu fikri; Husserl’in “körper” (fiziksel beden) ve “leib” (yaşayan beden) terimleri üzerinden okumak mümkündür. Husserl’e (1970) göre, algı açısından fiziksel beden ve yaşayan beden farklıdır. Algısal süreçte bedenin durağan olmayan yapısını vurgulamak amacıyla “leib” terimi kullanılmıştır. Bu durum, çevreyle ilişkimizin sadece nesnelere kurulan fiziksel ilişkiye dayalı olmadığını vurgulanması açısından önemlidir. Başka bir deyişle, bedenimizin bizi dünyada bir aktör yapan yaşanmış bir bedenselliği

vardır ve bu nedenle algımız yaşanmış, deneyimlenmiş bir algıdır (Shirazi, 2014). Bu doğrultuda, insan bedeni düşünen töz ve maddesel tözün çift yönlü ilişkisinden oluşmaktadır. Fiziksel bedenin yaşayan bedene dönüşüm sürecini sorgulayan bu fenomenolojik yaklaşım, çalışma kapsamında tartışılan standartlaşma ve bireyselleştirme kavramlarının sorgulanması için önemlidir.

İnsan bedenine ilişkin çalışmalar sadece düşünsel alanda kalmamış, onun ölçülerine dair oransal üretimler ve incelemeler mimarlık disiplini içerisinde de kendini göstermiştir. Mutlak güzellik anlayışının insan bedeni üzerinden tariflenmesi ve insanın her şeyin ölçüsü olduğu ilkel düşüncesi, mimaride sembolik olarak vurgulanmıştır. Bu vurgulama çabası, “mimari kurguyu insan bedenine benzetmek” veya “insan vücudunu geometrize etmek” şeklinde kendini göstermiştir. Temelinde “ortalama insan” oluşturma fikri olan antropometrik çalışmalar yapılmış ve boyutsal oranları belirli, statik insan figürleri üretilmiştir. Bu üretimleri, mimarlık disiplini ve bedene ilişkin ortaya koyulan fenomenolojik yaklaşımların ara kesitinde değerlendirmek, çalışmanın problemini tanımlamak açısından önemlidir. Antropometrik çalışmalar sonucu üretilen ve mimari tasarım sürecinde de yaygın bir şekilde kullanılan statik insan figürleri, insan bedenine dair fenomenolojik yaklaşımda ortaya koyulan “fiziksel beden” ile ilişkili kavramlardır. Bu noktada, çalışmanın ele aldığı ana problem “mimari tasarım sürecinde yapılan üretimlerin, üretilen statik insan figürleri bağlamında fiziksel bedenlerimize uygun olup, yaşayan bedenlerimize uygun olmadığı” şeklindedir. Bu doğrultuda, fenomenolojik yaklaşımda olduğu gibi, “fiziksel bedenden yaşayan bedene dönüşüm süreci” mimari tasarım süreci açısından ele alınmıştır. Bu fikir paralelinde rasyonalist düşünceler de zamanla şekillenmiştir. Burke’ye (1909) göre, insan vücudunu geometrize etmek ve boyutsal oranları belirli olan insan figürleri üretmek, mimara düşüncelerini desteklemesi adına bir katkı sağlamamıştır. Bu figürler üretilen düşüncenin mecburi bir temsili olup, insan doğasına tamamen aykırıdır.

Buna ek olarak, günlük yaşam ve eylemler ile oluşturulan geometrik orantılar ve insan figürleri arasında bir ilişki yakalamak mümkün ve gerçekçi değildir. Bu orantının dayatmalarından kurtularak, insan biçimlerindeki geniş çeşitlilik görülebilir ve insanın dünyadaki yeri üzerine olan algı, bir dizi soyut oran ve sayıdan daha fazlasına dayanabilir (Caan, 2011). **Şekil 3**'te yer alan eskizler, antropometrik

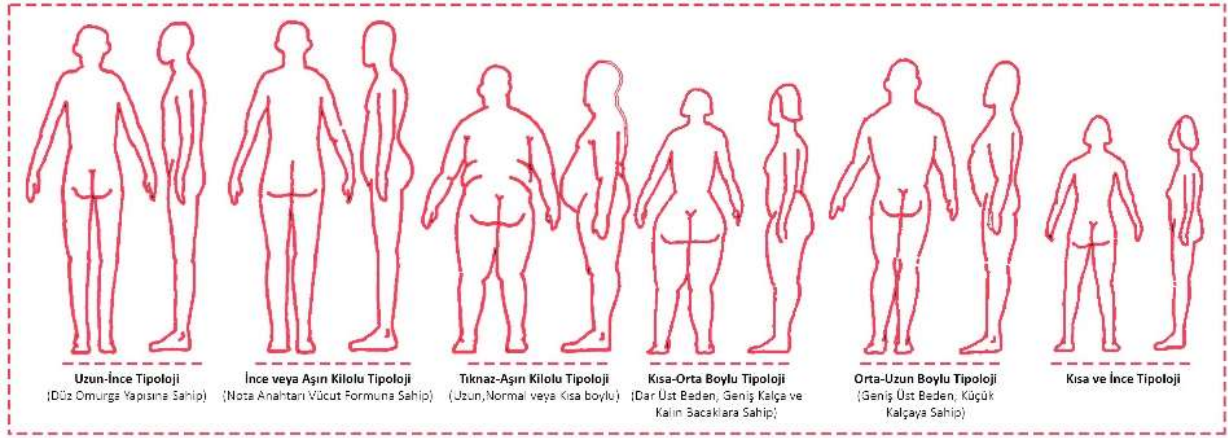
standardizasyonun fiziksel bedenimizin statik yapısını temsil ettiğini; ancak bu temsillerin yaşayan bedenimize uygun olmadığı fikrini yansıtmaktadır (Desirenhos, 2014). Tüm bunlar, insan bedenine ve tasarım nesnesine ilişkin standardizasyonun problemliliğine dikkat çekmektedir.



