

A Proposal for a Material-Focused AI-Supported Design Process: From Natural Material to Artificial Intelligence

Asena Kumsal Şen Bayram¹, Yekta Özgüven², Nadide Ebru Yazar³, Erincik Edgü⁴, Sebahat Sevide Sağlam⁵

ORCID NO: 0000-0002-1131-6073¹, 0000-0003-0899-1307², 0000-0002-3278-5303³, 0000-0003-0899-1307⁴, 0000-0002-4186-4759⁵

^{1,3,4,5}Maltepe University, Architecture and Design Faculty, Department of Architecture, Istanbul, Türkiye

²Maltepe University, Architecture and Design Faculty, Department of Architecture in English, Istanbul, Türkiye

In this study, the process and outcomes of the "[Removed for Blind Review]" workshop, which was organized to understand the different layers that emerge from the integration of artificial intelligence (AI) into the traditional design process, are discussed. The workshop, conducted with 43 students from the disciplines of Architecture, Interior Architecture, and Ship and Yacht Design, aims to highlight the differing thought patterns of the participants throughout the process, focusing on the relationship between material and AI. This study employed the "observe-think-act" method, and structured where participants assumed the role of researchers within this method. In the first stage of the workshop, participants produced their biopolymer materials. The design studies focusing on the material properties are expected to occur within a composition where the material is considered from the user's perspective. The material experience, is possible through the identification of the sensory, semantic, emotional, performance, and potential characteristics of the material. In the second stage, participants developed forms using Midjourney, utilizing the criteria they set for their materials. The final stage concerns how much participants altered their formulations while physically producing the AI-assisted designed forms and how these changes impacted the renewed material experience characteristics. At the end of the process, most participants modified their initial formulations to produce the AI-assisted form. The changes in the new formulations primarily occurred in the keywords associated with performance and potential, while a limited number of changes were made in those related to semantic, sensory, and emotional parameters. This result indicates that despite the influence of artificial intelligence, the perceptual subjectivity during the participants' initial interaction with the material was not lost.

Received: 09.07.2024

Accepted: 15.09.2024

Corresponding Author:

asenakumsalsenbayram@maltepe.edu.tr

Şen Bayram, A.K., Özgüven, Y., Yazar, N. E., Edgü, E., & Sağlam, S.S., (2024). A Proposal for a Material-Focused AI-Supported Design Process: From Natural Material to Artificial Intelligence, JCoDe: Journal of Computational Design, 5(2), 211-234. <https://doi.org/10.53710/jcode.1512903>

Keywords: Material experience, Bio-Polymer, Artificial Intelligence, Informal learning.

Malzeme Odaklı Yapay Zekâ Destekli Bir Tasarım Süreci Önerisi: Doğal Malzemeden Yapay Zekâyâ

Asena Kumsal Şen Bayram¹, Yekta Özgüven², Nadide Ebru Yazar³, Erincik Edgü⁴, Sebahat Sevede Sağlam⁵

ORCID NO: 0000-0002-1131-6073¹, 0000-0003-0899-1307², 0000-0002-3278-5303³, 0000-0003-0899-1307⁴, 0000-0002-4186-4759⁵

^{1,3,4,5} Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

² Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İngilizce Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

Bu çalışmada, geleneksel tasarım sürecine yapay zekâ (YZ) entegrasyonu ile ortaya çıkan farklı katmanları okuyabilmek amacıyla düzenlenen “[Hakem değerlendirilmesi için çıkarılmıştır]” başlıklı çalıştayın süreci ve sonuçları tartışılmaktadır. Mimarlık, İç mimarlık ve Gemi ve Yat Tasarımı disiplinlerinden 43 öğrenci ile gerçekleştirilen çalıştay, katılımcıların süreçteki farklılaşan düşünme biçimlerini, malzeme ve YZ ilişkisi üzerinden ortaya koymayı hedeflemektedir. Bak-düşün-eyleme geç yönteminin kullanıldığı çalışmada, katılımcıların bu yöntemdeki araştırmacı rolüne büründükleri bir süreç kurgulanmıştır. Çalıştayın ilk aşamasında katılımcılar kendi biyopolimer malzemelerini üretmişlerdir. Malzeme özelliklerine odaklanan tasarım çalışmalarının, malzemenin kullanıcı perspektifinden ele alındığı bir kompozisyon içinde gerçekleşmesi gerekmektedir. Bahsedilen çalışmalara da temel oluşturan ‘malzeme deneyimi’, malzemenin duysal, anlamsal, duygusal, performans ve potansiyel özelliklerinin tanımlanması ile mümkündür. Katılımcılar, reçetesini oluşturdukları malzemelerin belirledikleri ölçütlerini girdi olarak kullanarak, çalıştayın ikinci aşamasında Midjourney ile form geliştirmişlerdir. Çalıştayın son aşaması, YZ destekli tasarlanan formu fiziksel olarak üretirken, katılımcıların malzeme reçetelerinde ne ölçüde değişiklikler yaptıkları ve bu değişikliklere göre yenilenen malzeme deneyimi özellikleri ile ilgilidir. Süreç sonunda çoğu katılımcının, ilk malzeme reçetelerini, YZ destekli tasarlanan formu fiziksel olarak üretmek için değiştirdiği görülmüştür. Yeni reçetelerdeki değişiklikler büyük oranda performans ve potansiyel parametrelerinde belirtilen anahtar kelimelerde gerçekleşmiş; anlamsal, duysal ve duygusal parametrelerde belirtilen kelimelerde sınırlı sayıda değişiklik yapılmıştır. Bu sonuç, YZ etkisine rağmen, katılımcıların malzeme ile olan ilk etkileşimleri sırasındaki algısal özelliğin kaybolmadığını göstermektedir.

Teslim Tarihi: 09.07.2024

Kabul Tarihi: 15.09.2024

Sorumlu Yazar:

asenakumsalsenbayram@maltepe.edu.tr

Şen Bayram, A.K., Özgüven, Y., Yazar, N. E., Edgü, E., & Sağlam, S.S., (2024). A Proposal for a Material-Focused AI-Supported Design Process: From Natural Material to Artificial Intelligence, JCoDe: Journal of Computational Design, 5(2), 211-231. <https://doi.org/10.53710/jcode.1512903>

Anahtar Kelimeler: Malzeme deneyimi, Biyo-polimer, Yapay zekâ, Enformel öğrenme.

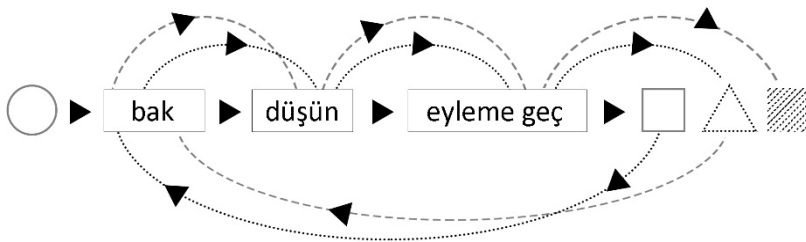
1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Toplumsal, ekonomik ve teknolojik eğilimlerin bilgi odaklı bir yapıya geçişi ile yaşanan çok boyutlu dönüşümler, tasarım düşüncesini, araçlarını, ortamlarını ve yöntemlerini de etkilemektedir. Günümüzde katı olan her şeyin buharlaştığı görüşünden (Berman, 2004) hareketle, gerçek olan ve sanal olan arasındaki farkın önemini yitirdiği (Baudrillard, 2003), herşeyin birliğe evrilerek karmaşıklaştığı ve bir yandan da atomize olduğu (Poincaré, 2001) açıktır. Bu durumda, tekil ögeler yerine, birbiri ile ilişkisiz görünen ögeler arasında yeni bağların keşfedildiği bir aradalıktan ve birliktelikten söz etmek mümkün hale gelmiştir. Böylesi bir birliktelik, hayalgücü ve yaratıcılık gibi kavramlara temellenen tasarım disiplinleri için geniş bir düşünme ve üretme olanağı sunmaktadır. Tasarım sürecinin, doğası gereği, çok disiplinli ve işbirlikçi yapısı, günümüzde bilgi teknolojilerinin tasarım alanına entegrasyonu ile sınırsız sayıda ve biçimde yeni birliktelik ortamlarının oluşmasına yol açmıştır. Bu ortamlar, tasarım alanında karar verme süreçlerinin çok katmanlı yapısını bir yandan geliştirirken, bir yandan da çok sayıda yeni katmanların oluşmasına olanak sağlamıştır (Dave ve diğ., 2018).

