ODTÜ Döner Sermaye İşletme Müdürlüğü

Bu kitap Mimarlık Fakültesi'nin katkılarıyla basılmıştır.

©2021
ODTÜ Basım İşliği
Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bulvarı,
No.1, 06800, Çankaya / Ankara
tel: +90 312 210 4094
E-mail: matbaa@metu.edu.tr
Sertifika no: 47986

Yayın Türü: Bildiri Kitabı
Sayfa Düzeni: Güliz Korkmaz

Kapak ve Konferans
Görsel Kimliği Tasarımı: Dalsu Özgen Koçyıldırım

1. Basım, 2021

ISBN: 978-975-429-406-4

Kitabın içeriğinde kullanılan fotoğraflar ve diğer görsel malzemelerin telifi, aksi belirtilmedikçe yazara aittir.

Bu kitabın tüm yayın hakları saklıdır. Telif sahibinin önceden yazılı izni olmadan kısmen ya da tamamen yeniden bastırılamaz, herhangibir kayıt sisteminde saklanamaz, hiçbir şekilde elektronik, mekanik, fotokopi ya da başka bir araçla çoğaltılıp işletilemez.

FORM STRATEJİLERİ İLE BİRLİKTE KÂĞITTAN FORM GELİŞTİRME YÖNTEMİ ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

Alper Karadoğaner, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü

Form oluşturma veya geliştirme çalışmaları endüstriyel tasarım öğrencilerinin ürün geliştirme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Bu süreçte form araştırması yaparak veya doğadan ilham alarak, farklı stratejilerle ve çizim, maket veya üç boyutlu model gibi tasarım temsil araçlarıyla ürünün formunu oluşturmak ve geliştirmek için kullanılmaktadır. Kullanılan bu stratejiler ve araçlar kimi zaman öğrencinin yetenekleri ve becerilerine göre geliştirme sürecinde uzun zaman alabilmektedir. Örnek olarak, geliştirme aşamasında köpük (strafor) malzemenin bilgisayar desteği olmadan aşındırılmasıyla form geliştirme veya çizim üzerinden bilgisayar destekli programda form oluşturma uzun zaman alabilmektedir. Form oluşturma sürecine hızlı ve pratik bir şekilde destek olacak, her öğrencinin proje sürecinde kolaylıkla yapabileceği bir yöntem kurgulanmıştır. Bu yöntem, öğrencilerin kâğıt malzeme kullanarak çok fazla sınırlanmadan belirli yönergelerle soyut form geliştirmesi ve sonrasında geliştirdikleri fiziksel kâğıt modeller üzerinden form geliştirme stratejilerinden faydalanarak çizim aracıyla ürünleri için form geliştirme aşamalarından oluşmaktadır. Bu doğrultuda, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümünde lisans üçüncü ve dördüncü sınıf öğrencilerinin almış olduğu seçmeli derste bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, kurgulanan bu yöntemin öğrencilerin geliştirdiği final projesi üzerinden form oluşturma sürecindeki etkilerini anlamak amacıyla yapılmıştır. Öğrencilerin kendilerine verilen final projesinde kurgulanan yöntemi araştırmacının yönlendirmesi ile birlikte kullanarak form geliştirmişlerdir. Form oluşturma süreci sonrasında, sürecin form oluşturmaya katkısının değerlendirilmesi istenmiştir. Bu kapsamda, kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejilerinin öğrencilerin form geliştirme sürecine katkı sağlayan bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin hızlı ve pratik bir şekilde form geliştirme süreçlerine destek olacak bu yöntemin, endüstriyel tasarım eğitiminde tasarım öğrencilerinin kolaylıkla kullanabileceği bir yöntem olabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel tasarım eğitimi; form geliştirme; form geliştirme stratejileri; kâğıt katlama yöntemi; soyut form oluşturma.

GİRİŞ

Endüstriyel tasarım eğitiminde ürün geliştirme sürecinde, tasarım öğrencileri farklı ürün özellikleri (form/estetik, fiziksel ergonomi, üretim, malzeme ve ben-

zeri) üzerinde çalışmakta ve bu özellikleri süreç içerisinde geliştirmektedir. Form oluşturmak ve geliştirmek endüstriyel tasarım öğrencilerinin ürün geliştirme sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Estetik yaklaşım ya da görsel değerlerin, fikir geliştirme aşamasından başlayarak süreçte endüstriyel tasarımcılar tarafından dikkate alınması gereklidir (Wallace ve Jakiela, 1993). Aynı zamanda, tasarımcıların ürün içindeki bileşenleri de düşünerek hem estetik hem de performansa odaklanması gerekir. Bilgisayar araçları, endüstriyel tasarımcıların ürün geliştirme sürecinde estetik düşünceye ek olarak ürün içindeki bileşen alternatiflerine karar vermelerini sağlar (Wallace ve Jakiela, 1993). Han ve çalışma arkadaşlarının (2019) yaptığı bir çalışmada, performans ve estetik arasında bir ilişki bulunmamasına rağmen, bu tasarım özelliklerini düşünmenin ürün tasarımında önemli rol oynadığı görülmüştür. Benzer olarak, estetik özellikleri düşünmek ve geliştirmek, ürün tasarımının başarısı için önemli faktördür ve kullanıcıların ürün tasarımı ile ilgili algılarını ve memnuniyetlerini etkiler (Rahman vd., 2010). Kısaca, ürün geliştirme sürecinde tasarım öğrencilerinin form ve estetik çalışmaları sürecin önemli bir parçasıdır.

LİTERATÜR İNCELEMESİ

Tasarım öğrencileri, ürün geliştirme sürecinde ürünün formunu oluşturma ve geliştirme çalışmalarında kâğıt, mukavva, köpük, kil ve benzeri malzemeler ile birlikte çizim, modelleme ve benzeri tasarım temsil araçları kullanmaktadırlar. Kullanılan bu malzemeler ve araçlar kimi zaman öğrencinin yetenekleri ve becerilerine göre farklılık gösterebilmektedir. Kullanılan malzeme veya temsil araçlarına göre form oluşturma veya geliştirme süreci uzun zaman alabilmektedir. Örnek olarak, köpük (strafor) malzemenin bilgisayar desteği olmadan aşındırılmasıyla form oluşturmak veya çizim üzerinden bilgisayar destekli programda form oluşturmak kâğıt malzemeyi şekillendirerek form oluşturmaktan daha uzun zaman alabilmektedir. Form geliştirme sürecinde, tasarım öğrencileri internet üzerinden çeşitli platformlardan ürün araştırmaları yaparak veya doğadan esinlenerek kendilerine ilham kaynağı aramakta ve kendilerince stratejiler oluşturabilmektedirler. Öğrencilerin form geliştirme süreçlerinde kullanabilecekleri farklı stratejiler, sürecin etkinliğini artırmak konusunda önem taşımaktadır.