**Şekil 3:** Antropometrik kabullere eleştiri niteliğinde üretilen eskizler: “Disturbing Neufert (Sketches produced as criticism of anthropometric assumptions: “Disturbing Neufert), Desirenhos, 2014).

İnsan bedenine ilişkin standardizasyon yaklaşımı, tasarım nesnesinin üretim süreci ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda antropometrik standardizasyon, seri üretim yaklaşımının gerekliliği olarak karşılık bulmaktadır. Seri üretim yaklaşımı doğrultusunda, tasarım nesnesinin hızlı üretilebilir ve az maliyetli olması fikri, insan bedenine ve insanın tasarım nesnesinin kullanım şekillerine ilişkin genellemelerin yapılması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Başka bir deyişle bu yaklaşımın özünde, “ortalama insan” için “ortalama tasarım ürünü” üretme fikri bulunmaktadır. Ancak, bu yaklaşımın temelinde bulunan ortalama insan kavramının kapsayıcılığı problemlidir. Hertzberg’e (1970) göre, herhangi bir grubun yarısı, ellinci yüzdilik dilime kadar boyutlandırılmış bir tasarımdan zarar görebilir; çünkü bu durum, grubun daha küçük olan yarısının, ortalama tasarıma erişemeyeceği anlamına gelir. Bu bağlamda, antropometrik olarak ortalama insan kavramının gerçek hayatta karşılığının olmadığı ve bunun bir yanılgı olduğu fikri ortaya çıkmaktadır (Behara & Das, 2012). Şekil 4’te görüldüğü üzere, fiziksel olarak ifade edilen insan çeşitliliğinin, tek bir profile indirgenmesi ve o profil için tasarım nesnesinin üretilmesi yanlıştır; çünkü “İnsanlar çeşit çeşit şekil ve boyutta gelir” (Franco, 2019). Başka bir deyişle, ortalama insan kavramı kadar kapsayıcı bir tanımın olması, ortalama insan için tasarlanan ortalama tasarım ürünlerinin özünde “hiç kimse” için olduğunun ispatı niteliğindedir.





**Şekil 4:** Sandalye ergonomisi için insan vücut tiplerine dair yapılan bir araştırma (A research on human body typologies for chair ergonomics) (Franco, 2019).

Ürün kullanıcılarının farklı bireysel ve demografik özelliklerine rağmen ortak ürünleri kullanıyor olması, seri üretim yaklaşımının sonuçlarından birisidir. Kullanıcıların kendi kullanacakları ürünleri kişiselleştirememeleri, bu yaklaşımın bir diğer problemleri tarafıdır. Bu noktada, üretici ve tüketici kavramlarının birleşimi sonucu oluşan “üreten tüketici (prosumer)” kavramı, üretim sürecinin değişimini ve “kitlesele bireyselleştirme (mass customization)” kavramını işaret etmektedir (Toffler, 1970). Khalili-Araghi ve Kolarevic’e göre (2020), kitlesele bireyselleştirme, tasarımcıların ve ürün kullanıcılarının birlikte tasarım ve üretim süreçlerine dahil olduğu, ürün kullanıcılarının ortak tasarımcı olduğu bir üretim sürecidir. Başka bir deyişle, kitlesele bireyselleştirme yaklaşımı üretilen ürünün niceliğine değil niteliğine odaklanmaktadır. Bu üretim yaklaşımı, Garip ve diğerleri (2021) tarafından, “standart bir ürünü çok daha az maliyetle üreterek çok kâr etmek yerine, üreticilerin son aşamada müşterilerinin kendi istekleriyle ürünlerini özelleştirmelerine izin verdiği ve çok daha az ürünün üretildiği bir süreç” olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar doğrultusunda, seri üretim yaklaşımının aksine kitlesele bireyselleştirme yaklaşımı, üretim sürecinin şeffaflaşması ve kullanıcıların üretim sürecine katılarak ürünleri bireyselleştirebilmesini teşvik etmektedir. Bu teşvikin üretim alanındaki karşılığı ise dijital fabrikasyon araçlarının gelişimi ile paralel ilerlemektedir. Dijital fabrikasyon teknolojilerinin gelişmesi ve bu teknolojilere erişimin kolaylaşması, tasarım ürününe ilişkin çıktının standartlaşmasını engellemektedir. Dijital üretim yöntemleri, standart dışı nesnelerin ve bileşenlerin üretilmesine izin vermekte ve bu üretim sürecini olumlu bir şekilde teşvik etmektedir (Dunn, 2012). Kendi ürününü üretebilen bir ürün kullanıcısının, üretim sürecine hiç dahil olmadığı veya bireyselleştiremediği hazır bir ürünü

