

Instrumentalizing the Curved Line as a Design Research

Çağın Tanrıverdi Çetin

ORCID NO: 0000-0003-4013-0283

¹Trakya University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Edirne, Türkiye

Curvature is a centuries-old concept in architecture. Beside experiences as well as improving tools and techniques, tendency to use curvilinear forms has been evolving in parallel with the necessities of the time. This study explores the diversity and potentials of the ways and tools used to produce curvature, with the question of whether the direct link between tools and procedure | method may open up a creative ground in the possibilities of curvature in architectural representation. It is claimed that the method of representation is shaped by the means, technology and mentality of the conjuncture in which it is produced. The interaction between the representation tool and method in design education is important because of its impact on the designer's thought process and problem solving approach. The method of the study, which developed as an iterative process including producing, testing and evaluating steps, was determined as research by design. The study aims to gain the habit of seeing the elements that appear in motion and time by investigating the possibilities of instruments that produce curvilinear. The reason for focusing on the curved line is that curvilinearity is seen as a way of discovering and representing new relationships that evoke connectivity, continuity, movement and fluidity by getting out of the boundaries of directness, precision, stability, and the determined. The study, which approaches curvature as an alternative to the normative, rational and fixed, emphasizes that questioning and designing the tools that lead to architectural representation are also included in the design process. In this context, with the support of the theoretical background established in the focus of curvilinear lines and drawing tools, the materials of the "curve workshop", which was conducted within the scope of the elective course called Alternative Representation in Design (*Tasarımda Alternatif Temsil*, in Turkish) held at the Faculty of Architecture of the Trakya University in the fall semester of 2021-2022, formed the basis for this study. In this workshop, tools with a mechanical movement were designed to represent curved lines and their prototypes were produced. Curve drawing tools, experienced by video recording, were evaluated together with the reports of each student describing their own work. During the design process, students' ideas, material choices or production methods changed and evolved. In this process, students' understanding of curvature, their criticism, and how they interpreted the curvilinear were factors that nourished representation research as well as their prototypes. In future studies, it may be suggested to consider and investigate the curvilinear in combination with analog and digital environments.

Received: 02.02.2023

Accepted: 06.03.2023

Corresponding Author:

cagin.t.cetin@gmail.com

Tanrıverdi Çetin, Ç. (2021). Instrumentalizing the Curved Line as a Design Research. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 4(1), 145-166. <https://doi.org/10.53710/jcode.1246451>

Keywords: Tool, Curved line, Architectural representation, Method.

Bir Tasarım Araştırması Olarak Eğrisel Çizgiyi Araçlaştırmak

Çağın Tanrıverdi Çetin

ORCID NO: 0000-0003-4013-0283

Trakya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Edirne, Türkiye

Mimari temsilde araç ile yapma biçimi | yol | yordam arasındaki doğrudan bağlantı mimari temsilde eğriselliğin olanaklarında yaratıcı bir alan açabilir mi sorusuyla başlayan bu çalışma eğriselliği üretmek için kullanılan yol ve araç çeşitliliğinin ve potansiyellerini araştırmaktadır. Çalışmada, temsil yönteminin, üretildiği konjonktürün araç, teknoloji ve düşünce yapısıyla şekillendiği öne sürülmektedir. Eğrisel çizginin araçlarını üretme, test etme ve değerlendirme ekseninde gelişen çalışmanın yöntemi tasarım yoluyla araştırma (TYA) olarak belirlenmiştir. Çalışma, eğriseli üreten araçların olanaklarını araştırarak hareket ve zamanla ortaya çıkan unsurları görebilme alışkanlığı kazanmayı amaçlamaktadır.

Received: 02.02.2023

Accepted: 06.03.2023

Corresponding Author:

cagin.t.cetin@gmail.com

Tanrıverdi Çetin, Ç. (2021). Instrumentalizing the Curved Line as a Design Research. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 4(1), 145-166. <https://doi.org/10.53710/jcode.1246451>

Anahtar Kelimeler: Araç, Eğrisel çizgi, Mimari temsil, Yöntem.

1. EĞRİSELLİĞİ DÜŞÜNMEK (Thinking About Curvature)

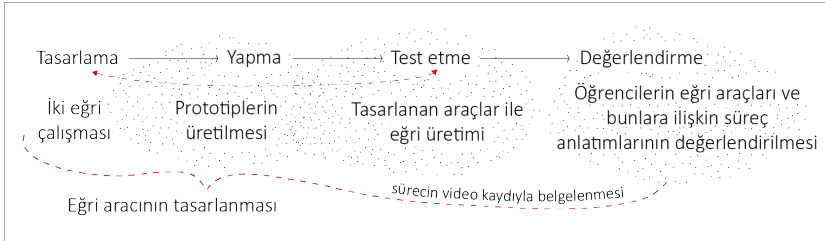
Eğrinin barındırdığı çizgisel nitelik, doğal ve insan yapımı çevrede sıklıkla bulunan bir unsurdur. Bir temsil ortamına taşınmamış olsa bile örneğin bir kıyının kenarında, çakıl taşının formunda, bir nehrin akışında, yeryüzü şekillerinde, yapıları çevrede kemer, kubbe gibi yapı elemanlarında veya mekan ile ilişkilenen eylem alanlarında, gotik, art-nouveau ve rönesans gibi akımlarda eğrisel çizgiyi görmek mümkündür. Tarihsel süreçte mimari olarak kullanımı ilk barınakların yapımına kadar uzanan eğri, üretildiği dönemin araç, teknoloji ve düşünce yapısından etkilenir. Bu bağlamda, araç ile yapma biçimi | yol | yordam arasındaki doğrudan bağlantı mimari temsilde eğriselliğin olanaklarında yaratıcı bir alan açabilir mi sorusuyla başlayan bu çalışma eğriselliği üretmek için kullanılan yol ve araç çeşitliliğinin potansiyellerini mimarlık eğitimi içerisinden araştırmaktadır. Yaparak öğrenme mimarlık eğitiminin önemli bir parçası olmakla beraber temsili üreten özne, üretim aracı ve üretme biçimi arasındaki yaratıcı ilişki dijital temsil araçlarının çeşitlenip yaygınlaştığı günümüzde giderek daha önemli olmaktadır. Eğriselliği normatif, rasyonel ve sabitlenmiş olana bir alternatif olarak gören çalışma, mimari temsile yol açan araçları sorgulama ve tasarlamaya da tasarım sürecine dahil olduğunu vurgulamaktadır. Bu bakış açısı temsili üreten özneyi de araç kullanıcı olmanın ötesinde araç yapıcı rolünde görmektedir.

