



## Hesaplamalı Düşünmenin Mimarlık Eğitimiyle Bütünleştirilmesi: Yapım Üzerinden Bir Çalışma

Dilayda Alkan<sup>1</sup>; Şule Taşlı Pektaş<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Başkent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

<sup>1</sup>dilaydaalkan@gmail.com ; <sup>2</sup>stpektas@baskent.edu.tr

### Özet

*Hesaplamalı düşünme (computational thinking) son yıllarda giderek önem kazanmış ve eğitimin her seviyesiyle bütünleştirilmeye başlanmıştır. Hesaplamalı düşünme en genel tanımıyla bir problemin ve olası çözümlerinin herhangi bir hesaplayan (insan veya makina) tarafından işlenecek şekilde formüle edilmesi olarak tanımlanabilir (Wing, 2006). Mimarlık ve diğer tasarım alanlarında hesaplamalı düşüncenin kullanılması, bu düşünme biçiminin tasarım süreçlerinde uygulanması olarak tarifleyebileceğimiz hesaplamalı tasarım kavramı üzerinden olmaktadır. Bu konular üzerindeki araştırmalar son yıllarda artmakla birlikte, hesaplamalı düşünme ve hesaplamalı tasarım yaklaşımları eğitimle henüz tam olarak bütünleştirilememiştir. Bu durumun sebeplerinden biri hesaplamalı tasarımın kimi zaman öğrenciler ve eğitimler tarafından tasarımda belli yazılımların kullanılmasına indirgenmesi ve bu yaklaşımın düşünsel boyutunun ihmal edilmesidir. Oysaki bilindiği üzere mimarlık tarihinde Antoni Gaudi ve Frei Otto gibi mimarlar tasarım süreçlerinde herhangi bir yazılım kullanmadan sadece fiziksel modeller yoluyla hesaplama yaparak bu konuda başarılı örnekler vermişlerdir (Burry, 1996; Goldsmith, 2016).*

*Hesaplamalı düşünmenin mimarlık eğitimiyle bütünleştirilmesindeki bir diğer zorluk da bu konuda yeterli miktarda sistematik ve denenmiş pedagojik yöntem geliştirilmemiş olmasıdır. Sayısal tasarım araştırmacılarının bu konuya eğilmesi ve kullanılan yöntemlerin belgelenecek sonuçlarının analiz edilmesi gerekmektedir. Yukarıda anlatılan perspektifle tasarlanan bu çalışma, yapım ve tasarım süreçlerine bütünleşik bir açıdan bakarak hesaplamalı düşüncenin tasarım eğitiminde kullanılması için bir çerçeve önerisi sunan Dina El-Zanfaly'nin (2015) geliştirdiği yöntemi kullanan bir proje deneyiminine odaklanmaktadır. El-Zanfaly "(I<sup>3</sup>)Imitation, Iteration and Improvisation: Embodied Interaction in Making and Learning" adlı çalışmasında hesaplamalı tasarım alanında teknoloji odaklı yaklaşımlarda tasarım ve yapım süreçlerinin keskin bir şekilde ayrılmasını eleştirmekte ve bu durumda sayısal üretim araçlarının potansiyellerinden yeterince yararlanılamadığını tespit etmektedir (2015). El-Zanfaly'nin taklit, yinleme ve doğaçlama aşamalarını içeren yöntemi yaratıcı tasarımın döngüsel yapısına karşılık gelmekte ve hesaplamalı düşüncenin mimarlık eğitimiyle bütünleştirilmesi için bir fırsat sunmaktadır.*

*Bu bildiri, El-Zanfaly'nin geliştirdiği I<sup>3</sup> süreç modelini temel alarak mimarlık öğrencileriyle gerçekleştirilmiş hesaplamalı düşünme üzerine bir proje çalışmasını konu almaktadır. Bildiride önce çalışmanın kuramsal çerçevesi ve yöntemi sunulmakta, daha sonra uygulamalı çalışmanın detayları görseller ile anlatılmaktadır. Sonuç bölümünde ise proje süreçlerinin değerlendirilmesi yapılmakta ve mimarlık eğitimindeki benzer uygulamalar ve ilgili araştırmalar için önerilerde bulunmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** Hesaplamalı düşünme, mimarlık eğitimi, hesaplamalı yapım, yapım gramerleri