Teknolojinin gündelik hayatın merkezine yerleşmesiyle birlikte, tüm dünyada sanal öğrenme ortamları günümüzde tasarım eğitime dahil edilmiş ve öğrenme sürecine aktif katılım biçimlerinin farklılaşmasına yol açmıştır. Tasarım eğitimi, bu yeni birlikteliklerin ve katmanların en belirgin biçimde ortaya çıktığı alanlardan biridir. Öğrenilen bilginin doğrudan uygulamaya aktarılmasına izin vermeyen formal eğitim ortamlarına, farklı ve geniş açılımlar sunan enformel eğitim ortamları eklenmiştir (Hoff, 2001). Hatta, günümüzde enformel öğrenme ortamları, öğrencilere bilginin deneyime bağlı öğrenilmesini sağlayan çeşitli yöntemler sunması sebebiyle, formal öğrenme ortamları kadar önemli bir hale gelmiştir (UNESCO-UIS, 2012). Bireyin öğrenme sürecine kendi isteğiyle katıldığı bu enformel öğrenme biçiminin etkin ve kalıcı olabilmesi ise, kendisini öğrenme ortamının bir parçası haline getirmesi ve etkileşimsel öğrenme araçlarını kullanması ile mümkündür (Csikszentmihalyi, 1997). Bu öğrenme ortamlarının sunduğu geniş yelpaze, son yıllarda tasarım eğitimi konulu çalışmaların formal eğitim yerine enformel eğitim ortamlarına odaklanmasına yol açmıştır.

Bu bağlamda, tasarım sürecine yeni nesil dijital olanakların entegrasyonu ile ortaya çıkan farklı birliktelik ortamları ve katmanlarını okuyabilmek amacıyla bir çalıştay düzenlenmiştir. Bir enformel öğrenme ortamı olarak oluşturulan çalıştayda, farklı tasarım disiplinlerinden öğrenciler katılımcı olarak yer almışlardır. Böylelikle, geleneksel tasarım süreçlerine dijital ortamların entegrasyonunun yanı sıra, farklı disiplinlerdeki aktörlerin yeni birlikteliklerin ortaya çıkış sürecindeki farklı davranış biçimleri de yeni katmanlar olarak ele alınmıştır. Bu doğrultuda, bu araştırma, “Doğal Malzemeden Yapay Zekaya” başlıklı çalıştay sürecini ve sonuçlarını, katılımcıların süreçteki farklılaşan düşünme biçimleri üzerinden ortaya koymayı hedeflemektedir.

Araştırmanın metodolojisi, öğrenciyi merkeze alan enformel öğrenme biçimlerine odaklanan araştırmalarda sıklıkla tercih edilen eylem araştırması yöntemine temellenmektedir. Eylem araştırması, belirli bir süreçte deneysel hedefe doğru ilerlerken somut bir durumdaki faktörlerin birbirleriyle nasıl ilişki kurduğunu inceleyen çalışmalara verilen bir terimdir (London ve Ostwald, 2004). Eylem araştırmalarında, odak süreçte ortaya çıkan bilgi üzerindedir. Bir eylem araştırması türü olan bak-düşün-eylem ise süreci daha tanımlı hale koymakla birlikte, bir yandan da sistematize ederek sonuç analizlerin süreçte yansımalarına izin veren döngüsel bir sistem tanımlamaktadır (Şekil 1) (Stringer, 2008). Bu nedenle, bu araştırmada bak-düşün-eyleme geç yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 1: Bak-düşün-eyleme geç yöntemi (Stringer, 2008'den adapte edildi).
(Look-think-act method.
(Adapted from Stinger, 2008)

Bu çalışmanın diğer araştırmalardan en temel farkı, araştırmacılara değil, katılımcıların süreçlerinin tariflenmesine odaklanmasıdır. Böylelikle, hem tasarım sürecinin hem de enformel öğrenme ortamının temel aktörü olan katılımcının öğrenen-öğreten-araştırmacı-karar verici olma eksenindeki rolü ve bu eksenindeki değişimleri ortaya

konabilecektir. Bu çerçevede, katılımcıların, her birinin tasarım sürecinde sistematik olarak tanımlanmış adımları izleyerek, bakıp, düşünüp karar verip sonraki değişikliklerine karar verecekleri bir kurguda öğrenenden araştıranına doğru dönüşümleri izlenebilecektir.

Bu noktada, çalıştayın ana temasının, hem farklı tasarım disiplinlerinden gelen atölye katılımcılarının kişisel yetenek ve ilgileri ile uyum içerisinde olan hem de tüm tasarım disiplinleri için geçerli olan güncel bir konu etrafında belirlenmiş olması araştırma için büyük öneme sahiptir. Katılımcıların kendi öğrenme süreçlerini etkin olarak yönetecekleri düşünüldüğünde, tasarım ve bilgi odaklarını birlikte ele alan bir araştırmanın güncel konu ve yöntemleri içeren bir çerçevede kurgulanması gerekliliği açıktır. Bu amaçla, öncelikle tasarım ve bilgi odaklarını farklı ölçek, konu ve uygulamalarla irdeleyen araştırmalar incelenmiştir. Bu incelemelerde, günümüzde yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin, her alana olduğu gibi, özellikle tasarım eğitimi alanındaki nüfuzu ve yardımcı rolü dikkati çekmiştir. Dolayısıyla, tasarım pratiğinde ve eğitimindeki etkinliği her geçen gün artan bu teknolojilerin (Rios-Campos ve diğ., 2023), geri bildirim (Krstić ve diğ., 2022), çözüm (Ahmad ve diğ., 2021), esneklik ve özelleştirmeye (Sadiku ve diğ., 2021) olanak sağlayan genişlikteki yapısı bu araştırma için bir zemin oluşturmuştur.

Diğer taraftan, literatürde, bilgisayar temelli teknolojilerin, tasarımcının hayal gücünü genişletme -asında özgürleştirme- ve daha verimli tasarımların ortaya çıkışını kolaylaştırma konularında etkin bir rolü olsa da, tasarım sürecini daha çok görsel bir imgeye de indirgediği (Pallasmaa, 2007) yolunda çeşitli eleştiriler söz konusudur. Bu eleştiriler, dijital teknolojilerin tüm duyuları aktif hale getiren ve bu duyularla yürütülen tasarım sürecinde, tasarımcı ile tasarım ürünü arasında bir mesafe yarattığı görüşünü temellenmektedir. Buna göre, el çizimleri ve fiziksel maket yapımı ile yürütülen tasarım süreçleri ise, tasarımcı ile tasarım ürünü arasında dokunsal bir teması olarak sağlamakta ve dolayısıyla da tasarımcı ile tasarım ürünü arasında bedensel ve zihinsel bir özdeşleşme ortaya koyan yaratıcılığı desteklemektedir (Pallasmaa, 2007).

Tasarım sürecinde malzemenin fiziksel olarak deneyimlenmesiyle tasarımcıda oluşturduğu hissiyat, öğrenme ve anlama açısından önemlidir. Tasarımcının, tasarım sürecinde malzeme ile olan etkileşimi, bir yandan zihindeki yaratma sürecini yönlendirirken; malzeme yalnızca sonuç ürünün belirleyicisi değil, yaratma ve yapım sürecinin doğal bir parçası olur. Böylece, her malzeme kendine özgü özellikleriyle tasarım nesnelerinin formunu, görünüşünü, anlamını ve algısını belirlemektedir. Bu bağlamda, çalıştayın kapsamı, geleneksel tasarım sürecinin belirleyici etmenlerinden biri olan malzemenin, YZ destekli teknolojilerle olan etkileşimi üzerinden süreçteki dönüşümü olarak belirlenmiştir. Çalıştay, bak-düşün-ekleme geç sürecindeki dönüşümleri daha açık biçimde irdeleyebilmek amacıyla, yaratıcılığı daha geniş ölçekte destekleyen YZ teknolojileri kullanımı ile yaratıcılığı kişisel ölçekte destekleyen yöntemlerin kullanımı birlikteliğini öngören enformel bir süreç olarak kurgulanmıştır.