Eğrisellik mefhumu biçimsel anlamının yanında Deleuze (1993)'ün kıvrım, Yürekli (2004)'nin ucu açık spiral ve Klee (1924)'nin aktif çizgi kavramlarıyla da ilişkilendirilerek temsilin düzgün, doğrusal, kesin, tamamlanmış, kararlı, belirlenmiş niteliklerinden başka, keşfe açık, doğrusal olmayan, çok yönlü, bağlantısallığa vurgu yapan açık bir sistem ile karakterize edilmektedir. Eğriseli üreten analog araçların olanaklarını araştırmanın, başlangıçta görülemeyebilecek ancak üretim süreci boyunca hareket ve zamanla ortaya çıkan unsurları görebilme alışkanlığının kazanılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

1.1 Yöntem

Eğrisel çizginin araçlarını üretme, deneyimleme ve değerlendirme ekseninde gelişen çalışmanın yöntemi tasarım yoluyla araştırma (TYA) olarak belirlenmiştir. Frayling (1994)'in çalışmasını temel alan TYA,

tasarımın karmaşık sorunları keşfetme ve anlamının yanı sıra yeni bilgi üretmek için bir yöntem olarak kullanıldığı bir araştırma yaklaşımıdır (Buchanan, 1992). Stappers ve Giaccardi (2017)'nin belirttiği gibi, araştırma yapmak ürün ve servis tasarılmanın önemli bir parçası haline gelmiştir. Tasarım aktiviteleri ve artefaktları bilginin üretilmesi ve aktarılmasında başlıca elementler olarak kabul görmektedir. Zimmerman v.d. (2010), TYA yöntemini potansiyel bir geleceğin nasıl olabileceğini tasarlama süreci olarak yinelemeli (iterative) bir süreç olarak tanımlar. Buna göre çalışmada, tasarlama ediminin tüm süreçte devam ettiği, düşünme ve temsil etme arasında bir sarkaç görevi gördüğü, değerlendirme ile elde edilen kazanım ve bulguların da yine tasarım bilgisini beslediği döngüsel bir süreç olarak kurgulanmıştır (**Şekil 1**). Eğrisel çizgi ve çizim araçları odağında kurulan kuramsal arkaplandan destek alarak [...] Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde 2021-2022 güz yaryılında yürütülen Tasarımda Alternatif Temsil seçmeli dersi kapsamında kurgulanan eğri atölyesinin meteryalleri bu çalışmaya altlık oluşturmuştur. Atölyede, mekanik bir hareketle eğrisel çizgiler üreten araç tasarımı yapılmış ve bunların prototipleri üretilmiştir. Video kaydına alınarak deneyimlenen eğri çizim araçları, her öğrencinin kendi işini anlattığı raporlarıyla beraber değerlendirilmiştir.



Şekil 1: Araştırma yönteminin çalışmaya uyarlanmasına ilişkin süreç diyagramı (Process diagram for adapting the research method to the study).

2. EĞRİSELLİĞİN TEMSİLİ (Representation of Curvature)

Eğrisel çizginin kullanımı farklı alanlarda farklı biçimlerde olabilir; kullanıldığı alana göre tanımı ve temsili değişiklik gösterebilir. Matematik ve geometride, eğri teorisi üzerinden incelenen eğriler (Gallier, 2000; Do Carmo, 1976), çizgiler, daireler, elipsler ve paraboller gibi birçok biçimde olabilir. Matematikte eğri, bir denklem veya bir dizi parametrik denklem kullanılarak tanımlanabilen sürekli bir nokta kümesi olarak tanımlanır. Örneğin daire, $x^2 + y^2 = r^2$ denklemiyle tanımlanan bir eğridir, burada r yarıçaptır. Calculus'ta eğri, genellikle $y = f(x)$ denklemini sağlayan (x, y) noktalarından oluşan bir fonksiyonun grafiği olarak tanımlanır (Stewart, 2009). Pottmann ve diğ. (2007) eğriyi tanımlayan matematiksel yaklaşımları şöyle belirtmiştir:

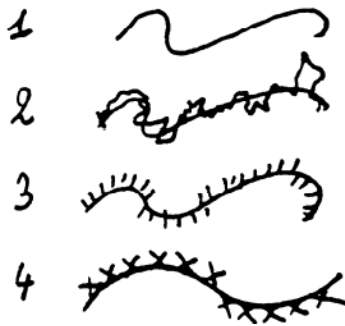
1- Parametrik temsil: Polinom eğri olarak da adlandırılan polinom fonksiyon aracılığıyla tanımlanır. Koordinat sistemindeki x, y, z parametrelerinin her birinin bir fonksiyona bağlı olması sonucunda açığa çıkan eğridir. Bir başka deyişle, fonksiyon üzerinden tanımlanan parametrik temsilin oluşturduğu eğridir.

2- Açık (explicit) temsil: Parabolik anlatım ile üretilen eğridir. x ve y değerlerinin birbirlerine göre değiştiği bir fonksiyon üzerinden tanımlanır.

3- Kapalı (implicit) temsil: Çember veya kapalı eğri oluşturan fonksiyonda x bir değer aldığı anda geometrik olarak y nin değerini verir. Fizik alanında, bir nesnenin hareketini tanımlamak için genellikle eğri kullanılır. Örneğin, Osserman (1990)'ın aktardığı gibi, Newton yasalarına göre bir nesneyi sabit bir hızda hareket ettirmek için gereken gücün büyüklüğü, yörüngesinin eğriliğinin sabit bir katıdır. Einstein'a göre ise yerçekimsel alanda beden hareketi zaman-mekanın bükülmesiyle (*curvature*) belirlenir. Bir merminin yolu eğri oluşturur ve hareket denklemleri kullanılarak tanımlanabilir. Benzer şekilde, bir gezegenin veya başka bir gök cisminin yörüngesi, yerçekimi kanunları kullanılarak tanımlanabilen bir eğridir (Goldstein, 2002). Mühendislik alanında ise eğri, bir nesnenin veya yüzeyin şeklinin matematiksel bir temsildir. Makine, havacılık, inşaat ve endüstri mühendisliği gibi çeşitli mühendislik dallarında yapıların, makinelerin ve sistemlerin tasarımında ve analizinde çok önemli bir rol oynar (Stewart, 2009).