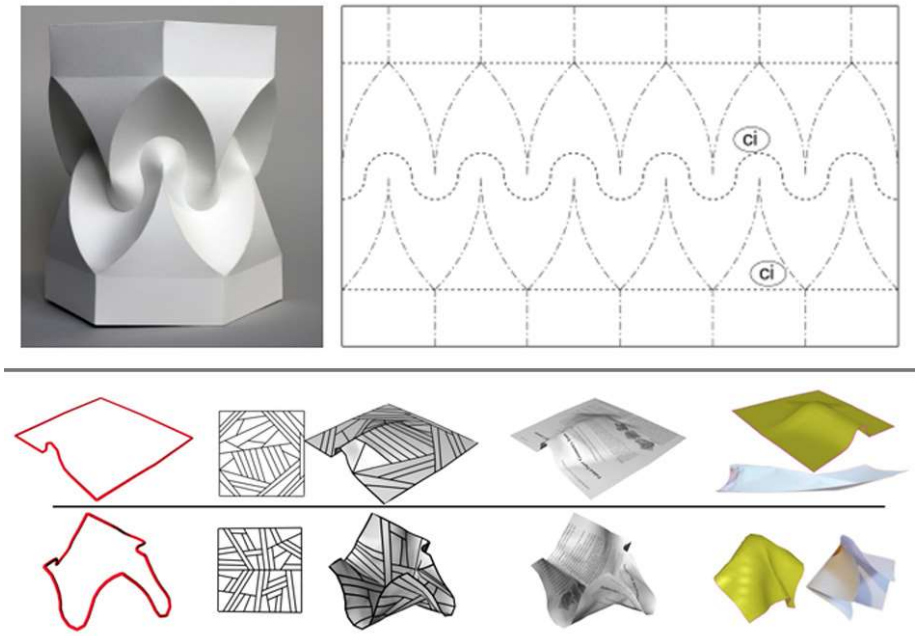
Öğrenciler form geliştirme süreçlerine, birinci sınıftaki temel tasarım dersinden itibaren başlamaktadır. Bu süreçlerde farklı malzemeleri deneyimleyerek temel tasarım ilkelerini öğrenirken, deneyimledikleri malzemelerden üç boyutlu formlar oluşturmaktadırlar. Bu formlar, doğrudan bir nesneye gönderme yapan temsili form veya bazen geometrik şekillerin detaylandırılmasıyla bazen de hayal gücünün geliştirdiği nesnel olmayan soyut formlar olmaktadır (Zelanski ve Fisher, 2007). Temsili form çalışmaları, var olan nesnenin duygusunu ne kadar iyi anlattıklarına göre değerlendirilirken, soyut formlar zihinsel ilişkilerin ötesine geçmeye ve doğrudan çizgi, doku, bütünlük, oran/orantı, denge, ritim gibi temel tasarım ilkelerinin (Lauer ve Pentak, 2012) deneyimlenmesine olanak sağlamak-

tadır. Kâğıt malzeme kullanılarak iki boyuttan üç boyuta geçiş yapılan soyut form çalışmaları ve sonrasında soyut form çalışmalarının köpük, kil, ahşap, tel, kumaş gibi farklı malzemelere aktarılarak aralarındaki farkların deneyimlendiği çalışmalar yer almaktadır (Zelanski ve Fisher, 2007). Her ne kadar iki boyutlu bir yüzey eleman olsa da kağıt malzeme soyut form geliştirmek için köpük, kil, ahşap, tel gibi malzemelere göre çok daha kolay şekillendirilebilir. Form geliştirme süreci düşünüldüğünde çok daha hızlı bir şekilde revize edilebilir veya yeniden tekrarlanabilir. Temel tasarımda form geliştirme sürecinde kullanılmaya başlanılan kâğıt malzemenin potansiyelinin, öğrencilere sonraki yıllarda projelerinin form geliştirme süreçlerinin hangi aşamalarında nasıl kullanılabileceğinin hatırlatılması faydalı olacaktır. Kâğıt malzemenin potansiyelinin, yönlendirici çalışma, uygulama ve stratejilerle birlikte hatırlatılması öğrencilerin form geliştirme sürecine katkı sağlayacaktır.

Form geliştirmede kâğıt katlama stratejisi

Öğrencilerin form geliştirme sürecinde kullanabilecekleri bir strateji veya yöntem olarak kâğıt katlama da ön plana çıkmaktadır. Kâğıt katlamada kullanılan stratejiler veya yöntemler, daha çok belirli matematiksel teoriler ve algoritmalar, ve belirli yönergeneler kullanılarak uygulanmıştır (Beex ve Peerlings, 2009; Demaine vd., 2010; Fuchs ve Tabachnikov, 1999; Kilian vd., 2008; Mullinex ve Mathews, 2010; Rohmer vd., 2011). Kâğıt katlama stratejisiyle form oluşturmayı deneyimlemek için en kolay yöntem, adım adım bir prosedür veya algoritma izleyerek, malzemeye dokunarak çalışmaktır; düz bir kâğıt malzemeyle başlayın, kağıdı bir dizi kıvırma desenine göre katlayın, kağıdı katlayarak dönüştürün, çevirin, döndürün, sarın, vb. ve üç boyutlu yapıyla sonlandırın (Wu, 2015).

Benzer olarak Resim 1'de üst görselde David Huffman'ın oluşturduğu uçları sivri altıgen sütunun kâğıttan katlama şablonu verilmiştir (Demaine vd., 2010). Bu formun katlama şablonu farklı oranlarda ve hacimlerde oluşturabilmek için belirli parametrelere göre yeniden yapılandırılmıştır. Form oluşturmadaki temel mantık, belirli katlama desenlerine göre, çizgileri düz veya eğimli katlamaktır. Belirli desenlere göre kâğıt katlamak daha çok önceden belirlenmiş bir formun oluşturulmasıdır. İstenilen formun nasıl oluşturulması gerektiği noktasında ise matematiksel algoritmalar ve bu algoritmaları kullanan simülatör yardımıyla form oluşturulmaktadır. Örnek olarak Rohmer ve diğerlerinin (2011) matematiksel algoritmalarla kâğıttan form oluşturma aşamaları Resim 1'de alt görselde verilmiştir. Simülatör yardımıyla oluşturulacak formun istenilen şekli tam olarak vermese de kabaca kâğıttan katlanarak dijitale aktarılması veya üç boyutlu modellenmesi gerekmektedir. Bu aşamalardan sonra katlanması gereken çizgiler simülatörde hesaplanarak belirlenmektedir. Bu programlar yardımıyla form geliştirme süreci de zaman gerektirmektedir. Daha önce de bahsedilen kâğıt malzemenin yönlendirici çalışma, uygulama ve stratejilerle birlikte öğrencilerin form geliştirme sürecine



Resim 1. Üst: David Huffman'ın oluşturduğu uçları sivri altıgen sütun formunun katlama şablonu (Demaine vd., 2010), Alt: Matematiksel algoritmalarla kâğıttan form oluşturma aşamaları (Rohmer vd., 2011)

katkı sağlaması, verilen örneklerden daha kolay şekilde form geliştirme süreçlerine adapte edilebilmesi ile sağlanabilir.

Öğrencilerin yetenek ve becerilerine bakılmaksızın, form geliştirme sürecinde kullanabilecekleri strateji ve yöntem olarak origami de görülmektedir. Her ne kadar origaminin temel amacı, iki boyutlu kâğıt malzemeyi kesmeden, yapıştırmadan geometrik katlamalarla ve katlama desenleriyle hayvan figürleri, soyut ve figüratif nesneler yaratmak olsa da kâğıdı katlama ve bükme düşük maliyetli malzeme ile yenilikçi ve karmaşık üç boyutlu formlar oluşturmaya imkân verir. Origami (Japon kâğıt katlama sanatı) ve origamiden yola çıkarak geliştirilmiş kâğıt katlama stratejileri mimarlık ve ürün tasarımı alanında kullanılmaya başlanmıştır. Origami'nin yapısal ve mimari tasarım gibi alanlarda yararlı olduğu ortaya konmuştur. Kâğıt katlama stratejisi, karmaşık geometrik yapılar uygulanarak mimaride mekânsal ve yapısal kavramlar üretmenin bir yöntemi olarak araştırılmıştır ve mimariye katkı sağlayan bir strateji olarak görülmektedir (Megahed, 2017). Origraminin etkisini, mimarlık pratiğinde farklı formlar üretmek için kullanılan bir araç veya strateji olarak görmek mümkündür.