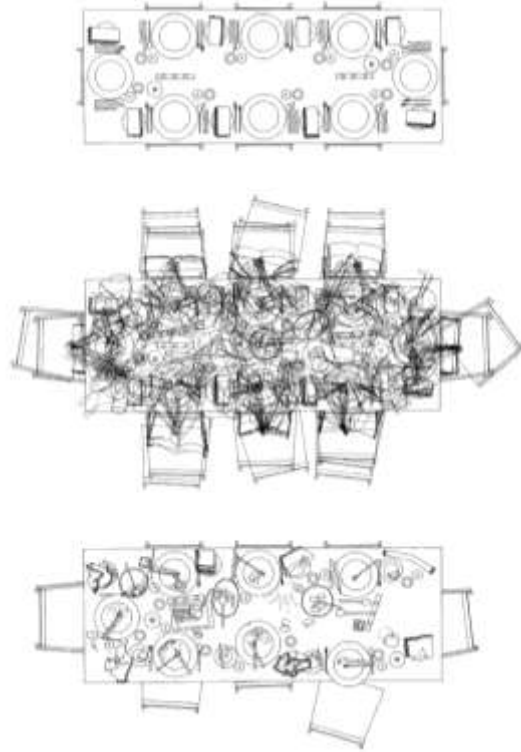
kullanması da geleceğin üretim yaklaşım ve biçimleri ile paralellik göstermemektedir. Bu durum, seri üretim yaklaşımının gelecek üretim senaryoları içerisinde kendisine yer bulamayacağı öngörüsünü ve yeni üretim yaklaşım ve biçimlerine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, dijital fabrikasyon araçları ve kitlesel bireyselleştirme kavramlarının ara kesitinde bulunan bu çalışma alanında, kullanıcı-üretici diyalogunu arttıracak yöntemlerin ve arayüzlerin potansiyellerinin incelenmesi ve geliştirilmesi önem taşımaktadır.

### **3. TASARIM SENARYOLARININ GELİŞTİRİLMESİ (DEVELOPMENT OF DESIGN SCENARIOS)**

Geleceğin şeffaf ve katılımcı tasarım sürecini kurgulayabilmek adına dijital fabrikasyon sürecinde kullanılacak araçların incelenmesi önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında “sanal gerçeklik”, ürün kullanıcılarının tasarım ürününü üretim aşamasından önce deneyimleyebilecekleri ve bireyselleştirebilecekleri araç olarak belirlenmiştir. Bahsedilen deneyim ve bireyselleştirme süreci, ürünün fiziksel olarak deneyimi sonrasında sanal gerçeklik teknolojisinin sürece dahil olmasını kapsamaktadır (**Şekil 2**). Kullanıcıların sanal gerçeklik ortamında ürünü fiziksel olarak deneyimlediği bir sürecin aksine sadece sanal model üzerinden kişiselleştirebildikleri bir süreç tanımlanmaktadır. Bu noktada, ürünün fiziksel olarak gerçek dünyada deneyimi sonrası, aynı ürünün 1/1 ölçekli olarak sanal gerçeklik ortamındaki model üzerinden kişiselleştirilebilir olması (boyut, renk, doku, malzeme, vb. biçimsel özellikler) sanal gerçekliğin çalışma aracı olarak seçim sebebidir. Kullanıcının kendi fiziksel bedenini 1/1 ölçekli olarak kişiselleştirme sürecine dahil edebilmesi, arttırılmış gerçeklik veya karma gerçeklik teknolojilerine kıyasla etkileşimi yüksek bir süreç potansiyeli barındırmaktadır. Fiziksel olarak başlayan deneyim sürecinin sanal gerçeklik ortamına aktarılması sonucunda ortaya çıkabilecek zaman ve maliyet kazancı, üretim çeşitliliği gibi durumlar bu seçimin diğer temel sebeplerindedir. Fuchs ve Guitton’a (2011) göre, teknolojik deneyimler genellikle kullanıcıya sadece bir seyirci olma imkanı tanımaktadır; ancak sanal gerçeklik, kullanıcıyı “seyirci” konumundan çıkarıp bu deneyimlerin “aktörü” haline getirmektedir. Kullanıcının deneyimin aktörüne dönüşmesi ise kitlesel bireyselleştirme sürecinde, kullanıcının üretici ile kolektif çalışması ve üretim sürecinin aktörüne dönüşmesi fikrine paraleldir. Bu paralellik, tasarım ve üretim sürecinin kullanıcı odaklı ilerlemesi bakımından potansiyel

barındırmaktadır. Belirtilen potansiyelin incelenebilmesi için, çeşitli tasarım senaryoları kurgulanmıştır. Bu senaryolar, bir tasarım nesnesinin fiziksel ortamda denenmesini ve sonrasında sanal gerçeklik ortamında antropometrik olarak bireyselleştirilmesi aşamalarını içermektedir.

Tasarım nesnelerinin kullanıcı ve kullanım odaklı bir şekilde tasarlanması gerekliliği, tasarım senaryolarının ana konusunu oluşturmaktadır. Bir yemek masasının mimari temsili ve gerçekteki kullanımı arasındaki farklılığı gösteren eskizler, bu durumun özeti niteliğindedir (**Şekil 5**). Tasarım nesnelerinin mimari temsilleri, o tasarım nesnelerinin tasarım ve üretim sürecine ilişkin ipuçları barındırabilir. Francalanci (2012) tarafından, “Masanın çevresinde tam olarak eşit dört sandalyenin bulunması ürünlerin seri halinde üretilmesine kaçınılmaz bir teslim olmaya mı karşılık gelir?” sorusu tasarım senaryolarının ana çerçevesini ortaya koymak anlamında önem taşımaktadır.