Matematik, geometri ve mühendislik alanlarındaki kullanımı eğrisel çizgiyi nesnel bir açıdan ele alırken, bazı düşünürler de konuyu daha öznel bir alana çekerek eğrisel çizginin temsiline pragmatik ve semantik nitelikler arasında gidiş gelişler üzerinden çok yönlü bir nitelik kazandırır. Bertamini ve diğ. (2015)'in aktardığı gibi, eğrisel çizgi tarihsel bağlamda, görsel sanatlar alanında memnuniyet verici dekoratif bir öğe, güzelliğin çizgisel temsili, Venus of Willendorf heykelinin temsil ettiği gibi bereket ve verimlilik sembolü, doğanın ve kompleks biyolojik formların çizgisi gibi farklı kavrayışlarla kullanılmıştır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi paralelinde, eğrisellik ile ilişkilendirilen akışkanlık kavramı belirme (*emergence*), topoloji ve evrimsel algoritma gibi fenomenleri gündeme getirmiştir. Swierzawski (2016) ise eğrisel çizginin doğrusal olmayan ilişkileri temsil ettiğini yazmaktadır. Eğrisellik doğrudanlığın, kesinliğin, sabitliğin, belirlenmiş olanın sınırlarından çıkarak, devamlılık, devinim ve akışkanlığı çağrıştıran yeni ilişkileri keşfetmenin bir yolu ve temsili olma niteliği edinmiştir. Klee (1924) eğriseli bir yaşantı, anlatı, deneyimin izdüşümü olarak ele almakta; gündelik hayatta gözlemlenebilir deneyimden temsil alanına izdüşüm üzerinden örneklemeler yapmaktadır. Cache (1995) ise soyut bir kavramın nasıl temsil edildiğinin potansiyeline odaklanarak, soyutlanmış ve temsil edilerek nesnel bir nitelik kazanmış olan geometrik notasyonu farklı temsil ve oluşlarla ilişkilendirmektedir. Wu

(2018) Kenneth Snelson'un geometri, strüktür ve mekan arasında bir ilişki kurma aracı olarak adlandırdığı "akış halindeki basınç" kavramından söz eder. Lynn (1999) ise eğriselliği, doğrusal geometrinin aksine, dijital modelleme ve fabrikasyon teknikleriyle üretilen karmaşık, organik şekiller üzerinden tariflerken, düz çizgiler ve açılardan ziyade karmaşık, kıvrımlı formların kullanımının mimari tasarımda daha fazla ifade ve yaratıcılığa izin verdiğini savunmaktadır. Deleuze (1993), eğriselliği, düz çizginin durağan ve çizgisel uzamına karşıt olarak, dinamik ve akışkan bir uzam yaratan "kıvrımın hareketi" olarak tanımlar. Genellikle klasik ve rasyonel düşünme ile ilişkilendirdiği düz çizginin, dünyanın karmaşıklığını ve çokluğunu yakalamayan gerçekliğin basitleştirilmesi olduğunu, öte yandan eğrisel ve burulma hareketleriyle karakterize edilen kıvrımın, sürekli değişime ve varyasyona açık bir alan yarattığını savunmaktadır. Açık ve düz olanda bulunmayıp kıvrılarak oluşan katlarda açığa çıkan potansiyeller ve derinlikleri vurgulayan Almaç (2011) ise kıvrımı yapısız, kaotik ve devinim halinde oluşlar üzerinden tanımlamaktadır. Düşüncenin ve tanımladığı oluş halinin sürekli kıvrımlar oluşturduğunu, kıvrımların potansiyellerinin ise mekansallaşmaları ve deneyimlemeleri açtığını ifade etmektedir. Cache (1995)'a göre, kıvrılma, modernistlerin süreklilik kavramına işaret etmektedir. Buna göre kıvrılma (*inflection*), hem kristal geometriden kaçan hem de henüz bilinmeyen yeni bir geometrinin habercisi olan bir şeydir. Cache'in kurduğu tartışmada, kıvrımın içerdiği zirve, tepe, uç ve çukur noktalarından oluşan eğriselliğin değişkenleri Paul Klee'nin "aktif çizgi" kavramıyla ilişkilendirilir. Klee'nin özgürce hareket eden, amaçsız dolaşan çizgisinin varyasyonlarına bakıldığında da görülüyor ki, eğriselin nasıl temsil edildiği, onun potansiyellerinin açığa çıkarılmasını etkiler. Örneğin **Şekil 2'**deki 1 ve 4 numaralı çizgilerde (Cache, 1995), süreklilik, süreksizlik, doğrultu, hiyerarşi, çizme tavrındaki kararlılık- kararsızlık ve taşıdıkları enformasyon vb. açılardan farklılıklar görülebilir. Bu kavramsallaştırmalar, temsilin düşünce süreçlerinde, yaklaşımında, temsili kuran akılda dönüştürücü etkiye sahip olmaktadır.



Şekil 2: Klee'nin aktif çizgilerinin Cache tarafından yorumlanması (Cache interpretation of Klee's active lines) (Cache, 1995).

Mimaride ise eğriler, bir binada hareket ve akış hissi oluşturmak için kullanılabilir gibi, sert kenarları yumuşatmak veya uyum duygusu yaratmak için de kullanılabilir (Ching, 2014). Örneğin kubbeler, eğrisel

formlarıyla mimarlık tarihinde yaygın olarak kullanılırlar. Świerzawski (2016), Tomb of Agamemnon'un veya Pantheon'un kubbelerinde eğriselliğin kullanımının, yapım sisteminin yanı sıra, yaşamı ve ölümü de sembolize ettiğini belirtmektedir. O dönemde eğrisel hatların kullanımı bir yandan inşanın temel formuyken, bir yandan da prestij göstergesiydi. Buna göre eğriselliğin mimarideki kullanımı yalnızca işlevsel veya estetik kaygıları değil, aynı zamanda prestij unsurunu ve yeni / özgün / karakteristik form arayışını da barındırmaktadır. Erichs Mendelsohns'un Einstein Kulesi veya Frenk Gehry'nin "Bilbao etkisi" olarak da nitelendirilen Guggenheim Müzesi buna örnek verilebilir.

2.1 Mimari Temsil Bağlamında Araç ve Yöntem İlişkisi (Relation of Tool and Method in the Context of Architectural Representation)

Araçlar, tasarlamak ve tasarımı üretmek için kullanılan fiziksel ve dijital enstrümanlar olarak tanımlanabilir. Yöntem ise, tasarım düşüncesini işlemek için izlenen yol, yordam, yaklaşım olarak tariflenebilir. Tasarım eğitiminde araç ve yöntem arasındaki ilişki tasarım sürecinin tasarlanmasında önemli bir yere sahiptir. Yanı sıra, tasarımcılar tarafından kullanılan araçlar ve yöntemler, bir tasarım projesinin nihai sonucu üzerinde de önemli bir etkiye sahip olabilir. Örneğin, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı kullanma konusunda becerikli bir tasarımcı, son derece ayrıntılı ve net tasarımlar yaratabilecekken, el eskizi yapma konusunda becerikli bir tasarımcı ise daha organik ve serbest biçimli tasarımlar oluşturabilirler (Lawson, 2006).

Tasarım eğitiminde araç ve yöntem arasındaki ilişkinin bir diğer önemli yönü, kullanılan araç ve yöntemlerin tasarımcının düşünce süreci ve problem çözme yaklaşımı üzerindeki etkisidir. Tasarımcılar tarafından kullanılan araçlar ve yöntemler, onların tasarım sorunları hakkında düşünme ve onlara yaklaşma biçimlerini şekillendirebilir (Cross, 1984). Araçların ve yöntemlerin seçiminin, tasarım işinin bağlamından ve hedefinden büyük ölçüde etkilendiğini dikkate almak gerekir. Örneğin, bir ürün tasarım projesi, bir grafik tasarım projesinden farklı araçlar ve yöntemler gerektirebilir (Dorst & Cross, 2001).