Mimari eğitimde origami sadece öğrencilerin form oluşturma ve geliştirme sürecinde önemli bir rol oynamakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilerin iki boyut-

lu nesnenin üç boyutlu bir nesneye nasıl dönüştürüleceği fikrini düşündürterek mekânsal algılarını daha iyi geliştirmeye yardımcı olur (Megahed, 2017). Bu nedenle, tasarım sürecinde temel endişelerden biri olan farklı formları keşfetmek ve geliştirmek için origami bir yöntem, strateji ve ilham kaynağı olarak önerilir (Demaine vd., 2011; Matsubara ve Celani, 2007; Megahed, 2017). Bu ilham kaynağından yola çıkarak origami, modelleme ve maket üretimine önem veren stüdyo sürecinde, sezgisel ve serbest biçimli sınırsız form çeşitliliğine imkân verir (Megahed, 2017). Mimari formlar geliştirmek için kâğıt katlama stratejisinin potansiyelini araştırmak ilgi çekici (Osorio vd., 2014) olsa da muhtemelen zorlu geometriler ve karmaşık gereksinimler nedeniyle mimari ve yapısal uygulamada az kullanılmıştır.

Kâğıt katlama stratejisindeki temel amaç, kâğıdı katlama ve bükmelerle iki boyuttan üç boyutlu formlara geçiş yapmaktır. Temel olarak iki farklı kâğıt katlama tekniği bulunmaktadır; sert katlama (*rigid folding*) ve eğimli katlama (*curved folding*). Ek olarak ikisinin birlikte kullanıldığı durumlar hibrit katlama olarak da geçmektedir. Geleneksel kâğıt katlamada çoğunlukla prizmatik origami olarak adlandırılan sert katlama kullanır (Demaine vd., 2011). Katlamayı değiştirip eğimli bir hale getirerek, yüzey aniden koordinatları basit parametrelerle kolayca tanımlanamayan karmaşık üç boyutlu bir form haline getirilebilir (Demaine vd., 2011). Eğimli katlama düz malzemelerden üç boyutlu karmaşık yüzeyler oluşturmak için avantaja sahipken, daha esnek olan prizmatik origamide katlama ve kıvırma sayısını artırmadan düzgün eğimli bir yüzey elde etmek zordur (Demaine vd., 2011).

Ürün tasarımında kâğıt katlama uygulama örneği

Ürün tasarımında kullanılan kâğıt katlama uygulamaları her ne kadar az olsa da origami ve kâğıt katlama stratejilerinden yola çıkarak kurgulanmıştır. En güzel örneklerinden birisi, Tachi ve Epps (2011) tarafından, eğimli katlama kullanarak elde edilen fiziksel kâğıt model ve belirli kurallara ve matematiksel yöntemlere göre kâğıt modeli bilgisayar simülatöründe oluşturmak şeklinde geliştirilmiştir. Temel olarak önerdikleri yöntem, kâğıdın eğimli katlanmasını ve bilgisayar üzerinden hesaplamalı tasarımı içermektedir. Tachi ve Epps'in (2011) önerdiği yöntemin kullanılarak hazırlanmış bir örneği Resim 2'de görülmektedir. Önerdikleri yöntemin süreci, temel olarak dört aşamadan oluşmaktadır.

1. İlk olarak, eğimli katlama kullanılarak esnek bir şekilde şekil değiştirebilen kâğıt malzemeden oluşturulan fiziksel model ile etkileşimle başlar.
2. Anlamlı bir form elde edildiğinde, kuralları belirleyip tespit ederek eğimli katlama tanımlı parçalara ayrıştırılır.
3. Serbest Biçimli Origami ve Sert Origami Simülatörü (*Freeform Origami and Rigid Origami Simulator*) kullanarak ayrıştırılmış modelin



Resim 2. Gregory Epps'in araba modeli ve Kilian vd. (2008) geliştirdiği kurallara göre Sert Origami Simülatöründe animasyonu (Tachi ve Epps, 2011)

katlanmasında simüle edilir. Geliştirilebilirlik ve düzlemsellik kısıtlamalarını çözmek için de simülatör kullanılır. Tasarım problemiyle tutarlı başka geometrik kısıtlamalar eklenir ve istenilen tasarıma uyması için katlama ve kıvrımlar ayarlanır.

4. Yüzey tasarımları iki boyutlu kesici makinelere göre uygulanır.

Tachi ve Epps'in (2011) önerdikleri bu yöntemi kullanarak yaptıkları bir çalıştayda, sonuçlar yöntemin yararlı ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Süreçte keserek ve katlayarak kâğıtla etkileşime girmek, tasarımcıların çok çeşitli olasılıkları keşfetmesini ve fiziksel kâğıdın tepkisinden ilham almasını sağlar. Benzer kâğıt katlama stratejilerinin ürün tasarımında en çok uygulandığı alanlardan birisi de aydınlatmadır, örnek olarak LeKlint (t.y.) firmasının eğimli katlama ve daha çok sert katlamalar kullanarak ürettiği aydınlatma ürünleri sayılabilir. Benzer olarak Wu (2015) farklı kâğıt malzemeleri test etmek için yaptığı vaka çalışmasında da aydınlatma ürününü kullanmıştır.

Her ne kadar kâğıt katlamada kullanılan stratejiler veya yöntemlerde belirli matematiksel teoriler ve algoritmalar kullanılarak adım adım prosedürler uygulansa da tasarım öğrencilerinin hızlı ve pratik bir şekilde uygulayabileceği, form geliştirme süreçlerine kolaylıkla adapte edebileceği stratejiler ve yöntemler geliştirilmelidir. Bu temel düşünceden yola çıkarak, endüstriyel ürün tasarımı eğitiminde tasarım öğrencilerinin form geliştirme sürecine kolaylıkla adapte edebileceği bir yöntem geliştirilmiş ve geliştirilen yöntemin değerlendirildiği bir çalıştay kurgulanmıştır.

ARAŞTIRMA

Araştırmanın Amacı ve Araştırma Soruları

Form geliştirme süreci, ürün geliştirme sürecinin ilk aşamalarından başlayıp süreç boyunca geliştirilmeye devam eden dinamik bir süreç olarak görülmektedir. Bu süreçte öğrencilerin kullanabileceği ve süreçlerine dâhil edebilecekleri farklı stratejiler sürecin etkinliğini artırmak konusunda önem taşımaktadır. Bu kapsamda, öğrencilerin form geliştirme sürecinde kolaylıkla kullanabilecekleri, hızlı ve pratik bir şekilde uygulayabilecekleri kâğıt katlama çalışması ile birlikte form geliştirme stratejileri geliştirilmiş ve geliştirilen bu çalışma ve stratejilerin, öğren-

cilerin form geliştirme süreçlerine nasıl etki ettiğinin değerlendirildiği bir çalıştay kurgulanıp yürütülmüştür. Bu araştırma aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

- Geliştirilen kâğıt katlama çalışması ile birlikte form geliştirme stratejileri öğrencilerin form geliştirme sürecine nasıl etki etmektedir?
- Öğrenciler kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileri ile birlikte form geliştirme sürecini nasıl deneyimlemişlerdir?
- Bu kapsamda öğrencilerin kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileri ile ilgili deneyimlerinden yola çıkarak, öğrencilerin form geliştirme süreçlerinde kullanabilmeleri için form geliştirme stratejileri nasıl geliştirilmelidir?