2. MALZEME ODAKLI YZ DESTEKLİ BİR TASARIM SÜRECİ ÖNERİSİ (A PROPOSAL FOR A MATERIAL-FOCUSED AI-SUPPORTED DESIGN PROCESS)

Farklı tasarım disiplinlerine ilişkin bilgilerin günümüz dijital teknolojileri ile birlikte kullanılarak, nesnelerinin tasarlanma ve üretim süreçlerindeki malzeme ve form ilişkisinin deneyim yoluyla araştırılmasını amaçlayan, yaratıcılık odaklı çalıştayın iki temel bileşeni bulunmaktadır: Biyo-polimer malzemeler ve YZ uygulamaları.

2.1 Malzeme Odaklı Tasarım: Biyo-polimer Malzemeler (Material-Focused Design: Biopolymers)

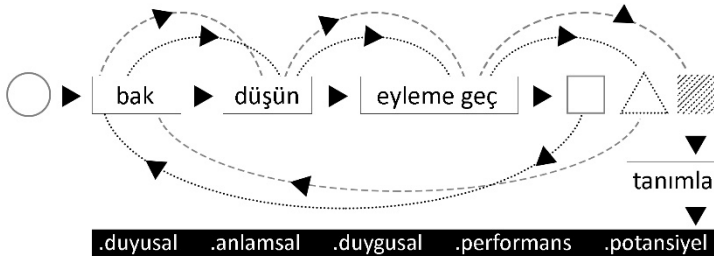
Bir malzeme ile tasarım yapmak, o malzemeyi tanımayı gerektirir. Malzeme ile 'oynamak' olarak da adlandırılan bu etkileşim, yaratıcı düşünce sürecinin ilk safhasından başlayarak sonuç ürün elde edilene kadar devam eder (Karana ve diğ., 2015). Konuyla ilgili literatür incelendiğinde, malzemelerle ilgili pürüzsüz-pürüzlü, yumuşak-sert, hafif-ağır gibi duyuşal karşıtlıkların keşfedildiği malzemelerin 'doğasına' odaklanan ilk çalışmalarda, katılımcıların malzemelerin özelliklerini dokunarak deneyimlediği görülmektedir (Itten, 1975; Wick, 2000). Dünyayı tüm duyuları aracılığıyla algılayana bireylerin çevreye ilişkin deneyimini de olanaklı kılan en temel faktör dokunmadır (Pallasmaa, 2007). Dokunma, özellikle tasarım disiplinlerinin yaratıcı ve estetik

kaygılarını anlamlı hale getiren görsel algılamının da en temel bileşenidir. Zaten tam da bu nedenle, güncel çalışmalar, malzemenin hissettirdiği duygusal farklılıklar ve bu farklılıkların kullanıcı deneyimleri üzerindeki etkileri (Howes ve diğ., 2014; Chapman, 2014) gibi konulara odaklanmaktadır.

Malzeme deneyiminin bileşenlerinin incelenmesini içeren çalışmalardan İfade-Sensöryel Atlası (Rognoli, 2010), Malzeme Algı Araçları (van Kesteren, 2008), Malzeme Estetik Veritabanı (Zuo, 2010) ve Anlam Odaklı Malzeme Seçimi (Karana, 2009) bu çalışmada uygulanacak çerçeve ile benzerlikler içermektedir. Özellikle malzemelerin anlamları modeline (Karana, 2009) dayanan Anlam Odaklı Malzeme Seçimi, malzeme deneyiminde kullanıcı ile malzeme arasındaki dinamik etkileşimi görselleştirmesi bakımından önemlidir. Bu modele göre, ürün ve malzeme arasındaki ilişkileri anlayabilen tasarımcılar, malzemeleri daha bilinçli bir şekilde işleyebilmektedirler.

Malzeme özelliklerine odaklanan tasarım çalışmalarının, malzemenin kullanıcı perspektifinden ele alındığı bütünsel bir kompozisyon içinde gerçekleşmesi gerekmektedir (Wiberg, 2014; Karana, 2009). Bu nedenle malzemenin mevcut durumunu anlamak, bu durumu analiz ederek gerekli ölçütleri oluşturma ve bu ölçütlere uygun tasarımı ortaya çıkarma adımları izlenmelidir (Karana ve diğ., 2015). Bahsedilen çalışmalara da temel oluşturan ‘malzeme deneyimi’, malzemenin estetik (duyusal), anlamsal ve duygusal olmak üzere üç bileşen ile tanımlanmaktadır (Karana ve diğ., 2008). Takip eden çalışmalarda bu bileşenlere yapma biçimlerini ve uygulamaları da içeren performans ölçütleri eklenmiştir (Karana ve diğ., 2015).

Ancak, bu çalıştayda, nesnelere tasarım ve üretim süreçlerindeki malzeme ve form ilişkisinin deneyim üzerinden ortaya konulması amacıyla hareketle, duygusal, anlamsal, duygusal ve performans ölçütlerine; formu belirleme ve üretme konusunda daha geniş bir perspektif sağlamak ve malzemenin form üretimine ilişkin olumlu ve/veya olumsuz etkilerini ortaya koyabilmek adına, malzemenin potansiyeli ölçütü de analiz parametrelerinden biri olarak değerlendirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Çalıştay çerçevesi:
Malzeme tasarımı-tanımlaması.
Workshop framework: Material
design-definition

Duyusal ölçüt, malzemenin, deneyimleyen bireyin dokunma-görme-koku gibi duyarları üzerinde nasıl bir etki oluşturduğu; anlamsal ölçüt ise malzemeyi deneyimleyen bireyin zihninde kavramsal olarak malzemeye nasıl bir içerik ve anlam yüklediğine ilişkindir. Duygusal ölçüt, malzemenin deneyimleyen bireyin duygularını nasıl tetiklediğini tariflemesini içermektedir. Performans, malzemenin fiziksel özellikleri ve yeteneklerine dair deneyimleyen bireyin düşüncelerine; potansiyel ölçüt ise malzemenin muhtemel kullanım olanaklarına ilişkin deneyimleyen bireyin zihninde barındırdığı örtük bilgiye işaret etmektedir (Karana ve diğ., 2015).

Bu çerçevede, çalışma kapsamında, duyuşsal, anlamsal, duygusal, performans ve potansiyel özellikleri incelenmek üzere, literatürdeki çalışmalarda da sıklıkla kullanılan biyo-polimer malzemeler seçilmiştir. Biyo-polimerler bitki, hayvan ve mikroorganizmalar gibi doğal kaynaklı malzemelerden üretilmekle birlikte; çevresel zararın azaltılması, sürdürülebilirlik, toksik olmama, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve gübrelenebilirlik gibi özellikleri bakımından da çevre dostu malzemelerdir. Biyo-polimerlerden üretilen plastikler, geleneksel plastiğe güçlü bir alternatif olarak; medikal, tarım, otomotiv, tekstil, gıda endüstrisi ve özellikle yapı malzemesi gibi birçok sektörde gelişmiş uygulama imkânları sunmaktadır. Yapılan araştırmalar biyo-polimer ürünlerin, ticari olarak baskın olan petrol esaslı ürünler ile rekabet edebildiğini göstermekte ve bugün polimer pazarının sadece küçük bir yüzdesini oluşturmasına rağmen, gelecekte büyük oranda petrol bazlı polimerlerin yerini alabilecekleri tahmin edilmektedir (Pacheco-Torgal ve diğ., 2016; Christian, 2020; Aaliya ve diğ., 2021).

Diğer yandan biyo-polimerler, kolaylıkla erişilebilen malzemelerle, basit ortamlarda üretilebilecek bir baz reçetesine, çeşitli organik katkıların

ilavesiyle, çok sayıda seçenek elde etmeye olanak sağlamaktadır. Böylece çok yönlü bir deneyim ve etkileşim olanağı yaratan sürdürülebilir biyo-polimer malzemeler, kolay üretilebilirliği ve farklılaştırılabilirliği ile tasarım sürecinin de aktif bir parçası haline gelmektedir. Ancak literatürde, atölye çalışmasının ana teması olan biyo-polimer malzemeler ile dijital teknolojileri bir araya getiren, özellikle tasarım sürecinde YZ ile olan etkileşimlerini temel alan benzer bir çalışma yer almamaktadır. Bu birliktelik, bir yandan bu araştırmanın özgün yönünü oluştururken, bir yandan da tasarım sürecinde malzemelerin kullanımı ve dönüşümü ile farklı incelemeler ortaya koyma zorunluluğunu doğurmuştur.