Mimari temsilde kullanılan araç ve yöntemlerin tasarım süreci ve düşünme biçimi üzerindeki etkileri, dijital çağın konjonktüründe başka bir boyut kazanmaktadır. Dijital araçlar ve bunların getirdiği yeni yaklaşım ve yöntemler, tasarım sürecinin aktörleri haline gelmişlerdir. Bu nokta, hesaplamalı tasarımın tarihini araştıran Leach (2017)'in, bilgisayarlaşma (computerization) ve bilgisayarım (computation)

kavramları arasında yaptığı karşılaştırma üzerinden açılabilir. Leach bilgisayarlaşmayı, bir bilgisayar sistemi içerisinde bilgi depolama işi olarak tanımlarken; bilgisayarım (computation) kavramını ise spesifik bir ortam oluşturan bileşenler arası etkileşim ve bilgiyi işleme işi olarak tanımlar. Bir başka deyişle, bilgisayarlaşma evresi bilgisayarı basit anlamıyla temsil aracı olarak kullanır. Öte yandan bilgisayarım matematiksel veya mantıksal metotlarla oluşturulan hesaplama prosedürüdür ve sonuç ürünü obje yerine bilgidir. Buna göre, süreç odaklı yaklaşımların ön plana çıktığı bilgisayarım evresinde, zihinde önceden tasarlanan bir kurgunun aktarımı olarak bir iletişim olanağı sağlamasının ötesinde, başlangıçta planlanmamış ancak süreç içinde üretilecek ortaya çıkabilecek unsurları da tasarım sürecine dahil edebilen, tasarıma yön verebilen bir nitelik oluşmuştur. Bu bağlamda sonuç ürüne giden yolu kavramak, alternatif rotalar ile genişletmek, tasarlayabilmek ve öğretebilmek ayrıca önem arz etmektedir.

2.2. Eğrisel Çizginin Temsili ve Araçları (Representation of The Curved Line and its Tools)

Eğri çizimi, mimarların ve tasarımcıların doğada ve tasarımlarında bulunan akıcı, organik şekilleri aktarmalarına olanak tanımasıyla, mimari temsilde önemli bir yer tutmaktadır. Mimari temsilde yaygın olarak kullanılan birkaç farklı eğri türü vardır. Bunlardan ilki, herhangi bir mekanik alet kullanılmadan elle çizilen serbest eğridir. Serbest çizim eğrileri, doğaçlama ve yaratıcılığa izin verdiği için genellikle enformel eskizler ve kavramsal tasarımlar oluşturmak için kullanılırlar (Eissen & Steur, 2011). Mimari temsilde yaygın olarak kullanılan bir diğer eğri türü, plastik veya metal gibi esnek bir malzeme şeridi kullanılarak oluşturulan spline eğrisidir. Eğriler ayrıca mimari render ve görselleştirmede yaygın olarak kullanılır. Işın izleme (ray tracing) ve radyosity gibi teknikler, kavisli yüzeylerde ışık ve gölge oyununu doğru bir şekilde tasvir eden oldukça gerçekçi görüntüler oluşturmak için kullanılabilirler (Larson & Shakespeare, 2010).

Eğri çizmek için kullanılan en eski araçlardan biri pergeldir. Pergel, bir pivot noktasında birleştirilen iki ayaktan oluşan basit bir alettir. Bir ayağı sabit, diğeri hareketli olup, kullanıcının farklı boyutlarda daireler çizmesine olanak tanır. 1860'da W. F. Stanley'in 16. yüzyıl gemi yapımcılarının eğri şablonlarına dayalı Fransız eğrisini piyasaya sürmesinden bu yana, çubuk pistole, parabolograf, 1900'lerin sonlarına doğru elipsograf gibi analog araçların ürettiği eğrilerin, 1963'de Ivan

Sutherland'ın geliştirdiği sketchpad ve sonrasında 1990'lardan sonra dramatik biçimde hızlanan ve yaygınlaşan bilgisayar teknolojileri - 1997'de Revit'in ve 2000'de Sketchup'ın geliştirilmesi gibi- ile birlikte giderek daha akışkan, pratik ve mükemmeli arayan karmaşık geometride eğriler ve akabinde serbest formlu eğrilere evirildiği görülmektedir (Piedmont-Palladino, 2007). Bu açıdan, sayısal ortamda eğrisel çizgi üretme girişimi, doğrusal olmayan, akışkan, çok yönlü yeni bir düşünce sisteminin zemininin hazırlanmasında etkili olduğu söylenebilir.

1950'lerde, parabolardan, elips ve hiperbol vb. şekillerden daha karmaşık eğriler üretme ihtiyacıyla, geliştirilen araçlarla beraber, kontrol noktaları ile şekillendirilen yumuşak geçişli (smooth) serbest formlu eğriler otomotiv ve uçak endüstrilerinde ortaya çıkmıştır. Bezier eğrisi serbest formlu eğriler içinde en yaygın olanlardan biridir. Tekrarlayan doğrusal interpolasyona dayalı Casteljau algoritması aracılığıyla oluşturulan sezgisel geometrik yapılar olarak açıklanabilecek Bezier Eğrileri kontrol poligonları ile tanımlanır. Bir diğer serbest formlu eğri örneği olarak B-Spline eğrileri de eğri içerisinde lokal olarak biçim değiştirmeye izin vermektedirler. NURBS (*Non-Uniform Rational B-Spline*), eğrinin biçimsel kontrolüne ilişkin daha hassas ayar yapma özelliği ile karmaşık düzlemsel ve uzamsal serbest formlu eğrilerin çizilmesine olanak verir. NURBS eğrileri, bir dizi kontrol noktası tarafından tanımlanır ve oluşturabilecekleri şekiller açısından çok esnekler. Pottmann vd. (2007b)'ne göre kontrol noktaları ile etkileşimli eğri tasarımı için iki yaklaşım vardır. Bunlardan ilki interpolasyondur. Bu yaklaşımda belirlenmiş bir dizi veri noktasından geçen yumuşak geçişli eğri oluşturulur. Bu yöntemde tanımlı noktalardan geçen sonsuz çeşitlilikte eğri olabileceği için, oluşturulmak istenen eğriye göre tanjant doğrultuları (*tangent directions*) da ek bir veri olarak algoritmaya eklenir. Diğer yaklaşım ise uyumlulaştırma yaklaşımıdır (*Approximation*). Bu yöntemde ise algoritma, tanımlanmış bir dizi veri noktasına yakınsayarak düzgün eğri oluşturur. Nurbs eğrilikleri analog biçim bulmada ve çift eğrilikli yüzeyin temsil edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin Burry (1996)'e göre NURBS ve diğer hesaplama teknikleri, Sagrada Familia'nın yüksek derecede hassasiyet ve yüzeylerin eğriliği üzerinde kontrol ile tasarlanmasına, bilgisayar ortamında temsil edilebilmesine ve inşa edilmesine olanak sağlar. Bu hassasiyet, Gaudi'nin çok karmaşık ve yorumlanması zor olan orijinal çizimlerini ve

modellerinin incelenerek, Sagrada Familia'nın orijinal mimarı Antoni Gaudi'nin çalışmalarının bitirilmesini sağlamıştır.