**Şekil 5:** “The Rituals of Eating”,  
Sarah Wigglesworth (The  
Architectural Review, 2018).

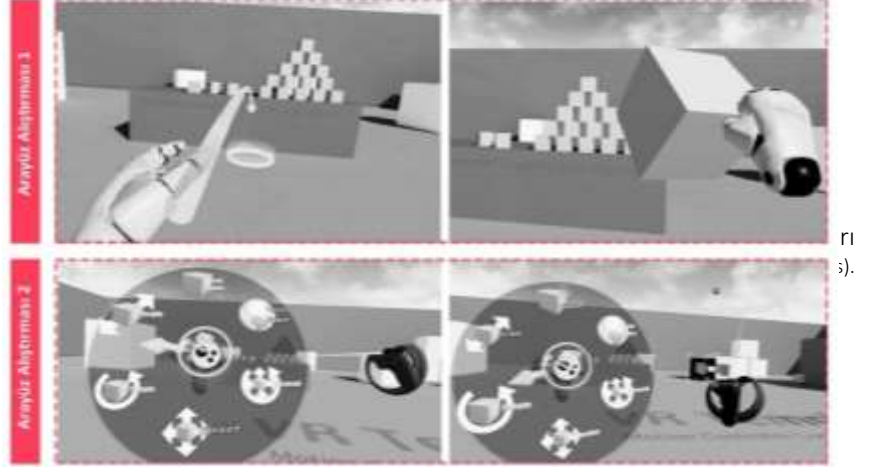
Tasarım senaryolarına ilişkin belirtilen ana çerçeve kapsamında incelenecek olan tasarım nesnesi ise sandalye olarak belirlenmiştir. İnceleme kapsamının sandalye ölçeğine indirilmesi, sandalyelerin mevcut tasarım kültürü içerisindeki konumlandırılışı ile ilişkilidir.

Mevcut tasarım kültürü içerisinde, sandalyelerin işlevselliğinin yanı sıra ona sahip olmanın verdiği haz duygusu, sandalyeleri birer “ikon- nesnelere” dönüştürmektedir. Bu durum sandalyeleri yatırım, üretim, kazanç, kullanma ve değerden oluşan bütün ticaret zincirinin simgesine dönüştürmektedir (Francalanci, 2012). Bu bağlamda tasarım senaryoları, ticaret ve seri üretim zincirinin simgelerinden biri olan sandalyenin, ironik bir şekilde, işlev odaklı ve kitlesel bireyselleştirme yaklaşımı doğrultusunda boyutsal olarak kişiselleştirilmesi sürecini konu etmektedir.

### **3.1 Yöntem ve Süreç (Method and Process)**

Tasarım senaryolarına ait ortamların oluşturulmasından önce, çalışmada kullanılacak yazılım ve donanımlar belirlenmiştir. Çalışmada donanım olarak, bir adet dizüstü bilgisayar ve bir adet sanal gerçeklik gözlüğü (Oculus Rift S), yazılım olarak ise üç boyutlu modellemenin yapılması ve üretilen modellerin sanal gerçeklik ortamına aktarılabilmesi amacıyla Unreal Engine programı kullanılmıştır. Buna ek olarak, çalışmanın katılımcı grubunu, eğitimine lisans düzeyinde devam eden, İstanbul Teknik Üniversitesi İç Mimarlık Bölümü ikinci sınıf öğrencilerinden oluşan on kişi oluşturmaktadır. Katılımcıların seçiminde, sanal gerçeklik teknolojisine ilişkin bir deneyime sahip olmama kriteri göz önünde bulundurulmuştur. Sanal gerçekliğin dijital fabrikasyon sürecinde bir araç olarak kullanılmasını araştıran bu çalışmada, sanal gerçeklik teknolojisinin donanımsal anlamda öğrenim ve kullanım kolaylığının incelenmesi amacıyla bu kriter belirlenmiştir. Çalışma ortamının hazırlanması sırasında katılımcıların güvenliğini sağlama amacıyla, ilk olarak uygun boyutta zemin alanı tanımlanmıştır (2,5x5 metre). İkincil olarak, katılımcıların fiziksel mekandaki objelere çarpmasını engellemek amacıyla üçüncü boyutta koruyucu sanal sınırlar oluşturan “Oculus Guardian” kullanılmıştır. Bu aşama sonrasında, donanımlar çalışma mekanına yerleştirilmiştir.

**Şekil 6:** Çalışma öncesi kullanılan alıştırma arayüzüne ilişkin görseller (Interface images for training which were shown to participants before the protocol study begins).