# Integrating Computational Thinking with Architectural Education: A Study on Making

Dilayda Alkan<sup>1</sup>; Şule Taşlı Pektaş<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Başkent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü  
<sup>1</sup>dilaydaalkan@gmail.com ; <sup>2</sup>stpektas@baskent.edu.tr

## Abstract

*Computational thinking has become increasingly important in recent years and has started to be integrated with all levels of education. Computational thinking, in its most general definition, can be defined as the formulation of a problem and its possible solutions so as to be processed by any computing agent (human or machine) (Wing, 2006). The use of computational thinking in architecture and other design fields has been realized through computational design which refers to the application of this way of thinking in design processes. Although the number of studies on these topics have increased in recent years, computational thinking and computational design approaches have not yet been fully integrated into education. One of the reasons for this situation is that in design education, computational design is sometimes regarded merely as the use of certain software and the theoretical and cognitive dimensions of this approach are often neglected. However, as it is widely known, architects such as Antoni Gaudi and Frei Otto created successful examples of calculating only through physical models without using any software (Burry, 1996; Goldsmith, 2016).*

*Another difficulty in integrating computational thinking with architectural education lies in the lack of systematic and validated pedagogical methods in this field. This paper suggests that digital design researchers should focus on this issue and analyze the results of computational design experiments in education systematically. Within the framework of the perspective presented above, this paper focuses on a computational design project experience in architectural education based on the method developed by Dina El-Zanfaly (2015). El-Zanfaly (2015) proposes an integrated framework for the utilization of computational thinking in design education. In her study entitled "(I<sup>3</sup>) Imitation, Iteration and Improvisation: Embodied Interaction in Making and Learning", El-Zanfaly criticizes the sharp separation of design and making processes in technology-oriented approaches and discusses that the potential of digital fabrication tools cannot be realized in conventional approaches (2015). El-Zanfaly's method, which includes the phases of imitation, iteration and improvisation, corresponds to the circular structure of creative design process and provides an opportunity to integrate computational thinking with architectural education.*

*This paper focuses on an educational project on computational thinking in architecture education. The project's theoretical approach was based on the I<sup>3</sup> process model developed by El-Zanfaly. In the paper, the theoretical framework and the methodology of the study is presented first, and then the details of the empirical study are explained with student project examples. In the conclusion section, an evaluation of the project was presented and suggestions are made for further research in this track.*

**Keywords:** *Computational thinking, architectural education, computational making, making grammars*

## 1. Hesaplamalı Düşünme ve Yapım Gramerleri

Hesaplamalı düşünme, çözüme ulaşmak için matematiksel ve mantıksal işlemlere ve süreçlere dayalı algoritmik bir düşünme yolu, bir problem çözme sürecidir (Çağdaş ve diğ., 2015). Barr, Harrison ve Conery'e (2011) göre hesaplamalı düşünme süreci aşağıda listelenen bilişsel becerileri ve problem çözme aşamalarını içerir:

1. Sorunu yeni ve farklı şekillerde temsil etmek için soyutlamaları kullanma
2. Verileri mantıksal olarak düzenleme ve analiz etme
3. Sorunu daha küçük parçalara ayırma
4. Yineleme, sembolik gösterim ve mantıksal işlemler gibi programatik düşünme tekniklerini kullanarak soruna yaklaşma
5. Bir dizi düzenli adım kullanılarak çözülmesi için sorunun yeniden düzenlenmesi (algoritmik düşünme)
6. Adımların ve kaynakların en verimli ve etkili kombinasyonunu elde etmek amacıyla olası çözümleri belirlemek, analiz etmek ve uygulamak
7. Bu problem çözme sürecini yaygınlaştırmak ve çeşitli problemlere aktarmak

Hesaplamalı düşünme ve tasarım çok geniş bir alan olmakla birlikte bu çalışmanın odağını oluşturan hesaplamalı tasarım yöntemi yapım gramerleridir. Hesaplamalı yapım grameri, yapma eyleminin kural-tabanlı algoritmasının çıkarılması olarak tanımlanabilir. Yapım gramerlerinin kökeni 1970'lerin başında Stiny ve Gips tarafından geliştirilmiş olan biçim gramerlerine dayanmaktadır (Gips ve Stiny,1972).