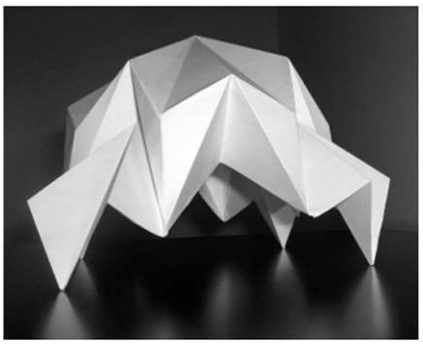
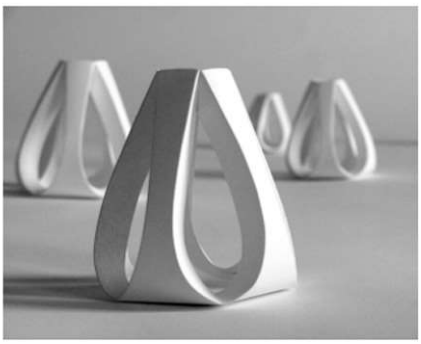
Form geliştirme süreci için geliştirilen yöntem

Öğrencilerin form geliştirme sürecine adapte edebilmesi için geliştirilen yöntem kâğıt katlama çalışması ile birlikte çalışma sonrası elde edilen fiziksel kâğıt modelleri üzerinden form oluşturmak ve geliştirmek için kullanabilecekleri form geliştirme stratejileridir. Kâğıt katlama çalışması, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümünde yürütülen atölye stajında gerçekleştirilen çalışmadan referans alınarak ve öğrencilerin daha hızlı ve pratik uygulayabileceği bir şekilde geliştirilerek kurgulanmıştır.

Kâğıt katlama çalışması 33X33 santimetre Bristol kâğıt malzemesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bristol kâğıt, genellikle bir yüzü beyaz diğer yüzü ise hafif kirli beyaz tonunda olan ince karton görünümüne sahip kâğıt çeşididir. Kâğıt katlama çalışması, Bristol kâğıt malzemeden herhangi bir parça çıkarmadan, keserek, katlayarak, bükerek ve parçaların birleştirilmesi için iki parçada kesikler açarak, bantlayarak veya zımbalayarak üç boyutlu form oluşturma çalışmasıdır. Bu çalışma öncesi öğrenciler, üç boyutlu kâğıt katlama teknikleri, *sert katlama ve eğimli katlama*, ve kâğıt katlama önerileri konusunda bilgilendirilmektedir (Tablo 1). Ek olarak, kâğıt katlama yöntemlerinden ağırlıklı olarak eğimli katlamayı tercih etmeleri gerektiği ve sadece sert katlamanın olmadığı ancak eğimli katlama ile birlikte kullanılabileceği belirtilmektedir. Aynı zamanda çalışmaya başlamadan önce öğrencilere Resim 3'de gösterilen çalışmanın örnek bir gösterimi yapılarak fiziksel kâğıt model üzerinden form geliştirme stratejileri gösterilerek açıklanmaktadır. Hacimsel stratejiler kâğıt katlama çalışmalarıyla oluşturulan soyut formlardaki hacimlerden yararlanılarak kullanılırken, çizgisel stratejiler ise soyut formlardaki çizgilerden faydalanılarak form oluşturmak için kullanılabilir. Uygulayabilecekleri form geliştirme stratejileri öğrencilere verilen strateji kâğıdında yer almaktadır, bu stratejiler aşağıda belirtildiği gibidir:

- **Hacimsel - Aktarma** (*transferring*), form üzerinden bir hacim seçin ve olduğu gibi kullanın.

Tablo 1. 3B Kâğıt katlama teknikleri ve önerileri

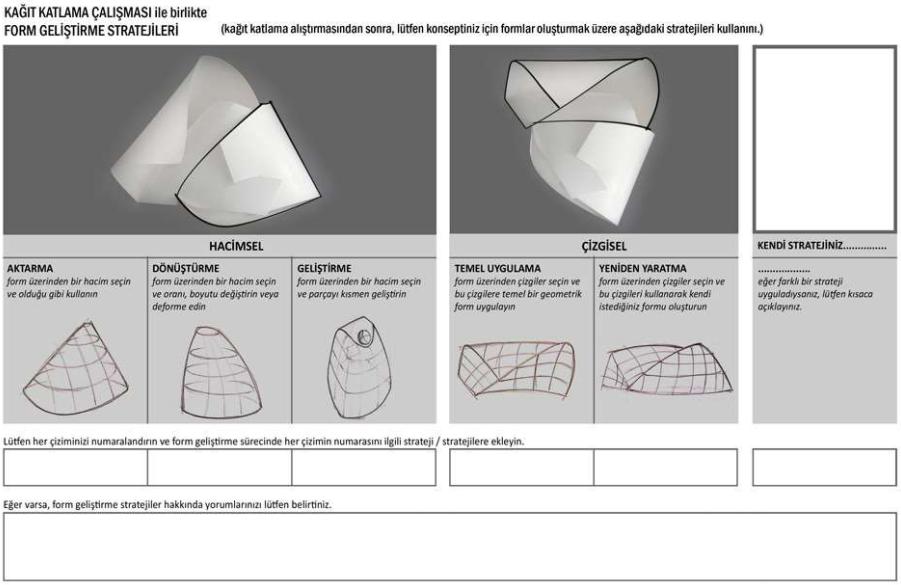
3B Kâğıt Katlama Teknikleri	
Sert katlama, tüm deformasyonun köşelerde ve katlamalarda yoğunlaştığı ve katlamalar arasındaki yüzeylerin düz kaldığı katlama çeşididir.	**Eğimli katlama**, katlama çizgisinin eğimli olduğu ve bu katlamaların sert katlamadan daha karmaşık formlar yaratmayı sağlayan katlama çeşididir.
	
3B Kâğıt Katlama Önerileri • Farklı yönlerde katlayın • Katlama yönlerini değiştirin • Küçük katlamalardan kaçının • Çok fazla kesişimden kaçının	 • Çok fazla tekrardan kaçının • Süreçi geliştirip, tekrarlayın • Bağlı noktaları etiketleyin (süreci geliştirip, tekrarlarken önemlidir)

- **Hacimsel - Dönüştürme** (*transforming*), form üzerinden bir hacim seçin ve oranı, boyutu değiştirin veya deforme edin.
- **Hacimsel - Geliştirme** (*evolving*), form üzerinden bir hacim seçin ve parçayı kısmen geliştirin.
- **Çizgisel - Temel uygulama** (*applying basic geometry*), form üzerinden çizgiler seçin ve bu çizgilere temel geometrik form(lar) uygulayın.
- **Çizgisel - Yeniden yaratma** (*re-creating*), form üzerinden çizgiler seçin ve bu çizgileri kullanarak kendi istediğiniz formu oluşturun.