Çalışma mekanının oluşturulması sonrası, kullanıcıların sanal gerçeklik donanımlarına ve arayüzüne ısınması amacıyla, arayüz alıştırmaları yapılmıştır (**Şekil 6**). Arayüz alıştırmalarının ilkinde, Unreal Engine programında hazır olarak bulunan sanal gerçeklik altlığı kullanılmıştır. Bu ortam içerisinde, katılımcıların hareket etmesi (teleport), nesnelere etkileşim kurabilmesi (kavrama, fırlatma, üst üste dizme, vb.) gibi sanal gerçeklik ortamına ait temel kullanım becerilerinin edinilmesi amaçlanmıştır. İkinci olarak, Unreal Engine programında hazır olarak bulunan sanal gerçeklik altlığı içerisinde, program arayüzünde bulunan “VR Mode” ile ortam içerisinde bulunan nesnelere ait özelliklerin nasıl değiştirilebileceğine dair bir alıştırma yapılmıştır. Bu alıştırma ile sanal gerçeklik ortamında, nesnelere büyüklüklerinin değiştirilmesi, hareket ettirilmesi, döndürülmesi, vb. gibi temel düzenleyicilere ait kullanım becerilerinin edinilmesi amaçlanmıştır. Çalışma mekanının oluşturulması ve arayüz araştırmaları sonrasında tasarım senaryoları, katılımcılar tarafından değerlendirilmiştir. Dijital fabrikasyonun bilgisayar ortamında başlayan bir süreç olması bağlamında sanal gerçeklik, ürünün fiziksel olarak deneyiminden sonra ve üretim sürecinden önce, bireyselleştirme amacı ile bu sürece dahil olmaktadır. Sanal gerçekliğin, dijital fabrikasyon sürecinde bireyselleştirme amacı ile kullanılmasının, kullanıcı merkezli kolektif tasarım sürecine sunacağı katkıları incelemek amacıyla oluşturulan tasarım senaryolarında, iki farklı ortam kurgulanmıştır. İki ortamdan ilki fiziksel mekanın kendisi olup, burada katılımcıların sandalyeyi boyutsal anlamda deneyimlemesi istenmiştir. Bu noktada boyutsal deneyim, kullanıcının kendi bedeni ve

sandalye arasında ölçeksel bir ilişki kurmasını ve sandalyeye ilişkin yükseklik, genişlik, derinlik gibi boyutsal değerlerin antropometrik uygunluğunu test etmesini içermektedir. Başka bir deyişle, sandalyeyi deneyimleme süreci, katılımcıların kendi bedenleri ve sandalye arasındaki ergonomik ilişkiyi değerlendirebilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. İkinci ortamda ise, fiziksel ortamda deneyimlenen sandalyenin modeli sanal gerçeklik ortamına aktarılmış ve katılımcıların deneyimlemesi istenmiştir. Başka bir deyişle, tasarım nesnesinin boyutsal anlamda bireyselleştirilmesi çalışmanın bu aşamasında gerçekleşmektedir. Boyutsal bireyselleştirme sonucu elde edilen birbirinden farklı on adet sandalye ve mevcut tasarım ile kişiselleştirilmiş tasarım arasındaki boyutsal farklılıklar çalışmada değerlendirilecek veriler olarak kaydedilmiştir.

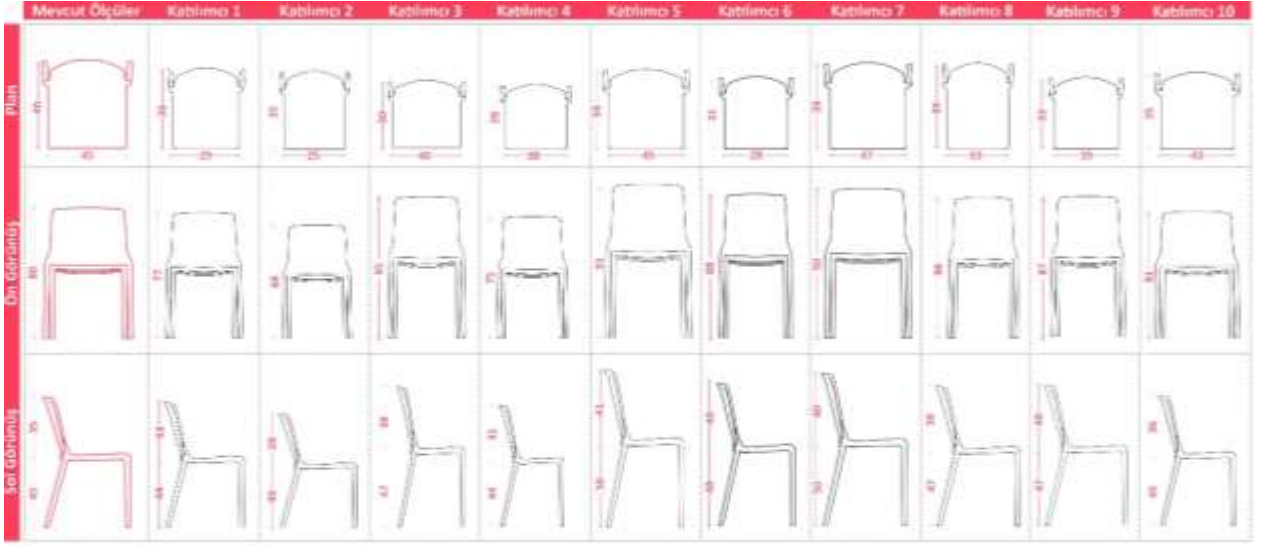
### 3.2 Verilerin Toplanması ve Analizi (Data Collection and Analysis)

Çalışma kapsamında, katılımcıların sandalyeye ilişkin belirledikleri özellikler, çalışmanın çıktısı ve gelecek çalışmaların girdisi olması anlamında önemlidir. Bu noktada, katılımcılardan fiziksel mekanda sandalyeyi deneyimlemesi sonucu, kendi bedenleri ve sandalye ile ilişkileri bağlamında sandalyeye ilişkin bireyselleştirmek istediği boyutsal özellikleri belirtmeleri istenmiştir. Bu özellikler:

- Katılımcı 1, 2, 4, 9, 10 tarafından, sandalyenin oturma genişliği, sırt yüksekliği ve oturma yüksekliğinin fazla olduğu,
- Katılımcı 3, 5, 6, 7, 8 tarafından sandalyenin oturma genişliği, sırt yüksekliği ve oturma yüksekliğinin az olduğu şeklinde belirtilmiştir.