Bu yaklaşımlara analitik metotlar, grafiksel metotlar ve bilgisayar destekli metotlar da eklenebilir. Analitik metotlar eğriyi tanımlamak için parabol, elips ve hiperbol gibi matematiksel denklemleri kullanır. Grafiksel metot eğri çizmek için cetvel, pusula gibi grafiksel araçlar kullanır. Bilgisayar destekli metot ise yazılım aracılığıyla eğri çizmeye olanak verir. Örneğin, Fourier serisine bakıldığında bir eğriselin analog olmanın ötesinde matematiksel formüller ve ilişkiler üzerinden tanımlanabildiği görülmektedir (Eyce & Alaçam, 2021). Şunu belirtmek gerekir ki bahsedilen her yaklaşım kendi içerisinde güçlü ve zayıf yönler barındırır, hangi yaklaşımın seçileceği spesifik içerik ve elde edilmek istenen eğrinin özelliklerine bağlıdır.

3. EĞRİSEL ÇİZGİYİ ARAÇLAŞTIRMAK (Instrumentalisation The Curved Line)

Mimari temsil bağlamında eğrisel çizginin olanaklarını araç üzerinden araştırmak için, 2021-2022 güz yarısında [...] Üniversitesi Mimarlık fakültesinde yürütülen "Tasarımda Alternatif Temsil" seçmeli dersi kapsamında üretilen analog çizim aracı tasarlama çalışmaları ele alınmıştır.

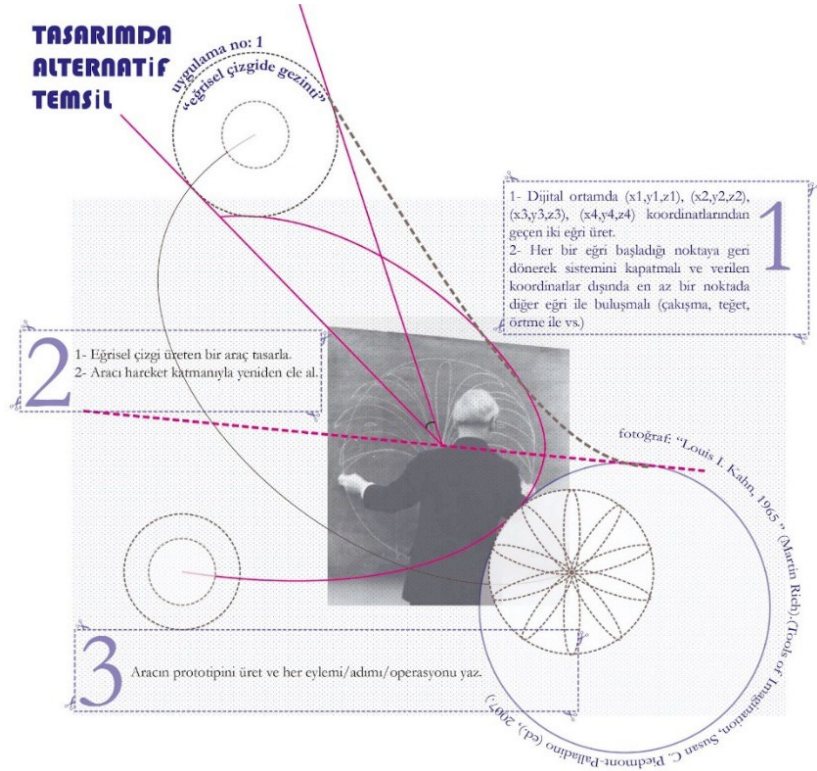
3.1 Atölyenin Strüktürü (Workshop Setup)

Çevrimiçi olarak yürütülen ders kapsamında bu çalışma, haftada birer saat süreyle iki atölye ve bir ödev teslimi olarak planlanmıştır. Atölyede, eğrisel çizgi üretimi ortak tema olarak belirlenmiştir. Eğrisel çizginin konu edilmesinin sebepleri,

- Eğrisel çizginin varyasyonlarını araştırarak atölyede yürütülen tartışmalara ortak bir temel oluşturmak,
- Eğriselin epistemolojik olarak algıda farklılıklar içermesi ve bunun atölyede üretilen düşünceleri çoğaltabileceği / derinleştirebileceği düşüncesi,
- Eğrisel çizginin doğrudan, kestirme ve öngörülebilir olanı öngörülemez, muğlak bir alana taşıdığı düşüncesiyle, eğrisel çizginin tesadüflere açık karakteristiğini atölyeye taşımak,
- Doğrusal olmayan (non-linear) ve açık uçluluk kavramlarını anlamak ve öğretebilmek.

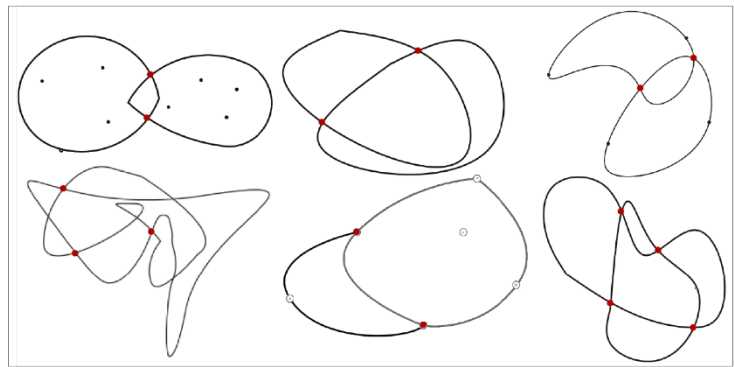
Bu bağlamda eğrisel çizginin temsil süreci tartışılmış; temsil ortamı, temsil aracı ve üretme biçimi arasındaki ilişki sorgulamaya açılmıştır. Bunun için üç aşamalı bir yol izlenmiştir (Şekil 3).

Şekil 3: Eğri Atölyesi uygulama Föyü, Piedmont Palladino, (2007)'de yer alan Louis Kahn görselinden yola çıkılarak hazırlanmıştır (Curve workshop exercise sheet based on the image of Louis Kahn in Piedmont Palladino).