Resim 3'de gösterilen form geliştirme stratejileri hatırlatıcı özet şeklinde verilmiş ve öğrencilere bilgilendirme ve örnek gösterim sırasında daha detaylı olarak bahsedilmiştir.

Araştırma Yöntemi ve Örneklemi

Bildiride sunulan araştırma, 2019-2020 eğitim-öğretim yılı sonbahar döneminde ODTÜ Endüstriyel Tasarım bölümünde Dijital Modelleme ve Üretim adlı seçmeli derste üçüncü ve dördüncü sınıf lisans öğrencileriyle final projesi öncesi kâğıt



Resim 3. Kâğıt katlama çalışması ile birlikte form geliştirme stratejileri

katlama çalışmasıyla birlikte form geliştirme stratejileri kullanılarak yapılan çalıştayın çıktılarıdır.

Çalıştay yaklaşık olarak iki saat sürmekte ve temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır.

1. **Bilgilendirme ve örnek gösterim** (15 dakika), ilk aşama öğrencilerin form geliştirme teknikleri ve önerileri hakkında bilgilendirildikleri aşamadır (Tablo 1). Bu aşamada daha çok form geliştirme tekniklerinden eğimli katlamayı tercih etmeleri, sadece sert katlamayı kullanmamaları ya da sadece eğimli katlama ile birlikte kullanabilecekleri belirtilmektedir. Sonrasında Resim 2'deki örneğin kâğıt katlama aşamaları ve fiziksel kâğıt modelinin üzerinden form geliştirme stratejileri ile nasıl form geliştirildiği gösterilmektedir.
2. **Kâğıt katlama çalışması** (45-60 dakika), öğrencilerin 33X33 cm boyutunda Bristol malzemeyi keserek, katlayarak veya bükerek ve birleştirme noktalarında da iki malzemede kesiklerle birleştirme, bant veya zımba kullanarak üç boyutlu fiziksel model geliştirdikleri aşamadır.
3. **Form geliştirme stratejileri ile form oluşturma** (45-60 dakika), geliştirilen fiziksel modeller üzerinden form geliştirme stratejileri ve kendi stratejilerini kullanarak form oluşturma ve geliştirme aşamasıdır.

Çalıştayın ikinci ve üçüncü aşamalarında, öğrenciler soru sorduğunda ya da araştırmacı gerekli gördüğü durumlarda öğrencilere yardımcı olmuştur. Çalıştay sonrası öğrencilerden deneyimleri ile ilgili değerlendirme yapmaları istenmiştir. Kâğıt katlama uygulaması ve form geliştirme stratejilerinin geliştirilmesine yönelik önerileri ve form geliştirme sürecindeki deneyimleri hakkında açık uçlu soruları cevaplandırmaları istenmiştir. Öneri ve deneyim değerlendirmesine ek olarak, kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileri ile ilgili verilen ifadeleri 5 likert (*kesinlikle katılmıyorum, katılmıyorum, ne katılıyorum ne katılmıyorum, katılıyorum, kesinlikle katılıyorum*) ölçeğine göre değerlendirmeleri istenmiştir. Form geliştirme sürecine sağlanan katkı ise kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileri kullanılarak final projesinde ve kullanmadan ilk projede oluşturulan form çeşitliliği sayısının belirtilmesi ve geliştirilen formdan memnuniyetlerinin 5-likert ölçeğine göre değerlendirilmesi istenmiştir. Araştırma örneklemi, seçmeli dersi alan 15 öğrenciden çalıştayın yapıldığı hafta derse katılan 12 öğrenci olmuştur. Ancak üç kişi formları eksik doldurmuş ve dokuz öğrencinin değerlendirmesi göz önüne alınmıştır.

ÇALIŞTAY SONUÇLARI

Öğrenci deneyimleri

Öğrencilerin kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileri ile ilgili deneyimleri genel olarak olumlu olmuştur. Bu anlamda ön plana çıkan olumlu yanları, form çeşitliliği sağlaması, farklı form alternatifleri oluşturmaya imkân vermesi ve sonucun gelişimine katkı sağlaması olarak belirtilmiştir (öğrenci 1, öğrenci 5, öğrenci 6 ve öğrenci 8). Aynı zamanda, öğrencilerin fiziksel örnekler üzerinden yola çıkarak, örnek olarak hacimsel ve farklı açılardan bakmaları form geliştirme süreçlerinde faydalı olmuştur (öğrenci 2 ve öğrenci 3). Üçüncü öğrenci, fiziksel kâğıt modelden yararlandığı hacim kısıtlayıcı olsa da tanımlı bir hacim üzerinden form geliştirmenin yaratıcı bir deneyim olduğundan bahsetmiştir. Dördüncü öğrenci form bulduktan sonra değiştirmekte zorlandığını, ancak stratejilerle birlikte form geliştirebildiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, dokuzuncu öğrenci de form geliştirme sürecinde bu yöntemden yararlandığından bahsetmiştir.

Kâğıt katlama çalışmasıyla ilgili yapılan olumsuz değerlendirme ise yedinci öğrencinin yaptığı, katlanan kâğıt parçasının bir karmaşa ve bütün olarak estetik olmadığı yorumudur. Ancak her ne kadar bu yorumu yapmış olsa da formunun içinde birbirinden bağımsız uyumlu parçalar olduğunu ve kâğıt katlama ile elde edilen görüntüyü çizerek oluşturmanın daha uzun sürdüğünü belirtmiştir. Zaten kâğıt katlama çalışmasındaki amaç ortaya çıkan fiziksel model üzerinden kullanılabilecek hacimleri ve çizgileri tanımlayarak form geliştirme stratejileriyle birlikte form oluşturmak veya geliştirmektir. Bu anlamda, kâğıttan katlanarak oluşturulan üç boyutlu modelin tümünden anlamlı bir estetik model çıkması beklenmemektedir.

Tablo 2. Öğrencilerin kâğıt katlama ve form geliştirme stratejileri deneyimleri

Öğrenci1	"Birden fazla form üzerinde çalışma, geliştirme imkânı sağladı. Çeşitlilik sağlaması, tek bir forma bel bağlamaya engel olup çıkan sonucun gelişimine fazlasıyla katkıda bulundu."
Öğrenci2	"Her ne kadar hayal ederek modellemeye, çizmeye başlasak da elimizde somut örneklerin olması farklı açılardan bakmamıza yardımcı oldu."
Öğrenci3	"Kâğıt katlama sonucunda üzerinden geliştirebileceğimiz bir hacmin olması farklı bir deneyimdi, ancak bazen oluşturduğum hacmin beni kısıtladığı izlenimine kapıldım. Yine de, tanımlı bir hacim üzerinden form geliştirme yapmak yaratıcı bir deneyimdi."
Öğrenci4	"Genelde bir form bulduktan sonra onu değiştirmekte zorlanıyordum Stratejileri okuduğum zaman yapabileceğim diğer yöntemleri gördüm ve uyguladım. Bu şekilde bazen formun bir kısmını değiştirdim bazen ise boyutları değiştirerek ilerledim. "
Öğrenci5	"Çok fazla alternatif üretmem yaramış ama bazen de aynı fikir üzerine yoğunlaştığım için diğer formları daha iyi geliştirememiş olabilirim."
Öğrenci6	"Farklı formlar ortaya çıkarmamı sağladı."
Öğrenci7	"Katlanan kâğıt parçası aslında bir karmaşa. Bütünüyle bir estetik öğe (nesne) değil. Ancak içinde birbirinden bağımsız estetik ve uyumlu parçalar barındırıyor. Bu kadar farklı bir görüntüyü çizerek oluşturmam çok daha uzun sürüyor."
Öğrenci8	"Bambaşka farklı form alternatifleri sundu."
Öğrenci9	"Aslında kafamda proje açıklandığında çok farklı formlar vardı fakat bu uygulamadan sonra bu yöntemden yararlanmak beni tatmin etti."