Biçim gramerlerinde yeni biçimler öncül biçimlerin birtakım kurallara göre dönüştürülmesiyle oluşturulmaktadır. Kurallar basit aritmetik işlemlerle (toplama, çıkartma vb.) ve hareket ettirme, döndürme, yansıtma gibi temel öklid dönüşümleriyle tanımlanmaktadır (Stiny, 1980).

Yapım gramerleri ise malzemenin dönüşümünde biçim kuralları yerine yapım kurallarının kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Malzeme, araç ve yapma eylemleri tasarım sürecinde bütünlük olarak kullanılmaktadır. Yapım gramerleri ile üretilen tasarımlar CNC makineleri, robotlar ve üç boyutlu yazıcılar gibi sayısal üretim araçlarıyla üretilebilmektedir (Knight ve Stiny, 2015). Hesaplamalı yapımın odak noktası tasarımın sonuçları değil, oluşum süreçleri ve uygulamalardır. Bu anlayış içerisinde yapma aktivitesi, doğaçlama ve eylem merkezli bir üretim olarak düşünülmektedir (Knight ve Vardouli, 2015).

Dina El-Zanfaly de 2015 yılında yayımlanan "(I<sup>3</sup>)Imitation, Iteration and Improvisation: Embodied Interaction in Making and Learning" makalesinde "yaparak öğrenmenin" veya "deneyimlerden öğrenmenin" önemli olduğunu vurgulamıştır. Çünkü yaparak öğrenmede tasarım sürecine malzemenin ve yapma sürecinin dahil olması hem tasarımı hem de yaratıcılığı etkilemektedir. El- Zanfaly konvansiyonel uygulamalarda lazer kesicilerin kurabiye kalıbı (cookie cutter) gibi kullanılarak tasarım ve üretimin birbirinden kesin sınırlarla ayrılmasını ve bu yüzden yapma

eylemine getirdiği olanakların tasarıda yeterince kullanılmamasını eleştirmiştir (**şekil 1**). El-Zanfaly'e göre tasarım ve yapma eyleminin bütünleşik olmaması yaratıcılığı kısıtlamaktadır. Bu nedenlerle El-Zanfaly çalışmasında tasarımı yaparak üretmek fikrine I<sup>3</sup> adını verdiği yeni bir ereve önermiştir. I<sup>3</sup> süreci taklit (imitation), yineleme (iteration) ve doğlalama (improvisation) aşamalarından oluşur. Taklit bir öncül tasarımın birçok yönünü analiz ederek kopyalamayı içermektedir. Yineleme, tasarım adımlarından bazı parametreleri değiştirerek yeni varyasyonlar çıkarmayı hedeflemektedir. Her yinelemede tasarımı ilgili bir parametre değiştirilerek çeşitlilik yaratmak amaçlanmıştır. Doğlalama ise tasarımıcının yineleme döngüleri sonucu tasarımı ilgili kapsamlı bilgilere ulaşarak ya döngüler sonucu oluşan yeni tasarımı kabul etmesi ya da süreç sonunda edindiği bilgileri kullanarak tamamen yeni bir tasarıma ulaşmasıdır.



**şekil 1:** Tasarım ve üretim süreçlerinin lineer bir sıra izlediği konvansiyonel yöntem (a) ve dinamik tasarım ve üretim döngüsüne dayanan I<sup>3</sup> yöntemi (b)

Bu alışmada I<sup>3</sup> tasarım süreçleri kullanılarak mimarlık eğitimi içinde bir proje çalışması yapılmıştır. Çalışmanın amacı hem I<sup>3</sup> yöntemini uygulamalı olarak test etmek hem de hesaplamalı tasarımın mimarlık eğitimiyle bütünleştirilebilmesi için ne gibi fırsatlar ve zorluklar olduğunu belirlemektir. Bu yönüyle çalışma keşifi (exploratory) bir alan çalışmasıdır (case study). Tartışmaya temel olan veriler proje süreçlerinin gözlemlenmesi ve proje çıktılarının incelenmesine dayanmaktadır.