- Öğrencilerden öncelikle Autocad ortamında önceden belirlenmiş koordinatlar ile iki adet eğri çizmeleri beklenmiştir. Bu çizgiler birbiriyle en az bir noktada ilişki kuracak (kesişen, örtüşen, teğet geçen vb.) şekilde planlanmıştır. Bu aşama iki sabit nokta arasında çizilen farklı eğrileri tartışmaya olanak sağlamıştır (Şekil 4).

Şekil 4: Autocad ortamında belirli koordinatlar ile çizilen "iki eğri" çalışmalarından örnekler (Examples of "two curves" studies drawn with certain coordinates in Autocad environment).



- Daha sonra, mevcut temsil araç ve yöntemlerinin kısıtlılığı, tartışılarak eğrisel çizginin başka nasıl yollarla üretebileceğini

araştırmak için, mekanik bir hareketle eğriseller üretebilecek bir araç tasarımı süreci başlamıştır. Hareket katmanının sürece iliklenmesinin sebebi, hareketin temsil arayüzünde kurularak içselleştirilmesi ve böylece deneyimlenerek işlenmesinin, eğrisel çizgi üreten yol | yordam | akıl | strateji dağarcığını genişleteceği düşüncesidir.

- Tasarlanan araçların prototipleri üretilmiştir. Üretilen prototipler video kaydına alınarak deneyimlenmiş; temsil süreciyle eş zamanlı yazılan raporlar ile birlikte değerlendirilmiştir.

Başlangıç sorusunun süreç içinde nasıl desteklendiği, en az bir hareket ögesi içermesi, mevcut çizim araçlarından farklı yeni bir üretim olması, yaklaşım, düşünme biçimi ile kullanılan teknik, malzeme ve okunaklılık uygulamanın değerlendirme ölçütleri olarak belirlenmiştir.

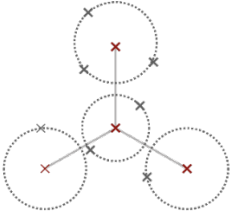
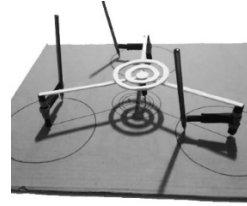
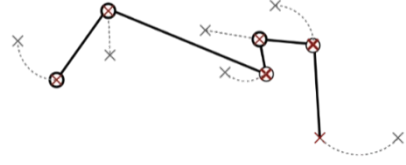
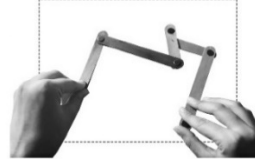
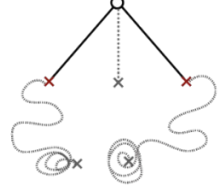

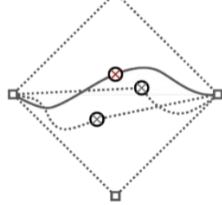

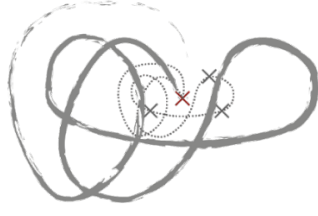

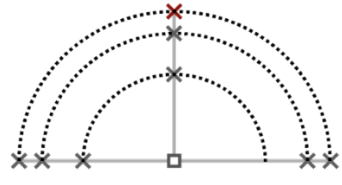
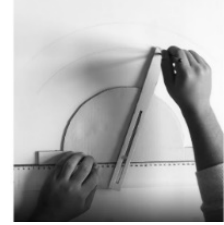
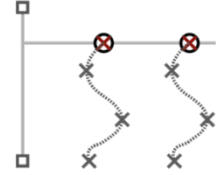
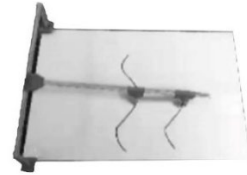
3.2 Prototiplerin Üretilmesi (Production Of Prototypes)

Tablo 1’de öğrenci çalışmalarından seçmeler yapılmış olup üretilen eğrisel çizgi araçlarının hareket prensipleri, prototipleri ve öne çıkardıkları anahtar kelimeler sunulmuştur. Tabloda <SH> bir sabit ve bir hareketli nokta arasında çizilen eğriyi ifade ederken <HH> ise iki hareketli nokta arasında çizilen eğriyi gösterir.

Öğrencilerin prototiplerini ürettikleri eğrisel çizgi araçlarının tasarım sürecine ilişkin hazırladıkları raporlar incelendiğinde, eğrisel yorumlamalarında nasıl farklılıklar, düşünme biçimleri oluştuğuna ilişkin çalışmaların detayları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Bir daireyi eş parçalara bölme hedefi ile tasarlanmaya başlanan Divicirculator temel olarak, mevcut bir dairenin çevresinde farklı daireler oluşturup, o dairelerin merkezlerinden geçen doğrular yardımı ile mevcut daireyi üç eşit parçaya bölmeye yarar bir kurguda planlanmıştır. Bu kurgu sabitlenebilir gövde etrafında şekillenen hareketli kollar ve kalem yuvası olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır. Çizim varyasyonlarını arttırabilmek için ana gövdeye bağlı sabit kola dönme hareketi eklenerek aracın hareket olasılığı arttırılmış, böylece araç aynı konumdayken sadece üç daire çizebilirken bunun sayısının çizerin isteğine bırakılıp daha özgür bir hale gelmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1: Analog eğrisel çizgi araçlarının hareket prensipleri (Action principles of analog curvilinear instruments).

	Çizim aracının hareket prensibi	Maket	Anahtar Kelimeler
1			Daireyi eş parçalara bölmek, daire bölücü, farklı bütünlükler. <SH>
2			Elin davranışları, hareket içeren pergel, kısa akollu araç.<HH>
3			Eğri nedir?, farklı eğriler, farklılıkları aynı araçta birleştirmek. <HH>
4			Amorf biçimler, ölçülü eğrisel çizgiler, beden hareketleri.<SH>
5			Düzensiz eğrisel çizgiler, beden hareketleri, fiziksel güç+mekanik güç. <HH>
6			Yay, kapalı eğriler, ucu açık eğriler. <SH>
7			Lineer ve rotasyonel hareketler, offsetleme, düz çizgiyle eğri çizmek. <HH>

rasyonel düşünmeye ve belirli kurallar zemininde hareket etmeye dayalı tasarımlar yapılırken, bu projede belirlenen paradigmlar kuralsız eğriler çizme üzerine kurulmuştur.

6. Belirli bir ölçü ve derecede yay çizmeye yarayan, kapalı eğriler veya ucu açık eğriler çizebilen bir araç tasarlanması ve bu aracın gönye, cetvel, pergel gibi birçok çizim aracının ayrı ayrı yaptığı çizimleri tek başına yapabilmesi amaçlanmıştır. Araç, gönye şeklinde bir altlığın üzerine oturtulan bir cetvelin uç noktasında açılan bir deliğe kalemin yerleştirilmesiyle oluşmaktadır.