Form geliştirme stratejileri

Form geliştirme stratejilerinin değerlendirilmesinde ön plana çıkan nokta, stratejiler geliştirilirse öğrencilerin kendi form geliştirme süreçlerinde kullanabilecekleridir (altı kişi kesinlikle katılıyorum, bir kişi katılıyorum). Benzer şekilde, stratejilerin form oluşturmada verimliliğini artırdığı (üç kişi kesinlikle katılıyorum, beş kişi katılıyorum) ve kolaylık sağladığı (dört kişi kesinlikle katılıyorum, iki kişi katılıyorum) belirtilmiştir. Kendi stratejilerine göre form geliştirme sürecini kolaylaştırdığına, iki kişi kesinlikle katıldığını, beş kişi katıldığını belirtirken, iki kişi de kararsız kalmıştır. Bu değerlendirmelerden form geliştirme stratejilerinin öğrenciler için potansiyeli olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Form geliştirme stratejileri değerlendirmesinin sonuçları

	(1)	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*Ort.*
Form geliştirme stratejileri geliştirilirse, ilerde form geliştirme süreçlerimde kullanmayı düşünebilirim.		1	1	1	6	4,33
Form geliştirme stratejileri form/konsept oluşturma verimliliğimi artırmıştır.			1	5	3	4,22
Form geliştirme stratejilerindeki farklı stratejiler form/konsept oluşturmada kolaylık sağlamıştır.			3	2	4	4,11
Form geliştirme stratejileri kendi stratejilerime kıyasla süreci kolaylaştırmıştır.			2	5	2	4,00
Form geliştirme stratejilerindeki görseller (kâğıt katlama ve çizimler) anlaşılırdır.			2	5	2	4,00
Kâğıt katlama aşamasından nasıl form geliştirildiği strateji açıklamalarıyla birlikte net ve anlaşılırdır.	1		1	5	2	3,78
Form geliştirme stratejilerindeki yazılı açıklamalar açıklayıcıdır.		2	1	3	3	3,78
Form geliştirme stratejilerindeki strateji çeşitliliği yeterlidir.		1	4	3	1	3,44
(1) Kesinlikle katılmıyorum, (2) Katılmıyorum, (3)Ne katılıyorum Ne katılmıyorum, (4) Katılıyorum, (5) Kesinlikle katılıyorum, Ort: Ortalama						

Form geliştirme stratejilerinde geliştirilmesi gereken nokta ise strateji çeşitliliği olarak ortaya çıkmıştır. Strateji yeterliliği konusuna bir kişi katılmazken dört kişi de kararsız kalmıştır. Her ne kadar form geliştirme stratejilerindeki yazılı açıklamaların açıklayıcı olduğuna üçer kişi kesinlikle katılırken veya katılırken, iki kişi katılmadığını ve bir kişi de kararsız kaldığını belirtmiştir. Benzer olarak, kâğıt katlama aşamasında nasıl form geliştirildiğine dair strateji açıklamalarının net ve anlaşılırlığına bir kişi kesinlikle katılmazken bir kişi kararsız kalmış, beş kişi katılırken bir kişi de kesinlikle katıldığını belirtmiştir. Bu değerlendirmelerden form geliştirme stratejilerindeki strateji çeşitliliğinin arttırılması, yazılı açıklamaların ve fiziksel modelden nasıl form geliştirildiğinin detaylandırılarak geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Kâğıt katlama çalışması

Kâğıt katlama çalışması form oluşturma sürecine katkı sağlayan kolay, pratik ve hızlı bir uygulama olarak görülmüştür (dört kişi kesinlikle katılıyorum, üç kişi katılıyorum, iki kişi ise karasız) (Tablo 4). Çalıştayın ilk aşamasında yapılan kâğıt katlama ile ilgili bilgilendirme, örneklendirme ve yönlendirmeler ise tüm katılımcılar tarafından yeterli bulunmuştur (iki kişi kesinlikle katılıyorum, yedi kişi katılıyorum). Kâğıt katlama çalışmasında geliştirilebilecek nokta ise, yapılan

Tablo 4. Kâğıt katlama çalışmasının değerlendirmesinin sonuçları

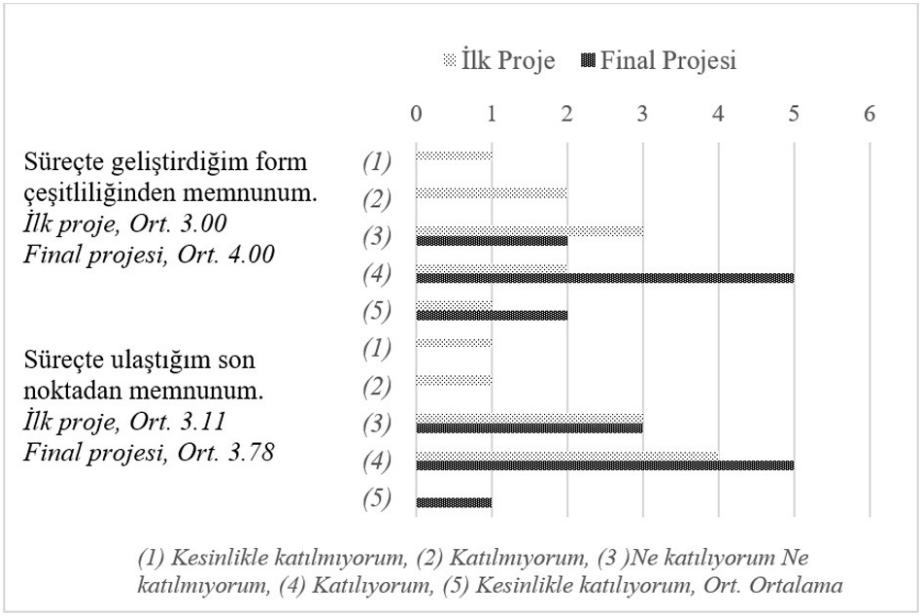
	(1)	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*Ort.*
Kâğıt katlama çalışması form oluşturmaya katkı sağlayan kolay bir çalışmadır.			2	3	4	4,22
Kâğıt katlama çalışması sürece katkı sağlayan pratik ve hızlı bir uygulamadır.			2	3	4	4,22
Kâğıt katlama aşaması için yapılan bilgilendirme, örneklendirme ve yönlendirmeler yeterlidir.				7	2	4,22
Kâğıt katlama çalışmasını kendi geliştirme süreçlerimde kullanmayı düşünebilirim.		1	1	3	4	4,11
Kâğıt katlama aşaması için verilen yazılı açıklamalar yeterlidir.		1	2	4	2	3,78
(1) Kesinlikle katılmıyorum, (2) Katılmıyorum, (3)Ne katılıyorum Ne katılmıyorum, (4) Katılıyorum, (5) Kesinlikle katılıyorum, Ort: Ortalama						

değerlendirmelere bakıldığında, katlama teknikleri ve önerileri ile ilgili verilen yazılı açıklamaların geliştirilebileceğidir.