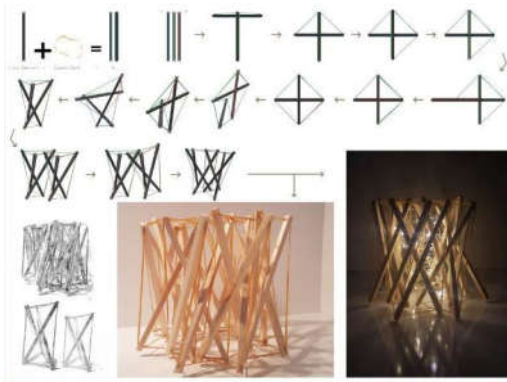
## 2. Yapılan ğrenci alışmaları

Bu araştırma Başkent Üniversitesi, Mimarlık Bölümünde MİM 417 kodlu Parametric Design I dersinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 21 ğrenci katılmış olup katılanların 16'sı kız 5'i erkek öğrencilerden oluşmaktadır. Bu ğrenciler daha önce Yapı Bilgi Modellemesi dersi dışında başka herhangi bir hesaplamalı tasarım dersi almadıklarından hesaplamalı düşünme kavramıyla bu derste tanışmışlardır. Öğrencilere öncelikle hesaplamalı düşünme ve tasarım konusunda dersler anlatılmış; okumalar ve egzersizler yaptırılmıştır. Dönem sonunda öğrencilerden günlük hayatta bir ihtiyaa cevap veren 3 boyutlu parametrik bir nesneyi herhangi bir yazılım kullanmadan tasarlamaları istenmiştir. Tasarlanacak olan nesnenin kullanışlı olması ve kullanıcıya yenilikçi bir deneyim sunması gereksinimleri programda yer almıştır. Öğrencilerden tasarladıkları nesnelere 1:1 ölçekte üreterek malzemelere ve potansiyel yapım yollarına analitik olarak bakmaları ve sunum aşamasında 1:1 ölçekteki projeleri ile yapım aşamalarını algoritmik olarak adım adım anlatmaları beklenmiştir. Katılımcılar 4 hafta süren projelerine öncelikle El-Zanfaly'nin "(I<sup>3</sup>)Imitation, Iteration and Improvisation: Embodied Interaction in Making and Learning" makalesini okuyarak başlamışlar ve proje süreçlerini I<sup>3</sup> erevesini kullanarak ilerletmişlerdir. İlk hafta öğrencilerden seçtikleri konu ile ilgili iyi bir öncül tasarım bulmaları istenmiştir. Daha sonraki 3 hafta boyunca ise

katılımcılar başlangıç tasarımlarını toplamda en az 3-4 kez olacak şekilde yineleme yoluyla değiştirmişlerdir. Her bir yineleme döngüsünde tek bir parametreyi (malzeme, geometri ve boyut vb.) değiştirerek denemeler yapmışlardır. Karar aşamasında ise ya yineleme döngüsünde en son ulaştıkları tasarımı kullanmışlar ya da süreç içinde edindikleri bilgilerle tamamen bambaşka bir tasarıma erişmişlerdir.