Bu aşama sonrasında verilen modelin boyutsal özelliklerinin değiştirilmesi sonucunda fiziksel ortamda deneyimlenen sandalyeden boyut olarak farklı ve her kullanıcının kendi antropometrik uygunluğuna göre oluşturduğu 10 adet farklı sandalye modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan sandalyelere ilişkin boyutlar (genişlik, yükseklik, derinlik), mevcut tasarım ile kişiselleştirilmiş tasarım arasındaki boyutsal farklılıklar çalışma kapsamında değerlendirilecek veriler olarak belirlenmiştir. Bu verilerin nicel olarak analiz edilebilmesi için görselleştirmeler yapılmıştır. Yapılan görselleştirmeler ile, deneyimlenen sandalyenin gerçek boyutu ve katılımcıların oluşturduğu boyutlar arasındaki fark, grafik anlatı şeklinde ortaya konulmuştur. **Şekil 7**'de görülebilecek bu grafik anlatı, çalışma katılımcılarının boyutsal olarak bireyselleştirdikleri sandalyelerin plan ve görünüşlerini

göstermektedir. Grafik anlatı ile, farklı katılımcılardan elde edilen verilerin tekil olarak gözlemlenmesine ek olarak, karşılaştırmalı bir şekilde analizlerinin yapılması amaçlanmaktadır.



**Şekil 7:** Katılımcılar tarafından sandalyeye ilişkin üretilen farklı boyutsal varyasyonlar (Different dimensional variations of the chair produced by the participants).

Buna ek olarak çalışma kapsamında elde edilen verilerin analizi, sanal gerçeklik ortamında elde edilen sandalye varyasyonlarının, sandalyenin fiziksel mekânda deneyimlenmesi sonucu belirtilen özellikler ile karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. Belirtilen karşılaştırma, antropometrik uygunluk analizi ve kullanıcının bireyselleştirme eylemlerinin gözlemine dayanan tasarım senaryoları sonucu elde edilen bulgular aşağıda listelenmiştir:

- Katılımcı 1, 2, 4, 9, 10 tarafından, sandalyenin oturma genişliğinin, sırt yüksekliğinin ve oturma yüksekliğinin fazla olduğunun belirtilmesi sonucu, katılımcıların bireyselleştirme yaklaşımlarının sandalyeyi küçültmeye yönelik olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, sanal gerçeklik ortamında istenen küçültme oransal olarak yapılmıştır.
- Katılımcı 3, 5, 6, 7, 8 tarafından sandalyenin oturma genişliği, sırt yüksekliği ve oturma yüksekliğinin az olduğunun belirtilmesi sonucu, katılımcıların bireyselleştirme yaklaşımlarının sandalyeyi büyütme yönelik olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda sanal gerçeklik ortamında istenen büyütme genel anlamda yapılmıştır.

- Katılımcı 3, 5, 7, 8 tarafından sandalyeye ilişkin oransal büyütmelemlerin, X-Y-Z eksenlerinde bütüncül olarak yapılan bir oransal büyütmelemleri içermemişti; aksine bazı eksenlerde büyütmelemlerin bazı eksenlerde ise küçültmelemlerin yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, çalışma kapsamında sandalyeye ilişkin parçaların ayrı bileşenler olarak modellenmesi ve birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesinin sonucu olup, bireyselleştirme çerçevesinde, genel geçer arketiplerin yorumlandığı özelleştirilmiş öneriler geliştirebilme fırsatı sunmuştur.
- Katılımcı 3, 5, 6 ve 8 tarafından çalışma öncesinde sandalyenin oturma genişliği az olarak belirtilmiş ancak çalışma sonucunda oturma genişliği daha da azaltılmıştır. Bu durum, fiziksel ortamda ve sanal gerçeklik ortamında sandalyenin farklı algılanabildiğine ilişkin bir bulgu olarak değerlendirilebilir.
- Katılımcı 1 ve 10 tarafından bireyselleştirilen sandalyelerin, bireyselleştirmeye dönük olarak görece daha az müdahale ve tasarım eylemi içerecek biçimde, mevcut sandalyelerin 3 ekseninde (x, y, z) de eş oranda küçültülmesinden öte bir iddiası bulunmamaktadır ve sandalyenin parçalarına ilişkin tekil oransal değişimlerin yapılmadığını göstermektedir.
- Katılımcı 2 tarafından bireyselleştirilen sandalyenin, boyutsal anlamda kullanılmayacak kadar küçültülmüş olması, sandalyenin sanal ortamda deneyimlenememesi sonucu boyut algısının kaybolduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, boyutsal algının kaybolmaması için bireyselleştirilmek istenen nesneye ek olarak boyutsal olarak referans verebilecek nesnelere arttırılmasının, boyutsal kavrayışı etkileyebileceği öngörülebilmektedir.
- Kullanıcı 9 tarafından çalışma öncesinde sandalyenin sırt yüksekliği fazla olarak belirtilmiş ancak çalışma sonucunda sırt yüksekliği daha da arttırılmıştır. Bu durum, fiziksel ortamda ve sanal gerçeklik ortamında sandalyenin farklı algılanabildiğine ilişkin bir bulgu olarak değerlendirilebilir.