Form çeşitliliği ve geliştirilen form memnuniyeti

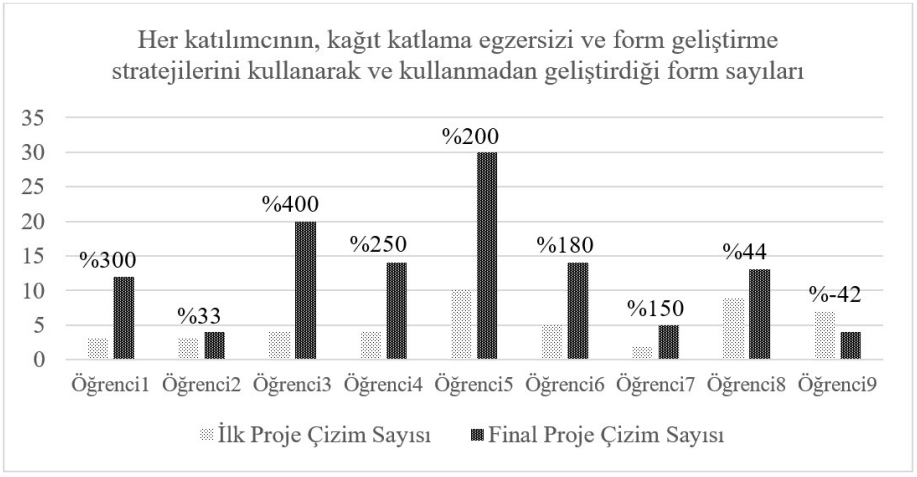
Seçmeli derste öğrenciler iki farklı proje için form geliştirme süreci gerçekleştirmiştir. İlk projede kendi istedikleri şekilde, final projesinde ise kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileriyle birlikte form geliştirmişlerdir. Öğrencilerin iki projenin form geliştirme sürecini düşünerek yaptıkları değerlendirmede, kâğıt katlama çalışması ve form stratejileriyle gerçekleştirdikleri form geliştirme sürecindeki form çeşitliliğinden ve süreçte ulaştıkları son noktadan daha memnun oldukları ortaya çıkmıştır (Resim 4). Final projesindeki form çeşitliliği memnuniyetine iki kişi kesinlikle katılıyorum, beş kişi katılıyorum derken iki kişi de kararsız kalmıştır. Benzer şekilde, final projesinde süreçte ulaştıkları son noktadaki memnuniyette bir kişi kesinlikle katılıyorum, beş kişi katılıyorum derken üç kişi de kararsız kalmıştır. Diğer taraftan ilk proje için form çeşitliliği memnuniyeti ve süreçte ulaşılan son noktadan memnuniyet değerlendirmelerine bakılınca, final projesindeki değerledirmeden daha düşük olduğu açıkça görülmektedir (Resim 4).

Her öğrencinin final projesinde ve ilk projede oluşturduğu veya geliştirdiği form sayılarına bakacak olursak, sadece bir öğrencinin (öğrenci 9) dışında diğer sekiz öğrencinin hepsi kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileriyle birlikte



Resim 4. Form çeşitliliği ve geliştirilen form memnuniyeti, ilk proje ve final projesi

daha fazla sayıda form oluşturmuş ve geliştirmişlerdir. Sekiz öğrenciden altısı final projelerinde kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileriyle geliştirdikleri formlarda %150 - %400 arasında önemli oranlarda artış sağlarken, iki öğrenci de %33 ve %44 oranında artış sağlamıştır (Resim 5). Nicelikle birlikte nitelik de önemli olduğundan, form sayısındaki artışlar önceki bölümlerde form



Resim 5. Final projesinde ve ilk projede her öğrencinin geliştirdiği form sayısı

geliştirme stratejileri ve kâğıt katlama çalışmasıyla ilgili öğrencilerin olumlu değerlendirmelerini destekler niteliktedir.

Resim 6'daki üst görselde öğrencilerin çalıştay sırasında kâğıt katlama çalışmasında üretkenlikleri, orta ve alt görselde ise bir öğrencinin ortaya çıkardığı sonuçlar görülmektedir. Kâğıt katlama çalışmasının başında öğrencilerin kısa bir süreyi alışma ve keşfetme zamanı olarak geçirdikleri gözlemlenmiştir. Bu zamandan sonra kâğıt katlama çalışmasını daha hızlı ve üretken olarak ilerletmişlerdir. Öğrencilerin kararsız kaldığı, ilerleyemediği veya zorlandığı anlarda araştırmacı öğrencilere yardımcı olmuştur. Kimi öğrenciler bir sonraki aşama olan form geliştirme stratejileri ile form oluşturma aşamasına geçerken, kimi öğrenciler ise geliştirmek istedikleri kâğıt katlamaları için bir süre daha devam etmişlerdir. Bir öğrencinin çalıştayda kâğıt katlama ve form stratejileri ile form oluşturma aşamaları için verilen kısa sürede geliştirdiği katlama çalışmaları ve oluşturduğu formlar Resim 6'daki orta ve alt görselde görülmektedir. Form geliştirme sürecinde çizimi desteklemek için veya form oluşturmak için farklı malzemelerden maket yapımı uzun zaman alabilmektedir. Bilgisayar desteği olmadan strafor malzemenin aşındırılması, kil malzemeye şekil verilmesi hem zaman almakta hem de kâğıt malzemeye kıyasla kolayca değişiklik yapılamamaktadır. Kağıt katlama ve form stratejileri ile form oluşturma, öğrencilerin kendi projelerindeki form geliştirme süreçlerinde uyguladıkları farklı stratejilere dahil edebilecekleri bir çalışma ve strateji olarak görülmektedir. Öğrenciler, daha önceki form geliştirme süreçlerinde kullandıkları stratejileri; ürün form araştırması yaparak çizim yapma, fonksiyondan yola çıkarak çizim yapma, doğadan veya biomimikriden ilham alma, çizim yaparak form geliştirme ve çizimini yapamadıklarında ise modelleme ve maket yapma olarak belirtmişlerdir.

Kullanılan form geliştirme stratejileri ve öneriler

Öğrencilerin kullandıkları form geliştirme stratejilerine bakıldığında en çok hacimsel stratejileri (%73), sonra çizgisel (%24) ve az da olsa kendi geliştirdikleri yeni stratejileri kullandıkları görülmektedir. Hacimsel form stratejilerinde öğrenciler sırasıyla geliştirme (%27), dönüştürme (%26) ve aktarma (%20) stratejilerini kullanmışlardır. Çizgisel stratejilerin temel uygulama (%12) ve yeniden yaratma (%12), kullanım oranı ise aynıdır. Her ne kadar yeni stratejilerin ortaya çıktığı durumlar (%3) az da olsa iki öğrenci kendi yeni stratejilerini kullanmış, bu stratejileri simetri ve açı değiştirme olarak belirtmişlerdir.