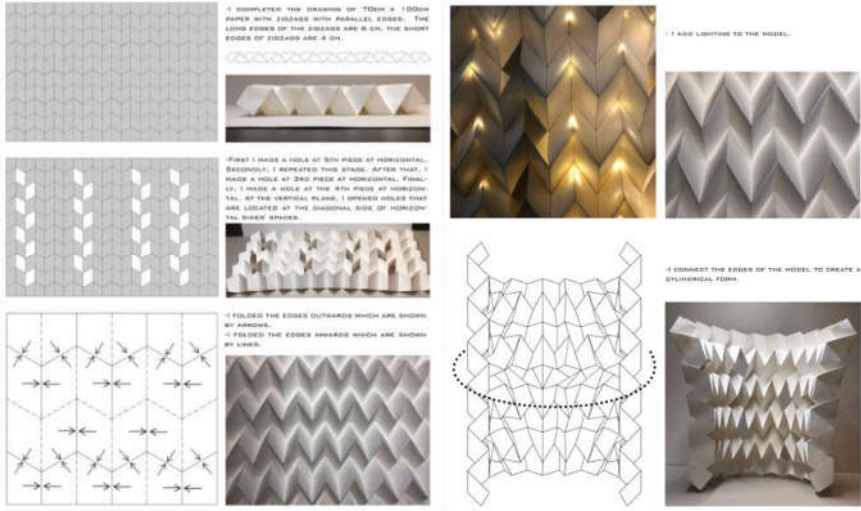
Proje boyunca yapılan gözlemler bu konuda çeşitli çıkarımlarda bulunmaya olanak sağlamıştır. İlk gözlem, mimarlık öğrencilerinin çoğunun daha önceki eğitim hayatları boyunca hesaplamalı düşünme ile tanışmadıkları ve bu ilk karşılaşmada başlangıçta zorlandıkları yönündedir. Ülkemizde ilk ve orta öğretimde hesaplamalı düşüncenin öğretilmesi ancak son yıllarda gündeme gelmiştir ve şu anda mimarlık eğitiminde bulunan öğrencilerin pek çoğu böyle bir donanıma sahip değildir. Bu durumda hesaplamalı düşünmenin öğretilmesi için mimarlık eğitime büyük görev düşmektedir. Fakat bir süre sonra ilk ve orta öğretimde hesaplamalı tasarımla tanışmış öğrenciler mimarlık eğitime geldiğinde mimarlık öğretmenlerinin bu konudaki donanımlarının yeterli olup olmayacağı ve bu öğrencilerle yapılacak çalışmaların nasıl bir yol izleyeceği düşünülmelidir.

Yapılan çalışma, kullanılan I<sup>3</sup> çerçevesinin yaratıcı hesaplamalı yapım süreçlerinin yönetilmesi için uygun olduğunu göstermiştir. Öğrenciler adım adım ilerleyen süreci takip etmenin işlerini kolaylaştırdığını ve yaratıcılıklarını artırdığını belirtmişlerdir.



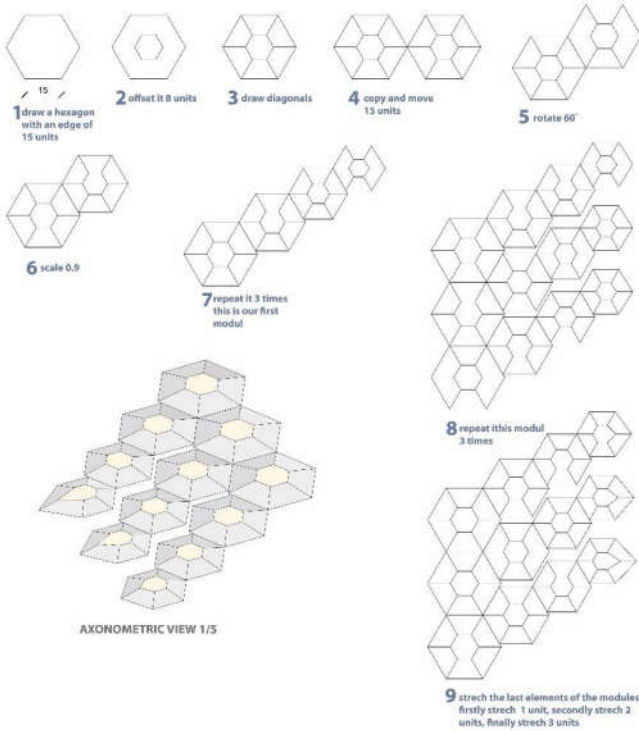
Şekil 2: Öğrenci Çalışması, Tensegrity

Tasarım süreçleri incelendiğinde bazı öğrencilerin öncül örneklerden edindikleri bilgileri içselleştirerek sonuçta tamamen farklı tasarımlara gidebildikleri gözlemlenmiştir. Örneğin Şekil 2'deki öğrenci çalışmasında, öğrenci tasarımda doğaçlama yoluyla kendi içinde düzeni olan bir sisteme yapma aktivitesi içinde ulaşmış ama bu sistemi bir yapım grameriyle anlatmakta zorlanmıştır. Bu durum örtük (tacit) yapım bilgisine sahip bir zanaatkârın çalışma yöntemine benzemektedir. Öğrenciye tasarım yapma şeklini dışsallaştırmak için tasarımı yaparken kendisini kayda alıp daha sonrasında nasıl yaptığını seyrederek yapım şekillerini ve süreçlerini keşfetmesi önerilmiştir. Bu yöntemle öğrenci yapım gramerini çıkarma fırsatı bulmuştur.