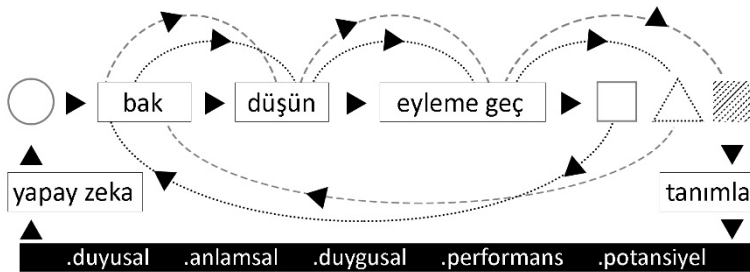
Malzeme alanındaki çalışmalar tekil olarak incelendiğinde, bu araştırmalarda, Large Language Models (LLM) uygulamalarının sıklıkla tercih edildiği görülmüştür. LLM'lerin malzeme biliminde başarılı bir şekilde uygulanması, iklim değişikliği, enerji güvenliği, sürdürülebilir tarım ve imalat, kişiselleştirilmiş tıbbi cihazlar ve daha güçlü bilgisayar sistemlerine erişim gibi günümüzün karmaşık toplumsal ölçekli zorluklarını ele alabilecek yeni malzemelerin keşfi, sentezi ve analizini hızlandırarak bu alanı dönüştürme potansiyeline sahiptir (Miret ve Anoop Krishnan, 2024). Ancak güncel araştırmalarda, LLM'lerin kimya (Jablonka ve diğ., 2023) ve biyolojinin çeşitli alt dalları (Lin ve diğ., 2023; Hsu ve diğ., 2022; Xu ve diğ., 2023; Cui ve diğ., 2023; Dalla-Torre ve diğ., 2023) gibi disiplinlerarası alanlarda kullanımının arttığı görülmekle birlikte, malzeme bilimine uygulanması görece yavaştır (Miret ve Anoop Krishnan, 2024). Dolayısıyla, bu çalışmanın, doğal malzeme ve YZ uygulamaları ilişkisini ve bu ilişkinin birbirleri ile karşılıklı etkileşimini tasarım süreci üzerinden inceleyen çerçevesi, yalnızca yaratıcı tasarım alanlarına değil malzeme bilimine de farklı bir bakış açısı ile katkı sağlayacak ve güncel literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracaktır.

2.2 Tasarımda Yaratıcı bir Yardımcı: YZ (A Creative Helper in Design: AI)

Yaratıcılık, bilinçsiz düşünce/işlem (Poincaré, 1913; Miller, 2012), ani fikir ortaya çıkışı (Wertheimer, 2020), içgörü sıçramaları (Csikszentmihalyi, 1997; Simonton, 1999) ve yeniliğin üretilmesini içeren karmaşık bir olgudur (Palmiero ve diğ., 2019). Teknolojinin tasarım alanına olan etkisinin katlanarak arttığı günümüzde, yaratıcılık

üzerine geliştirilen söylemler ve tartışmalar daha çok bireylerin bilişsel süreçlerine yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda, ortaya çıkan dijital yaratıcılık (Owen, 1996) ve hesaplamalı yaratıcılık (Colton ve Wiggins, 2012) gibi kavramlar, günümüzde YZ'nın tasarım sürecine entegrasyonu ile yeni boyutlara ulaşmıştır (Boden, 1998; Dartnal, 1994). YZ'nın çok sayıda keşif yapabilme ve ürettiği çok sayıdaki alternatif arasından bireylere seçme olanağı sağlama yeteneği, yenilikçi fikirlerin erken kavramlardan evrildiğini ve mevcut koşullara yanıt olarak rafine edildiğini öne süren (Simonton, 1999) ve yaratıcı süreci başlatmada tasarımcının probleme yaklaşımının önemini vurgulayan (Guilford, 1975) yaratıcı teorilerle de örtüşmektedir. YZ destekli (AI-powered, AI-enhanced, AI-assisted) uygulamaların bireylerin yaratıcılığı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar (Miller, 2019; Fischer ve Nakakoji, 1994; King ve diğ., 2017; Graham, 2015), yaratıcı endüstrilerde (Anantrasirichai ve Bull, 2020) ve sanatta (Chen ve diğ., 2020) bir yandan YZ'nın olumlu etkisini; bir yandan da yaratıcılığı artırmak için etkileşimli kullanımının önemini vurgulamaktadır (Boden, 1998; Miller, 2019).

Teknolojik gelişmelerle birlikte, özellikle son yıllarda, metinsel girdileri görsel olarak etkileyici görüntülere dönüştürebilen YZ platformlarında büyük bir artış ve yöntemsel çeşitlilik meydana gelmiştir. Ancak, katılımcıların süreçlerinin tariflenmesine ve katılımcıların öğrenen-öğreten-araştırmacı-karar verici olma eksenindeki rolü ve bu eksenindeki değişimlerine odaklanan bu çalıştayda, metinden görsele (text to image) YZ uygulamaları kullanılmıştır. Bunun en temel nedeni, tasarım sürecinde bireysel etkilerin ve dolayısıyla değişimlerin en belirgin şekilde okunabilirliği ile, bireylerin kendi ifadelerinin doğrudan tasarım sürecine dâhil edilmesidir (Şekil 3).



Şekil 3: Çalıştay çerçevesi: YZ destekli tasarım süreci. Workshop framework: AI-Supported design process.

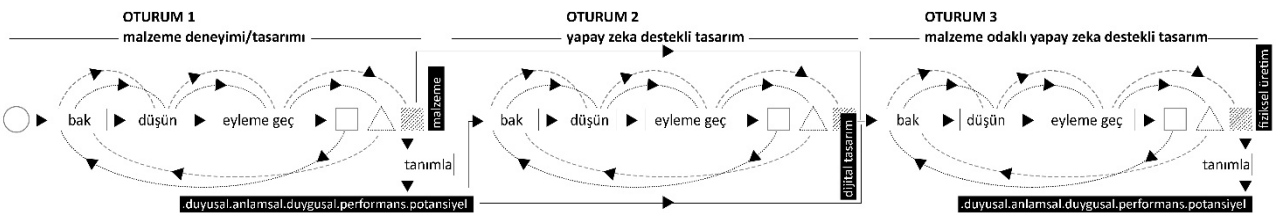
Metinsel girdiler aracılığıyla tasarım fikirlerinin kavramsallaştırılması için yeni bir yol açan (Ploennigs ve Berger, 2022) ve büyük dil modelleri (LLM'ler) olarak adlandırılan bu uygulamalar, son yıllarda yalnızca tasarım alanını değil, neredeyse tüm disiplinleri şekillendirmeye başlamış ve geleceğe dair yol haritalarını değiştirmek zorunda bırakmıştır (Zhang ve diğ., 2023). Teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli biçimde güncellenen LLM'lerin eğitim alanındaki uygulamaları ise yeni bir araştırma konusudur (Wei ve diğ., 2022). LLM'lerin eğitim alanında kullanılmasına ilişkin fırsatları, zorlukları ve sonuçları ortaya koyan çalışmalarla (Ji ve diğ., 2022; Kasneci ve diğ., 2023) bağlantılı olarak LLM'lerin eğitimde kullanımı çeşitli tartışmaları beraberinde getirmiş olsa da (Johnson, 2023), bu araçlar geleneksel öğrenme süreçlerini yeniden düşünmek için bir fırsat olarak görülebilir.

YZ'nın tasarım eğitiminde kullanımı ise, daha erişilebilir, hızlı (Bölek ve diğ., 2023) ve yaratıcı (Nast, 2023) bir paradigma değişimine işaret etmektedir. Tasarım eğitiminde YZ kullanımını konu alan araştırmalar, kompleks geometrileri oluşturabilme ve çok sayıda tasarımı çok kısa bir zaman diliminde ortaya koyabilme gibi sonuçları ortaya koymaktadır (Tong ve diğ., 2023; Saadi ve Yang, 2023). Bu çerçevede, bu çalışmada da, LLM modellerinden günümüzde yaygın kullanıma sahip, kolay anlaşılabilir bir arayüz sağlayan, OpenAI'nın DALL-E ve Stability AI'nın Stable Diffusion'ı (Hertzmann, 2022) gibi metinsel ifadelerden yüksek çözünürlüklü görüntü üretebilen Midjourney kullanılması tercih edilmiştir.