#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Çalışma kapsamında sanal gerçeklik teknolojisinin, dijital fabrikasyon sürecinde kitlesel bireyselleştirme aracı olarak kullanımı, antropometrik uygunluk analizine ve kullanıcının bireyselleştirme eylemlerinin gözlemine dayanan tasarım senaryoları üzerinden, katılımcı ile yapılan çalışmalar sonucu elde edilen görsel tasarım çıktıları eşliğinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonrasında elde edilen verilerin analizi sonucu ortaya çıkan bulgular şu şekilde maddelenebilir:

- Çalışma katılımcıları, tasarım senaryolarına ilişkin ilk ortam olan fiziksel mekanda sandalyeyi deneyimledikten sonra, kendi antropometrik ve ergonomik uygunluklarına göre sandalyenin boyutuna ilişkin değiştirmek istedikleri özellikleri tespit etmişlerdir. Bu özelliklerin her kullanıcı özelinde değişmesi ve her kullanıcının farklı şekillerde bu değişikliği yapmak istemesi, antropometrik standardizasyonun kapsayıcı olmadığı savını destekler niteliktedir. Bu sav, her kullanıcıya uygun tasarım çözümleri üretmesi bakımından kitlesel bireyselleştirme yaklaşımının kullanım potansiyelini yansıtmaktadır.
- Çalışma katılımcılarının, sanal gerçeklik teknolojisine ilişkin bir kullanım deneyimlerinin olmamasına rağmen, verilen sandalyeyi sanal gerçeklik ortamında boyutsal olarak bireyselleştirebilmiş olması, öğrenim ve kullanım kolaylığı sağlaması bağlamında, sanal gerçekliğin geleceğin katılımcı tasarım ortam ve pedagojilerinde kitlesel bireyselleştirme aracı olarak kullanılma potansiyeli için önemli bir çıktıdır.
- Sanal gerçeklik ortamı ve fiziksel mekan arasındaki algı farklılığının azaltılabilmesi için, katılımcıların ölçülerini tahmin edebildiği ve doğrudan ilişki kurabildiği referans nesnelerin kullanımının artırılmasının boyutsal kavrayışa olumlu etki edeceği öngörülmektedir.
- Algısal sürecin sadece mekan odaklı değil, ayrıca egosantrik de bir durum olması, kullanıcı odaklı bir araç olan sanal gerçeklik teknolojisi, tasarım ve üretim süreçlerine dahil olmasını kolaylaştırmaktadır.

- Bitmiş ürünün deneyimlendiği statik bir sistem yerine dijital fabrikasyon sürecinde sanal gerçeklik kullanılarak dinamik bir süreç önerilmiştir. Öte yandan, çalışma kapsamında, katılımcıların tasarım nesnesine ilişkin müdahalesini sınırlayan birtakım kuralların veya parametrelerin belirlenmemesi, kullanılmayacak ürünlerin üretilmesiyle sonuçlanmıştır. Bu bağlamda, tasarımcı tarafından belirlenen bazı parametrelerin sabit tutulması, kullanıcı merkezli bireyselleştirme sürecinin verimliliğini arttırabilir.
- Katılımcılardan bazılarında, boyutsal anlamda kullanılmayacak kadar küçük veya büyük ürünlerin oluşturulması, kullanıcının sanal gerçeklik ortamındaki kişiselleştirme sürecine belirli alt ve üst limitler eklenmesi gerekliliğine işaret etmektedir. Katılımcıların kişiselleştirme sürecinde tamamen özgür olmamaları ve belirli kısıtlamaların getirilmesi, ortaya çıkabilecek nihai ürünün kullanıcıya olan uygunluğunu ve bireyselleştirme sürecinin verimliliğini arttırabilir.

Bu araştırmanın sonuçları, ürünün kitlesel olarak bireyselleştirilmesi ve dijital olarak üretimi arasında kullanıcının sürece daha fazla dahil olabilmeye dönük bir araç olarak, sanal gerçeklik teknolojisinin geliştirilerek kullanılabileceğini göstermektedir. Bu doğrultuda, kullanıcıların, tasarım ürününü prototipleme aşamasından önce deneyimleyebilecekleri ve kişiselleştirebilecekleri araç olarak sanal gerçeklik teknolojisini kullanabilmeleri, tasarım sürecinin katılımcı ve kullanıcı merkezli bir sürece evrilmesi açısından dijital fabrikasyon teknolojileri ile doğrudan ilişki içerisindedir. Tasarım sürecinin katılımcı ve kullanıcı merkezli sürece evriminde, bilişim teknolojilerinin gelişimi ve bu gelişim paralelinde dijital fabrikasyon ve kitlesel bireyselleştirme alanlarının ara kesitinde yapılacak çalışmaların sürekliliği önemlidir. Elde edilen tüm bu bulgular neticesinde, sanal gerçeklik teknolojisinin dijital fabrikasyon sürecinde kitlesel bireyselleştirme aracı olarak kullanımına ilişkin çalışmaların sayısının arttırılması gerekliliği açıktır. Bu bağlamda, potansiyel çalışma alanları: sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak, kitlesel bireyselleştirme sürecinin farklı tasarım nesnelere ve mekan ölçeklerinde çalışılması; boyutsal parametrelere ek olarak, farklı işlevsel ve estetik parametrelerin sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak kitlesel bireyselleştirme süreci içerisinde değerlendirilmesi ve sanal gerçeklik ortamında kitlesel bireyselleştirme yaklaşımı doğrultusunda arayüzlerin ve yazılımların geliştirilmesi şeklinde sıralanabilir.