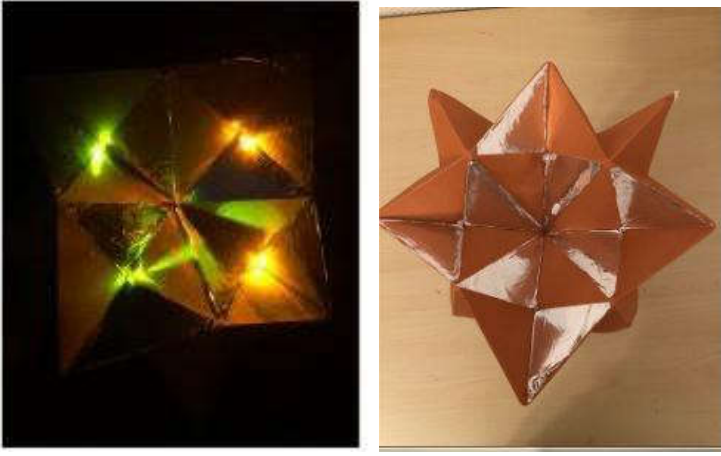


Şekil 3: Öğrenci Çalışması, The Pine

Şekil 3'deki öğrenci çalışmasında ise var olan hesaplamalı bir sistem farklı bir fonksiyon için kullanılmıştır. Öğrenci ilk olarak origami (kâğıt katlama) sanatını taklit ederek kendi yapım gramerini çıkarmıştır. Sonraki adımlarda kâğıt kalınlığı, katlama yöntemleri, desen değişikliği vb. gibi parametreleri değiştirerek tasarımın son halini almasını sağlamıştır.



Şekil 4: Öğrenci çalışması, Inversion of Light



**Şekil 5:** Öğrenci çalışması, Kinetic Lamp

**Şekil 5**'deki öğrenci çalışmasında origami sanatının algoritmik yapısı formda değişkenlik ile ışık kontrolü sağlama amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin değiştirilmesi ve katlama tekniği sonuçları ile işlevsel ve dönüştürülebilir tasarımlar yaratılmıştır.

### 3. Sonuçlar

Hesaplamalı düşünmenin mimarlık eğitimiyle bütünleştirilmesi sayısal tasarım araştırmacıları ve eğitmenleri için önemli bir konu olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte mevcut çalışmalar incelendiğinde bunların çoğunun deneme yanılma yöntemiyle yapıldığı ve bu alanda yeterince pedagojik ve kuramsal çerçeve geliştirilmediği gözlemlenmiştir. Bu çalışma El-Zanfaly'nin 2015 yılında yayımladığı yapım ve öğrenme ile ilgili pedagojik çerçeveden yola çıkarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan taklit, yineleme ve doğaçlama döngüleri tasarım öncüllerinden yaratıcı bir şekilde faydalanmak için uygun bir model sunmuştur. Çalışmanın sonunda öğrenciler genel olarak bu modelin kolay ve kullanışlı olduğunu belirtmişler ve modele karşı olumlu bir tutum sergilemişlerdir.

Öncül projelerin tasarım eğitiminde büyük önemi olmasına rağmen ilgili literatürde öncül projelerden tasarım süreçlerinde nasıl yaratıcı bir şekilde yararlanılacağına dair sistematik çerçevelere yeterince değinilmemiştir. Stüdyo derslerinde özellikle projelerin ilk aşamalarında öğrenciler öncül projelere yoğun olarak başvurmakta fakat süreç içinde onlardan faydalanmaları genelde rastgele ve kontrolsüz olmaktadır. Bu kontrolsüzlük zaman zaman öğrenci projelerinde kopya/intihal suçlamalarına kadar varabilmektedir. El-Zanfaly'nin geliştirdiği I3 modeli öncül projelerin tasarım süreçlerinde kullanılması için kopyaya izin vermeyen yaratıcı ve özgün bir çerçeve sunmaktadır. Çalışmaya katılan öğrenciler bu prosedürü başka derslerde ve projelerde de kullanacaklarını belirtmişlerdir.