3. DOĞAL MALZEMEDEN YZ'YA SÜRECİ VE BULGULAR (FROM NATURAL MATERIAL TO AI PROCESS AND FINDINGS)

Doğal Malzemeden Yapay Zekaya başlıklı çalıştay, Maltepe Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık İngilizce ve Türkçe, İç Mimarlık, Gemi ve Yat Tasarımı Bölümleri'nden öğrencilerin katılımlarıyla 3 oturumluk bir deneyim olarak kurgulanmıştır (Şekil 4).

Şekil 4: Çalıştay kurgusu.
Workshop process.






Birinci oturum, farklı disiplinlerde, farklı seviyelerde eğitimine devam etmekte olan 43 gönüllü katılımcının (Tablo 1) kendi biyo-polimer malzemelerini tasarladıkları bir malzeme deneyimidir.

bölüm	sınıf	öğrenci sayısı	bölüm toplam	genel toplam
mimarlık	1	4	21	43
	2	4		
	3	7		
	4	6		
iç mimarlık	1	3	14	
	2	1		
	3	5		
	4	5		
gemi ve yat tasarımı	1	0	8	
	2	3		
	3	1		
	4	4		

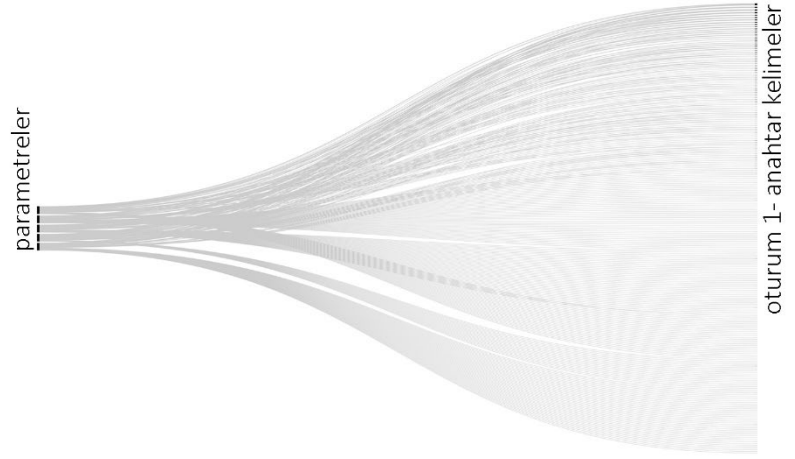
Tablo 1: Katılımcı profilleri.
Participant profiles.

Kullanılan malzemelerin temelini oluşturan baz kısmı, TÜBİTAK Bilim Genç'te belirtilen temel biyoplastik reçetesi esas alınarak; mısır nişastası, gliserin, sirke ve su ile üretilmiştir (Url-1). Katılımcılar bu baz kısımlara farklı oranlarda tekstil atığı, talaş veya kestane kabuğu ilave ederek ısı yoluyla doğal kompozit malzemeler oluşturmuş ve farklı dayanım ve esneklik özelliklerine sahip farklı malzemeler elde etmişlerdir. Oturum sonunda, her katılımcıdan deneyimlediği farklı malzeme içerikleri ve ürettiği malzeme alternatiflerinden birini seçmeleri; nihai malzemelerinin duyuşal, anlamsal, duygusal, performatif ve potansiyel özelliklerini, her ölçüt için 3 anahtar kelime ile ifade etmeleri istenmiştir. Bu ifadeler, ikinci oturumun girdilerini oluşturmuştur (Tablo 2) (Şekil 5).

	duyuşal	anlamsal	duygusal	performatif	potansiyel
	yumuşak tatlı sessiz	gökyüzü gezegen orkide	karmaşık güçlü korku	gece şekillendirilebilir dayanıklı	top kılıfı terlik
	ateş sıcak sert	çocukluk ev dinginlik	özlem huzurlu yumuşak	sürdürülebilir yenilikçi şekillendirilebilir	kase mobilya kamp
	sert homojen şekil alma	sağlam konforlu yoğun	güvenli kontrollü kararlı	şekillendirilebilir tutucu dayanıklı	form kaplama bağlayıcı

Tablo 2: Birinci oturum üretimlerinden örnekler.
Examples from first session productions.

Şekil 5: Oturum 1 sonrası elde edilen anahtar kelimelerin çeşitliliği.
Diversity of the keywords gathered after first session.



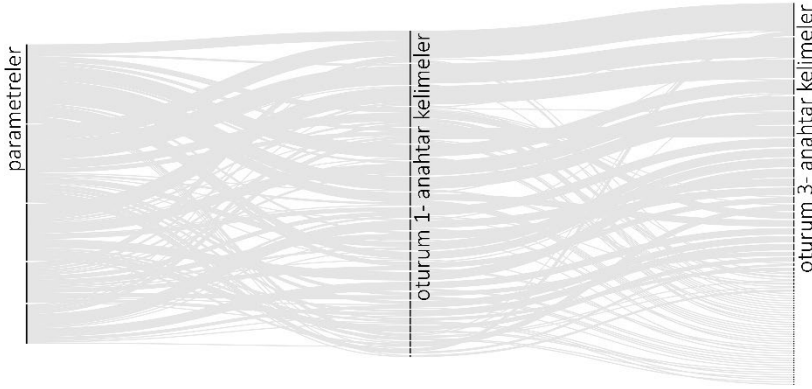
İkinci oturumda, ilk gün malzeme deneyimi sonucunda üretilen kavramlardan hareketle YZ destekli tasarım ile form üretimi için, katılımcılar, Midjourney aracılığıyla, işlevsiz bir tasarım nesnesine dair çeşitli form alternatifleri geliştirmişlerdir. Bu aşamada, her bir katılımcıya Midjourney ile 5 deneme yapma olanağı verilmiştir. Denemeler sonunda katılımcılardan, malzeme özelliklerini en iyi yansıttığını düşündükleri bir denemeyi seçmeleri istenmiştir (Tablo 3).

yapay zeka destekli form üretimi	malzeme ile form üretimi

Tablo 3: YZ destekli ve gerçek form üretimlerinden örnekler.
Examples from AI-supported and physically produced forms

Son oturum, YZ destekli tasarlanan formların, biyo-polimer malzemelerle fiziksel olarak üretilmesini içermektedir. Bu oturum,

10x15x25 cm. boyutlarıyla sınırlı olarak üretilen nesnelere üzerinden, malzeme ile form ilişkisinin ve etkileşiminin deneyim aracılığıyla süreçteki değişiminin ortaya konmasını hedeflemektedir. Oturum sonunda, katılımcılardan, ihtiyaç duyulan/duyulmayan malzeme revizyonları ile, tüm süreç sonunda, malzemelerine ilişkin ilk oturumda belirttikleri anahtar kelimelerdeki değişimleri tespit edebilmek adına, sonuç ürüne dair anahtar kelimelerini belirtmeleri istenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: Oturum 3 sonrası elde edilen anahtar kelimelerin çeşitliliği.
Diversity of the keywords gathered after third session.

İlk oturum ile son oturum sonunda elde edilen anahtar kelimelerin analizi, üretilen formların biçimsel özelliklerini tanımlayan nesnel sınıflar ile malzemeye dayalı ilk tasarım düşüncesi arasındaki bağlantıları, değişim ve dönüşümleri ortaya koyacaktır. Bu nedenle, malzeme deneyimi, malzemenin özelliklerine dayanarak YZ ile form tasarımı, tasarlanan formu üretme aşamalarından meydana gelen çalıştay sürecinin detaylı incelemesi ilk ve son oturumlar sonunda tariflenen anahtar kelimelerin değişimi/aynılığı/yoğunluğu üzerinden yapılmıştır. Çok sayıda ve çok farklı tipte çıktıya sahip bu katmanları okumak ve aralarındaki bağlantıları açığa çıkarmak, ilişkisellik/ilişkisizlik durumunu analiz etmek için, tüm aşamaların çıktıları içerik analizi yöntemi ile sınıflandırılarak incelenmiştir.