Sonuç olarak, dijital fabrikasyon teknolojilerinin gelişimi, ürün kullanıcılarının tasarım ve üretim sürecine dahil olmasını ve sürecin daha katılımcı bir şekilde ilerlemesini sağlamıştır. Bu noktada kullanıcılar açısından, tasarım ve üretim sürecinin nihai ürün üzerinden okunmasını sağlayan ve statik bir yapıya sahip seri üretim yaklaşımı yerine tüm sürecin dinamik olarak deneyimlenebildiği kitlesel bireyselleştirme yaklaşımı, dijital fabrikasyon teknolojileri ile daha uyumludur. Çalışmanın kavramsal altyapısında ortaya konulan kitlesel bireyselleştirme döngüsü hem sürecin hem de final ürününün önemini ve dinamik yapısını göstermesi anlamında bu savı destekler niteliktedir. Üretim sürecinin, kullanıcının özellikleri, kullanım şekli ve istekleri doğrultusunda kullanıcı odaklı bir yapıya dönüşmüş olması, üretim araçlarının da bu doğrultuda kullanılmasını veya değerlendirilmesini gerektirmektedir. Tasarım ve üretim sürecinin katılımcı ve dinamik yapısına uygun bir araç olarak ortaya çıkan sanal gerçeklik teknolojisi ise, ürün kullanıcısının bu sürece 1/1 ölçekte dahil olabildiğini sağladığı için, sürecin tamamen katılımcı bir yapıya evrilmesini sağlamaktadır. Bu yapı, tasarım nesnelere ilişkin sayısız alternatifin üretilmesini sağlamaktadır. Sayısız alternatifin üretilmesi ise sadece kullanıcıların kendisine en uygun ürüne ulaşması anlamında değil, tasarımcıların yaratma süreçlerinin ve öğrenme ortamlarının gelişmesi anlamında da değerlidir.

### Referanslar (References)

- Behara, D. N. & Das, B. (2012). Structural anthropometric measurements of the Canadian adult population: the fallacy of the 'average person' concept. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13(3), 380-392. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2010.505271>
- Burke, E. (1909). *On the sublime and beautiful*. P.F. Collier & Son Company, <https://www.bartleby.com/24/2/>
- Caan, S. (2011). *Rethinking design and interiors*. Laurence King Publishing.
- Crane, T., & Patterson, S. (Eds.). (2012). *History of the mind-body problem*. Routledge.
- Desirenhos. (2014, Feb 9). Disturbing Neufert. Retrieved Jan 21, 2022, from <https://desirenhos.wordpress.com/2014/09/02/disturbing-neufert-2/>
- Dunn, N. (2012). *Digital fabrication in architecture*. Laurence King Publishing.
- Françalanci, E. L., (2012). *The aesthetic of the objects [Nesnelerin estetiği]*. Dost Bookstore Publishing.

- Franco, T. F. (2019). Understanding the human body: designing for people of all shapes and sizes. *Archdaily*. Retrieved Jan 21, 2022, from <https://www.archdaily.com/903027>
- Fuchs, P., Moreau G. & Guitton, P. (2011). *Virtual reality: Concepts and technologies*. CRC Press.
- Gallagher, S., & Zahavi, D. (2013). *The phenomenological mind*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429319792>
- Garip, E., Onay, N. S. & Garip, S. B. (2021). A model for mass customization and flexibility in mass housing units. *Open House International*, 46(4), 636-650. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0053>
- Gürer, E. (2014). *The phenomenology of computational thinking in design*. (Thesis No. 355967) [Doctoral dissertation (355967), Istanbul Technical University]. Council of Higher Education Thesis Center [Yükseköğretim Kurumu Başkanlığı Tez Merkezi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>  
[Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurumu Başkanlığı.
- Hertzberg, H. T. E. (1970). *Avarage man is a fiction: Range of sizes is key to efficient workplaces*. Contract Publishing.
- Husserl, E. (1970). *The crisis of European sciences and transcendental phenomenology*. Northwestern University Press.
- Khalili-Araghi, S. & Kolarevic, B. (2020). Variability and validity: flexibility of a dimensional customization system. *Automation in Construction*, 109, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102970>
- Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the digital age: Design and manufacturing*. Spon Press.
- Panero, J. & Zelnik, M. (1979). *Human dimension & interior space*. Watson-Guptill Publications.
- R. Duray, P.T. Ward, G.W. Milligan. & W.L. Berry. (2000). Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. *Journal of Operational Management*, 18(6), 605–625. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00043-7)
- Shirazi, M. R. (2014). *Towards an articulated phenomenological interpretation of architecture*. Routledge Taylor and Francis Group.
- The Architectural Review. (2018, Sep 26). Folio: Sarah Wigglesworth's dining tables. Retrieved Jan 21, 2022, from <https://www.architectural-review.com/essays/folio/folio-sarah-wigglesworths-dining-tables>,
- Toffler, A. (1970). *Future shock*. Bantam Books.