Proje süresince 3-4 kez yineleme döngüsü yaratılması ve her döngüde sadece bir parametrenin değiştirilmesi varyasyon sürecinin kontrollü bir şekilde ilerlemesini sağlamış ve öğrencilerin değişkenlerin tasarıma etkilerini daha iyi değerlendirmelerine olanak vermiştir. Geleneksel tasarım süreçlerinde tasarımın bir versiyonunda genellikle çeşitli değişkenleri birlikte değiştirme eğilimi gösteren öğrenciler, bu süreç kontrollü olarak yapıldığında her bir parametrenin tasarım performansına etkisini doğrudan anlama fırsatı bulmuşlardır. Örneğin, bir aydınlatma elemanı tasarımı

projesinde kullanılan kağıdın renginin, kalınlığının ve parlaklığının sırayla değiştirilmesinin bu elemandan elde edilen ışığın kalitesi üzerinde nasıl etkiler yaptığını sistematik olarak gözlemlemek bu sayede mümkün olmuştur.

Taklit, yineleme ve doğaçlama aşamalarından oluşan tasarım süreçleri yapma edimi ve tasarımı bütünleşik ve etkileşimli bir eyleme dönüştürmüştür ve süreç içinde öğrencilerin yapım aktivitelerinin getirdiği potansiyellerin farkına varmalarını sağlamıştır. Kullanılan malzemenin özellikleri, yapım aşamaları ve tasarımcının sadece hayal kuran değil yapan olarak da sürece katılmasının getirdiği avantajlar eğitim ortamına zenginlik katmıştır. Ayrıca öğrencilere ders kapsamında biçim ve yapım gramerleri ile ilgili sunular yapılmış ve makaleler okutulmuştur. Proje aşamasında bunlardan faydalanılarak tasarımlarını biçim ve yapım kuralları ile anlatmaları da istenmiştir. Proje aşamalarının kurallarla anlatılmasında öğrencilerin zorluklar yaşadığı gözlemlenmiştir. Bu zorlukları aşmak için süreçlerin video kayıtlarının alınması, sözlü olarak sınıf içinde anlatılması, adım adım yazılması ve son olarak da bu adımların şematik görsellerle biçim ve yapım kuralları olarak ifade edilmesi istenmiştir. Bütün bu hazırlık çalışmalarının öğrencilerin hesaplamalı düşünme ve ifade etme becerilerinin gelişmesine katkıda bulunduğu görülmüştür.

Sonuç olarak bildiriye konu olan proje, tasarım ve yapımın bütünleşik olarak ele alındığı ve öğrencilerin hesaplamalı düşünme becerilerinin gelişmesine katkıda bulunan bir öğrenme deneyimi yaratmıştır. Benzer projelerin mimarlık eğitimi içinde daha çok yapılması ve geleneksel stüdyo eğitimi ile bütünleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın gelecekteki benzer çalışmalara yön vermesi umulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- BARR, D., HARRISON, J., & CONERY, L.** 2011. Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- BURRY, M.** 1996. Parametric design and the Sagrada Familia. *ARQ: Architectural Research Quarterly*, 1(4), 70-81.
- EL-ZANFALY, D.** 2015. (*I*<sup>3</sup>) Imitation, iteration and improvisation: Embodied interaction in making and learning. *Design Studies*, 41, 79-109.
- GOLDSMITH, N.** 2016. The physical modeling legacy of Frei Otto. *International Journal of Space Structures*, 31(1), 25-30.
- KNIGHT, T. & VARDOLU, T.** 2015. Computational making. *Design Studies*, 41, 1-7.
- KNIGHT, T., & STINY, G.** 2015. Making grammars: from computing with shapes to computing with things. *Design Studies*, 41, 8-28.
- STINY, G.** 1980. Introduction to shape and shape grammars. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 7, 343-351.
- WING, Z. M.** 2006. Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.