İçerik analizi, metin ve verilerde kodlama ve temaları veya örüntüleri tanımlama sürecini sistematik olarak sınıflandırmayı içeren bir araştırma yöntemi olarak tanımlanır (Hsieh ve Shannon, 2005). İçerik analizinde, farklı araştırmacılar tarafından çeşitli terimlerle tanımlanan üç kodlama yöntemi kullanılır. Kavram odaklı (Schreier, 2012) veya doğrudan/didaktik kodlama (Hsieh ve Shannon, 2005), önceden belirlenmiş bir yaklaşım veya modele dayanır. Buna karşılık, veri odaklı (Schreier, 2012), geleneksel içerik analizi veya endüktif kodlama (Hsieh ve Shannon, 2005), parametrelerin araştırmacı tarafından önyargısız

olarak belirlenmesine dayanır ve metnin analizini içerir. Üçüncü yaklaşım olan özetleyici içerik analizi (Hsieh ve Shannon, 2005), endüktif ve didaktik yöntemleri birleştirir. Temaları didaktik kodlama yoluyla oluştururken, parametrelerin endüktif kodlama yoluyla ortaya çıkmasına olanak tanır.

Bu bağlamda, malzemeyi odağına alan çalıştayın hazırlık sürecinde, parametreler önceden araştırmacılar tarafından duyusal, duygusal, algısal, performans ve potansiyel olmak üzere belirlenmekle birlikte; alt parametreler tarfilenmeyerek, katılımcıların ifade ettiği anahtar kelimeler ile oluşturulmuştur. Bu nedenle, bu araştırmanın verileri, üçüncü yaklaşım olan özetleyici içerik analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

Araştırmada her parametre için üçer adet olmak üzere, her bir katılımcıdan her oturumda 15'er, katılımcı başına toplam 30, ve tüm süreç için en fazla toplam 1290 anahtar kelime elde edilmesi hedeflenmiştir. Ancak 43 katılımcıdan, her oturumda 616 olmak toplam 1232 anahtar kelime elde edilmiştir. Katılımcıların tariflediği anahtar kelimelere ilişkin veriler incelendiğinde, en fazla sayıda anahtar kelimenin duyusal parametre için (126), en az sayıda anahtar kelimenin ise potansiyel parametre için (120) yapıldığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, tüm parametrelere ilişkin ifadeler toplam olarak değerlendirildiğinde ise, malzeme deneyimini içeren ilk oturumda 272 anahtar kelime tarfilenirken, fiziksel üretimi içeren son oturumda ise anahtar kelime sayısının artarak 281'e çıktığı görülmektedir. Anahtar kelimelerin parametrelere göre değişim oranları karşılaştırıldığında ise, en büyük değişim duyusal parametrelerde, en az değişim de duygusal parametrelerde gerçekleşmiştir (Tablo 4).

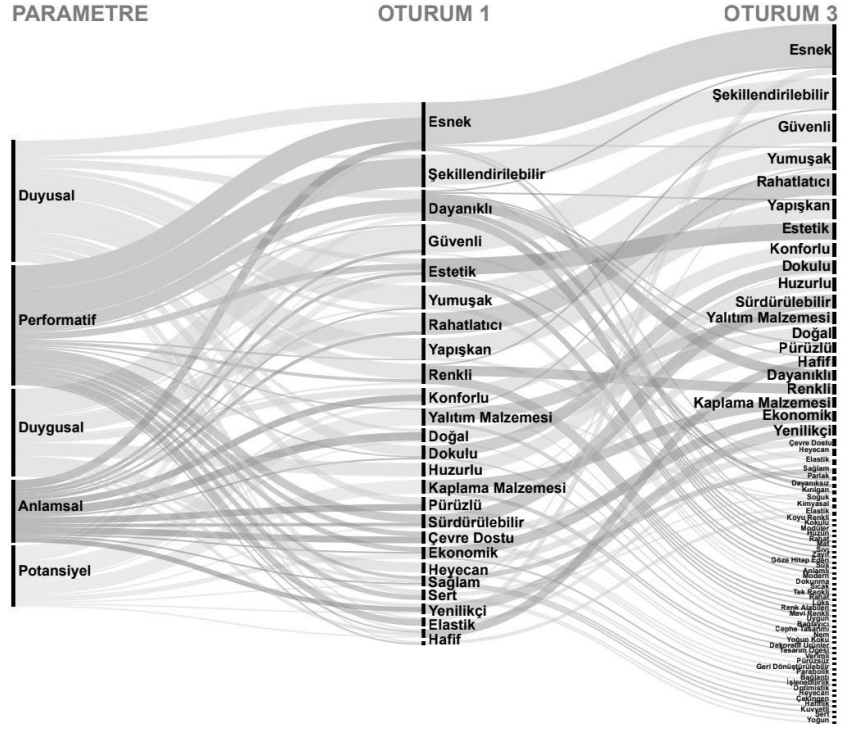
parametre	oturum 1 anahtar kelime	farklı kelime adet	oturum 3- değişen anahtar kelime	farklı kelime adet	değişim yüzdesi
duyusal	126		48		0.38
anlamsal	124		33		0.26
duygusal	124	272	25	281	0.20
performans	122		30		0.24
potansiyel	120		35		0.29
toplam	616		171		0.27

Tablo 4: Oturumlara göre anahtar kelime değişimleri
Keyword changes according to the sessions.

İlk oturum sonunda en çok belirtilen anahtar kelimeler, esnek (29), şekillendirilebilir (19), dayanıklı (18), güvenli (18), estetik (14), yumuşak (14), rahatlatıcı (13), yapışkan (13), renkli (12), konforlu (10), yalıtım malzemesi (10), doğal (8), dokulu (8), huzurlu (8), kaplama malzemesi (8), pürüzlü (8), sürdürülebilir (8), çevre dostu (7), ekonomik (7), heyecan (6), sağlam (6), sert (6), yenilikçi (6), elastik (5) ve hafif (5) olmuştur. İlk oturumda ifade edilen anahtar kelimeler ile son oturumda ifade edilen anahtar kelimeler karşılaştırıldığında ise, 60 adet kelimenin çok büyük anlamsal farklılığa sahip olacak şekilde değişikliğe uğradığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda, en çok sayıda değişim, ilk oturumda belirtilen dayanıklılık ifadesinin son oturumda dayanıksız, hafif, kırılğan gibi karşılıklar bulması ile gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, oturumlar arasında anlamsal zıtlığa doğru değişen diğer anahtar kelimeler, pürüzlü ifadesinin pürüzsüze, sert ifadesinin yumuşağa dönüşümü ile de görülmektedir.

Elbette, oturumlar arasındaki anahtar kelimelerin değişimi yalnızca zıtlıkları içeren tariflemeler üzerinden yapılmamıştır. Özellikle potansiyel parametresinde belirtilen yalıtım malzemesi ifadesinin bağlayıcı, cephe tasarımına ve kaplama malzemesinin dekoratif ürünlere dönüşümü, üçüncü oturumdaki fiziksel üretim süreci sonunda malzemenin potansiyellerinin daha iyi anlaşıldığına işaret etmektedir. Yalnızca bir adet değişimin görüldüğü şekillendirilebilir ifadesinin, performatif parametresi altında modülere dönüşmesi ise, form oluşturma konusunda katılımcının daha net bir kararı olduğunu göstermektedir. Duygusal parametre altındaki güvenli, rahatlatıcı, huzurlu ile performans parametre altındaki sürdürülebilir ifadelerinin hiçbir değişime uğramadan her iki oturumda da kullanılmış olması, bir başka önemli bulgudur. Tüm anahtar kelimeler incelendiğinde ise, duygusal parametrelerin en az sayıda değişime uğraması, katılımcıların kendilerinin tasarladıkları malzeme ile deneyim ve dokunma temelli kurdukları bağın, YZ destekli tasarım aşamasından biçim üretimine kadar kuvvetli bir şekilde sürdürülmesi olarak yorumlanabilir (Şekil 7).

Şekil 7: En sık kullanılan ifadelerin değişimi.
The changes in most used phrases.