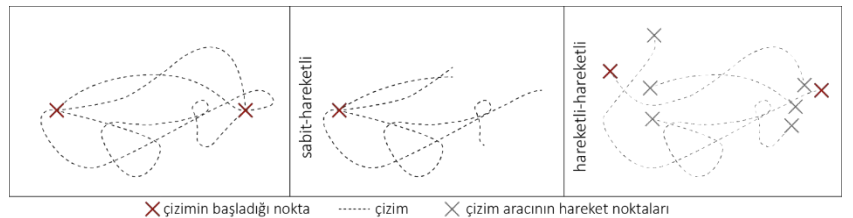
7. Eğrisel çizgiyi düz çizgiyle nasıl elde edebileceğini araştıran çalışmada lineer ve rotasyonel hareketler bir arada kullanılarak çizilen eğrinin üzerinden tekrar geçebilecek ve offsetleme yapabilecek bir eğri çizmek amaçlanmıştır.

3.3 Değerlendirme (Evaluation)

Eğrisellik üreten çizim araçları üzerinde duran eğri atölyesinde üretilen örnekler bakıldığında şu çıkarımlar yapılabilir: Tasarım süreci içerisinde öğrencilerin fikirleri, malzeme seçimleri veya üretim yöntemleri değişmiş ve evrilmiştir. Bazı çalışmalar, herhangi bir eğri üretmeye odaklanırken bazı çalışmalar spesifik nitelikte eğriler üretmeyi amaçlamışlardır. Bazı çalışmalarda ise eşzamanlı birkaç eğri çizmenin yolları araştırılmıştır.

Atölyede üretilen eğrisel çizgiler üç sınıf altında toplanabilir: İlk adımda autocad ortamında verilen koordinatlar, iki sabit nokta arasında çizilen eğriyi oluştururken, hareket katmanı eklenerek üretilen prototiplerin, bir sabit ve bir hareketli nokta arasında çizilen eğri ile iki hareketli nokta arasında çizilen eğri oluşturdukları görülmektedir (**Şekil 6**).

Şekil 6: Atölyede üretilen eğrisel çizgilerin karakterleri (Characters of curvilinear lines produced at the workshop).



Bunun yanında hareketin farklı olanakları ve beden-çizim düzlemiyle çeşitli ilişkilerin atölyede tartışılmasıyla beraber sonuç ürünlere açıkça yansımadağı görülmüş olup, prototiplerde sabit nokta genellikle çizim düzlemi, hareketli nokta ise genellikle el olmaktadır. Öğrencilerin dijital araçların olanaklarından çok, el çizimine dayalı eğri çizme araçları ürettikleri ve bunu yaparken dijital ortamda kullanılan operasyonlardan (döndürme, kopyalama, offsetleme, taşıma gibi) yararlandıkları okunmaktadır. Örneğin tasarımlarında genellikle pergelden yola çıktıkları gözlenmiştir. Hareket katmanı anlatılırken pergel örneğinin verildiği göz önüne alındığında, öğrencilerin tasarımlarında derste kullanılan kavramlardan ve örneklerden etkilenmiş olabilecekleri çıkarımı yapılabilir. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda ders içinde tartışmayı besleyecek örnek ve kavramların çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Mevcut araçlarda eksik bulmaya çalışarak bu problemi çözmeye yönelik araçlar geliştirilmiştir. Öte yandan, herhangi bir sorunu iyileştirmeye çalışmasa da alternatif bir araç, farklı bir çizim deneyimi sunan bir araç veya yeniyi arayan bir araç da düşünülebilir.

4. SONUÇ (RESULTS)

Mimari temsil alanında araç ve yöntem arasındaki bağlantıyı araştıran çalışmada, temsil yönteminin, döneminin araç, teknoloji ve düşünce yapısıyla şekillendiği hipotezi üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda eğrisel çizgiyi üreten yaklaşımların | aklın varyasyonlarını ve açığa çıkardığı potansiyelleri araştırmıştır. Böylece araç tasarımı, seçimi ve kullanımının tasarım sürecine dahil olduğu düşüncesini ortaya koymuştur.

Mimarlık eğitiminde temsil aracı ve yöntemi arasındaki etkileşim, tasarımcının düşünce süreci ve problem çözme yaklaşımı üzerindeki etkisi sebebiyle önemlidir. Bu motivasyonla, 2021-2022 güz yarılında [...] Üniversitesi Mimarlık fakültesinde yürütülen “tasarımda alternatif temsil” seçmeli dersi kapsamında bir eğri atölyesi düzenlenerek mekanik bir hareketle eğrisel çizgiler üretebilecek temsil araçları tasarlanmıştır. Eğrisel çizginin konu edilmesinin sebebi, eğriselliğin doğrudanlığın, kesinliğin, sabitliğin, belirlenmiş olanın sınırlarından çıkarak, bağlantısallık, devamlılık, devinim ve akışkanlığı çağrıştıran yeni ilişkileri keşfetmenin ve temsil etmenin bir yolu olarak görülmesidir. Bu

süreçte, öğrencilerin eğrisellik kavrayışları, eleştirileri ve eğriseli nasıl yorumladıkları da prototipleri kadar temsil araştırmalarını besleyen etmenler olmuştur. Eğriseli üreten araçların olanaklarını araştırmak hareket ve zamanla ortaya çıkan unsurları görebilme alışkanlığı kazanmak anlamında önemli bulunmuştur.

Tasarım sürecinde dijital araçların kullanımı bağlamında, her aracın kendi kısıtlarını beraberinde getirdiği ve araç kullanımında benzer sürecin her tekrarında çıktılarının da birbirine benzemeye başlayacağı ve homojenleşeceği öne sürülebilir. Diğer yandan dijital olarak tarif edilen genelleme temsil, süreç, veri türü ve çıktı açısından heterojen yapıda, keşiflere açık, çok boyutlu ve çok katmanlı bir kavram olarak ele alınabilir. Bu ikilikten yola çıkarak düşünme ve yapma biçimlerini eğrisel çizgi üzerinden kavramaya çalışmak ve tartışmak bu kısıtları aşmaya çalışan bir girişim olabilir. Leach (2017)'in bilgisayar (computation) kavramı hatırlanacak olursa, başlangıçta planlanmamış ancak süreç içinde üreterek ortaya çıkabilecek unsurların tasarım sürecine dahil edildiği ve tasarıma yön verebildiği dijital çağın konjonktüründe, tasarım araştırmasında kat edilen yolu kavramak, alternatif rotalar ile genişletmek, tasarlayabilmek ve öğretebilmek ayrıca önem arz etmektedir. Dewey (1933)'in yaparak öğrenme (learning by doing) ve Piaget (1973)'in keşfederek öğrenme (learning by discovery) yaklaşımlarını referans alarak tasarım sürecinde tasarım ve deney arasındaki etkileşime ilişkin pedagojik metot ve yaklaşımları araştıran Ünlü ve Alaçam (2021), aracı tasarım sürecinin gerçekleşmesine olanak sağlayan fiziksel veya zihinsel mekanizmalar olarak tanımlarken, hesaplamalı tasarıma ilişkin araçlar, yaklaşımlar ve tasarım ile kurulan kişiselleştirilmiş diyaloglara vurgu yapmaktadırlar. Bu diyaloglar tekillik, sabitlik ve kesinlikten uzaklaşmış dijitalleşmenin nasıl görüldüğünden çok nasıl gerçekleştiğini anlamayı, arkasındaki akli çözümlmeyi gerektirmektedir. Bacinoğlu vd. (2019)'un spesifik bir teknik olarak kavisli katlanmış geometri (curved folding geometry) kavramını bir dijital tasarım operasyonu olarak ele alıp geliştirdikleri hesaplamalı biçim bulma stratejisi örneğinde de görülebileceği gibi, dijital araçların sunduğu çoğul ortamın, çok yüzlü ve heterojen yapısı tasarım düşüncesinin hangi araçla nasıl ilişkilendirildiğine göre yeni bir bağlam açığa çıkarabilmektedir. Araç ile yapma biçimi | yol | yordam arasındaki doğrudan bağlantı gözetilerek, araçların etki ettiği yapma biçimlerinin,