Form geliştirme stratejilerinin değerlendirilmesi bölümünde bahsedilen strateji çeşitliliğinin artması, yazılı açıklamaların ve fiziksel modelden nasıl form geliştirildiğinin açıklamalarla birlikte geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bunlara ek olarak, öğrencilerin stratejilerle ilgili yaptığı önerilerde ekstra örnekler ve örneklerin oluşum sürecinin gösteriminin yararlı olacağı belirtilmiştir. Ek olarak, hacimsel stratejilerdeki çizimlerin birbirlerinin birer adım sonraki hali olarak görüldüğü, ilk adımı yaptıktan sonra diğerine devam edilebilir hissi oluştuğun-



Resim 6. Çalıştay sırasından fotoğraf ve bir öğrencinin geliştirdiği kâğıt katlama örnekleri ve geliştirdiği form örnekleri

dan bahsedilmiştir. Aslında bu stratejiler birlikte kullanılabileceği gibi sırayla da kullanılabilir. Bu durum çalıştayın bilgilendirme aşamasında bahsedilmiş ancak öğrencilerin dokümantasyonu net olmadığından stratejilerin birlikte veya sırayla kullanım potansiyeli çalıştay sonuçlarına dâhil edilmemiştir. Açık ve anlaşılır şekilde belgeleyen öğrencilere bakıldığında stratejilerin sırayla veya birlikte kullanım potansiyeli olduğu görülmektedir. Hacimsel stratejilere farklı örnekler verilerek daha net anlaşılmaları sağlanabilir. Stratejilerden bağımsız olarak, bir öğrencinin farklı tip kâğıtların form üzerinde farklı etkiler yaratabileceği önerisi ise başka bir çalışma konusu olabilir.

SONUÇ

Sonuçlar temel olarak gösteriyor ki kâğıt katlama çalışması öğrencilerin kolay, hızlı ve pratik bir şekilde uygulayabileceği ve form geliştirme stratejileri de kendi süreçlerinde kullanabilecekleri bir uygulama olarak değerlendirilebilir. Yapılan değerlendirmelerin sonucunda, kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejilerinin tasarım öğrencilerinin form geliştirme sürecine olumlu katkısı olduğu ortaya çıkmıştır. Pratik ve hızlı bir uygulama olarak kurgulanan kâğıt katlama çalışması ile form geliştirme stratejilerinin öğrencilerin tasarım projelerinin form geliştirme süreçlerine kolaylıkla dâhil edebilecekleri ve kullanmayı düşünecekleri bir yöntem olabileceği görülmüştür. Form geliştirme strateji çeşitliliğin artması, fiziksel kâğıt modelden nasıl form geliştirildiğinin farklı örneklerle geliştirilmesi ve yazılı açıklamaların daha anlaşılır hale getirilmesiyle geliştirilen bu yöntem endüstriyel tasarım öğrencilerinin form geliştirme süreçlerine katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda birlikte veya birbirinden bağımsız olarak kullanılabilecek form geliştirme stratejilerinin her birinin ayrı görsel olarak geliştirilmesi ve öğrencilere verilmesi daha faydalı olacaktır.

Sürecin başında üç boyutlu kâğıt katlama teknikleri ve önerileri hakkında yapılan yazılı bilgilendirmeler ve örnek kâğıt katlama ile birlikte form stratejilerinin gösterilmesi, araştırmacının açıklaması ve gösterimi olmadan öğrencilerin anlayabileceği şekilde geliştirilirse eğer öğrencilerin form geliştirme süreçlerinde tek başına kullanabilecekleri bir yöntem veya strateji haline gelebilecektir. Bu kapsamda, kâğıt katlama çalışması ve form geliştirme stratejileri öğrencilerin kendi başlarına form geliştirme süreçlerine dâhil edebileceği şekilde geliştirilerek, bu potansiyeli sonraki çalışmalarda değerlendirilecektir. Aynı zamanda form geliştirme stratejilerinin birlikte veya sırayla kullanım potansiyeli de sonraki çalışmalarda araştırılması gereken bir nokta olarak düşünülmelidir.

KAYNAKÇA

Beex, L.A.A. ve Peerlings, R.H. (2009). An Experimental and Computational Study of Laminated Paperboard Creasing and Folding. *International Journal of Solids and Structures*, *46*(24), 4192-4207.

Demaine, E.D., Demaine, M. L. ve Koschitz, D. (2010). *Reconstructing David Huffman's Legacy in Curved-Crease Folding*. *Origami5: 5th International Conference on Origami in Science, Mathematics and Education (OSME)Konferansında sunulan bildiri*, Singapore.

Demaine, E.D., Demaine, M. L., Koschitz, D. ve Tachi, T. (2011). Curved Crease Folding: A Review on Art, Design and Mathematics. *IABSE- IASS Symposium: Taller, Longer, Lighter (IABSE-IASS2011)* (20-23) içinde. London, England.

Fuchs, D. ve Tabachnikov, S. (1999). More on Paperfolding. *The American Mathematical Monthly*, *106*(1), 27–35.

Han, J., Forbes, H. ve Schaefer, D. (2019). An Exploration of the Relations between Functionality, Aesthetics and Creativity in Design. *22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)* içinde (259-268). Delft, Netherlands.

Kilian, M., Flöry, S., Chen, Z., Mitra, N.J., Sheffer, A. ve Pottmann, H. (2008). Curved Folding. *ACM Transactions on Graphics*, *27*(3), Makale 75.

Lauer, D.A., ve Pentak, S. (2012). *Design Basics* (8. Baskı). USA: Wadsworth, Cengage Learning.

LeKlint. (t.y.). 7 Ocak 2017 tarihinde https://www.leklint.com/en-GB/Products.aspx adresinden erişildi.

Matsubara, J. ve Celani, G. (2007). *Origami: Symmetry and Applications in Architecture*. 7 Ocak 2020 tarihinde http://www.fec.unicamp.br/~lapac/papers /matsubara-celani-2007.pdf adresinden erişildi.

Megahed, N.A. (2017). Origami Folding and its Potential for Architecture Students. *The Design Journal*, *20*(2), 279-297.

Mullineux, G. ve Mathews, J. (2010). Constraint-Based Simulation of Carton Folding Operations. *Computer-Aided Design*, *42*(3), 257-265.

Osório, F., Paio, A. ve Oliveira, S.M. (2014). .KOS- Kinetic Origami Surface. N. Gu, S. Watanabe, H. Erhan, M. Hank Haeusler, W. Huang, ve R. Sosa (Ed.), *Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture, 19th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2014)* içinde (201–210). Kyoto, Japan.

Rahman, O., Jiang, Y. ve Liu, W. (2010). Evaluative Criteria of Denim Jeans: A Cross-national Study of Functional and Aesthetic Aspects. *The Design Journal*, *13*(3), 291-311.

Rohmer, D., Cani, M.P., Hahmann, S. ve Thibert, B. (2011). *Folded Paper Geometry from 2D Pattern and 3D Contour*. Eurographics 2011, European Association for Computer Graphics toplantısında sunulan bildiri, Llandudno, United Kingdom. Erişim adresi: https://hal.inria.fr/inria-00567408.

Tachi, T. ve Epps, G. (2011). *Designing One-DOF Mechanisms for Architecture by Rationalizing Curved Folding*. International Symposium on Algorithmic Design for Architecture and Urban Design Sempozyumunda sunulan bildiri, Algode, Tokyo, Japan.

Wallace, D. R. ve Jakiela, M.J. (1993). Automated Product Concept Design: Unifying Aesthetics and Engineering. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *13*(4), 66-75.

Wu, J. (2015). Folding into Light: Material, Form, and Making. *International Journal of Design Objects*, *9*(4), 34-45.

Zelanski, P., ve Fisher, M. P. (2007). *Shaping Space: The Dynamics of Three-Dimensional Design* (3. Baskı). USA: Thomson & Wadsworth.