Diğer taraftan, çoğu katılımcının, ilk oturumda deneyimleyerek ürettiği malzeme alternatifleri arasından karar verdiği malzeme reçetesini, ikinci oturumda YZ destekli tasarladığı formu üçüncü oturumda fiziksel olarak üretme aşamasında değiştirdiği görülmüştür. Her ne kadar malzeme reçetesi değişikliğe uğramışsa da, bu değişiklikler büyük oranda performans ve potansiyel parametrelerinde belirtilen anahtar kelimelerde gerçekleşmiş; anlamsal, duyusal ve duygusal parametrelerde belirtilen kelimelerde de sınırlı sayıda değişiklik yapılmıştır. Bu durum, katılımcıların tasarladıkları formu fiziksel olarak üretebilme adına, malzeme reçetesinde çeşitli revizyonlar yapılmasına rağmen, katılımcıların malzeme ile olan ilk etkileşimi sırasında bireylerin deneyimi aracılığıyla algısal olarak yarattığı öznel etkiyi kaybetmediğini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu araştırma, tasarım sürecinde form üretiminin yalnızca biçimsel ve görsel bir temsil olmaktan öte, malzeme başta olmak üzere çok sayıda algısal ve deneyimsel bileşenin bir arada ele alındığı etkileşimli bir süreçle ortaya konulduğunu göstermiştir. Çalıştay kapsamında üretilen nesnelere, onu malzeme ile tasarlayan bireylerin zihninin yansımasıdır. Bu anlamsal yansımalar, salt biçime dayanan görünüş ve gerçekliklerin

yanı sıra, tasarımcıların bireysel duyuları ve duyguları ile bağlantılı çağrışımları da içermektedir. Bu bağlamda, çalıştay süresince gerçekleştirilen malzeme ve YZ destekli tasarım süreci, tasarım nesnesi ile tasarımcı arasındaki etkileşim ve iletişiminin önemini ortaya koymuştur. Bu etkileşimi belirleyen en temel olgu ise, malzemenin maddesel özelliklerinden öte, tasarımcı bireylerin deneyimleri, algılama biçimleri ve kavramsal yaklaşımları olmuştur.

Bu çerçevede, çalıştay ve çalıştayda elde edilen verilen analizi, tasarımcı adaylarının aynı biyo-polimer baza eklemelerle elde ettikleri bireysel tarifleri kullanarak malzemenin duygusal, duygusal, anlamsal, performatif ve potansiyel özelliklerini belirlemeleri ve bu özelliklerin form tasarlama ve üretme sürecindeki etkili rolünü keşfetme yolundaki deneyimlerini ortaya koymuştur.

Diğer taraftan, dijitalleşmenin gündelik hayatın doğal bir parçası olduğu günümüzde tasarım eğitimindeki öğretme ve öğrenme biçimlerinin değişmesi, yeni nesil öğrenme modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, çalıştay sağladığı enformel öğrenme ortamı ve bu ortamda gerçekleştirilen deneyime dayalı bireysel üretim süreçleri ile yeni nesil YZ uygulamalarının form tasarımı sürecine entegrasyonu ile, tasarım disiplinlerinin özünde olan çeşitli ortaklıklar ve birlikteliklere dair de referanslar içermektedir.

Farklı eğitim düzeyi ve tasarım disiplinlerinden toplam 43 öğrencinin katılımı ile gerçekleştirilen bu araştırma, farklı eğitim alanları ve seviyelerinin karar verme süreçlerindeki etkisini anlamak için, gerek sürdürülen gerekse de gelecekte gerçekleştirilecek diğer çalışmalar için de önemli bir veri oluşturmaktadır. Tasarımın ölçek, malzeme, deneyim ve öğrenme biçimi gibi yaratıcılığı tetiklediği düşünülen özelliklerini birlikte alan çalışma, bu yönüyle de insan ve YZ konulu çalışmalar için de faydalı bir çerçeve önerisi ortaya koymaktadır.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu araştırma Maltepe Üniversitesi MÜAR tarafından desteklenmektedir. Çalışmaya katılan her katılımcıdan rıza ve onam belgeleri temin edilmiştir. Maltepe Üniversitesi'ne ve katılımcılarımıza değerli katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Çalışma çıkar çatışması içermemektedir.

Katkı Oranı (Author Contribution)

Tüm yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı koymuşlardır.

Referanslar (References)

- Aaliya, B., Sunooj, K. V., & Lackner, M. (2021). Biopolymer composites: a review. *International Journal of Biobased Plastics*, 3(1):40-84. DOI:10.1080/24759651.2021.1881214.
- Ahmad, S. F., Rahmat, M. K., Mubarik, M.S., Alam, M.M., & Hyder, S.I. (2021). Artificial intelligence and its role in education. *Sustainability*, 13(22), 12902. DOI:10.3390/su132212902.
- Anantrasirichai, N., Bull, D. (2022). Artificial intelligence in the creative industries: a review. *Artificial Intelligence Review*, 55(589–656). DOI:10.1007/s10462-021-10039-7.
- As, I., Siddharth, P., & Prithwish, B. (2018). Artificial intelligence in architecture: generating conceptual design via deep learning. *International Journal of Architectural Computing*, 16 (4): 306–27. DOI:10.1177/1478077118800982.
- Baudrillard, J. (2003). *Simülakrlar ve simülasyon*. Doğu Batı Yayınları.
- Berman, M. (2004). *Katı olan herşey buharlaşıyor*. İletişim Yayınları.
- Boden, M.A. (1998). Creativity and artificial intelligence. *Artificial Intelligence*, 103(347–356). DOI:10.1016/S0004-3702(98)00055-1.
- Bölek, B., Tural, O., & Özbaşaran, H. (2023). A systematic review on artificial intelligence applications in architecture. *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning*, 4: 91–104. DOI:10.47818/DRArch.2023.v4i1085.
- Campo, M., Leach, N., (2022). *Machine hallucinations: architecture and artificial intelligence*. John Wiley & Sons.
- Chapman, J. (2014). Meaningful stuff: Toward longer lasting products. In E. Karana, O. Pedgley, & V. Rognoli (Eds.), *Materials experience: Fundamentals of materials and design* (pp.135-143), Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- Christian, S. J. (2020). Natural fibre-reinforced noncementitious composites (biocomposites). In K.A. Harries, B. Sharma (Eds.), *Nonconventional and vernacular construction materials* (pp.169-187), Woodhead Publishing.
- Cui, H., Wang, C., Maan, H., Pang, K., Luo, F., & Wang, B. (2023). Towards building a foundation model for singlecell multi-omics using generative ai., *Nature Method*, 21: 1470–1480. DOI:10.1038/s41592-024-02201-0.

- Colton, S., & Wiggins, G. A. (2012). Computational creativity: The final frontier? In *ECAI 2012 - 20th European Conference on Artificial Intelligence, 27-31 August 2012, Montpellier, France - Including Prestigious Applications of Artificial Intelligence (PAIS-2012) System Demonstration* (pp. 21-26). (Frontiers in Artificial Intelligence and Applications; Vol. 242). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-098-7-21>
- Csikszentmihalyi, M. (1997). Human behavior and the science center. In P. G. Heltne & L. A. Marquardt (Eds.), *Science learning in the informal setting. Proceedings of the Symposium of the Chicago Academy of Sciences* (pp. 79- 87). Chicago: University of Chicago Press.
- Dalla-Torre, H., Gonzalez, L., Mendoza Revilla, J., Lopez Carranza, N., Henryk Grywaczewski, A., Oteri, F., Dallago, C., Trop, E., Sirelkhatim, H., Richard, G., Skwark, M., Beguir, K., Lopez, M., & Pierrot, T. (2023). The nucleotide transformer: Building and evaluating robust foundation models for human genomics. *bioRxiv*, DOI:10.1101/2023.01.11.523679.
- Dartnall, T. (1994). *Artificial intelligence and creativity: An interdisciplinary approach*. Springer. Netherlands.
- Dave, B., Buda, A., Nurminen, A., Främling, K. (2018). A framework for integrating BIM and IoT through open standards. *Automation in Construction*, 95(35-45). DOI:10.1016/j.autcon.2018.07.022.
- Fischer, G., Nakakoji, K. (1994). Amplifying designers' creativity with domain-oriented design environments. In: Dartnall, T. (Ed.), *Artificial Intelligence and Creativity. An Interdisciplinary Approach*, pp. 343–364. Springer.
- Graham M., D. (2015). CoDesign with data [Doctoral dissertation, City University of London]. Open access City UK.
- Guilford, J.P. (1975). Varieties of creative giftedness, their measurement and development. *Gifted Child Quarterly*, 19 (107–121). <https://psycnet.apa.org/record/1975-31796-001>.
- Hertzmann, A. (2022). Give this AI a few words of description and it produces a stunning image – but is it art?. *The Conversation*. Retrieved December 28, 2023. <https://theconversation.com/give-this-ai-a-few-words-of-description-and-it-produces-a-stunning-image-but-is-it-art-184363>.
- Hoff, D. J. (2001). Progress lacking on US students' grasp of science. *Education Week*, 21, 1 & 14.
- Howes, P. D., Wongsriruksa, S., Laughlin, Z., Witchel, H. J., & Miodownik, M. (2014). The perception of materials through oral sensation. *Plos One*, 9(8): e105035. DOI:10.1371/journal.pone.0105035.
- Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277–1288.