operasyonların, eylemlerin farkında olmak ve dökümünü çıkarmak, temsili nasıl ürettiğini kavrayabilmek ve tartışabilmek, mimari temsilde eğriselliğin olanaklarında yaratıcı bir alan açabilir.

Teşekkür (Acknowledgements)

Araştırma süresince değerli eleştirileri ve kaynak önerileri için Doç.Dr. Sema ALAÇAM'a çok teşekkür ederim. Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde yürütülen 2021-2022 güz yarıyılı Tasarımda Alternatif Temsil dersini alan tüm öğrencilere derse katkılarından dolayı teşekkür ederim. Analog eğri araçları bu yazıda meteryal olarak kullanılan Aydanur Sona, Edanur Aktaş, Gülşah İpek, Kemal Deniz Karadeniz, Mertcan Başer, Osman Kılınç ve Şükrü Köse'ye ayrıca teşekkür ederim.

Kaynaklar (References)

- Almaç, B. (2011). *Mekan Kıvrımları* [Master Thesis, Istanbul Technical University]. 323986.
- Bacinoğlu, S. Z., Piskorec, L., & Kotnik, T. (2019). CURVED. IT: A design tool to integrate making with curved folding into digital design process. *A/ Z ITU JOURNAL OF THE FACULTY OF ARCHITECTURE*, 16(1), 11-27.
- Bertamini, M., & Palumbo, L. (2015). The aesthetics of smooth contour curvature in historical context. *Art and its role in the history of the Balkans*.
- Buchanan, R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design issues*, 8(2), 5-21.
- Burry, M. (1996). Parametric design and the Sagrada Familia. *Arq: Architectural Research Quarterly*, 1(4), 70-81.
- Cache, B. (1995). *Earth moves: the furnishing of territories*. MIT press. Michael Speaks (Ed.).
- Ching, F. D. (2014). *Architecture: Form, space, and order*. John Wiley & Sons.
- Cross, N. (1984). Designerly ways of knowing. *Design studies*, 5(2), 121-127.
- Çağdaş, G., Özkar Kabakçioğlu, M., Gül, L., Alaçam, S., Gürer, E., Delikanlı, B., ... & Kırdar, G. (2021). *Mimarlıkta Sayısal Tasarım XV. Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı*. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Deleuze, G. (1993). *The fold: Leibniz and the Baroque*. University of Minnesota Press.
- Dewey, J. (1933). *How we think. A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston: DC Heath and Company.
- Do Carmo, M. P. (1976). *Differential Geometry of Curves and Surfaces*. Prentice-Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey. ISBN: 0-13-212589-7.
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution. *Design studies*, 22(5), 425-437.

- Eissen, K., & Steur, R. (2011). *Sketching: The Basics*. Laurence King Publishing. ISBN: 9063695349.
- Frayling, C. (1994). *Research in art and design* (Royal College of Art Research Papers, vol 1, no 1, 1993/4).
- Gallier, J., & Gallier, J. H. (2000). *Curves and surfaces in geometric modeling: theory and algorithms*. Morgan Kaufmann.
- Goldstein, H., Poole, C., & Safko, J. (2002). *Classical mechanics*. 3rd ed.
- Klee, P. (1924). *Pedagogical Sketchbook*, The Ployplot Press.
- Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Nizam, A., & Rosenberg, E. S. (2013). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Cengage Learning.
- Larson, G., W. & Shakespeare, R. (1998). *Rendering with Radiance: the art and science of lighting visualization*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Lawson, B. (2006). *How designers think: The design process demystified*. Routledge.
- Leach, N. & Yuan, P. F. (2017). *Computational Design*, Tongji University press.
- Lynn, G. (1999). *Folding in architecture*. New York: Princeton Architectural Press.
- Osserman, R. (1990). Curvature in the eighties. *The American mathematical monthly*, 97(8), 731-756.
- Piedmont-Palladino, S. C. (2007). *Tools of The Imagination*, Princeton Architectural Press.
- Pottmann, H. & Asperl, A. & Hofer, M. Kilian, A. (2007a). *Architectural Geometry*, Bentley Institute Press, Cilt 1.
- Pottmann, H. & Asperl, A. & Hofer, M. Kilian, A. (2007b). *Architectural Geometry*, Bentley Institute Press, Cilt 2.
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. New York: Grossman Publishers.
- Stewart, J. (2009). *Calculus: Concepts and contexts*. Cengage Learning.
- Świerzawski (2016). *Curvilinear Forms in Contemporary Architecture*, (içinde) Education for Research, Research for Creativity, Jan Słyk ve Lia Bezerra (ed.), Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej, ISBN: 978-83-941642-2-5.
- Stappers, P. J., & Giaccardi, E. (2017). Research through design. In *The encyclopedia of human-computer interaction* (pp. 1-94). The Interaction Design Foundation.
- Ünlü, E., & Alaçam, S. (2021). Design to Experiment—Experiment to Design: Tool-(User, Breaker, Designer). In *Formal Methods in Architecture: Proceedings of the 5th International Symposium on Formal Methods in Architecture (5FMA)*, Lisbon 2020 (pp. 19-27). Springer International Publishing.
- Wu, C. (2018). Ellipse, Parabola, Hyperbola: Ellipsis, Parable, Hyperbole. *Log*, (43), 60-68.
- Zimmerman, J., Stolterman, E., & Forlizzi, J. (2010). An analysis and critique of Research through Design: towards a formalization of a research approach. Paper presented at the *Designing Interactive Systems*, Aarhus, Denmark.