- Hsu, C., Verkuil, R., Liu, J., Lin, Z., Hie, B., Sercu, T., Lerer, A., & Rives, A. (2022). Learning inverse folding from millions of predicted structures. In Chaudhuri, K., Jegelka, S., Song, L., Szepesvari, C., Niu, G., and Sabato, S. (Eds.), *Proceedings of the 39th International Conference on Machine Learning*, 162, pp.8946–8970. <https://proceedings.mlr.press/v162/hsu22a.html>.
- Itten, J. (1975). *Design and form: The basic course at the Bauhaus and later*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Jablonka, K. M., Ai, Q., Al-Feghali, A., Badhwar, S., Bocarsly, J. D., Bran, A. M., Bringuier, S., Brinson, L. C., Choudhary, K., Circi, D. (2023). 14 examples of how llms can transform materials science and chemistry: a reflection on a large language model hackathon. *Digital Discovery*, 2(5):1233–1250. DOI:10.1039/D3DD00113J.
- Ji, H., Han, I., & Ko, Y. (2022). A systematic review of conversational AI in language education: Focusing on the collaboration with human teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(2):1-16. Doi:10.1080/15391523.2022.2142873.
- Johnson, A. (2023). ChatGPT in schools: Here's where it's banned—and how it could potentially help students. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/ariannajohnson/2023/01/18/chatgpt-in-schools-heres-where-its-banned-and-how-it-could-potentially-help-students/>.
- Karana, E., Hekkert, P., & Kandachar, P. (2008). Materials experience: Descriptive categories in material appraisals. In *Proceedings of the Conference on Tools and Methods in Competitive Engineering* (pp. 399-412). Delft, the Netherlands: Delft University of Technology.
- Karana, E. (2009). Meanings of materials (Doctoral dissertation). Delft University of Technology, Delft, the Netherlands.
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw Van Der Laan, A. (2015). Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. *International Journal of Design*, 9(2), 35-54.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. DOI:10.1016/J.LINDIF.2023.102274.
- King, R., Churchill, E.F., Tan, C. (2017). *Designing with data: improving the user experience with A/B testing*. O'Reilly Media.
- Krstić, L., Aleksić, V., & Krstić, M. (2022). Artificial intelligence in education: A review. *9th International Scientific Conference Technics and Informatics in Education*. Doi:10.46793/TIE22.223K.

- Leach, N. (2018). Design in the age of artificial intelligence. *Landscape Architecture Frontiers*, 6 (2): 8–20.
- Lin, Z., Akin, H., Rao, R., Hie, B., Zhu, Z., Lu, W., Smetanin, N., Verkuil, R., Kabeli, O., Shmueli, Y. (2023). Evolutionary-scale prediction of atomic-level protein structure with a language model. *Science*, 379(6637): 1123–1130.
- London, K., & Ostwald, M. (2004). Linda Groat and David Wang: Architectural Research Methods, New York: John Wiley and Sons, 2002. *Nexus Network Journal*, 6(1), 51–53. DOI:10.1007/s00004-004-0006-7.
- Miller, A. I. (2012). *Insights of Genius: Imagery and creativity in science and art*. Springer Science & Business Media.
- Miller, A.I. (2019). *The artist in the machine. the world of AI-powered creativity*. The MIT Press.
- Miret, S. & Anoop Krishnan, N. M. (2024). Are LLMs Ready for Real-World Materials Discovery?, arxiv. DOI:10.48550/arXiv.2402.05200.
- Nast, C. (2023). Where the AI art boom came from—and where it’s going. *WIRED*. <https://www.wired.com/gallery/where-the-ai-art-boom-came-from-and-where-its-going/>
- Owen, K. (1996). *Digital creativity*. Calouste Gulbenkian Foundation, London.
- Pacheco-Torgal, F., Ivanov, V., Karak, N., & Jonkers, H. (2016). *Biopolymers and biotech admixtures for eco-efficient construction materials*. Woodhead Publishing.
- Pallasmaa, J. (2007). *The Eyes of the Skin: Architecture and Senses*, Great Britain: John Wiley & Sons Ltd.
- Palmiero, M., Piccardi, L., Nori, R., Palermo, L., Salvi, C., & Guariglia, C. (2019). Editorial: creativity: education and rehabilitation. *Front. Psychol.* 10 (1500). Doi:10.3389/fpsyg.2019.01500.
- Ploennigs, J., Berger, M. (2022). AI art in architecture. *Arxiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.09399>.
- Poincaré, H. (1913). *The Foundations of science*. Science, New York.
- Poincaré, H. (2001). *Bilim ve varsayım*. İstanbul: MEB Yayınları.
- Rios-Campos, C., Cánova, E.S., Zaquinaula, I.R., Zaquinaula, H.E., Vargas, D.J., Peña, W.S., Idrogo, C.E., & Arteaga, R.M. (2023). Artificial intelligence and education. *South Florida Journal of Development*. 4(2):641-655. Doi:10.46932/sfjdv4n2-001.
- Rognoli, V. (2010). A broad survey on expressive-sensorial characterization of materials for design education. *METU Journal of The Faculty of Architecture*, 27(2), 287-300.DOI:10.4305/METU.JFA.2010.2.16.

- Saadi, J., & Yang, M., (2023). Observations on the implications of generative design tools on design process and designer behaviour. *Proceedings of the Design Society*, 3, 2805-2814. DOI:10.1017/pds.2023.281.
- Sadiku, M.N., Ashaolu, T.J., Ajayi-Majebi, A.J., & Musa, S.M. (2021). Artificial intelligence in education. *International Journal Of Scientific Advances*. 2(1). Doi:10.51542/ijscia.v2i1.2.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*. London: Sage Publications.
- Simonton, D.K. (1999). *Origins of genius: Darwinian perspectives on creativity*. Oxford University Press.
- Stringer, E. T. (2008). *Action research in education*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Tong, H., Türel, A., Şenkal, H., Yagci Ergun, S. F., Güzelci, O. Z., & Alaçam, S. (2023), Can AI Function As A New Mode of Sketching. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18(18), 234–248. DOI:10.3991/ijet.v18i18.42603.
- UNESCO-UIS (UNESCO Institute for Statistics) (2012). *International Standard Classification of Education ISCED 2011*. Canada.
- URL-1 <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/doga-dostu-biyoplastik-yapalim> Erişim Tarihi: 06.03.2024.
- Van Kesteren, I. (2008). Selecting materials in product design (Doctoral dissertation). Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Xia, F., Chi, E., Le, Q. V., Zhou, D., et al. Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 35: 24824–24837. Doi:10.48550/arXiv.2201.11903.
- Wertheimer, M. (2020). *Productive thinking*. Springer. Doi:10. 1007/978-3-030-36063-4.
- Wiberg, M. (2014). Methodology for materiality: Interaction design research through a material lens. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(3), 625-636.
- Wick, R. K. (2000). *Teaching at the Bauhaus*. Stuttgart, Germany: Hatje Cantz.
- Xu, M., Yuan, X., Miret, S., & Tang, J. (2023). Protst: Multimodality learning of protein sequences and biomedical texts. *arXiv*. Doi:2301.12040, 2023.
- Zhang, C., Zhang, M., & Kweon, I. S. (2023). Text-to-image diffusion model in generative ai: A survey. *arXiv*. Doi:2303.07909, 2023.
- Zuo, H. (2010). The selection of materials to match human sensory adaptation and aesthetic expectation in industrial design. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 27(2), 301-319. Doi:10.4305/METU.JFA.2010.2.17.

